



HAL
open science

Les diagrammes mathématiques paléo-babyloniens : catalogue, propriétés matérielles, rôles dans les raisonnements

Adeline Reynaud

► **To cite this version:**

Adeline Reynaud. Les diagrammes mathématiques paléo-babyloniens : catalogue, propriétés matérielles, rôles dans les raisonnements. Histoire, Philosophie et Sociologie des sciences. Université Paris Cité, 2024. Français. NNT : 2024UNIP7057 . tel-04960676

HAL Id: tel-04960676

<https://theses.hal.science/tel-04960676v1>

Submitted on 21 Feb 2025

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Les diagrammes mathématiques paléo-babyloniens : catalogue, propriétés matérielles, rôles dans les raisonnements

Adeline REYNAUD

Thèse de Doctorat en Histoire et Philosophie des Sciences et des Techniques

Sous la direction de Christine PROUST et Brigitte LION

**Présentée et soutenue publiquement le 17 mai 2024
devant un jury composé de :**

M. Grégory CHAMBON, Directeur d'études, EHESS, *examineur*

Mme Karine CHEMLA, Directrice de Recherche, CNRS, *examinatrice*

Mme Valeria GIARDINO, Chargée de Recherche, CNRS, *examinatrice*

M. Matthieu HUSSON, Chargé de Recherche, CNRS, *examineur*

Mme Brigitte LION, Professeure des Universités, Université Paris 1, *codirectrice de thèse*

Mme Cécile MICHEL, Directrice de Recherche, CNRS, *rapporteuse*

M. Mathieu OSSENDRIJVER, Full Professor, Freie Universität Berlin, *rapporteur*

Mme Christine PROUST, Directrice de Recherche émérite, CNRS, *directrice de thèse*



Except where otherwise noted, this is work licensed under <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/fr/>

*À Scoubidou,
cette thèse scoubidesque*

Résumé

Depuis le début des années 2000, et notamment à la suite de la publication en 1999 du livre *The shaping of deduction in Greek mathematics* de R. Netz, de nombreux travaux d'histoire et philosophie des sciences ont été consacrés aux diagrammes mathématiques apparaissant dans les sources anciennes en grec, égyptien, chinois, sanskrit, arabe et latin, ainsi que dans des sources plus récentes ou même contemporaines. Ces travaux ont permis de mesurer que ces artefacts visuels méritaient autant d'attention que les textes et ont ouvert la porte à de nouveaux questionnements et de nouvelles manières d'aborder les sources concernées. Pourtant, malgré la richesse de ces recherches, aucune étude systématique de ces éléments n'a été entreprise jusqu'à présent dans le cadre de la documentation cunéiforme.

Cette thèse a ainsi pour objectif de proposer la première étude substantielle des diagrammes mathématiques du Proche-Orient ancien, en se concentrant plus particulièrement sur ceux datant de l'époque dite « paléo-babylonienne », qui correspond approximativement aux quatre premiers siècles du deuxième millénaire avant notre ère et qui est celle pour laquelle les sources sont les plus nombreuses.

La première partie de la thèse vise à dresser un panorama d'ensemble des diagrammes mathématiques de cette période. Après une discussion de la définition qu'il semble pertinent de donner à ces objets dans le contexte des sources cunéiformes et de la manière dont on peut les distinguer d'autres productions graphiques qui leur ressemblent, elle en établit un inventaire puis s'attache à fournir un aperçu général de leurs caractéristiques en les envisageant tour à tour comme des objets matériels et comme des objets mathématiques.

La deuxième partie de la thèse apporte alors un éclairage complémentaire à cette approche globale en se concentrant de manière beaucoup plus approfondie sur une petite sélection de tablettes comportant des diagrammes. Après une description de la méthodologie mise en place pour ce faire et une discussion des enjeux liés à la réalisation d'éditions des diagrammes, elle présente plusieurs études de cas détaillées se basant sur un examen minutieux du contexte des documents, de leurs propriétés matérielles, de leur éventuel texte et de leur explication mathématique pour aboutir à l'analyse la plus complète possible des rôles que les diagrammes qui y apparaissent jouaient dans les pratiques mathématiques qui leur étaient associées. Elle entend ainsi montrer que les diagrammes mathématiques paléo-babyloniens ont un statut bien plus subtil que celui de simples illustrations qui leur a parfois été prêté et pouvaient intervenir de manières variées dans les raisonnements.

Par ailleurs, ce travail ouvre une discussion théorique et technique sur la conception d'une base de données de tablettes mathématiques cunéiformes qui permette à la fois d'encoder les propriétés des diagrammes que l'on y trouve et de prendre en compte l'incertitude des informations dont on dispose à leur sujet.

Mots-clés : histoire des mathématiques ; mathématiques cunéiformes ; Proche-Orient ancien ; Mésopotamie ; diagramme mathématique ; raisonnement mathématique ; approche matérielle ; base de données

Abstract

Old Babylonian mathematical diagrams : catalogue, material properties, roles in reasoning

Since the early 2000s, and in particular following the publication in 1999 of R. Netz's book *The shaping of deduction in Greek mathematics*, numerous works in history and philosophy of science have been devoted to mathematical diagrams appearing in ancient Greek, Egyptian, Chinese, Sanskrit, Arabic and Latin sources, as well as in more recent or even contemporary sources. These works have shown that such visual artefacts deserve as much attention as texts, and have opened the door to new questions and new ways of approaching the involved sources. However, despite the fruitfulness of this research, no systematic study of these elements has yet been undertaken about cuneiform documents.

The aim of this PhD-thesis is thus to offer the first substantial study of mathematical diagrams from the Ancient Near East, focusing in particular on those dating from the so-called « Old Babylonian » period, which roughly corresponds to the first four centuries of the second millennium BCE and is the period for which sources are most abundant.

The first part of the thesis provides an overview of the mathematical diagrams from this period. After discussing the definition that could be given to these objects in the context of cuneiform sources and the way in which they can be distinguished from other graphic productions that resemble them, it provides an inventory of their occurrences and tries to give a general overview of their characteristics, considering them in turn as material objects and as mathematical objects.

The second part of the thesis complements this overall approach by focusing in much greater depth on a small selection of tablets bearing diagrams. After a description of the methodology used and a discussion of the issues raised by the production of editions of the diagrams, it presents several detailed case studies based on a meticulous examination of the context of the documents, their material properties, their text and their mathematical explanation, in order to lead to the most comprehensive possible analysis of the roles that the diagrams appearing on them played in the mathematical practices associated with them. The goal is to show that Old Babylonian mathematical diagrams had a far more subtle status than that of mere illustrations that has occasionally been attributed to them, and that they could be used in reasoning in many different ways.

Furthermore, this work opens a theoretical and technical discussion on the design of a database of cuneiform mathematical tablets that both encodes the properties of the diagrams found on them and takes into account the uncertainty of the information available about them.

Keywords : history of mathematics ; cuneiform mathematics ; Ancient Near East ; Mesopotamia ; mathematical diagram ; mathematical reasoning ; material approach ; database

Remerciements

*Jeunes gens la thèse est devant vous comme un appétit précoce. . .*¹

Six ans et demi m'auront été nécessaires pour arriver à la fin, ou plutôt arriver à donner une fin, à cette thèse. Je l'ai commencée en tant qu'étudiante insatiable et infatigable, n'ayant que son travail à penser ; je la termine en tant qu'adulte assagie malgré elle, devant concilier ses recherches et sa rédaction avec les épreuves de la vie et les contraintes du quotidien. Là où la première avait des ailes et franchissait allègrement des montagnes pour atteindre des objectifs souvent démesurés, la seconde a dû apprendre à gérer ses efforts, faire des choix et se montrer raisonnable. La thèse rêvée s'est alors muée en thèse possible, dans un cruel principe de réalité. Et si je suis parvenue au bout de ce périple, malgré ces douloureux changements et les ajustements parfois déchirants qui en ont découlé, c'est sans aucun doute grâce au soutien et à la confiance, souvent silencieux et lointains, mais tellement solides, des personnes formidables qui m'ont entourée.

Mes premiers remerciements vont à ma directrice de thèse, Christine Proust, pour la manière dont elle m'a accompagnée tout au long de ce projet. Son enthousiasme dès le début de mes recherches, la manière dont elle a su m'initier à sa spécialité qui me fascinait mais m'était totalement inconnue avant de commencer à travailler avec elle, l'autonomie qu'elle m'a toujours laissée pour me permettre de faire mes propres choix et mes propres erreurs, sa compréhension face aux épreuves de la vie et son humanité de manière plus générale, sont autant d'éléments sans lesquels cette thèse ne serait jamais devenue ce qu'elle est aujourd'hui.

Je tiens également à remercier ma codirectrice de thèse, Brigitte Lion, pour avoir accepté de s'engager dans ce projet qui s'écarte de son domaine habituel, en espérant être parvenue à la réconcilier au moins un peu avec les mathématiques. Ancrer mon travail autant dans le domaine de l'assyriologie que dans celui de l'histoire des sciences me tenait énormément à cœur et, s'il ne m'a pas toujours été possible de tenir mes plannings pour la solliciter au moment opportun et bénéficier au mieux de ses éclairages, je n'en ai pas moins grandement apprécié tous les échanges que nous avons eus.

Je remercie plus que vivement Cécile Michel et Mathieu Ossendrijver d'avoir accepté d'être les rapporteurs de cette thèse et de s'être montrés aussi indulgents sur la date d'envoi du manuscrit. Les efforts d'organisation auxquels ils ont consenti m'ont permis de finir de mettre en forme des pans entiers de mon travail qui auraient sinon purement et simplement disparu de la thèse finale, et je leur suis extrêmement reconnaissante de cette souplesse.

Je remercie également Karine Chemla, Matthieu Husson, Valeria Giardino et Grégory Chambon d'avoir accepté de faire partie du jury.

Je remercie par ailleurs Agathe Keller, Baptiste Mèlès et Mathieu Ossendrijver de s'être acquittés chaque année avec autant de sérieux et de bienveillance de leur rôle de membres de mon Comité de Suivi Individuel. Les discussions que nous avons eues, empruntées d'un respect et d'une empathie que je ne peux que souhaiter à tous les doctorants de rencontrer, ont toujours été très plaisantes et très profitables.

Je remercie les chercheurs et les doctorants des deux laboratoires auxquels j'ai été rattachée pendant ma thèse, SPHÈRE et ARSCAN-HAROC, qui sont trop nombreux pour que je puisse tous les citer nommément mais qui ont toujours su faire en sorte que je me sente à ma

1. Librement inspiré d'Aragon.

place auprès d'eux, qui ont significativement contribué à faire avancer ma réflexion par leurs questions et remarques, et que je regrette de n'avoir pu côtoyer davantage en raison de mes contraintes d'emploi du temps et de mon éloignement géographique.

Je remercie plus largement toutes les personnes avec qui j'ai échangé de manière informelle lors de séminaires ou de colloques, toutes celles qui m'ont invitée à présenter mon travail, toutes celles qui m'ont offert l'opportunité de m'ouvrir à de nouveaux horizons en me proposant de participer à de nouveaux types d'activités, et toutes celles qui m'ont donné accès à des collections de tablettes cunéiformes ou m'ont fait parvenir des photographies.

Je remercie sincèrement les membres de notre petit groupe international de lecture de textes mathématiques cunéiformes, et notamment les participants les plus assidus, Christine Proust, Carlos Gonçalves, Robert Middeke-Conlin, Mathieu Ossendrijver et Mourtaza Chopra, pour leur formidable état d'esprit qui nous permet de réfléchir tous ensemble à des questions difficiles dans des conditions d'écoute et de partage exceptionnelles.

Je ne saurais écrire ces lignes sans adresser une pensée émue à Pierre Chaigneau. Son ouverture d'esprit et sa douceur ont laissé un grand vide dans notre minuscule communauté, et je suis persuadée que sa manière à la fois précautionneuse et humble d'aborder les textes survit et survivra encore longtemps dans nos échanges.

Je remercie par ailleurs chaleureusement tous les collègues de l'Université Paris 8, Wolfgang Schmid, Daniel Goldberg, Caroline Ehrhardt, Maarten Bullynck, Julien Lavauzelle, Erika Viator, Nathalie Guillaumin, ainsi que ceux que je n'ai croisés que plus ponctuellement, pour la manière dont ils m'ont accueillie dans leur département et l'autonomie tellement appréciable qu'ils m'ont toujours laissée. Les quatre années que j'ai passées à leurs côtés en tant qu'Attachée Temporaire d'Enseignement et de Recherche ont été absolument merveilleuses, et je ne regrette aucun des instants que j'ai consacrés à m'investir dans mon rôle d'enseignante.

Sur une note plus personnelle, je remercie mes parents pour leur soutien inconditionnel de toujours, leur présence dans les moments difficiles et leurs petites attentions. Je remercie de plus grandement mon père pour tout le temps qu'il a passé à relire à la volée, parfois dans un désordre total, une part importante de ce qui suit. Je ne saurais dire à quel point je suis heureuse qu'il ait finalement, après toutes les épreuves traversées, l'occasion de voir ce travail se terminer et d'en prendre connaissance.

Enfin, cette liste ne serait pas complète si je n'y remerciais pas Jimmy. D'abord pour toutes les heures durant lesquelles il m'a laissé travailler bien que ce soit le soir, le week-end, les vacances. Ensuite pour son soutien dans la dernière ligne droite, son calme réconfortant dans les moments de doute, sa présence les nuits d'écriture. Et aussi, pour ? Pour avoir martelé avec entêtement depuis que je le connais que tout ce qui se rattache de près ou de loin au travail, si passionnant que je puisse le trouver, n'est pas un sujet de discussion suffisamment plaisant ? Pour s'être, jusqu'à très récemment, si ostensiblement désintéressé de ce qui constitue une part aussi importante de mon quotidien ? Pour n'avoir voulu être mis au courant d'aucun des questionnements que je construis, d'aucun des textes que j'étudie, d'aucun des obstacles auxquels je me heurte ? Oui, très certainement. Pour m'avoir contrainte à sortir chaque jour un peu de ma bulle de travail. Pour avoir inlassablement rebâti les digues que j'abattais inconsciemment entre mes recherches et mes loisirs. Pour avoir, en un mot, fait en sorte que ces six ans et demi soient des années de vie et pas seulement de thèse.

Avertissement et remerciements complémentaires

Étant donnée la nature très visuelle du sujet traité, le manuscrit soumis au jury comportait environ trois cents photographies de tablettes ou de parties de tablettes.

De nombreux musées et collections m'ont donné l'autorisation de maintenir dans la version publique de la thèse les photographies des tablettes leur appartenant et me permettent ainsi de diffuser une version aussi proche que possible de la version originale :

- Ashmolean Museum (Oxford)
- Bibliothèque Nationale et Universitaire (Strasbourg)
- British Museum (Londres)
- Columbia University (New York)
- Cotsen Collection at UCLA (Los Angeles)
- Horn Museum at Andrews University (Berrien Springs)
- Institute for the Study of Ancient Cultures West Asia & North Africa Museum (Chicago)
- Istanbul Arkeoloji Müzeleri (Istanbul)
- Musée d'Art et d'Histoire (Genève)
- Musée du Louvre (Paris)
- Netherlands Institute for the Near East (Leiden)
- Penn Museum (Philadelphie)
- Princeton Theological Seminary (Princeton)
- Vorderasiatisches Museum (Berlin)
- Yale Peabody Museum of Natural History (New Haven)

Je remercie vivement les directeurs, conservateurs et membres du personnel de ces différents musées et collections, et en particulier S. Allison, G. Bélot, B. Blandin, D. Cevher, C. E. Chartier, S. Elliott, E. Emswiler, J. Eule, V. Fabre, A. Gutow, A. Lassen, V. Pataï, S. Paulus, E. Peugh, B. Shetler, R. van den Bogaerde, W. Waal et K. Wagensonner.

Les sources des photographies concernées sont précisées dans les notes de bas de page associées à leurs légendes, et les crédits photographiques complets sont donnés page 757.

D'autres musées et collections n'ont pas pu être contactés dans le délai imparti ou n'ont pas autorisé la reproduction des photographies des tablettes leur appartenant. Les images correspondantes ont été retirées de la version publique de la thèse et ont été remplacées par des zones grisées afin que la pagination initiale ne soit pas modifiée. Leurs légendes et sources détaillées ont toutefois été conservées afin que les lecteurs puissent identifier rapidement ce qu'elles illustraient – et le cas échéant les consulter sur le site Internet dont elles sont issues – et leur liste complète est donnée page 767.

Sommaire

Résumé	3
Remerciements	7
Avertissement	9
Sommaire	11
Introduction	15
Première partie : Étude d'ensemble du corpus	25
Chapitre I : Délimitation et présentation générale du corpus	25
Chapitre II : Les diagrammes mathématiques paléo-babyloniens vus comme objets matériels	127
Chapitre III : Les diagrammes mathématiques paléo-babyloniens vus comme objets mathématiques	215
Deuxième partie : Études de cas détaillées	263
Chapitre IV : Documents sélectionnés et méthodes de travail	263
Chapitre V : Deux tablettes de Babylonie du Sud contenant chacune un problème résolu accompagné d'un diagramme : BNUS 367 et YBC 8633	305
Chapitre VI : Une tablette de Babylonie du Sud contenant une collection de problèmes résolus dont plusieurs comportent un diagramme : MS 3052	401
Chapitre VII : Un groupe de tablettes de Babylonie du Nord présentant des diagrammes qui relèvent d'une tradition mathématique différente : Ist Si 181 <i>et al.</i>	469
Conclusion	505
Annexes	511
Annexe A : Abréviations et conventions d'édition	511
Annexe B : Nombres et mesures à l'époque paléo-babylonienne	515
Annexe C : Critères de provenance pour les textes mathématiques	521
Annexe D : Glossaires analytiques des termes rencontrés	543
Annexe E : Documentation de la base de données MathCun	615
Bibliographie	703
Table des matières	731
Liste des figures	743
Liste des tableaux	753
Crédits photographiques	757
Liste des images retirées	767

INTRODUCTION

Genèse et intérêt du sujet

Depuis un peu plus de deux décennies, et notamment à la suite de la publication en 1999 du livre *The shaping of deduction in Greek mathematics* de R. Netz, de nombreux travaux d'histoire et philosophie des sciences ont été consacrés aux objets que l'on appelle souvent dans le langage courant des « figures géométriques » et que les spécialistes désignent plutôt par l'expression plus technique et plus générale de « diagrammes mathématiques ». ² Ces travaux, qui ont entre autres permis de mesurer que ces artefacts visuels méritaient autant d'attention que les textes et de commencer à comprendre la manière dont ils pouvaient participer de l'élaboration et de l'expression des raisonnements mathématiques, se sont avérés particulièrement féconds et ont ouvert la porte à de nouveaux questionnements et de nouvelles manières d'aborder les sources concernées. ³

Pourtant, malgré la richesse des recherches menées sur ce sujet aussi bien à partir de documents anciens en égyptien, grec, chinois, sanskrit, arabe ou latin qu'à partir de documents plus récents voire contemporains, aucune étude systématique de ces objets n'a été entreprise jusqu'à présent dans le cadre de la documentation cunéiforme. Ce qui a été écrit par les historiens au sujet des diagrammes mathématiques du Proche-Orient ancien se limite à de brèves remarques éparses faites au détour d'explications portant le plus souvent sur des questions totalement différentes – remarques qui sont certes pour certaines justes et pertinentes mais ne fournissent aucune vision d'ensemble, manquent de justification et de nuance, et se contredisent parfois. Pire, quelques historiens travaillant sur les productions mathématiques du Proche-Orient ancien se sont même explicitement détournés des diagrammes en les reléguant, en dépit d'éléments pourtant relativement clairs pointant dans la direction opposée, au rang de simples illustrations qui ne présenteraient aucun intérêt particulier dans le cadre des raisonnements. ⁴

L'absence d'étude d'ensemble consacrée aux diagrammes mathématiques du Proche-Orient ancien est d'autant plus regrettable que les sources dont nous disposons pour les étudier possèdent plusieurs caractéristiques qui rendent une telle analyse particulièrement prometteuse. Premièrement, ces sources, qui se présentent sous la forme de tablettes d'argile, sont, contrairement à la très grande majorité de celles constituant les documentations anciennes citées plus haut, des sources archéologiques, découvertes dans les sols d'Irak et des pays voisins au cours des cent-cinquante dernières années, et nous offrent ainsi l'occasion de travailler sur des diagrammes réellement produits dans l'Antiquité plutôt que sur des copies de tels diagrammes susceptibles d'avoir été considérablement déformées au cours de leur transmission par la tradition écrite. ⁵ Deuxièmement, les dessins présents sur ces tablettes sont, à l'instar de l'écriture cunéiforme qui était utilisée pour y écrire les textes, formés de lignes tridimensionnelles imprimées en creux dans l'argile, ce qui leur confère un aspect singulier et nous permet de rassembler des indices sur la manière dont ils ont été réalisés qui ne sont en général pas

2. Le vocabulaire que j'utilise de manière intuitive dans cette introduction sera clarifié dans le chapitre I.

3. Les recherches historiques et philosophiques consacrées aux diagrammes apparaissant dans diverses documentations mathématiques seront présentées dans le chapitre III.

4. Un rapide passage en revue des remarques faites par les historiens des mathématiques cunéiformes au sujet des diagrammes sera proposé dans le chapitre III.

5. Des précisions et références à ce sujet seront données dans l'introduction du chapitre II.

accessibles dans le cas des diagrammes des autres documentations mentionnées, qui ont pour leur part été tracés sur des supports tels que des papyrus, des parchemins ou du papier et sont ainsi essentiellement bidimensionnels.⁶ Enfin, troisièmement, dans un tout autre registre, les procédures de résolution de problèmes mathématiques que l'on trouve sur plusieurs dizaines de ces tablettes sont le plus souvent, depuis la publication en 2002 du livre *Lengths, widths, surfaces : A portrait of Old Babylonian algebra and its kin* de J. Høyrup, expliquées et justifiées par les historiens des mathématiques cunéiformes en y projetant des raisonnements basés sur des modifications successives de configurations géométriques, ce qui incite à se demander quels liens pouvaient exister entre les figures reconstituées à travers la lecture des textes et celles réellement dessinées par les scribes dans certains cas.⁷

Le mémoire de recherche que j'ai préparé en 2015-2016 dans le cadre du master LOPHISS d'histoire et philosophie des sciences de l'Université Paris Diderot, sous la direction de C. Proust qui en avait eu l'idée, était conçu comme une étude exploratoire visant à offrir un premier panorama d'ensemble des diagrammes mathématiques du Proche-Orient ancien et à évaluer, à travers l'examen d'une petite sélection de tablettes, l'intérêt que pouvait présenter leur analyse.⁸ Ce travail m'a permis de mettre en évidence que ces éléments jusque là négligés s'articulaient aux textes présents à leurs côtés de manière beaucoup plus riche que ce qui avait été suspecté, qu'ils jouaient probablement des rôles extrêmement variés dans les raisonnements mathématiques, et que leur étude ouvrait de nouvelles perspectives très encourageantes pour aborder un certain nombre de questions fondamentales plus générales sur les mathématiques cunéiformes. Toutefois, il a également révélé qu'avancer vers une meilleure compréhension des caractéristiques de ces objets et de la manière dont ils intervenaient dans différentes activités mathématiques nécessitait une étude de beaucoup plus grande ampleur que celle à laquelle il m'avait été donné de procéder, et, surtout, qu'il était illusoire d'espérer parvenir à des réflexions conceptuelles à leur sujet semblables à celles, très inspirantes, menées dans certaines autres documentations mathématiques anciennes, sans se doter en amont d'outils théoriques et méthodologiques solides adaptés aux spécificités des sources cunéiformes et sans passer par un travail de fond minutieux sur les documents au sein desquels ils apparaissent.

Projet de recherche pour la thèse

Cette thèse a ainsi pour objectif de développer et approfondir les recherches initiées dans le cadre de mon mémoire de master afin de leur donner une toute autre portée et, par là-même, offrir la première étude substantielle des diagrammes mathématiques du Proche-Orient ancien et la première tentative d'analyse minutieuse de la place de ces objets dans les pratiques mathématiques qui leur étaient associées. Plus précisément, mon projet, tel qu'il s'est construit au fil du temps, nourri par mes lectures, les exposés auxquels j'ai eu l'occasion d'assister et les échanges plus informels que j'ai eus avec des collègues, consiste à rechercher une compréhension aussi fine que possible de la nature et des fonctions de ces éléments visuels, au sujet desquels nous ne disposons d'aucun renseignement direct et devons donc nous efforcer de rassembler des indices indirects, en diversifiant, de deux manières principales, les points de vue adoptés pour les examiner.

La première diversification, qui me semble absolument essentielle pour saisir au mieux le sens de ces diagrammes et tenter d'être la plus précise possible dans la description de leurs

6. Cet aspect sera amplement développé dans le chapitre II.

7. Ce point sera abordé dans le chapitre III ainsi que dans ceux de la deuxième grande partie.

8. Voir [REYNAUD2016].

caractéristiques et l'identification des rôles qu'ils jouaient, est celle des échelles d'étude. Je me suis ainsi attachée, tout au long de mon travail, à faire dialoguer entre elles des observations générales portant sur l'intégralité de mon corpus, qui, seules, permettent d'en acquérir une vision d'ensemble et de se forger des points de repère auxquels pourront ensuite être comparés des cas individuels, et des discussions beaucoup plus détaillées de certaines tablettes, qui, seules, permettent d'accéder à une analyse suffisamment contextualisée et approfondie pour donner l'occasion de percevoir des aspects plus subtils qui pourront ensuite à leur tour revenir alimenter par de nouvelles questions les observations globales.

La deuxième diversification, qui me semble extrêmement importante et profitable pour extraire le maximum d'informations des éléments à première vue peu parlants que sont les diagrammes et pour tenter d'aboutir aux conclusions les moins spéculatives possibles en dépit de la ténuité des indices qui peuvent être collectés, est celle des regards portés sur eux et des outils méthodologiques mis en œuvre pour les étudier. J'ai ainsi pensé ma démarche de manière à combiner et croiser, pour atteindre mon but principal, des approches variées inspirées de champs de recherche relevant des différentes disciplines à l'intersection desquelles se situe cette thèse : une lecture et une interprétation mathématiques des diagrammes et des éventuels textes qu'ils accompagnent, bien sûr, mais également une prise en compte réfléchie des données archéologiques et muséologiques disponibles au sujet des tablettes, une analyse textuelle et philologique minutieuse des composants discursifs lorsqu'il y en a, une observation matérielle attentive des tracés qui constituent les diagrammes et des supports sur lesquels ils ont été réalisés, et un regard plus technique issu de réflexions sur la mise en place d'une base de données permettant d'encoder les informations relatives aux diagrammes.

Étant donné le large éventail de perspectives que la volonté de diversification des points de vue que je viens de décrire m'a conduite à adopter dans mon travail, il serait extrêmement long, et somme toute peu probant, de tenter de présenter de manière globale, dès cette introduction, l'ensemble de la littérature sur laquelle je me suis appuyée, l'ensemble des questionnements que j'ai développés à l'intérieur de la problématique générale qui sous-tend mes recherches, et l'ensemble des méthodologies que j'ai été amenée à mettre en place pour tenter d'y répondre. Je présenterai donc plutôt ces différents éléments progressivement, de manière contextualisée et argumentée, et en lien direct avec les résultats qu'ils m'ont permis d'obtenir sur mon corpus, sous-thème par sous-thème, au fil des quatre premiers chapitres.

Qu'il me suffise provisoirement de citer de manière sommaire, afin d'en donner un premier aperçu avant qu'elles ne soient introduites de manière plus structurée et plus précise, les principales questions qui ont servi de fil conducteur à mes réflexions.

Un premier groupe de questions concerne l'identification des diagrammes à étudier : À quelle fréquence et quels endroits les diagrammes mathématiques apparaissent-ils au sein de la documentation mathématique du Proche-Orient ancien ? Ces diagrammes partagent-ils des caractéristiques communes, et à l'inverse présentent-ils des différences importantes les uns par rapport aux autres ? En quoi se différencient-ils de dessins non techniques ou bien d'autres types de dessins techniques que l'on peut trouver sur les tablettes cunéiformes ?

Un deuxième groupe de questions concerne la matérialité des diagrammes : Sur quels supports, avec quels instruments et de quelle façon étaient-ils réalisés ? Les techniques utilisées pour les produire étaient-elles toujours les mêmes ? Existe-t-il des traces qui montrent qu'ils étaient modifiés ou manipulés une fois produits ?

Un troisième groupe de questions concerne les fonctions des diagrammes : Dans le cadre de quels types d'activités mathématiques étaient-ils utilisés ? De quelle manière interagissaient-ils avec les éventuels textes présents à leurs côtés ? Quelles informations véhiculaient-ils par

rapport à celles transmises par ces textes ? Grâce à quels dispositifs parvenaient-ils à faire passer de tels messages d'une manière compréhensible par un éventuel lecteur ou observateur ? Quels rôles jouaient-ils dans l'élaboration et/ou la formulation des raisonnements mathématiques ? Étaient-ils liés d'une manière ou d'une autre aux figures géométriques impliquées dans les raisonnements figuratifs invoqués par J. Høyrup et les autres historiens des mathématiques cunéiformes pour rendre compte des procédures de résolution de problèmes ? Étaient-ils associés à des pratiques n'ayant pas laissé de traces écrites telles que des récitations orales ou des manipulations d'objets extérieurs aux tablettes ? Comment la temporalité de ces formes d'expression visuelles s'articulait-elle à celle, linéaire, des formes d'expression textuelles ?

Un quatrième groupe de questions concerne les applications de l'étude des diagrammes : En quoi l'étude de ces objets est-elle susceptible d'apporter de nouveaux éclairages sur les pratiques mathématiques dont attestent les sources cunéiformes ? Semble-t-il en particulier avoir existé des sous-cultures mathématiques liées aux diagrammes dans le Proche-Orient ancien ?

Enfin, un cinquième et dernier groupe de questions concerne la manière d'étudier les diagrammes : Quelles méthodologies peut-on mettre en place pour analyser ces éléments graphiques ? Comment peut-on en réaliser des éditions qui altèrent le moins possible leurs caractéristiques et la manière dont ils seront perçus ? Comment peut-on encoder leurs propriétés, par essence spatiales et non discursives, sous forme d'entrées dans une base de données ?

Délimitation du cadre de l'étude

Les réponses susceptibles d'être apportées à ces différentes questions dépendent bien sûr sensiblement des sources au sujet desquelles on se les pose, et il convient maintenant de préciser le périmètre que j'ai donné à mon étude au sein du cadre général que j'ai brossé dans les paragraphes précédents.

Les documents mathématiques qui nous sont parvenus du Proche-Orient ancien, qui se présentent sous la forme de tablettes d'argile inscrites en écriture cunéiforme en sumérien et/ou en akkadien, ont été produits dans une zone géographique étendue, qui comprend bien sûr la Mésopotamie (correspondant à une partie du territoire de l'Irak actuel) mais également un certain nombre de régions voisines telles que la région de la vallée de la Diyala (au Nord-Est de l'Irak actuel), la région de Mari (en Syrie actuelle) ou encore l'Élam (en Iran actuel), et au cours d'une période très longue, qui s'étend de l'apparition des premiers exercices écrits de comptabilité et d'arpentage à la fin du quatrième millénaire avant notre ère au début de l'extinction de la culture cunéiforme à la toute fin du premier millénaire avant notre ère.⁹

Un travail de catalogage que je présenterai dans le premier chapitre révèle que ceux de ces documents mathématiques du Proche-Orient ancien qui comportent des diagrammes et sont donc susceptibles de m'intéresser dans cette thèse couvrent une grande partie de ces régions et de cette période. Or, la nature et le contexte des productions mathématiques, ainsi que les connaissances et compétences nécessaires à leur étude, varient sensiblement selon leur provenance et leur datation, compliquant considérablement les études globales. Afin de conserver une certaine largeur de champ sans pour autant être confrontée à une hétérogénéité ingérable, j'ai décidé de n'exclure aucune provenance pour pouvoir détecter d'éventuelles variations régionales mais de me restreindre en revanche à une seule sous-période. Mon choix

9. Voir [ROBSON2008a] pour un panorama d'ensemble des mathématiques du Proche-Orient ancien. Voir par ailleurs page 112 pour une carte faisant apparaître celles des régions citées qui concernent cette thèse, et [LAFONT&al2017] pour une présentation historique complète de la période évoquée.

s'est alors porté sur l'époque que les assyriologues appellent « paléo-babylonienne », qui correspond approximativement aux quatre premiers siècles du deuxième millénaire avant notre ère – de la fin de la troisième dynastie d'Ur en 2003 avant notre ère dans la chronologie dite « moyenne » à la chute de la première dynastie de Babylone en 1595 avant notre ère dans cette même chronologie – et qui est le moment de l'histoire du Proche-Orient ancien pour lequel les sources mathématiques sont de loin les plus nombreuses et les pratiques mathématiques sont actuellement les mieux comprises.¹⁰

Par ailleurs, les objets qualifiés de « diagrammes mathématiques » ne sont pas tout à fait les mêmes chez tous les historiens et philosophes des sciences, et il me fallait donc également prendre une décision quant à ceux que je souhaitais faire figurer ou non dans mon corpus. Contrairement au choix de la période étudiée, qui s'est imposé assez naturellement à moi, cette décision nécessitait de mener une vraie réflexion sur la forme sous laquelle de tels éléments se présentent sur les tablettes d'époque paléo-babylonienne et ne pouvait ainsi se prendre qu'en ayant déjà acquis une certaine familiarité avec les sources et procédé à un travail préliminaire relativement conséquent. Pour cette raison, il m'est impossible d'indiquer ici en quelques mots sur quelle délimitation de mon objet d'étude je me suis finalement arrêtée, mais il me semble néanmoins utile de signaler dès à présent, afin de clarifier mon projet, que j'ai notamment choisi d'exclure du périmètre de la thèse, pour ne pas me disperser, les mises en page diagrammatiques telles que les tableaux ou les colonnes, les plans de terrains, les motifs géométriques paraissant relever davantage d'une démarche artistique, et les configurations géométriques imaginées ou sous-entendues qui n'ont pas été transposées sur un support physique.¹¹

Enfin, le type d'analyses que je réalise étant déjà extrêmement exigeant sur des documents au sujet desquels je dispose de publications antérieures, j'ai fait le choix de ne pas inclure dans mon corpus les diagrammes mathématiques datant de l'époque paléo-babylonienne et répondant bien à la définition sur laquelle je me suis arrêtée mais apparaissant sur des tablettes qui n'ont pas encore été éditées à l'heure actuelle.¹²

Travail accompli et projets pour l'avenir

Même avec ces restrictions, le projet tel que je l'avais initialement pensé s'est avéré être beaucoup trop ambitieux pour une thèse de doctorat. En effet, les différentes approches que j'ai évoquées plus haut nécessitent chacune, pour être mise en place, un travail bibliographique conséquent et l'élaboration de grilles d'observation et de méthodologies spécifiques, ce qui multiplie par autant le temps consacré à ces aspects du travail avant de pouvoir entrer dans le vif du sujet. De plus, l'absence de base de données de tablettes mathématiques cunéiformes suffisamment précise et fiable pour pouvoir être utilisée dans ce type de recherche a considérablement ralenti ma progression, et les réflexions théoriques et techniques puis l'implémentation pratique partielle d'une telle base auxquelles il m'a semblé essentiel de me livrer se sont révélées être extrêmement chronophages et ont mobilisé plusieurs centaines d'heures de travail, qui ont été très profitables par certains aspects mais ont diminué d'autant le temps

10. Voir [LAFONT&al2017] pages 251-397 pour une présentation historique de l'époque paléo-babylonienne, et par exemple [ROBSON2008a] pages 85-124, [HØYRUP2002] et [PROUST2007] pour des présentations plutôt générales, avec différents points de vue, des mathématiques de cette période.

11. Cette question fera l'objet d'une grande partie du chapitre I.

12. Je donnerai dans le chapitre I une liste des telles tablettes inédites dont j'ai connaissance, mais sans analyser les diagrammes qui y apparaissent – dont je n'ai d'ailleurs parfois aucune idée de l'aspect.

que j'ai pu dédier à l'exploitation des données elle-même.¹³ Enfin, les études de cas telles que je les conçois se sont avérées demander énormément de temps pour être effectuées en prenant réellement en compte toutes les facettes mentionnées plus haut et en se gardant de procéder à des conclusions trop hâtives, et il m'est ainsi arrivé à plusieurs reprises de consacrer plusieurs mois de travail complets à l'étude d'une même tablette, ce qui limite considérablement le nombre de groupes de documents qu'il m'a été possible d'analyser.

Cela a pour conséquence que je suis loin d'avoir pu entreprendre toutes les recherches que je souhaitais, approfondir autant que je le désirais toutes celles que j'ai entamées, ou même mettre en forme toutes celles que j'ai pourtant menées à bien. Les différentes directions évoquées plus haut se trouvent ainsi développées à des stades d'avancement différents, certaines ayant pu donner lieu à des synthèses déjà relativement abouties tandis que d'autres sont encore en cours d'exploration, et le corpus de textes présenté dans la deuxième partie est plus restreint que celui que j'ai analysé en profondeur, certaines tablettes sur lesquelles j'ai mené un travail de fond philologique et interprétatif ayant nourri ma réflexion sans donner lieu à une étude de cas pour l'instant. Néanmoins, dans les choix que j'ai dû faire pour transformer peu à peu mon projet initial en un projet réalisable, je me suis systématiquement refusée à sacrifier le travail de fond méthodique et en grande partie invisible qui me semblait nécessaire dans l'espoir de parvenir plus rapidement à des résultats présentables, et je me suis au contraire attachée à construire des fondations qui, quitte à décevoir d'éventuels lecteurs espérant trouver dans les pages qui suivent un tout équilibré et des développements très conceptuels, fournissent la base la plus solide possible pour des recherches futures. La portée et les limites des études que je présente sur chaque thème sont clairement précisées, lorsqu'il y a lieu, dans les introductions des chapitres ou des parties de chapitres concernés, et ce travail est à prendre comme le témoin d'une première phase de la réalisation d'un projet à plus long terme.

Structure de la thèse

Étant données les influences constantes qui se sont exercées, au cours de l'élaboration de mon projet et des recherches qui en ont découlé, entre les différentes échelles d'étude et les différentes approches que j'ai mobilisées, il m'a été impossible de conférer à cette thèse une structure qui reflète entièrement le cheminement de ma réflexion et permette de mettre intégralement en lumière la manière – du reste parfois presque inconsciente – dont des résultats obtenus relativement à certains aspects m'ont permis de comprendre quelles questions étaient pertinentes et quelles méthodes étaient prometteuses relativement à d'autres aspects en apparence complètement indépendants. Il me semble d'ailleurs qu'il est impossible de dégager, parmi tout ce que je souhaite présenter, une partie dont la conception ne s'appuie sur aucune des autres et qui pourrait ainsi constituer un véritable début. Toutefois, devant la nécessité d'adopter une progression linéaire et aussi fluide que possible pour exposer mon travail, j'ai choisi de l'organiser en deux grandes parties, correspondant chacune à l'une des deux principales échelles d'étude que j'ai considérées, et divisées en chapitres thématiques.

La première grande partie vise à dresser un panorama d'ensemble des diagrammes mathématiques d'époque paléo-babylonienne.

Le *premier chapitre* est consacré à la délimitation et une première description sommaire du corpus. J'y commence par m'interroger sur le sens qu'il semble pertinent de donner à l'expression « diagramme mathématique » dans le contexte du Proche-Orient ancien, mettre en place

13. Les raisons pour lesquelles les bases de données qui existent à l'heure actuelle s'avèrent insuffisantes pour mener le type de travail que je souhaite réaliser seront exposées dans la section I.3.1. et l'annexe E.

un appareil terminologique adapté à mes besoins et proposer une réflexion sur la manière dont il est possible de distinguer les objets qui m'intéressent d'autres objets graphiques qui leur ressemblent mais s'inscrivent dans un cadre différent. J'établis alors un inventaire aussi complet que possible des diagrammes mathématiques d'époque paléo-babylonienne répondant à la définition que j'ai retenue, puis je donne un certain nombre d'éléments permettant de situer ce corpus au sein de la documentation mathématique paléo-babylonienne dans son ensemble et j'en décris de premières propriétés élémentaires.

Le *deuxième chapitre* propose de commencer à examiner les caractéristiques plus précises des diagrammes du corpus ainsi constitué en les considérant dans un premier temps comme des objets purement matériels. J'y réinvestis et adapte des résultats de recherches en assyriologie portant sur la matérialité des tablettes d'argile et de l'écriture cunéiforme afin d'étudier, tour à tour, les propriétés physiques des supports sur lesquels les diagrammes étaient réalisés et la manière dont celles-ci peuvent nous renseigner sur leur contexte de production, les instruments et techniques employés pour tracer les dessins composant les diagrammes ainsi que la temporalité de leur réalisation, et enfin les effacements qui étaient parfois pratiqués en lien avec eux et les informations que ceux-ci nous livrent sur la manière dont ils étaient utilisés.

Le *troisième chapitre* s'attache alors à avancer davantage dans la compréhension des diagrammes du corpus en prenant cette fois également en compte leur dimension mathématique. En m'inspirant d'études d'histoire et philosophie des sciences portant sur les diagrammes mathématiques d'autres documentations anciennes, j'y aborde un certain nombre de questions relatives à leur signification et leurs fonctions. Après y avoir discuté la nature des objets qu'ils représentent et la façon dont ils les matérialisent, ainsi que la nature des informations qu'ils transmettent à travers leurs inscriptions et les moyens par lesquels celles-ci sont véhiculées, j'y ouvre des réflexions sur la manière dont ils s'articulaient aux textes parfois présents à leurs côtés et les rôles qu'ils jouaient dans différentes activités mathématiques.

La deuxième grande partie vise à apporter un éclairage complémentaire à l'approche globale proposée dans la première en se concentrant de manière beaucoup plus approfondie sur l'étude d'une petite sélection de tablettes comportant des diagrammes.

Le *quatrième chapitre* constitue une sorte d'introduction méthodologique à cette partie. Après une présentation succincte des documents que j'ai choisis pour les études de cas et des raisons pour lesquelles je les ai retenus, j'y décris en détail la démarche que j'ai adoptée pour travailler sur les tablettes. J'y explique entre autres comment les études générales de la première partie m'ont inspiré des questions et des outils conceptuels et méthodologiques pour ce faire, en fournissant notamment les grilles d'observation détaillées que j'ai compilées sur cette base. J'y évoque par ailleurs les enjeux liés à la réalisation d'éditions des diagrammes et l'impact que les choix faits à cet égard peuvent avoir sur la manière dont ils sont perçus.

Le *cinquième chapitre* est consacré à l'étude de documents qui relèvent du cas que l'on peut considérer comme étant en un sens le plus simple pour débiter l'analyse de la manière dont les diagrammes étaient utilisés dans les raisonnements, à savoir celui des tablettes contenant un unique problème résolu accompagné d'un unique diagramme. J'y présente deux tablettes de ce type, qui semblent provenir de la même région et partagent la particularité intéressante de nous mettre chacune en présence d'une certaine forme de « situation impossible » et de son illustration graphique.

Le *sixième chapitre* s'attaque ensuite à un cas plus complexe, à savoir celui des tablettes sur lesquelles apparaît une collection de plusieurs problèmes résolus accompagnés d'un diagramme chacun. J'y présente le début de l'étude détaillée d'une tablette de ce type, qui semble provenir de la même région que celles du chapitre précédent et dont les diagrammes offrent

deux particularités intéressantes pour mon projet global, d'une part en comptant parmi les rares diagrammes mathématiques paléo-babyloniens qui représentent des objets concrets tri-dimensionnels et d'autre part en faisant figure d'exception relativement à quelques aspects qui sont par ailleurs très réguliers dans les documents que j'ai considérés.

Enfin, le *septième chapitre* propose l'étude d'un groupe de documents qui s'écartent légèrement du strict cadre de mon corpus mais permettent d'en étudier indirectement les spécificités par contraste. J'y présente un petit lot de tablettes en grande partie inédites qui comportent des diagrammes contemporains des précédents qui, tout en leur ressemblant par certains aspects, s'avèrent clairement relever d'une autre tradition mathématique, et j'analyse plus en détail l'une de ces tablettes afin d'identifier les différences entre ces diagrammes et ceux de mon corpus et discuter la nature des activités dans le cadre desquelles ils semblent avoir été produits.

Par ailleurs, ces deux grandes parties sont suivies de cinq annexes, dont les deux premières, très brèves, consistent essentiellement en des aides à la lecture, et les trois suivantes, beaucoup plus conséquentes, présentent des pans de mon travail qui ont occupé une place particulièrement importante dans mon projet de thèse bien qu'ils ne relèvent pas directement de l'analyse des diagrammes eux-mêmes.

L'*annexe A* liste les abréviations utilisées dans la thèse et présente les symboles et conventions retenus pour les translittérations et traductions des textes cunéiformes.

L'*annexe B* fournit les explications nécessaires pour permettre aux lecteurs qui ne sont pas spécialisés dans les mathématiques paléo-babyloniennes de comprendre les développements faisant intervenir des considérations relatives à la manière dont sont exprimées les mesures et dont sont écrits les nombres dans les textes et sur les diagrammes de mon corpus.

L'*annexe C* vise à proposer une synthèse des différents « critères » orthographiques et lexicaux qui ont été suggérés par les historiens des mathématiques cunéiformes successifs pour tenter de déterminer la provenance des tablettes mathématiques paléo-babyloniennes issues de fouilles clandestines. J'y rappelle les différentes bases sur lesquelles ces « critères » ont été élaborés, puis j'en fournis un résumé sous forme de tableaux plus facilement utilisables en pratique que les articles dans lesquels ils ont été introduits et je discute leur fiabilité.

L'*annexe D* consiste en des glossaires des termes akkadiens et des sumérogrammes apparaissant dans les textes sur lesquels portent mes études de cas détaillées, que je qualifie de « glossaires analytiques » dans la mesure où j'y fais figurer pour chaque terme, outre sa traduction et la liste de ses occurrences, un certain nombre d'éléments permettant de mieux cerner sa signification mathématique exacte, de saisir les éventuels enjeux liés à sa traduction et de comprendre les choix que j'ai faits à cet égard.

Enfin, l'*annexe E* renferme la présentation et la documentation de la base de données de tablettes mathématiques cunéiformes que j'ai commencé à créer et n'ai pas pu achever pour l'instant. J'y présente tout d'abord les raisons pour lesquelles il m'a paru nécessaire de réfléchir à la mise en place d'une telle base de données, l'esprit dans lequel je l'ai conçue et les possibilités qu'elle cherche à offrir. J'y présente ensuite le modèle conceptuel « entités-associations » que j'ai construit pour répondre à ces différents objectifs et un modèle logique relationnel détaillant les tables à prévoir et les champs à faire figurer dans ces tables. Enfin, j'y décris et justifie les choix informatiques que j'ai faits pour l'implémentation pratique de cette base et j'y fournis des extraits du code source déjà écrit.

PREMIÈRE PARTIE
ÉTUDE D'ENSEMBLE DU CORPUS

Chapitre I

Délimitation et présentation générale du corpus

Dès lors que l'on constate, par exemple en feuilletant un recueil d'éditions de textes, que certaines tablettes mathématiques d'époque paléo-babylonienne comportent des « figures » ou des « diagrammes », et même sans chercher à se lancer dans une étude approfondie de ces objets, de nombreuses questions élémentaires mais essentielles se posent : Ces diagrammes sont-ils nombreux dans la documentation connue ? Sous quelle forme se présentent-ils ? Existe-t-il des points communs entre eux ? En quoi se différencient-ils d'autres dessins que l'on peut rencontrer sur des tablettes d'argile ? À quels endroits les trouve-t-on exactement ? Constituent-ils un phénomène ponctuel, par exemple limité à une région ou un moment particulier, ou au contraire plus général ? Sont-ils spécifiquement liés à un type de production mathématique, ou au contraire utilisés en lien avec différents genres de textes ? Etc.

Dans ce chapitre, et avant de me tourner dans les suivants vers des aspects plus techniques, je me propose d'apporter des éléments de réponse à ces diverses questions de base en dressant un premier panorama d'ensemble du corpus des diagrammes mathématiques paléo-babyloniens et en tentant de situer celui-ci au sein du corpus plus général des tablettes mathématiques du Proche-Orient ancien. Toutefois, afin d'être en mesure de procéder à une telle description, à laquelle sera consacrée la troisième partie du chapitre, il me faut tout d'abord préciser ce que j'entends exactement par « diagramme mathématique » dans le contexte de la documentation cunéiforme et définir une méthode me permettant de distinguer ces objets d'autres éléments qui leur ressembleraient, ce que je ferai dans une première partie, puis en établir un inventaire aussi complet que possible, ce que je ferai dans une deuxième partie.

I.1. Notion de « diagramme mathématique » dans le contexte paléo-babylonien

Bien que de nombreuses études aient été consacrées aux diagrammes mathématiques au cours des deux dernières décennies, ceux-ci n'ont que rarement été définis de manière explicite. De plus, des historiens qui travaillent sur des corpus géographiquement et chronologiquement très éloignés les uns des autres, des philosophes qui cherchent à aborder des problématiques particulières et des cognitivistes ou des didacticiens qui observent les sources avec un point de vue spécifique étant naturellement conduits à délimiter et développer cette notion de façon très différente, la même expression a en fait été employée pour recouvrir des réalités extrêmement variées, allant, avec toutes sortes de nuances et de variations, d'élargissements et de restrictions, des figures géométriques les plus concrètes aux systèmes notationnels les plus abstraits.¹ En conséquence, et sans que j'aie l'ambition de proposer une définition conceptuelle générale de ces objets, il s'est rapidement avéré nécessaire pour moi de mettre en place un appareil terminologique personnel qui soit adapté à la fois aux propriétés du corpus mathématique paléo-babylonien que je souhaitais étudier, aux besoins engendrés par le type de travail que j'envisageais d'accomplir sur ce corpus, et – aspect qui s'est avéré avoir un impact crucial sur ma manière d'approcher la question – à l'encodage des informations visuelles sous forme

1. Je reviendrai de manière plus détaillée dans le chapitre III sur la littérature historique et philosophique dédiée aux diagrammes mathématiques, que je ne fais ici à dessein que mentionner sans m'attarder.

de base de données que je prévoyais de mettre en place.

I.1.1. Définition du vocabulaire employé

Les définitions que j'ai retenues dans ce cadre, non seulement pour les diagrammes mathématiques eux-mêmes mais aussi pour un certain nombre d'éléments liés auxquels j'aurai régulièrement besoin de faire référence de manière précise et les relations entre ces différents objets, sont les suivantes.

I.1.1.1. *Tablettes et contenus*

Avant toute chose, et bien que cela n'ait à première vue pas de lien direct avec la question des diagrammes, je distingue une *tablette*, qui est un objet physique servant de support d'écriture et/ou de tracé, de son *contenu*, qui est exprimé par ce qui est écrit et/ou tracé sur cet objet. Ainsi, une tablette peut par exemple se trouver dans une collection, avoir une forme et des dimensions et présenter des particularités matérielles, tandis que le contenu d'une tablette peut par exemple relever d'un genre et être rédigé dans une certaine langue. Le contenu d'une tablette peut de plus être considéré comme une attestation particulière d'une *composition*, une notion que je n'utiliserai pas dans le présent travail puisque tous les documents de mon corpus ont des contenus singuliers mais qui peut être utile dans d'autres situations.

De la même manière, je distingue une *section*, qui est une portion – physiquement délimitée ou non – de la surface d'une tablette, de son *contenu*, qui est une partie du contenu de la tablette exprimée par ce qui est écrit et/ou tracé sur cette portion de surface. Ainsi, une section peut par exemple avoir une mise en page et présenter des marques diverses, tandis que le contenu d'une section peut par exemple relever d'un genre et traiter d'un certain sujet. Une question pratique à laquelle cette définition n'apporte volontairement pas de réponse est celle de savoir si les sections doivent être identifiées sur la base de critères matériels et permettent alors de délimiter les contenus de sections, ou si, à l'inverse, les contenus de sections doivent être identifiés sur la base de critères sémantiques et permettent alors de délimiter les sections : il me semble préférable de ne pas établir de règle générale à cet égard et de plutôt identifier les sections et contenus de sections conjointement, au cas par cas, en essayant pour chaque document de trouver le découpage conciliant le mieux possible les deux aspects.

I.1.1.2. *Formes et configurations géométriques*

Ceci ayant été clarifié, dirigeons-nous maintenant progressivement vers la définition des diagrammes, en introduisant pour cela un certain nombre de définitions intermédiaires.

J'appelle tout d'abord *forme géométrique élémentaire* un objet géométrique qui est, selon le point de vue, constitué de ou délimité par une ligne fermée unique (brisée, courbe, ou une combinaison des deux) qui ne se recoupe pas.² Ainsi, par exemple, un rectangle, un trapèze, un triangle isocèle, un cercle, un segment de cercle, et, plus originalement, un « carré concave » et une « barge », sont des formes géométriques élémentaires.³

J'appelle alors *forme géométrique* un ensemble d'une ou plusieurs formes géométriques élémentaires agencées d'une manière particulière. Ainsi, par exemple, une forme géométrique

2. Savoir si les formes géométriques élémentaires (ou non élémentaires, définies plus bas) doivent plutôt être considérées dans le contexte paléo-babylonien comme des lignes ou comme des surfaces est une question difficile qui mériterait une étude à part entière et à laquelle cette définition, donnée dans un simple objectif de clarification du vocabulaire, ne prétend pas apporter de réponse.

3. Nous retrouverons ces formes aux noms étranges dans la section I.2.2.6, où je les illustrerai.

élémentaire seule, mais aussi un ensemble constitué d'un cercle inscrit dans un carré et un ensemble de deux carrés concentriques sont des formes géométriques.⁴

J'appelle de plus *ligne intérieure* associée à une forme géométrique tout segment reliant, le plus souvent en respectant certaines contraintes, deux points du bord de cette forme géométrique ou du bord des formes géométriques élémentaires dont elle est constituée. Ainsi, par exemple, une diagonale, un diamètre et une hauteur sont des lignes intérieures.

À partir de ces différents éléments, j'appelle *configuration géométrique* la donnée d'une forme géométrique et d'un ensemble éventuellement vide de lignes intérieures associées. Ainsi, par exemple, une forme géométrique (élémentaire ou non) sans ligne intérieure, mais aussi un rectangle avec l'une de ses diagonales, un trapèze isocèle avec trois transversales, et trois cercles concentriques traversés par deux diamètres perpendiculaires entre eux, sont des configurations géométriques.⁵ On peut remarquer qu'il existe souvent plusieurs manières possibles de décrire une même configuration géométrique. Ainsi, par exemple, le rectangle avec une diagonale évoqué à l'instant pourrait a priori également être décrit comme deux triangles rectangles accolés têtes-bêches par leurs hypoténuses, le trapèze isocèle avec trois transversales comme quatre trapèzes de même pente accolés les uns aux autres par leurs bases de même longueur, et ainsi de suite. On constate même, sur les exemples précédents mais aussi de manière générale, que toute configuration géométrique peut en fait être décrite comme un assemblage de formes géométriques élémentaires, c'est-à-dire comme une simple forme géométrique, sans avoir besoin de faire intervenir de lignes intérieures, de sorte que la notion de configuration géométrique que je propose peut paraître superflue dans une approche purement mathématique. Néanmoins, il apparaît clairement, en particulier en lisant les textes, et comme cela se dégagera progressivement dans la suite, qu'une seule façon d'envisager chaque configuration géométrique est généralement attestée dans la documentation, ou du moins amplement privilégiée par les acteurs, et que cette façon fait dans un certain nombre de cas intervenir des lignes intérieures, ce qui justifie que j'introduise ce niveau de distinction supplémentaire.

1.1.1.3. Diagrammes mathématiques

Une fois ceci posé, je nomme *dessin géométrique* toute instanciation graphique d'une configuration géométrique sur une tablette d'argile ou un autre support matériel, et je dis alors que le dessin géométrique *montre* la configuration géométrique en question.⁶

J'appelle de plus *inscription* toute brève succession de signes d'écriture formant une unité de sens et apparaissant sur ou à proximité immédiate d'un dessin géométrique.⁷

Ces deux notions me permettent alors de définir un *diagramme mathématique* comme étant un ensemble, formé d'un dessin géométrique et des éventuelles inscriptions s'y rattachant, qui représente un objet mathématique ou un objet concret considéré dans un contexte mathématique.⁸ Notons que je dis donc, avec ce vocabulaire, qu'un diagramme mathématique, à travers

4. Ce que j'appelle ici « forme géométrique » correspond à l'un des sens que l'on donne dans le langage courant à l'expression « figure géométrique ». J'ai néanmoins fait le choix de réserver le terme de « figure » à la désignation d'un genre de contenu spécifique, que je présenterai dans la section III.2.1.1.

5. Les « transversales » seront définies dans la section I.2.2.1.

6. Ce que j'appelle ici « dessin géométrique » correspond à un autre sens que l'on donne dans le langage courant à l'expression « figure géométrique », mais, comme indiqué plus haut, j'ai fait le choix de réserver cette dernière à la désignation d'un genre de contenu spécifique qui sera présenté dans la section III.2.1.1.

7. Notons que cet emploi est volontairement beaucoup plus restrictif que le sens usuel du mot « inscription ».

8. Dans l'absolu, il faudrait, pour que cette définition soit complète, que je précise ce que j'appelle « objet mathématique » ou « contexte mathématique ». Il m'a toutefois semblé souhaitable de ne pas m'aventurer dans cette direction et d'utiliser momentanément ces deux expressions avec le sens qu'on leur attribue spontanément. J'aurai l'occasion de donner quelques précisions sur ce point par la suite.

le dessin géométrique qui le constitue, *montre* une configuration géométrique, et donc en particulier une forme géométrique et le cas échéant des lignes intérieures, tandis qu'il *représente* un objet, qu'il soit mathématique ou concret. Dans certains cas l'objet représenté est confondu avec la configuration géométrique montrée (par exemple, un diagramme mathématique peut à la fois montrer et représenter un triangle), et dans d'autres cas les deux sont distincts (par exemple, un diagramme mathématique peut représenter une porte en montrant un rectangle, représenter une ville entourée d'un fossé en montrant deux cercles concentriques, etc).

Il me semble utile d'ouvrir à ce stade une petite parenthèse pour remarquer qu'un certain nombre d'objets qui sont parfois rattachés à la grande famille des diagrammes mathématiques, dont deux sur lesquels je souhaite particulièrement appeler l'attention, sont exclus par la définition que j'ai retenue. D'une part, les tracés de mise en page tels que les colonnes ou les tableaux ne sont pas des diagrammes mathématiques au sens adopté ici puisqu'ils peuvent certes être vus comme constitués d'un dessin géométrique mais ne répondent pas à la condition de représenter un objet mathématique ou un objet concret considéré dans un contexte mathématique ; ils pourraient éventuellement, pour s'accorder avec certains usages, être rangés dans une large catégorie de *dispositions diagrammatiques*. D'autre part, dans un tout autre registre, les configurations géométriques qui sont seulement imaginées ou visualisées ne sont pas des diagrammes mathématiques au sens adopté ici puisqu'elles ne répondent cette fois pas à la condition d'être des instanciations graphiques sur un support physique ; ces représentations visuelles mais non matérielles d'objets mathématiques, qui ont été abondamment étudiées par J. Høyrup et sur lesquelles je reviendrai dans la section III.2.4.3, seront qualifiées dans la suite de *diagrammes mathématiques mentaux*.⁹

Pour finir, et de la même façon que j'avais distingué une tablette de son contenu et une section de son contenu, je distingue un diagramme mathématique de la *zone occupée par ce diagramme mathématique*, qui correspond à la portion de section ou plus généralement de tablette sur laquelle il apparaît. Ainsi, un diagramme mathématique peut représenter un objet, montrer une configuration géométrique et comporter des inscriptions, tandis que le dessin géométrique dont est constitué ce diagramme mathématique peut avoir été réalisé au moyen d'une certaine technique de tracé et que la zone qu'occupe ce diagramme mathématique peut se trouver à un certain endroit de la tablette ou présenter des traces d'effacement.

1.1.1.4. Textes

J'appelle enfin *texte* toute succession de signes d'écriture faisant sens qui n'est pas une inscription dans l'acception définie plus haut, en parlant plus précisément de *texte discursif* dans le cas où ces signes d'écriture forment des mots ou des phrases (en akkadien ou en sumérien pour ce qui est de mon corpus) et de *texte numérique* dans le cas où ces signes désignent uniquement des nombres ou des quantités.

Avec ces définitions, il apparaît que le contenu d'une tablette mathématique, et en particulier de chacune de ses sections, peut être entre autres exprimé au moyen de textes (discursifs et/ou numériques) seuls, au moyen de diagrammes mathématiques (avec ou sans inscriptions) seuls, ou au moyen d'une combinaison de textes et de diagrammes mathématiques.¹⁰

9. Voir à ce sujet l'ouvrage [HØYRUP2002], et plus spécifiquement la partie intitulée « Drawings? Manifest or Mental Geometry? », pages 103-107, que je serai amenée à discuter plus loin.

10. Cette liste met uniquement l'accent sur les éléments les plus importants pour la suite de ce travail. Il va de soi qu'elle n'est pas exhaustive puisqu'elle ne mentionne par exemple pas les mises en page, qui constituent dans certains cas l'un des éléments cruciaux participant de l'expression d'un contenu, comme illustré, pour ne citer qu'un exemple, par l'article [PROUST2012d]. Je serai d'ailleurs amenée à discuter dans le chapitre III de l'articulation de formes de communication visuelles et textuelles en lien avec les diagrammes mathématiques.

1.1.1.5. Schéma récapitulatif

Le schéma ci-dessous résume visuellement les relations entre les différents éléments définis dans les sections précédentes.

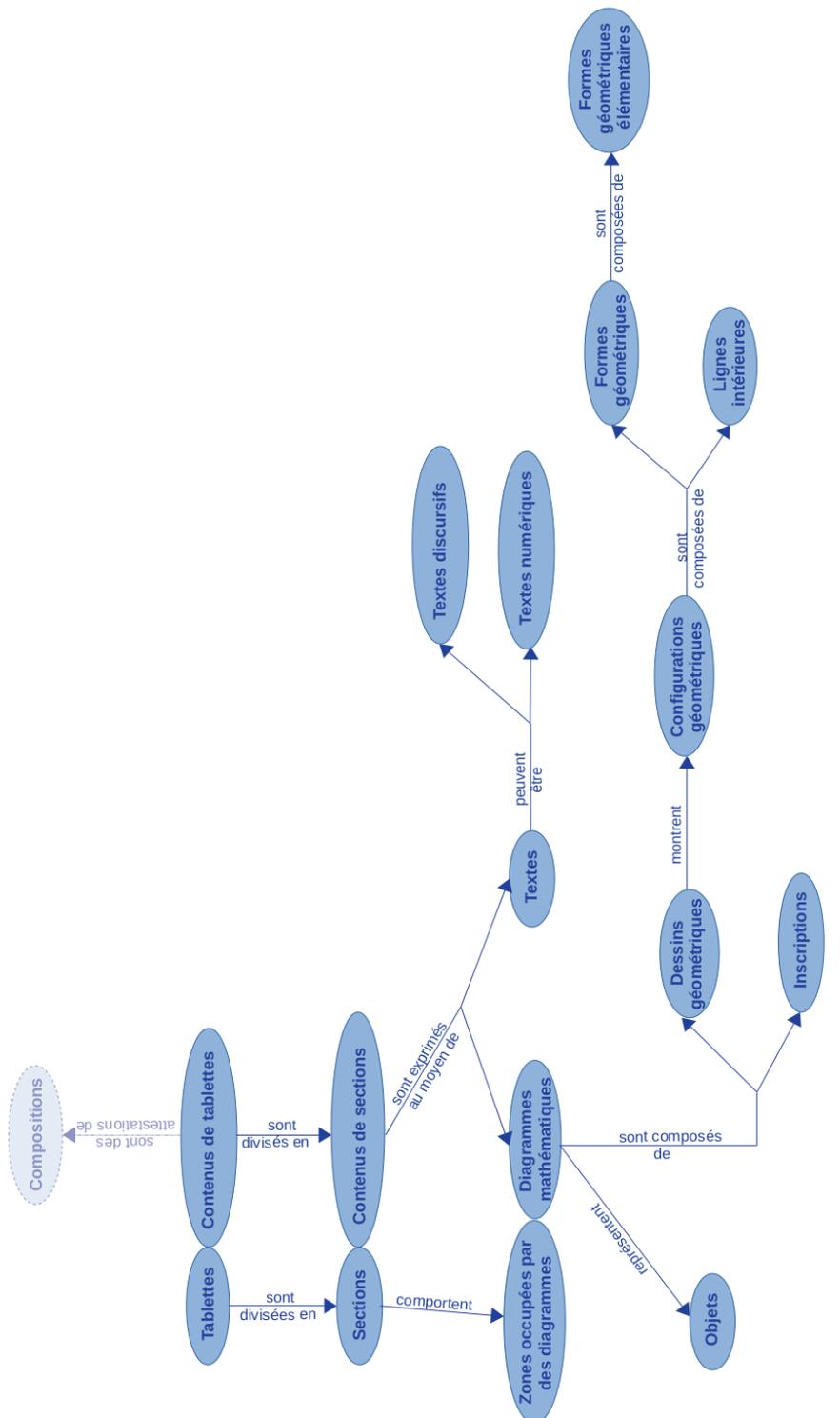


FIGURE I.1. Schéma récapitulatif des relations entre les différents éléments définis¹¹

1.1.1.6. Illustration sur un exemple

Afin de compléter les définitions théoriques énoncées jusqu'à présent, voici pour terminer un exemple de description d'une tablette mathématique qui illustre de façon plus concrète ce que recouvrent les différents termes introduits.

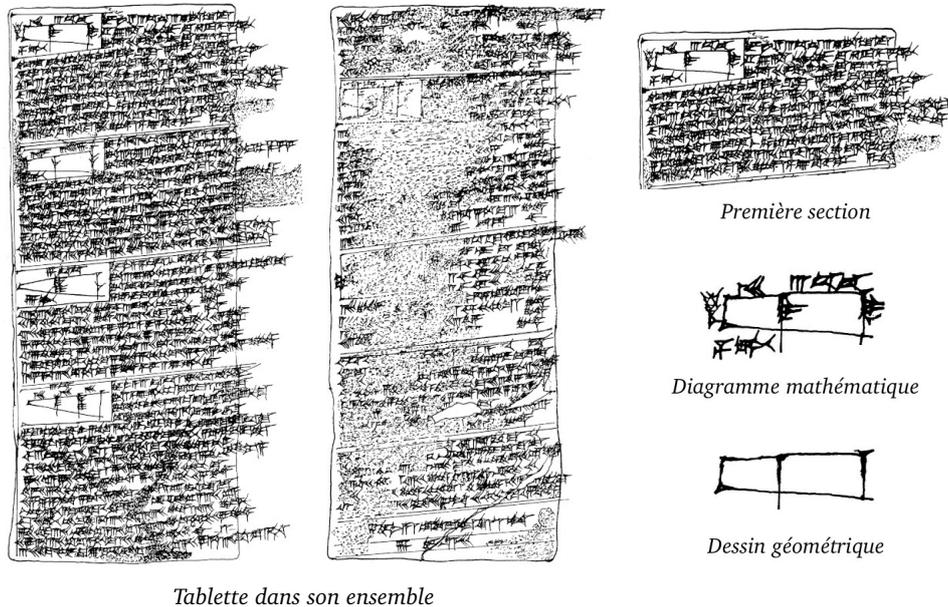


FIGURE I.2. Exemple permettant d'illustrer le vocabulaire introduit¹²

L'image de gauche ci-dessus reproduit la copie de la *tablette* MS 3052. Cette *tablette* a été produite pendant la période paléo-babylonienne, provient probablement de Babylonie du Sud et est actuellement conservée dans une collection privée. Elle a une forme rectangulaire et est inscrite recto-verso sur une seule colonne. Sa face est en bon état et son revers est endommagé. On détecte des traces de lissage sur l'une de ses tranches. Le *contenu* de cette tablette est quant à lui rédigé en akkadien. Il appartient au genre « problèmes mathématiques résolus » et traite de murs de terre, de tranchées, de rectangles et de racines carrées. La mise en page de la *tablette* et la structure de son *contenu* nous incitent toutes deux à y identifier neuf *sections*.

La première *section* de cette tablette, dont la première image de droite ci-dessus montre la copie isolée, est située en haut de la face et se termine par une double ligne horizontale. Le *contenu de cette section* relève du genre « problème mathématique résolu ». Il consiste en un énoncé de problème portant sur les dimensions d'un mur de terre suivi d'une procédure à la deuxième personne permettant de le résoudre. Il est exprimé au moyen d'un *texte discursif* et d'un *diagramme mathématique*.

11. Une petite mise en garde s'impose. De par la disposition retenue pour faire ressortir certaines relations, ce schéma peut donner l'impression trompeuse que, de la même manière que les tablettes, les sections et les zones occupées par des diagrammes sont des entités de même nature, à savoir des objets ou des surfaces matériel(le)s servant de support à des signes d'écriture et/ou des tracés, les contenus de tablettes, les contenus de sections et les diagrammes se situent sur un même plan. Or il n'en est rien puisque nous avons vu que, avec les définitions retenues, les contenus de tablettes et de sections correspondent à ce qui est exprimé par des signes et/ou des tracés tandis que les diagrammes correspondent à des tracés et des signes eux-mêmes.

12. La tablette qui sert ici d'exemple est la tablette MS 3052, que je ne décris que de manière très superficielle pour les besoins de ce chapitre mais que j'analyserai de manière beaucoup plus approfondie dans l'une des études de cas de la deuxième grande partie de la thèse. La copie montrée est tirée de [FRIBERG2007a] pages 257 et 277.

Le *diagramme mathématique*, dont la deuxième image de droite ci-dessus montre la copie en gros plan, représente le mur de terre étudié. La zone occupée par ce diagramme se trouve en haut à gauche de la section et est délimitée sur deux côtés par des lignes simples. Le diagramme lui-même est composé d'un dessin géométrique et de six inscriptions qui consistent en des nombres et des phrases nominales.

Le dessin géométrique, reproduit seul sur la dernière image de droite ci-dessus, a été tracé par impression d'un calame dans l'argile. Il montre une configuration géométrique composée d'une forme géométrique constituée d'une seule forme géométrique élémentaire, à savoir un trapèze isocèle, et pourvue d'une unique ligne intérieure, à savoir une transversale.

1.1.2. Difficultés d'identification

Si ces différentes définitions ont le mérite de clarifier le sens que je donne aux termes que j'emploie dans mon travail, et en particulier à l'expression « diagramme mathématique », elles ne sont en revanche pas suffisantes, à elles seules, pour nous permettre de reconnaître en pratique les objets qui relèvent de cette catégorie telle que je l'ai délimitée.

1.1.2.1. Une possible confusion avec d'autres types de diagrammes

La principale difficulté à laquelle j'ai été confrontée pour identifier les diagrammes mathématiques au sein du corpus cunéiforme est que, étant données les restrictions que j'ai choisi d'imposer, tous les dessins géométriques, et même tous les dessins géométriques dotés d'inscriptions consistant principalement en des nombres et des mesures, n'en sont pas. Il existe en particulier toute une catégorie d'objets apparaissant sur des tablettes du Proche-Orient ancien qui leur ressemblent fortement mais n'entrent pas dans le cadre de la définition que j'ai retenue : les plans de bâtiments et de terrains.¹³

Une trentaine de tablettes cunéiformes, datant approximativement du milieu du troisième millénaire au milieu du premier millénaire avant notre ère, ont été identifiées par les assyriologues comme présentant un ou des plans de bâtiments.¹⁴ Les plans qui y apparaissent consistent en des vues de dessus montrant l'arrangement des pièces de maisons individuelles,

13. Une douzaine de cartes couvrant des zones plus étendues sont également connues : des cartes de quartiers ou de villes (par exemple une carte de la ville de Babylone sur la tablette néo-babylonienne BM 35385 dont des photographies et la copie peuvent être consultées à l'adresse <https://www.britishmuseum.org/collection/object/W_Sp-II-967>), des cartes de régions (par exemple une carte des environs de Nuzi sur la tablette paléo-akkadienne IM 50711 dont la photographie peut être consultée à l'adresse <<https://cdli.mpiwg-berlin.mpg.de/artifacts/213268>> ou une carte des environs de Sippar sur la tablette néo-babylonienne BM 50644 dont des photographies et la copie peuvent être consultées à l'adresse <https://www.britishmuseum.org/collection/object/W_1882-0323-1635>), et, plus marginalement, une carte du monde tel qu'il était imaginé (la célèbre « Mappa Mundi » sur la tablette néo-babylonienne BM 92687 dont des photographies et la copie peuvent être consultées à l'adresse <https://www.britishmuseum.org/collection/object/W_1882-0714-509>). Ces cartes, qui datent du milieu du troisième millénaire au milieu du premier millénaire avant notre ère, indiquent notamment les emplacements de rivières et canaux au moyen de lignes parallèles entre lesquelles est placé soit un nom soit un ensemble de lignes ondulées, les emplacements de villes et de bâtiments au moyen de cercles ou de rectangles et les emplacements de routes et de rues au moyen de lignes simples ou doubles, et comportent parfois de plus des indications de distances. Néanmoins, elles se distinguent pour la plupart plus aisément des diagrammes mathématiques que les plans de terrains et de bâtiments, et, surtout, aucune d'entre elles ne date de l'époque paléo-babylonienne à laquelle je m'intéresse, de sorte qu'il ne me semble pas utile de m'y attarder dans ce travail. Les lecteurs intéressés trouveront des renseignements à ce sujet, ainsi que des images et des références complémentaires, dans [RÖLLIG1983], [MILLARD1987], [MICHEL2001a] et le premier chapitre de [NEMET-NEJAT1982] (en particulier pages 5 à 12).

14. Le décompte le plus récent dont j'ai connaissance se trouve dans l'article [BAGG2011] (pages 544-545), où est également fourni un catalogue complet des tablettes en question (pages 568-577) suivi de l'ensemble de leurs copies (pages 578-586), et est repris dans le billet de blog plus accessible [ABRAHAMI2016] (paragraphe 1).

de temples ou d'autres édifices publics, parfois des éléments permettant de situer ceux-ci par rapport à leur environnement, et dans quelques cas l'emplacement d'équipements particuliers tels que des escaliers.¹⁵ Les murs y sont la plupart du temps – mais pas systématiquement – figurés au moyen de lignes parallèles, et les ouvertures au moyen d'interruptions dans les murs ou de petits traits simples ou doubles perpendiculaires aux murs.¹⁶ Ces plans peuvent être *muets*, c'est-à-dire ne comporter aucune inscription, *legendés*, c'est-à-dire comporter des inscriptions consistant en des mots indiquant par exemple la fonction des pièces ou l'orientation de la structure selon les points cardinaux, ou encore *cotés*, c'est-à-dire comporter des inscriptions consistant en des mesures des pièces (exprimées avec ou sans leurs unités).¹⁷ Ils n'avaient vraisemblablement pas tous la même fonction mais pourraient en particulier avoir servi d'aides à la conception et à la construction des bâtiments.¹⁸

Parmi la trentaine de tablettes sur lesquelles se trouvent des plans de bâtiments, sept à huit datent ou semblent dater de l'époque paléo-babylonienne sur laquelle porte mon travail.¹⁹ Les copies partielles de trois d'entre elles sont reproduites ci-après. Ces exemples permettent notamment de constater que, si l'identification des plans de bâtiments peut être assez claire dans les cas les plus favorables, comme celui de la tablette AO 10789 montrée par l'image de gauche, elle est beaucoup moins évidente en dehors de tout contexte dès lors que l'on a seulement affaire à un petit fragment, comme pour la tablette Ist O 62 montrée par l'image du milieu, ou que les conventions de représentation utilisées ne sont pas aussi élaborées que d'ordinaire, comme pour la tablette IM 44036,1 montrée par l'image de droite.

Par ailleurs, un peu plus d'une centaine de tablettes, datant elles aussi approximativement du milieu du troisième millénaire au milieu du premier millénaire avant notre ère, ont été identifiées comme présentant des plans de terrains.²¹ Les plans qui y apparaissent consistent en des

15. Voir à ce sujet [BAGG2011] pages 545-546, [ABRAHAMI2016] paragraphe 5 et *passim*, [MILLARD1987] page 110, [HEINRICH&SEIDL1971] page 664 et [NEMET-NEJAT1982] pages 12-13.

16. Voir à ce sujet [BAGG2011] pages 546-548, [ABRAHAMI2016] *passim*, [MICHEL2001b] page 662 et [NEMET-NEJAT1982] page 7.

17. Voir à ce sujet, et même si certaines références se contredisent sur des points de détail, [BAGG2011] pages 546-548 et 552-554, [ABRAHAMI2016] paragraphe 7, [MICHEL2001b] page 662 et [NEMET-NEJAT1982] pages 12-13. Les expressions « plans muets », « plans légendés » et « plans cotés » utilisées ici sont dues à [BAGG2011], qui parle en allemand de « stumme Pläne », « beschriftete Pläne » et « bemaßte Pläne ».

18. Voir à ce sujet [BAGG2011] page 544, [ABRAHAMI2016] paragraphe 18 et [HEINRICH&SEIDL1971] page 668.

19. Il s'agit des tablettes sur lesquelles apparaissent les plans numérotés de 15 à 22 dans le catalogue de [BAGG2011] et une tablette de la collection Schøyen qui n'a pas été incluse dans cette étude, ainsi qu'une tablette du musée de Bagdad dont les datations proposées varient. La liste complète par ordre alphabétique est ainsi, en donnant, pour chaque tablette, tout d'abord son numéro de collection, puis, entre parenthèses, le numéro de publication sous lequel elle est citée dans la littérature, son numéro dans la base de données du CDLI, le numéro sous lequel elle est cataloguée dans [BAGG2011] (qui permet d'accéder à sa copie et diverses références), et sa provenance lorsqu'elle est connue : AO 10789 (PRAK D 030, P254791, [BAGG2011] n° 17-18, provenant de Kiš), BM 86394 (LIH 107, P255180, [BAGG2011] n° 15, de provenance inconnue), Ist O 62 (PRAK O 062, P368315, [BAGG2011] n° 21, provenant de Kiš), Ist O 107 (PRAK O 107, P354792, [BAGG2011] n° 19-20, provenant de Kiš), Ist O 132 (PRAK O 132, P345077, [BAGG2011] n° 22, provenant de Kiš), MS 3031 (MSCT 1,247, P252037, non cataloguée dans [BAGG2011], de provenance inconnue, voir [FRIBERG2007a] pages 229 et 490) et une tablette qui ne semble pas avoir de numéro de collection et n'est pas non plus répertoriée dans la base de données du CDLI ([BAGG2011] n° 16, provenant de Larsa), ainsi que IM 44036,1 (TIM 09,104, P223441, [BAGG2011] n° 23, de provenance inconnue) qui est datée comme paléo-babylonienne dans le CDLI et médio-babylonienne dans [BAGG2011] sans que le recueil [VANDIJK1976] dans lequel elle est éditée ne semble donner d'élément en faveur ou un défaveur de l'une ou l'autre de ces deux possibilités.

20. La copie de la première tablette est tirée de [DEGENOUILLAC1924] planche 39, celle de la deuxième tablette de [DEGENOUILLAC1924] planche 52 et celle de la troisième tablette (qui, comme indiqué dans la note précédente, peut être soit paléo-babylonienne soit légèrement plus tardive) de [VANDIJK1976] planche LXXVII. Toutes trois sont ici reproduites par commodité à partir de l'annexe de l'article [BAGG2011].

21. Contrairement aux plans de bâtiments, les plans de terrains n'ont à ma connaissance jamais été tous ca-

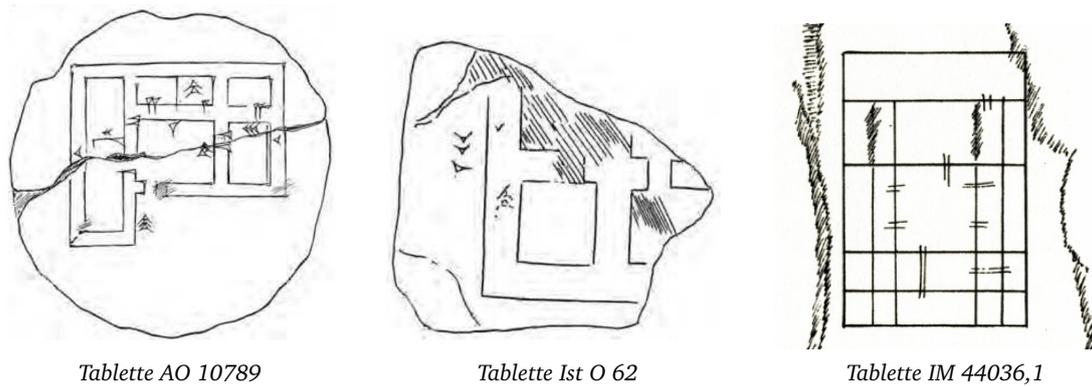


FIGURE I.3. Exemples de plans de bâtiments d'époque paléo-babylonienne²⁰

vues de dessus de parcelles cultivées généralement rendues de manière schématique sous la forme d'un assemblage – parfois complexe – de rectangles, trapèzes et triangles délimités par des lignes simples.²² Ils comportent de plus des inscriptions, de nombre et de nature variables, qui peuvent donner des précisions quantitatives sur les longueurs des côtés des champs, les aires des parcelles, leur capacité d'ensemencement, etc, ainsi que des précisions qualitatives sur les noms des propriétaires des terrains, des mentions d'éléments du paysage permettant de les situer, des indications de points cardinaux, etc.²³ Selon les époques et les évolutions de l'organisation agricole, ils semblent avoir rempli des fonctions diverses pouvant concerner aussi bien l'estimation des rendements des parcelles et des quantités de récoltes que l'identification de la position et des limites des terrains dans le cadre de transactions immobilières.²⁴

Parmi la centaine de tablettes sur lesquelles apparaissent des plans de terrains, quelques-unes, malheureusement très peu étudiées à l'heure actuelle, datent ou semblent dater de l'époque paléo-babylonienne sur laquelle je me concentre dans ce travail.²⁵ Les copies ou pho-

talogués dans une unique publication. L'estimation de leur nombre indiquée ici est celle qui est donnée dans [MICHEL2001b] page 661 et qui est globalement cohérente avec les informations tirées de [LAFONT2001] page 149, où il est précisé que la plupart de ces plans datent des époques d'Ur III et néo-babylonienne/achéménide, de [LIVERANI1990] page 148, où il est indiqué qu'il existe plus de trente plans de champs de l'époque d'Ur III, de [ALIVERNINI2014] page 3, qui réévalue cette même quantité à quarante, et de [NEMET-NEJAT1980] page 109 et [NEMET-NEJAT1982] page 1, où il est expliqué que l'auteur présente 70 tablettes comportant des plans de champs des époques néo-babylonienne et achéménide pour lesquelles aucun n'était connu auparavant. Il me semble par ailleurs utile de signaler, pour éviter toute confusion, que les documents appelés « cadastres » par les assyriologues sont des tablettes sur lesquelles un scribe a enregistré la localisation, la disposition et l'étendue de parcelles agricoles sans nécessairement utiliser d'illustration pour ce faire, et ne correspondent donc pas aux « plans de terrains », comme expliqué dans [LAFONT2001] page 149.

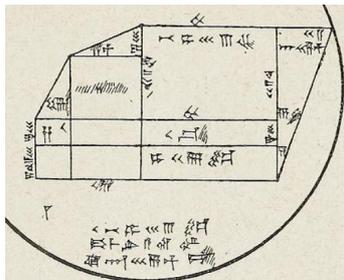
22. Voir à ce sujet [LAFONT2001] pages 149-150, [LIVERANI1990] page 148 et [NEMET-NEJAT1982] page 14, ainsi que, plus généralement, l'ensemble des publications citées en lien avec ce paragraphe.

23. Voir à ce sujet [LAFONT2001] page 149, [MILLARD1987] pages 109-110, [NEMET-NEJAT1980] pages 109-110 et [NEMET-NEJAT1982] pages 3-4, 15 et 18-20.

24. Voir à ce sujet [LAFONT2001] page 149, [MILLARD1987] pages 109-110 et [NEMET-NEJAT1982] pages 18-21. Par ailleurs, des exemples d'analyses plus détaillées de plans de champs, de leur contexte de réalisation et/ou de leur utilisation peuvent notamment être trouvés dans [QUILLIEN2003], [FRIBERG2009] et [ALIVERNINI2014].

25. Dans la mesure où il n'existe aucun catalogue complet des tablettes faisant apparaître des plans de terrains et où celles datant de l'époque paléo-babylonienne n'ont fait l'objet d'aucune étude dédiée et sont même en grande partie inédites, il ne m'est pas possible de fournir une liste précise comme je l'avais fait pour les plans de bâtiments. Les tablettes paléo-babyloniennes ayant été éditées (autrement que sous la forme d'une simple présentation dans un catalogue) et identifiées comme comportant des plans de terrains se comptent à ma connaissance sur les doigts de la main : BM 79861 (89.1014.409, JCSSS2,07, P480465, provenant de Sippar-Amnānum, voir [RICHARDSON2010] pages 12 et 116), Ist Si 427 (RT 17,33, P128359, provenant de Sippar-Yahrurum, voir [SCHEIL1895] page 33 et

tographies partielles de trois d'entre elles sont reproduites ci-dessous. Ces exemples permettent de constater que l'apparence des plans de terrains est moins caractéristique que celle des plans de bâtiments, et que, si les arrangements sophistiqués de parcelles, comme celui visible sur la tablette Ist Si 427 montrée par l'image de gauche, se reconnaissent globalement bien, des dispositions plus ordinaires, comme celles des tablettes N 2456 et BM 79861 montrées par l'image du milieu et l'image de droite, peuvent facilement prêter à confusion dans les situations où les annotations et inscriptions associées ne sont pas suffisamment explicites.



Tablette Ist Si 427



Tablette N 2456



Tablette BM 79861

FIGURE I.4. Exemples de plans de terrains d'époque paléo-babylonienne²⁶

Il ressort ainsi de ce rapide panorama que les plans de bâtiments et de terrains, qui sont relativement bien attestés dans la documentation cunéiforme, consistent en des dessins géométriques parfois accompagnés d'inscriptions s'y rattachant, qui plus est consistant souvent en des données numériques, et ne se distinguent donc des diagrammes mathématiques tels que je les ai définis que par le fait qu'ils représentent ce faisant des zones ou des constructions réelles – ou du moins réalistes – considérées à des fins pratiques plutôt que des objets mathématiques ou des objets concrets considérés dans un contexte mathématique.²⁷ En conséquence, s'il y a bien sûr des cas dans lesquels ils se reconnaissent aisément de par un aspect particulièrement évocateur ou le contenu caractéristique de certaines légendes qui les accompagnent, il existe, du fait de la ressemblance décrite, un risque de les confondre avec les diagrammes mathématiques dans des situations moins claires.

[MANSFIELD2020]), UET 7, 116 (U 7803, P347075, provenant d'Ur, voir [FRIBERG2000] page 147) et UET 7, 117 (P347076, provenant d'Ur, voir [FRIBERG2000] page 147). À cela viennent s'ajouter un certain nombre de tablettes qui ont seulement été cataloguées ou répertoriées dans une base de données sans être réellement éditées mais semblent malgré tout être considérées comme datant de l'époque paléo-babylonienne et comportant un ou des plans de terrains, que j'ai repérées soit dans [NEMET-NEJAT1982] page 14 soit par une recherche dans la base de données du CDLI, notamment : BM 85208 (voir <https://www.britishmuseum.org/collection/object/W_1899-0415-15>), BM 85209 (voir <https://www.britishmuseum.org/collection/object/W_1899-0415-16>), BM 85270 (voir <https://www.britishmuseum.org/collection/object/W_1899-0415-77>), N 2456 (P277545, provenant de Nippur, voir <<https://cdli.mpiwg-berlin.mpg.de/artifacts/277545>>), N 2461 (P277549, provenant de Nippur, voir <<https://cdli.mpiwg-berlin.mpg.de/artifacts/277549>>), SC 3 025 (P388380, de provenance inconnue, voir [WILSON2008] page 276), SC 3 026 (P388378, de provenance inconnue, voir [WILSON2008] page 274), et quelques tablettes conservées dans des collections privées anonymes.

26. La copie de la première tablette est tirée de [SCHEIL1895] page 33. La photographie de la deuxième tablette est issue du site [CDLI], à l'adresse <<https://cdli.mpiwg-berlin.mpg.de/artifacts/277545>> (dernier accès le 29 juillet 2023) et celle de la troisième tablette du site [BM], à l'adresse <https://www.britishmuseum.org/collection/object/W_1889-1014-409> (dernier accès le 29 juillet 2023).

27. Bien sûr, des raisonnements de nature mathématique étaient certainement utilisés lors de la réalisation de la plupart des plans, mais la différence que je souligne ici porte sur le fait que leur but n'était pas de « faire des mathématiques ». Pour donner un parallèle contemporain simpliste mais probablement plus clair qu'une longue discussion théorique, il s'agit de la même distinction que celle que l'on ferait en disant qu'une facture n'est pas un texte mathématique même si des connaissances mathématiques ont été nécessaires pour la produire.

À cette proximité visuelle vient s'ajouter une difficulté supplémentaire. En effet, comme l'ont signalé plusieurs assyriologues, les tablettes faisant apparaître des plans de terrains ou de bâtiments n'ont probablement pas toutes été produites dans un vrai contexte administratif ou architectural mais sont vraisemblablement pour certaines des exercices scolaires réalisés par des apprentis scribes dans le cadre de l'apprentissage des tâches relevant de leur futur métier. B. Lafont indique ainsi par exemple, au sujet des plans de terrains de l'époque d'Ur III, qu'« *il est cependant possible que certains d'entre eux ne se rattachent nullement à un quelconque terroir et n'aient été dressés qu'à des fins didactiques, destinés à faciliter l'apprentissage des méthodes de calcul nécessaires aux arpentages de champs et estimations de récoltes afférentes* », et E. Robson explique, au sujet des plans de terrains et de bâtiments d'époque paléo-babylonienne : « *It is well known that OB scribal students were taught how to write letters and legal contracts by copying or adapting 'model' examples. We should then expect to find practice texts for other sorts of documents used by working scribes, such as accounts, field plans, land and canal surveys, and house plans.* ».²⁸ Or, au-delà de leur apparence, le statut même de tels plans issus d'un contexte de formation professionnelle est ambigu puisque, selon que l'exercice qui a donné lieu à leur réalisation consistait avant tout en un entraînement à la production d'un document de type administratif ou en un entraînement à l'utilisation des procédures mathématiques nécessaires à l'administration, ils peuvent être plus ou moins proches de ce que j'ai défini comme étant des diagrammes mathématiques.²⁹

Dans la suite, afin de mieux prendre en compte ces nouveaux éléments, j'élargirai le vocabulaire introduit dans la section I.1.1. en parlant de manière générale de *diagramme* pour désigner n'importe quel ensemble formé d'un dessin géométrique et des éventuelles inscriptions s'y rattachant, quel que soit l'objet qu'il représente, et plus précisément de *diagramme topographique* dans les cas où celui-ci représente une zone ou une construction réelle ou réaliste considérée dans un but pratique de nature administrative, juridique ou architecturale. Avec ces nouvelles définitions, il convient de faire quelques remarques. Premièrement, les diagrammes mathématiques et les diagrammes topographiques sont donc deux sous-types d'une famille générale d'objets que j'appelle diagrammes, qui peut par ailleurs tout à fait comporter des éléments ne rentrant dans aucune de ces deux catégories. Deuxièmement, un même diagramme peut a priori – et même si je montrerai plus loin que cela ne semble en fait pas vraiment être le cas – être, étant donnée son apparence, aussi bien un diagramme mathématique qu'un diagramme topographique tant que l'on n'a pas identifié la nature des objets qu'il représente ou le cadre dans lequel il a été produit. Et, troisièmement, un diagramme peut éventuellement être à la fois un diagramme topographique et un diagramme mathématique s'il représente une zone ou une construction réelle ou réaliste considérée dans le cadre d'un exercice qui s'inscrit dans un contexte de formation aux tâches administratives mais avec pour objectif principal de proposer un entraînement à l'utilisation de procédures mathématiques.

En conséquence de tout ce que j'ai décrit et expliqué dans cette section, il arrive régulièrement qu'il soit difficile de déterminer en pratique si un diagramme donné doit ou non être considéré comme un diagramme mathématique, et la proximité entre ceux-ci et les diagrammes topographiques a d'ailleurs parfois donné lieu par le passé à des doutes voire des erreurs dans l'identification du contenu de certaines tablettes.³⁰ Cela complique considéra-

28. Les citations sont tirées de [LAFONT2001] page 149 et [ROBSON1999] pages 12-13. Voir également à ce sujet [MILLARD1987] pages 109-110 et [LIVERANI1990] page 148.

29. Je discuterai un exemple de tel cas de manière approfondie dans le chapitre VII.

30. On peut citer comme exemples de doutes le cas de la tablette N 2461 pour laquelle le genre est indiqué dans la base de données du CDLI comme étant « *Administrative [identification uncertain] (Field plan)* » ou encore le cas des tablettes YBC 3892 et YBC 3895 qui sont décrites dans [ROBSON1999] comme « *Field plan. Round tablet.* »

blement le catalogage auquel je souhaite procéder et rend nécessaire la mise en place d'une démarche adaptée pour délimiter le corpus que je vais étudier dans ma thèse.

1.1.2.2. Mise en place d'une démarche d'identification

Afin d'avancer dans la mise en place d'une telle démarche, il me semble utile de commencer par une observation : en dépit des difficultés que j'ai mises en lumière et des occasionnels doutes ou erreurs que j'ai évoqués, force est de constater que, dans les faits, les historiens des mathématiques cunéiformes parviennent la plupart du temps à distinguer de manière relativement satisfaisante les diagrammes qui ont été produits dans un contexte mathématique de ceux qui ont été produits dans un autre contexte. Certes, cela ne paraît de prime abord guère pouvoir m'aider dans la mesure où cette distinction s'effectue uniquement sur la base de l'expérience personnelle que chacun a acquise au cours de sa carrière, sans que des arguments basés sur un examen précis des sources ne soient fournis, ce qui peut se comprendre dans le cadre d'une identification rapide pour l'établissement d'un catalogue ou d'une sélection de documents pour la préparation d'un recueil d'éditions mais ne saurait être suffisant pour délimiter le corpus à considérer dans le cadre d'un travail spécifiquement dédié aux diagrammes mathématiques.³¹ Toutefois, le simple fait que les personnes suffisamment familières de la documentation paléo-babylonienne soient capables de reconnaître ces derniers, même sans être en mesure d'explicitier de quelle manière ou du moins sans chercher à le faire, donne à penser qu'il doit exister des éléments intrinsèques qui les différencient des autres diagrammes et invite à mettre ces éléments en lumière de manière méthodique et argumentée.

En partant de cette idée et en la confrontant aux sources, en particulier dans le cadre de l'étude d'un groupe de tablettes provenant de Sippar que je présenterai dans le chapitre VII, il m'a semblé souhaitable d'adopter, pour inventorier les diagrammes mathématiques paléo-babyloniens, une démarche en trois temps. Dans un premier temps, j'ai recensé tous les diagrammes qui apparaissent sur une tablette comportant également un texte relevant d'un genre mathématique connu auquel ils semblent être liés, et qui peuvent donc a priori sans ambiguïté être considérés comme des diagrammes mathématiques.³² Dans un deuxième temps, j'ai passé ces diagrammes mathématiques en revue de manière systématique, en observant divers

May equally be considered as a mathematical diagram, as there is no explanatory text. » (page 13). On peut par ailleurs citer comme exemple d'erreur le cas de la tablette MS 3031 dont le genre est indiqué dans la base de données du CDLI comme étant « *Scholarly or scientific > Mathematical (with drawing)* » alors que son édition dans [FRIBERG2007a] montre clairement qu'il s'agit en fait d'un plan de bâtiment, qui plus identifié (page 229). Je reviendrai sur la question des cas litigieux dans la section I.2.4.2.

31. Les seuls éléments explicites que j'ai trouvés en rapport avec cette question dans la littérature sont deux paragraphes insérés par E. Robson dans deux de ses ouvrages, qui indiquent respectivement : « *Few Ur III and OB model mathematical texts have yet been recognized. Part of the problem may be the difficulty of distinguishing between school exercises and the economic and administrative documents themselves (...). Generally speaking, working documents are dated, record the work of real people known from other documents, and may be sealed. School exercises in the main do not have these characteristics, but a working document may not have all of them either. Further, model documents are often on round or mishapen tablets, or on the same tablet as other school materials; there may be mistakes in the layout, spelling or arithmetic; the text may be unfinished; there may be complete or partial duplicates.* » ([ROBSON1999] pages 12-13) et « *As for other numerate genres, it is usually fairly easy to distinguish between 'real' house and field plans drawn up by working scribes et school mathematics problems. 'Real' plans are complex and annotated with accurate measurements, and information about the date, administrator, and circumstances of recording. Scribal exercises, on the other hand, are often visually and numerically simple, with measurements fixed to be in nice arithmetic ratios or to give whole-number areas. They also tend to be anonymous and undated.* » ([ROBSON2008a] pages 63-64). Cependant, elle traite ce faisant de la distinction entre les plans réalisés dans un vrai contexte administratif et ceux produits dans le cadre d'exercices, ce qui ne correspond qu'en partie à la distinction que je discute ici.

32. Les principaux genres de productions mathématiques seront présentés dans la section III.2.1.1.

aspects, afin d'essayer de mettre en évidence des points communs notables ou des propriétés récurrentes qui les rapprocheraient les uns des autres tout en les différenciant des plans de terrains et de bâtiments, puis j'ai tenté de dégager de cette analyse des critères explicites et précisément justifiés pouvant nous permettre de les reconnaître. Enfin, dans un troisième temps, j'ai utilisé ces éléments pour déterminer, parmi tous les diagrammes non accompagnés de texte que j'ai rencontrés, ceux qui présentent des caractéristiques similaires aux diagrammes mathématiques accompagnés d'un texte sur les différents aspects observés et semblent ainsi devoir être eux aussi considérés comme des diagrammes mathématiques.

Cette démarche a bien sûr ses limites, que je discuterai dans la section I.2.2.5. Néanmoins, l'inventaire obtenu de cette manière présente l'avantage, essentiel à mes yeux, de fournir une justification aussi rigoureuse que possible à l'inclusion ou l'exclusion de chaque tablette dans le corpus, tout en fournissant, malgré les réserves que l'on peut émettre, une base très satisfaisante pour l'étude que je cherche à mener.

1.1.2.3. Limites liées à l'accès aux sources

Aux difficultés conceptuelles à dresser un inventaire des diagrammes mathématiques paléo-babyloniens que j'ai évoquées jusqu'à présent viennent, dans un tout autre registre, s'ajouter deux difficultés d'ordre pratique.

La première difficulté tient au fait que, parmi toutes les tablettes comportant des diagrammes qui ont été exhumées à l'heure actuelle, une proportion que je ne suis pas en mesure d'évaluer n'a pas encore été éditée. J'ai ainsi par exemple repéré, comme je le détaillerai dans la section I.2.4.1, des diagrammes qui datent de l'époque paléo-babylonienne et semblent pouvoir être considérés comme mathématiques sur quelques tablettes provenant de la ville de Kiš et conservées au Musée Archéologique d'Istanbul qui ont seulement été cataloguées de manière approximative au début du vingtième siècle, sur quelques tablettes conservées dans la collection Cotsen qui ont seulement été décrites dans un catalogue, sur quelques tablettes conservées dans la collection Schøyen qui sont uniquement documentées par des photographies dans une base de données, ainsi que sur une vingtaine de tablettes provenant de la ville de Pî-Kasî et actuellement conservées au Musée de Bagdad qui ne sont à ma connaissance mentionnées dans aucune ressource publique – autant de documents dont la prise en compte pourrait apporter des éléments de réponse supplémentaires aux questions abordées dans cette thèse mais que je n'ai pas pu inclure dans mon corpus faute de publications permettant d'y accéder. Cette situation implique que l'inventaire des tablettes mathématiques faisant apparaître des diagrammes que j'ai établi dépend fortement de l'état actuel de la recherche et sera inévitablement amené à évoluer dans les prochaines années au gré des nouvelles éditions de textes.

La deuxième difficulté, plus frustrante, tient au fait que, même en restant dans le cadre des documents qui ont été édités et devraient donc être accessibles, il n'existe à l'heure actuelle pas de base de données suffisamment efficace et bien renseignée dans laquelle puisse être effectuée une recherche permettant de repérer de manière systématique toutes les tablettes comportant des diagrammes – qu'ils soient, d'ailleurs, mathématiques ou non.³³ Devant l'immensité de la tâche consistant à rechercher ceux-ci à la main en feuilletant des recueils d'éditions de tablettes non nécessairement mathématiques ou des articles proposant l'édition d'un document

33. La principale base de données de tablettes cunéiformes est celle du CDLI, qui est présentée dans le chapitre IV, section IV.2.1.1, et dont les références exactes sont données dans l'entrée [CDLI] de la bibliographie. Cependant, bien qu'un grand nombre de tablettes, et en particulier la très grande majorité des tablettes mathématiques, y figurent, le manque d'homogénéité des informations qui y ont été saisies fait qu'il n'est pas possible d'en extraire un inventaire fiable malgré tous les renseignements utiles que l'on peut y trouver.

isolé dans l'espoir d'y trouver des occurrences qui auraient échappé à mes prédécesseurs, j'ai dû renoncer à l'idéal d'un catalogue exhaustif et me résoudre à adopter une manière de procéder plus pragmatique. J'ai ainsi répertorié toutes les tablettes pertinentes qui m'ont été renvoyées par des recherches par mots-clés ou bien que j'ai repérées grâce à leurs photographies dans la principale base de données de tablettes cunéiformes qui est celle du CDLI, toutes les tablettes pertinentes qui sont présentées ou cataloguées dans les publications de référence sur les mathématiques cunéiformes, toutes les tablettes pertinentes que j'ai identifiées parmi les photographies prises par C. Proust dans les différents musées où elle s'est rendue au cours de sa carrière, ainsi que celles des autres tablettes pertinentes que j'ai eu l'occasion de découvrir – parfois suite à des recherches et parfois par simple chance – à divers autres endroits.³⁴ Cette situation a pour conséquence que, si la liste à laquelle j'ai finalement abouti recense très probablement la grande majorité des tablettes paléo-babyloniennes comportant des diagrammes mathématiques éditées jusqu'à présent, il n'est malheureusement pas exclu que quelques-unes, par exemple publiées dans des ouvrages n'ayant aucun rapport direct avec les mathématiques ou identifiées de manière erronée par leurs éditeurs, m'aient échappé.

I.2. Inventaire des diagrammes mathématiques paléo-babyloniens

Maintenant que j'ai précisé de quelle manière je définis les diagrammes mathématiques, que j'ai expliqué en quoi leur identification peut parfois poser problème dans la documentation paléo-babylonienne, et que j'ai décrit la démarche que j'ai retenue pour les inventorier, je peux passer dans cette deuxième partie à l'établissement du catalogue correspondant.

I.2.1. Diagrammes mathématiques paléo-babyloniens associés à du texte

J'ai tout d'abord repéré, dans les sources mentionnées plus haut, 28 tablettes cunéiformes éditées d'époque paléo-babylonienne sur lesquelles apparaissent à la fois un texte se rattachant à un genre mathématique connu et un ou des diagrammes, pour un total de 92 diagrammes mathématiques entièrement ou partiellement préservés.

I.2.1.1. Liste des tablettes comportant un texte mathématique et des diagrammes

Je présente ces 28 tablettes dans le tableau ci-dessous, en donnant à leur sujet des informations de cinq ordres.

Dans la première colonne du tableau, je liste, pour chaque tablette, les différents noms sous lesquels elle peut être rencontrée. Conformément à l'usage qui s'est imposé parmi les historiens des mathématiques cunéiformes, et contrairement à celui répandu chez les assyriologues, je retiens comme nom principal, écrit en gras, son numéro d'inventaire dans la collection où elle

34. Les recherches par mots-clés que j'ai effectuées dans la base de données du CDLI correspondent aux conditions « Genre-comment : 'diagram' », « Genre-comment : 'figure' » et « Genre-comment : 'drawing' ». La recherche complète par photographies à laquelle j'ai procédé dans cette même base de données portait sur les tablettes répondant aux conditions « Genre : 'mathematical' » et « Period : 'Old Babylonian' ou 'Early Old Babylonian' ». Enfin, les publications consacrées aux mathématiques cunéiformes que j'ai intégralement parcourues sont, par ordre chronologique, le livre [HILPRECHT1906], les livres [NEUGEBAUER1935a] et [NEUGEBAUER1935b], le livre [THUREAU-DANGIN1938a], le livre [NEUGEBAUER&SACHS1945], le livre [BRUINS&RUTTEN1961], l'article [FRIBERG1987], le livre [ROBSON1999], l'article [FRIBERG2000], l'article [ROBSON2000], le livre [HØYRUP2002], l'article [ROBSON2002b], l'article [ROBSON2004], le livre [FRIBERG2005], le livre [FRIBERG2007a], le livre [FRIBERG2007b], le livre [PROUST2007], le livre [ROBSON2008a], le livre [GONÇALVES2015] et le livre [FRIBERG&AL-RAWI2016].

est conservée à l'heure actuelle, qui est le plus souvent formé d'un sigle ou une abréviation faisant référence à la collection en question ainsi qu'un nombre pouvant ou non correspondre à son ordre d'arrivée dans cette collection. Afin de faciliter des recherches dans la littérature, je cite ensuite toutes les désignations alternatives dont j'ai connaissance, qui peuvent notamment comprendre un numéro de fouilles qui lui a été attribué par les archéologues au moment de son exhumation, un numéro d'acquisition qui lui a été attribué de manière provisoire par la collection au moment de son achat, et, principalement, un ou des numéros de publication qui consistent en un sigle faisant référence au titre d'un recueil d'éditions de textes suivi d'un nombre précisant sa position au sein de ce recueil.³⁵ Enfin, j'indique son numéro de référencement dans la base de données du CDLI, qui commence systématiquement par la lettre « P » et permet de retrouver facilement la fiche qui lui est consacrée sur le site [CDLI].

Dans la deuxième colonne, je fournis, pour chaque tablette, les données disponibles sur sa provenance et éventuellement sa datation à l'intérieur de l'époque paléo-babylonienne. En ce qui concerne la provenance, j'ai fait le choix de désigner les villes par leurs noms anciens à chaque fois que cela est possible, et de ne recourir aux noms des sites archéologiques modernes que dans les rares cas où le nom ancien n'est pas connu. En ce qui concerne la datation, pour laquelle on est généralement au mieux en mesure de dégager une vague tendance, j'ai utilisé les abréviations « début OB » et « fin OB », dans lesquelles « OB » est l'acronyme du qualificatif anglais « Old Babylonian » et qui font donc respectivement référence, approximativement, à la première et la seconde moitié de l'époque paléo-babylonienne. J'ai par ailleurs fait suivre toutes ces indications de provenance et de datation d'un point d'interrogation dès lors qu'elles correspondent à des hypothèses – plus ou moins solides selon les situations – émises par les historiens ayant travaillé sur la tablette et non à des informations assurées ; dans la deuxième grande partie de la thèse, et notamment la section IV.2.2.3, j'introduirai et défendrai l'idée qu'il est important de ne pas se contenter d'une distinction binaire entre des données certaines et des données incertaines et de s'astreindre à évaluer de manière plus fine le degré de certitude de chaque renseignement que l'on évoque, mais procéder à une telle évaluation demande un travail conséquent, de plusieurs heures par tablette, qu'il m'était impossible d'accomplir pour toutes les tablettes du corpus dans le temps limité imparti pour un doctorat et que j'ai donc pour l'instant réservé aux seules tablettes auxquelles j'ai dédié des études de cas approfondies.³⁶ Je discuterai la répartition géographique des documents du corpus dans la section I.3.2.2 ci-après, où je proposerai également une carte permettant de situer les différents lieux cités, et leur répartition chronologique dans la section I.3.2.3.

Dans la troisième colonne, je précise, pour chaque tablette, d'une part le type de format et de mise en page dont elle relève, selon une classification très proche de celle – relativement

35. Outre le fait qu'elle donne lieu à une profusion de noms qui peut être déroutante, la différence de pratiques entre les assyriologues et les historiens des mathématiques cunéiformes dans la manière de désigner les tablettes a une conséquence inattendue. En effet, puisqu'ils utilisent les numéros de collection plutôt que les numéros de publication, les historiens des mathématiques cunéiformes ne numérotent généralement pas les tablettes dans leurs recueils d'éditions. Or, dans la base de données du CDLI, dans un souci d'homogénéisation des désignations tout à fait compréhensible, des numéros de publication sont alors créés artificiellement en faisant suivre le sigle se rapportant au nom du recueil d'éditions du numéro de la page sur laquelle apparaît la tablette. Cela conduit à des situations catastrophiques où plusieurs documents différents reçoivent le même nom, à l'image des tablettes MS 3042, MS 2985 et MS 3051 – que nous rencontrerons dans la section I.2.3. ci-après – qui ont toutes pour numéro de publication « MSCT 1, 204 » (exemple qui est d'autant plus frappant que le numéro de page indiqué est incorrect) ! Dans le tableau, je ne cite que les « vrais » numéros de publication, c'est-à-dire ceux correspondant à des recueils d'éditions dans lesquels l'auteur a introduit une numérotation claire pour les tablettes, et j'ometts les numéros artificiels formés de la manière décrite, qui sont selon moi à proscrire.

36. Les raisons pour lesquelles la provenance et la datation exacte de la plupart des tablettes du corpus ne sont pas connues seront exposées aux lecteurs non familiers de la documentation cunéiforme dans la section I.3.2.1.

standard – utilisée par les assyriologues, et d'autre part le genre de contenu qu'elle présente, selon une catégorisation plus personnelle inspirée de celles – malheureusement non uniformisées à ce jour – utilisées par les différents historiens des mathématiques cunéiformes. Je proposerai une première discussion rapide de la répartition des documents du corpus par types de formats et de mises en page et par genres de contenus dans les sections I.3.3.2 et I.3.3.3 ci-après, puis je reviendrai sur ces questions de manière plus détaillée dans la section II.1.2.3 du deuxième chapitre et la section III.2.1.1 du troisième chapitre, dans lesquelles je définirai précisément chacun des types et des genres mentionnés dès à présent.³⁷

Dans la quatrième colonne, j'indique, pour chaque tablette, le nombre de diagrammes mathématiques au moins partiellement préservés que l'on peut y discerner. Afin qu'il soit possible de voir facilement si elle est susceptible d'en avoir initialement comporté davantage, je donne de plus entre parenthèses des précisions sur son état, sous la forme des mots clés « entière », qui signifie que nous disposons de l'intégralité du document d'origine et que sa surface est suffisamment bien préservée pour que nous ayons accès à tout ce qui y figurait, « presque entière », qui signifie que nous disposons d'une très grande partie du document d'origine mais que de petits fragments manquent ou des zones restreintes sont trop endommagées pour pouvoir être lues, « partielle », qui signifie que nous disposons d'un morceau relativement conséquent du document d'origine mais qu'une partie non négligeable de son contenu est perdue, et « fragment », qui signifie que le morceau du document d'origine dont nous disposons semble n'en représenter qu'une toute petite proportion.

Enfin, dans la cinquième colonne, je liste, pour chaque tablette, les principales références auxquelles se reporter pour se renseigner de manière plus approfondie sur son contexte, son aspect et/ou son contenu. J'y cite, par ordre chronologique, la publication dans laquelle se trouve sa première édition ainsi qu'une sélection d'autres publications qu'il me semble utile de consulter en complément, puis, le cas échéant, les éventuels sites Internet sur lesquels peuvent en être trouvées une copie et/ou des photographies. Dans le souci de ne pas égarer les lecteurs non assyriologues, j'ai fait le choix de citer tous les livres et articles sous la forme générale utilisée pour les références bibliographiques tout au long de la thèse, sans recourir aux sigles qui abondent dans la littérature, tels que « MKT1 » (« *Mathematische Keilschrifttexte 1* ») pour [NEUGEBAUER1935a], « OECT XIV » (« *Oxford Editions of Cuneiform Texts*, volume XIV ») pour [ROBSON1999], « LWS » (« *Lengths, Widths, Surfaces* ») pour [HØYRUP2002], « MSCT I » (« *Manuscripts in the Schøyen Collection - Cuneiform Texts* », volume I) pour [FRIBERG2007a], etc, dont l'emploi oblige a minima à se reporter dans un premier temps à la liste d'abréviations et dans un second temps à la bibliographie afin de pouvoir retrouver une publication.

NOMS	PROVENANCE ET DATATION	TYPE ET GENRE	NOMBRE DE DIAGRAMMES	PRINCIPALES RÉFÉRENCES
AO 10642 PRAK C 22 P344897	Kiš	Type inconnu Énoncés ?	2 (fragment de tablette)	[DEGENOUILLAC1925] pl.6 [NEUGEBAUER1935a] p.123 [ATLAS]
BM 15285 1896-04-10, 11 P254407	Inconnues	Type M Énoncés	27 (tablette partielle)	[SAGGS1960] [ROBSON1999] p.208-217 [BM]

37. Il me semble simplement utile de signaler dès maintenant, à l'attention des lecteurs qui connaissent la typologie standard des tablettes et pourraient ainsi être étonnés, que j'ai ajouté aux types usuels un « type L », correspondant aux tablettes lenticulaires qui ne relèvent pas du type IV, comme expliqué dans la section II.1.2.3.

BM 85194 1899-04-15, 1 P274707	Sippar ? ³⁸ Fin OB ?	Type M Problèmes résolus	4 (tablette entière)	[KING1900] pl.8-13 [NEUGEBAUER1935a] p.142-193 [CDLI] [BM]
BM 85196 1899-04-15, 3 P254439	Sippar ? ³⁸ Fin OB ?	Type M Problèmes résolus	3 (tablette presque entière)	[THUREAU-DAGIN1935] p.1-28 [NEUGEBAUER1935b] p.43-59 [BM]
BM 96957 + VAT 6598 1902-10-11, 11 P254451	Sippar ? Fin OB ?	Type M Problèmes résolus	5 (tablette partielle)	[NEUGEBAUER1935a] p.277-287 [NEUGEBAUER1935b] pl.16-17 [ROBSON1999] p.231-244 [FRIBERG&AL-RAWI2016] p.354-370 [CDLI]
BNUS 364 Str. 364 SKT 8 P414661	Uruk ? Début OB ?	Type S Énoncés	13 (tablette partielle) ³⁹	[FRANK1928] pl. VI [NEUGEBAUER1935a] p.248-256 [FRIBERG2007b] p.244-255 [CDLI]
BNUS 367 Str. 367 SKT 10 P414663	Uruk ? ⁴⁰ Début OB ?	Type S Problèmes résolus	1 (tablette entière)	[FRANK1928] pl. VIII [NEUGEBAUER1935a] p.259-263 [HØYRUP2002] p.239-244 [CDLI]
Bod AB 216 P368255	Uruk ? Début OB ?	Type S Problèmes résolus	1 (tablette entière)	[ROBSON2004] p.24-27 [CDLI]
Erm 15073 P254563	Inconnues	Type M Problèmes résolus	4 (tablette partielle)	[VAIMAN1961] p.232-244, pl. [FRIBERG2007b] p.304-308 [CDLI]
IM 31248 ⁴¹ P254598	Nērebtum	Type S ? Problèmes résolus ?	1 (tablette partielle)	[BRUINS1953] p.256-257 [FRIBERG2007a] p.201
IM 55357 P254625	Šaduppûm Début XIXe s.	Type S Problèmes résolus	1 (tablette entière)	[BAQIR1950] [HØYRUP2002] p.231-234 [GONÇALVES2015] p.33-40
IM 67118 Db ₂ -146 P254557	Zaralulu	Type S Problèmes résolus	1 (tablette entière)	[BAQIR1962] [HØYRUP2002] p.257-261 [CDLI]
IM 95771 P430702	Mê-Turran	Type M Mixte : problèmes résolus et liste de coefficients	3 (tablette partielle)	[FRIBERG&AL-RAWI2016] p.213-224 [CDLI]
Ist O 4552 PRAK B 168 P343985	Kiš	Type M Énoncés ?	2 (fragment de tablette) ou jusqu'à 4 ⁴²	[DEGENOUILLAC1924] p.35 [NEUGEBAUER1935a] p.236 [NEUGEBAUER1935b] pl.42

LB 1821 P368700	Inconnues	Type L Problèmes résolus	1 (tablette entière)	[LEEMANS&BRUINS1951] [FRIBERG&AL-RAWI2016] p.373-375 [CDLI]
MLC 1354 YPM BC 1353 MCT Eb P254726	Sippar?	Autre type Problèmes résolus	1 (tablette partielle)	[NEUGEBAUER&SACHS1945] p.56-57, pl.21, pl.47 [FRIBERG&AL-RAWI2016] p.261-262 [YBC]
MLC 1950 YPM BC 1948 MCT Ca P254735	Uruk? Début OB?	Autre type? Problèmes résolus	1 (tablette partielle)	[NEUGEBAUER&SACHS1945] p.48-49, pl.2, pl.27 [YBC]
MS 2792 P251838	Uruk? Début OB?	Type S Problèmes résolus	3 (tablette entière)	[FRIBERG2007a] p.278-294 [CDLI]
MS 3049 P252061	Inconnues ⁴³	Type M Problèmes résolus	2 (fragment de tablette)	[FRIBERG2007a] p.295-307 [CDLI] [SCHØYEN]
MS 3052 P252064	Uruk? ⁴⁴ Début OB?	Type S Problèmes résolus	6 (tablette entière)	[FRIBERG2007a] p.254-278 [CDLI] [SCHØYEN]
Sb 13928 TMS 18 P254825	Suse Fin OB?	Type S? Problèmes résolus	1 (tablette partielle)	[BRUINS&RUTTEN1961] p.97-101, pl.27 [FRIBERG2007b] p.255-257 [ATLAS]
VAT 7532 P254931	Uruk? Début OB? ⁴⁵	Type S Problèmes résolus	1 (tablette entière)	[NEUGEBAUER1935a] p.294-303 [NEUGEBAUER1935b] pl.21, 46 [HØYRUP2002] p.209-213 [VAM]
VAT 7535 P254932	Uruk? Début OB?	Type S Mixte : problèmes résolus et énoncés	3 (tablette entière)	[NEUGEBAUER1935a] p.303-310 [NEUGEBAUER1935b] pl.22, 47
VAT 7621 P254935	Uruk? Début OB?	Type S Problèmes résolus	1 (tablette partielle)	[NEUGEBAUER1935a] p.289-294 [NEUGEBAUER1935b] pl.23, 48 [CDLI] [VAM]
VAT 8393 P430084	Nippur? Fin OB?	Autre type Problèmes résolus	1 (tablette entière)	[FRIBERG2007b] p.431-442 [CDLI]
VAT 8522 P254950	Uruk? Début OB?	Type M Énoncés avec calculs	1 (tablette entière)	[NEUGEBAUER1935a] p.367-373 [NEUGEBAUER1935b] pl.30, 55

YBC 4675 YPM BC 18740 MCT B P254990	Larsa ? Début OB ?	Type S Problèmes résolus	1 (tablette entière)	[NEUGEBAUER&SACHS1945] p.44-48, pl.1, pl.26 [HØYRUP2002] p.244-249 [FRIBERG2007b] p.272-274 [ESCOBAR2019] page 184 [YBC]
YBC 8633 YPM BC 22691 MCT E P255067	Uruk? ⁴⁶ Début OB ?	Type S Problèmes résolus	1 (tablette entière)	[NEUGEBAUER&SACHS1945] p.53-55, pl.4, pl.29 [HØYRUP2002] p.254-257 [ESCOBAR2019] pages 188-189

TABLEAU I.1. Catalogue des tablettes mathématiques paléo-babyloniennes éditées comportant à la fois du texte et un ou des diagrammes

1.2.1.2. Liste des diagrammes apparaissant sur ces tablettes

Dans la mesure où décrire les diagrammes mathématiques en même temps que les tablettes sur lesquelles ils apparaissent crée inévitablement un déséquilibre dans la précision des informations entre les cas de documents en comportant un seul et les cas de documents en comportant un nombre important, il m'a semblé préférable de les cataloguer en tant qu'objets à part entière. Je présente donc un à un, dans le tableau ci-dessous, les 92 diagrammes entièrement ou partiellement préservés que l'on trouve sur les 28 tablettes répertoriées dans la section précédente, en fournissant pour chacun des données de quatre ordres.

38. Outre les références citées dans la quatrième colonne, on pourra se reporter à [CHAIGNEAU2019], pages 123-136, pour une discussion détaillée de la provenance des tablettes BM 85194 et BM 85196.

39. Les sections de la tablette BNUS 364 sont numérotées de manière différente dans [NEUGEBAUER1935a] et [FRIBERG2007b], J. Friberg considérant comme la face le côté qui avait été considéré par O. Neugebauer comme le revers. Dans la suite, je numérotai les diagrammes apparaissant sur cette tablette en suivant l'ordre retenu dans [NEUGEBAUER1935a]. Une étude plus attentive des propriétés matérielles de la partie de cette tablette qui nous est parvenue serait nécessaire pour déterminer lequel de ses deux côtés semble effectivement être la face.

40. J'apporterai plus d'éléments sur la provenance de la tablette BNUS 367 dans l'étude de cas dédiée, et plus précisément dans la section V.1.2.2 de la deuxième grande partie.

41. Le schéma inséré par J. Friberg dans [FRIBERG2007a], page 201, donne l'impression que le texte de la tablette IM 31248 est entièrement perdu, mais il s'avère à la lecture de [BRUINS1953] que la première ligne est en fait préservée, et consiste en une formule standard d'ouverture des problèmes mathématiques, ce qui justifie le placement de cette tablette dans la présente partie du catalogue plutôt que celle de la section I.2.3.

42. On distingue clairement, sur la copie de la tablette Ist O 4552, des traces d'au moins deux diagrammes. Certains signes positionnés de manière particulière pourraient de plus correspondre à des inscriptions appartenant à deux diagrammes supplémentaires, mais la taille très limitée du fragment ne permet pas de trancher. Dans le doute, je ne listerai dans la section suivante que les deux premiers.

43. Le site de la collection Schøyen dans laquelle est conservée la tablette MS 3049, [SCHØYEN], indique que celle-ci provient d'Uruk. Néanmoins, J. Friberg, qui en a réalisé l'édition et s'est penché sur cette question, a estimé qu'il n'était pas possible d'identifier sa provenance.

44. J'apporterai plus d'éléments sur la provenance de la tablette MS 3052 dans l'étude de cas dédiée, et plus précisément dans la section VI.1.2.1 de la deuxième grande partie.

45. Il est indiqué sur le site du Vorderasiatisches Museum de Berlin, dans lequel est conservée la tablette VAT 7532, que celle-ci date de l'époque néo-babylonienne. Néanmoins, l'avis d'O. Neugebauer ainsi que sa proximité avec d'autres documents – comme j'aurai l'occasion de l'expliquer dans l'étude de cas consacrée à la tablette BNUS 367, dans le chapitre V – laissent penser qu'il ne s'agit que d'une coquille et que cette tablette date bien de l'époque paléo-babylonienne et a donc bien sa place dans mon corpus.

46. J'apporterai plus d'éléments sur la provenance de la tablette YBC 8633 dans l'étude de cas dédiée, dans la section V.2.2.2 de la deuxième grande partie de la thèse.

Dans la première colonne du tableau, j'indique, pour chaque diagramme, le nom que je lui ai attribué afin de pouvoir le désigner facilement. Étant donné qu'il est d'usage de numéroter les sections d'une tablette en faisant suivre son nom de « #1 », « #2 », etc, j'ai choisi, sur le même modèle mais en conservant volontairement une indépendance vis-à-vis des sections, de numéroter les diagrammes en faisant suivre le nom de la tablette sur laquelle ils apparaissent de « #A », « #B », etc, dans l'ordre de lecture présumé. Par ailleurs, afin que les diagrammes bien préservés puissent être facilement distingués de ceux dont il ne subsiste qu'une partie, j'ai systématiquement inséré entre parenthèses sous ce numéro une rapide indication d'état, sous la forme des mots-clés « complet », qui signifie qu'aucun des éléments ayant initialement composé le diagramme ne semble avoir disparu, « presque complet », qui signifie que quelques éléments ayant composé le diagramme initial semblent avoir disparu mais que l'on peut le reconstituer facilement, « partiel », qui signifie que des éléments ayant composé le diagramme initial manquent, dans une proportion qui nous permet d'émettre des hypothèses sur ce à quoi il devait ressembler à l'origine mais nous empêche toutefois d'en être certains, et « traces », qui signifie que ce qui reste du diagramme nous permet seulement de voir qu'il était présent, sans qu'il soit vraiment possible d'imaginer à quoi il ressemblait.

Dans la deuxième colonne, j'insère une reproduction du diagramme qui est soit un gros plan sur une photographie de la tablette sur laquelle il apparaît dans le cas où j'ai pu en obtenir une, soit un gros plan sur la copie de cette tablette dans le cas contraire.⁴⁷ Ces images sont destinées d'une part à constituer une référence à laquelle il pourra être utile de se reporter régulièrement au cours de la lecture et d'autre part à offrir dès à présent un premier aperçu d'ensemble de l'apparence des diagrammes mathématiques paléo-babyloniens, que je n'aurai l'occasion d'étudier en détail que dans le deuxième chapitre.

Dans la troisième colonne, je fournis cette fois un schéma du diagramme réalisé à l'aide du logiciel de géométrie GeoGebra (ou exceptionnellement sa copie dans le cas de la tablette BM 15285). Dans la deuxième grande partie de la thèse, et notamment la section IV.2.4.2, j'expliquerai, en me basant entre autres sur des travaux menés sur les diagrammes mathématiques d'autres documentations anciennes, qu'il est souhaitable de ne pas se contenter de tels schémas et de leur préférer, lorsque c'est possible, de véritables éditions obéissant à un cahier des charges précis. Néanmoins, la préparation d'éditions répondant à ce niveau d'exigence nécessite d'une part de disposer de photographies de très bonne qualité, ce qui est malheureusement loin d'être systématiquement le cas, et d'autre part de consacrer plusieurs heures à chaque diagramme, ce qu'il m'était impossible de faire pour l'intégralité du corpus dans le temps contraint réservé à la thèse et que j'ai donc pour l'instant, tout comme l'évaluation du degré de certitude des provenances et des datations, réservé aux quelques tablettes que j'ai étudiées de manière plus approfondie. Les schémas proposés ici constituent ainsi un compromis entre la fidélité du rendu et le temps nécessaire à son obtention, et ont avant tout été pensés pour satisfaire à deux contraintes pratiques incontournables pour permettre aux lecteurs qui n'ont pas l'habitude de lire sur l'argile de suivre dans de bonnes conditions la discussion proposée dans la section suivante : premièrement, donner à visualiser les configurations géométriques montrées – dont je me suis efforcée de suivre les tracés le plus précisément possible – plus confortablement que sur les photographies ou les copies, et, deuxièmement, présenter les différentes inscriptions – dont je me suis efforcée de respecter autant que faire se pouvait le positionnement, la taille et l'orientation – sous forme de traductions plutôt que de signes cunéiformes. Dans certains cas, afin de concilier au mieux la taille des inscriptions et l'espace qu'elles occupent, j'ai été amenée à introduire des abréviations *ad hoc* sur les schémas ; celles-ci sont alors définies im-

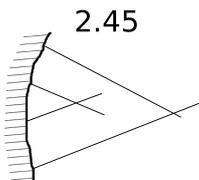
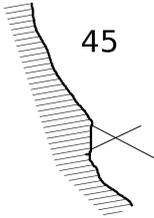
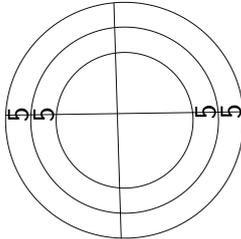
47. Les sources des images insérées dans cette colonne sont données à la suite du tableau.

médiatement en-dessous du schéma, en gris et en italique pour éviter toute confusion avec les inscriptions elles-mêmes.

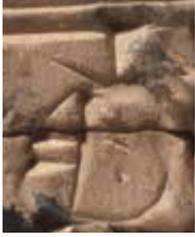
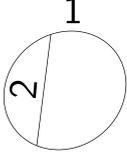
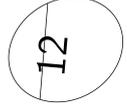
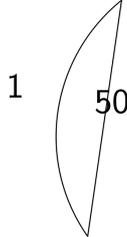
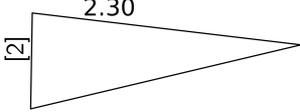
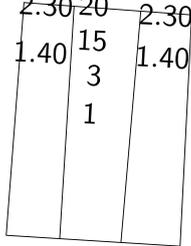
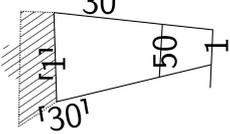
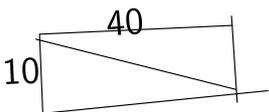
Enfin, dans la quatrième colonne, j'indique, lorsque le texte accompagnant le diagramme permet de le savoir, quel est l'objet, géométrique ou concret, que celui-ci représente. Je n'exploiterai pas cette information dans l'immédiat, mais j'y reviendrai dans la section III.1.1. du troisième chapitre.

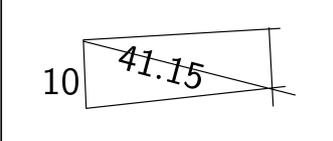
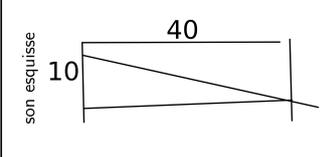
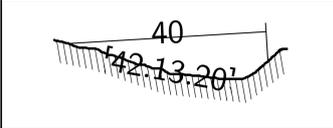
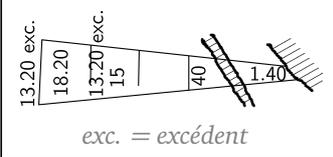
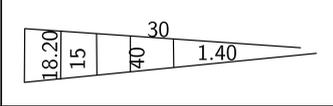
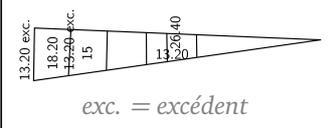
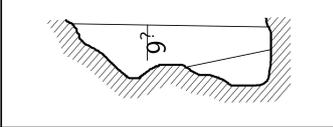
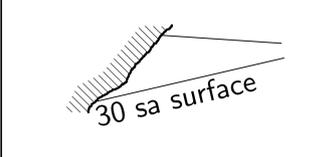
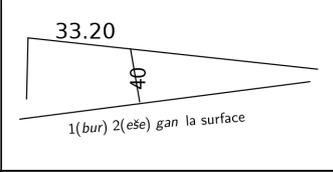
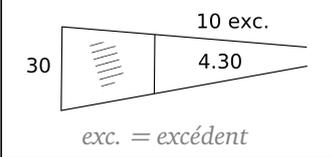
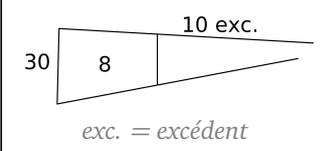
Par ailleurs, pour plus de clarté, et en anticipant très légèrement sur la suite, j'ai fait le choix de diviser ce très long tableau en trois blocs : un premier bloc consacré aux diagrammes apparaissant sur les tablettes provenant ou semblant provenir de Babylone à l'exception de la tablette un peu particulière BM 15285, un deuxième bloc consacré aux diagrammes apparaissant sur cette tablette BM 15285, et un troisième bloc consacré aux diagrammes apparaissant sur les tablettes provenant de régions voisines de la Babylone.⁴⁸

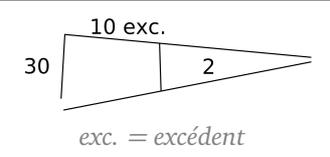
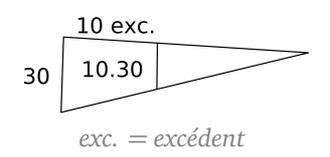
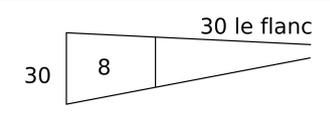
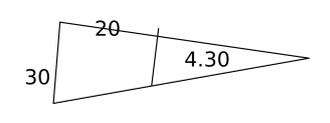
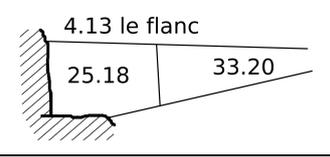
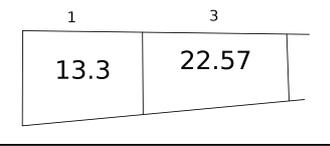
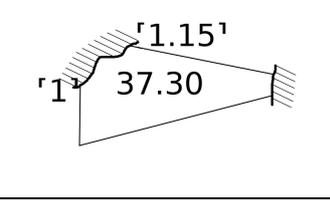
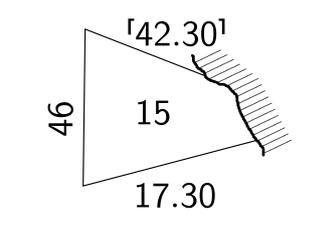
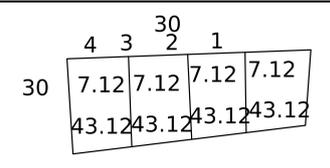
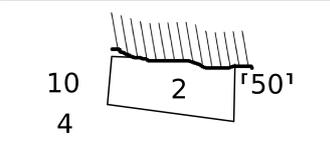
Voici donc, pour commencer, le catalogue des 58 diagrammes mathématiques apparaissant sur les 22 tablettes répertoriées dans la section précédente qui proviennent ou semblent provenir de Babylone, en excluant la tablette BM 15285 :

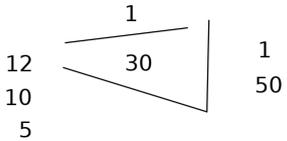
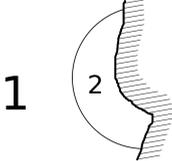
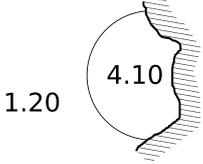
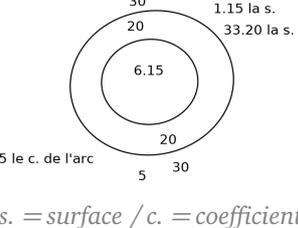
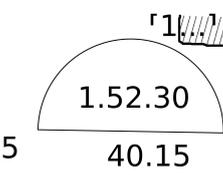
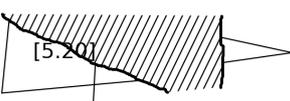
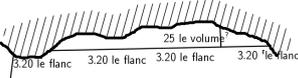
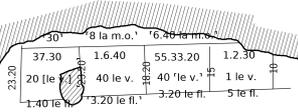
NOM (ET ÉTAT)	PHOTOGRAPHIE OU À DÉFAUT COPIE	SCHÉMA	OBJET REPRÉSENTÉ
AO 10642 #A (partiel)			Triangle ... ?
AO 10642 #B (traces)			Triangle ... ?
BM 85194 #A (complet)			Ville ?

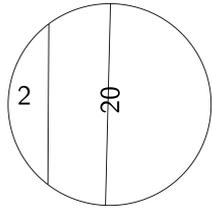
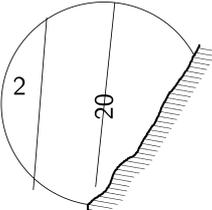
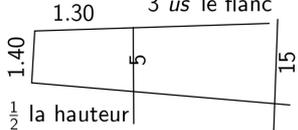
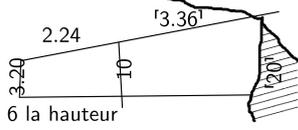
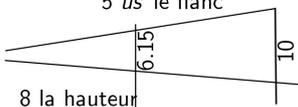
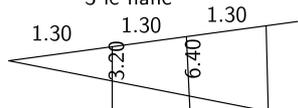
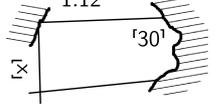
48. Notons que, en raison de l'histoire des fouilles au Proche-Orient ancien, il semble que les tablettes mathématiques dont l'origine n'est pas connue proviennent de Babylone et non de ses régions voisines. En conséquence, tous les diagrammes apparaissant sur des tablettes pour lesquelles aucune indication de provenance n'était donnée dans la section précédente ont été placés dans le premier bloc du tableau.

<p>BM 85194 #B (complet)</p>			<p>(non précisé)</p>
<p>BM 85194 #C (complet)</p>			<p>(non précisé)</p>
<p>BM 85194 #D (complet)</p>			<p>Segment de cercle</p>
<p>BM 85196 #A (complet)</p>			<p>Éperon fluvial</p>
<p>BM 85196 #B (complet)</p>			<p>Canal</p>
<p>BM 85196 #C (presque complet)</p>			<p>Terre-plein</p>
<p>BM 96957+ #A (complet)</p>			<p>Porte</p>
<p>BM 96957+ #B (partiel)</p>			<p>Porte</p>

<p>BM 96957+ #C (complet)</p>			<p>Porte</p>
<p>BM 96957+ #D (complet)</p>		<p>son esquisse</p> 	<p>Porte</p>
<p>BM 96957+ #E (partiel)</p>			<p>Porte</p>
<p>BNUS 364 #A (presque complet)</p>		 <p><i>exc. = excédent</i></p>	<p>Triangle</p>
<p>BNUS 364 #B (complet)</p>			<p>Triangle</p>
<p>BNUS 364 #C (complet)</p>		 <p><i>exc. = excédent</i></p>	<p>Triangle</p>
<p>BNUS 364 #D (partiel)</p>			<p>Triangle</p>
<p>BNUS 364 #E (partiel)</p>		 <p>30 sa surface</p>	<p>Triangle</p>
<p>BNUS 364 #F (complet)</p>		 <p>1(bur) 2(eše) gan la surface</p>	<p>Triangle</p>
<p>BNUS 364 #G (complet)</p>		 <p><i>exc. = excédent</i></p>	<p>Triangle</p>
<p>BNUS 364 #H (complet)</p>		 <p><i>exc. = excédent</i></p>	<p>Triangle</p>

BNUS 364 #I (complet)			Triangle
BNUS 364 #J (complet)			Triangle
BNUS 364 #K (complet)			Triangle
BNUS 364 #L (complet)			Triangle
BNUS 364 #M (presque complet)			Triangle
BNUS 367 #A (complet)			Trapèze
Bod AB 216 #A (presque complet)	<p style="text-align: center;">Élément sous droit, diffusion non autorisée</p>		(non précisé)
Erm 15073 #A (presque complet)	<p style="text-align: center;">Élément sous droit, diffusion non autorisée</p>		(non précisé)
Erm 15073 #B (complet)	<p style="text-align: center;">Élément sous droit, diffusion non autorisée</p>		Canal
Erm 15073 #C (partiel)	<p style="text-align: center;">Élément sous droit, diffusion non autorisée</p>		(non précisé)

<p>Erm 15073 #D (complet)</p>	<p>Élément sous droit, diffusion non autorisée</p>		<p>Digue</p>
<p>Ist O 4552 #A (partiel)</p>			<p>(texte perdu)</p>
<p>Ist O 4552 #B (partiel)</p>			<p>(texte perdu)</p>
<p>LB 1821 #A (complet)</p>		 <p><i>s. = surface / c. = coefficient</i></p>	<p>Ville</p>
<p>MLC 1354 #A (presque complet)</p>			<p>Segment de cercle</p>
<p>MLC 1950 #A (partiel)</p>			<p>Triangle</p>
<p>MS 2792 #A (partiel)</p>	<p>Élément sous droit, diffusion non autorisée</p>		<p>Rampe</p>
<p>MS 2792 #B (partiel)</p>	<p>Élément sous droit, diffusion non autorisée</p>	 <p><i>vol. = volume</i></p>	<p>Rampe ?</p>
<p>MS 2792 #C (presque complet)</p>	<p>Élément sous droit, diffusion non autorisée</p>	 <p><i>v. = volume / fl. = flanc</i> <i>m.o. = main d'œuvre</i></p>	<p>Rampe</p>

<p>MS 3049 #A (complet)</p>	<p>Élément sous droit, diffusion non autorisée</p>		<p>Segment de disque</p>
<p>MS 3049 #B (presque complet)</p>	<p>Élément sous droit, diffusion non autorisée</p>		<p>(texte perdu)</p>
<p>MS 3052 #A (complet)</p>	<p>Élément sous droit, diffusion non autorisée</p>		<p>Mur de terre</p>
<p>MS 3052 #B (presque complet)</p>	<p>Élément sous droit, diffusion non autorisée</p>		<p>Mur de terre</p>
<p>MS 3052 #C (complet)</p>	<p>Élément sous droit, diffusion non autorisée</p>		<p>Mur de terre</p>
<p>MS 3052 #D (complet)</p>	<p>Élément sous droit, diffusion non autorisée</p>		<p>Mur de terre</p>
<p>MS 3052 #E (traces)</p>	<p>Élément sous droit, diffusion non autorisée</p>	<p>(trop endommagé)</p>	<p>Mur de terre</p>
<p>MS 3052 #F (traces)</p>	<p>Élément sous droit, diffusion non autorisée</p>	<p>(trop endommagé)</p>	<p>Rectangle ? (indiqué de ma- nière indirecte)</p>
<p>VAT 7532 #A (partiel)</p>			<p>Trapèze</p>

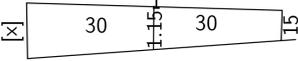
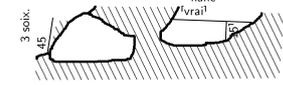
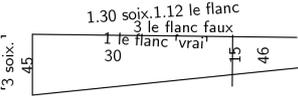
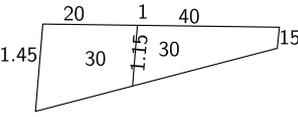
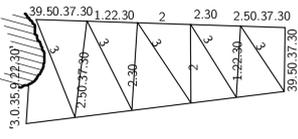
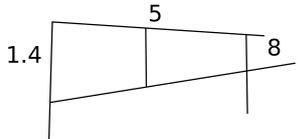
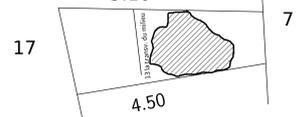
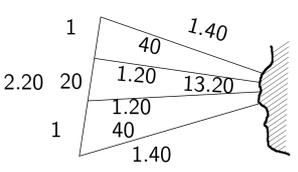
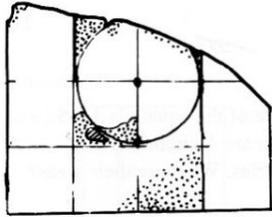
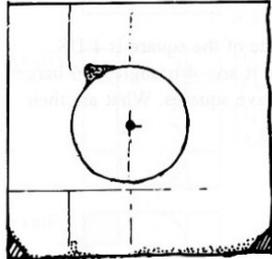
VAT 7535 #A (presque complet)		<p>1.30 'soix. 1.12' 3 le flanc</p>  <p>soix. = soixantaine</p>	Trapèze
VAT 7535 #B (traces)		<p>3 soix. 4.5</p>  <p>soix. = soixantaine</p>	Trapèze
VAT 7535 #C (complet)		<p>1.30 soix.1.12 le flanc 3 le flanc faux 1 le flanc 'vrai'</p>  <p>soix. = soixantaine</p>	Trapèze
VAT 7621 #A (complet)		<p>20 1 40 1.45 30 15</p> 	(non précisé)
VAT 8393 #A (presque complet)			Trapèze(s)
VAT 8522 #A (complet)		<p>5 1.4 8</p> 	Cèdre
YBC 4675 #A (presque complet)		<p>5.10 7 17 4.50</p>  <p>transv. = transversale</p>	Champ ou surface
YBC 8633 #A (presque complet)		<p>1 40 1.40 2.20 20 1.20 13.20 1 40 1.40</p> 	Triangle

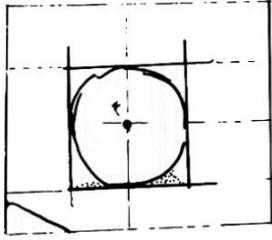
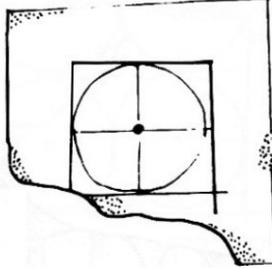
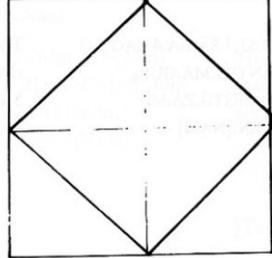
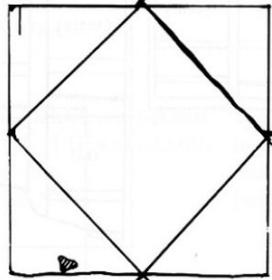
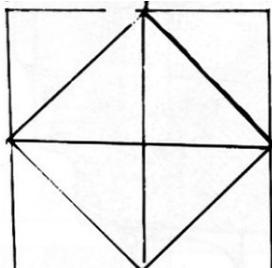
TABLEAU I.2. Catalogue des diagrammes mathématiques paléo-babyloniens associés à du texte
Premier bloc : Diagrammes apparaissant sur des tablettes de Babylonie, à l'exception de BM 15285

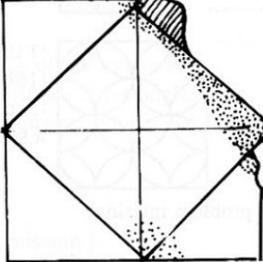
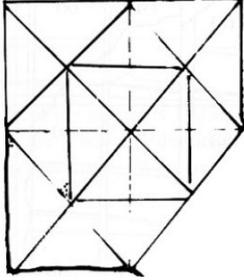
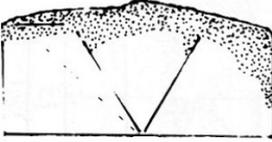
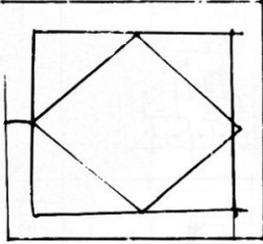
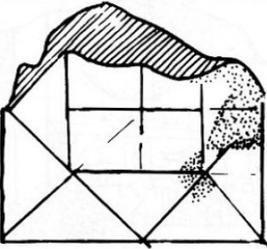
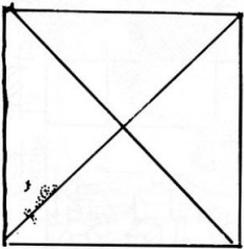
Les sources des images insérées dans la deuxième colonne du bloc de tableau ci-dessus sont, par ordre alphabétique des noms de tablettes, les suivantes (pour tous les liens donnés, le dernier accès date du 18 août 2023).
AO 10642 : gros plan sur une photographie réalisée par le Musée du Louvre et disponible dans la base de données [ATLAS], accessible en suivant le lien direct <<https://collections.louvre.fr/ark:/53355/cl010135336>>.
BM 85194 : gros plan sur des photographies réalisées par le British Museum et disponibles dans la base de données [BM], accessibles en suivant le lien direct <https://www.britishmuseum.org/collection/object/W_1899-0415-1>.
BM 85196 : gros plan sur des photographies réalisées par le British Museum et disponibles dans la base de données [BM], accessibles en suivant le lien direct <https://www.britishmuseum.org/collection/object/W_1899-0415-3>.

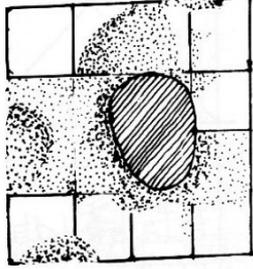
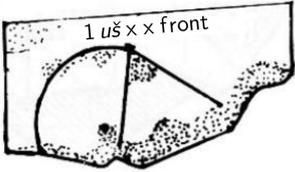
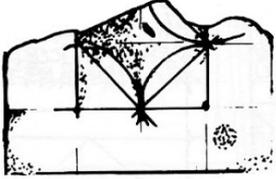
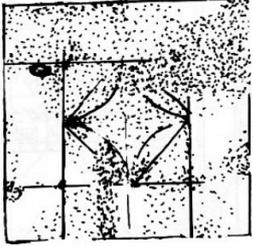
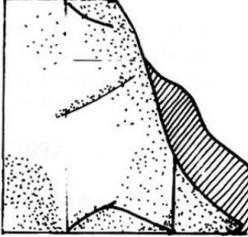
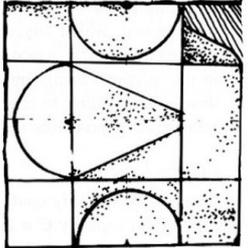
BM 96957 + VAT 6598 : pour les diagrammes #A, #D et #E, gros plans sur une photographie réalisée à ma demande par O. M. Teßmer du Vorderasiatisches Museum; pour les diagrammes #C et #D, gros plans sur une copie réalisée par C. Walker et publiée dans [ROBSON1999] pages 241-244, accessible dans la base de données [CDLI] en suivant le lien direct <<https://cdli.mpiwg-berlin.mpg.de/artifacts/254451>>. **BNUS 364** : gros plans sur des photographies réalisées par L. Vacín et disponible dans la base de données [CDLI], accessibles en suivant le lien direct <<https://cdli.mpiwg-berlin.mpg.de/artifacts/414661>>. **BNUS 367** : gros plan sur une photographie réalisée par J. Jawdat lors d'une séance de travail du Groupe de lecture de textes mathématiques cunéiformes du laboratoire SPHère tenue à la Bibliothèque Nationale et Universitaire de Strasbourg. **Bod AB 216** : gros plan sur une photographie disponible dans la base de données [CDLI], accessible en suivant le lien direct <<https://cdli.mpiwg-berlin.mpg.de/artifacts/368255>>. **Erm 15073** : gros plans sur des photographies réalisées par le Musée de l'Ermitage et publiées dans [FRIBERG2007b] page 308. **Ist O 4552** : gros plans sur la copie réalisée par O. Neugebauer et publiée dans [NEUGEBAUER1935b] planche 42. **LB 1821** : gros plan sur une photographie disponible dans la base de données [CDLI] et accessible en suivant le lien direct <<https://cdli.mpiwg-berlin.mpg.de/artifacts/368700>>. **MLC 1354** : gros plan sur une photographie réalisée par K. Wagensonner de la Yale Babylonian Collection et disponible dans la base de données [YBC], accessible en suivant le lien direct <<https://collections.peabody.yale.edu/search/Record/YPM-BC-001353>>. **MLC 1950** : gros plan sur une photographie réalisée par K. Wagensonner de la Yale Babylonian Collection et disponible dans la base de données [YBC], accessible en suivant le lien direct <<https://collections.peabody.yale.edu/search/Record/YPM-BC-001948>>. **MS 2792** : gros plans sur une photographie disponible dans la base de données [CDLI], accessible en suivant le lien direct <<https://cdli.mpiwg-berlin.mpg.de/artifacts/251838>>. **MS 3049** : gros plans sur une photographie disponible dans la base de données [CDLI], accessible en suivant le lien direct <<https://cdli.mpiwg-berlin.mpg.de/artifacts/252061>>. **MS 3052** : gros plans sur une photographie disponible dans la base de données [CDLI], accessible en suivant le lien direct <<https://cdli.mpiwg-berlin.mpg.de/artifacts/252064>>. **VAT 7532** : gros plan sur une photographie réalisée par C. Proust au Vorderasiatisches Museum. **VAT 7535** : gros plans sur des photographies réalisées par C. Proust au Vorderasiatisches Museum. **VAT 7621** : gros plan sur une photographie réalisée par mes soins au Vorderasiatisches Museum. **VAT 8393** : gros plan sur une photographie réalisée par mes soins au Vorderasiatisches Museum. **VAT 8522** : gros plan sur une photographie réalisée par C. Proust au Vorderasiatisches Museum. **YBC 4675** : gros plan sur une photographie en éclairage modifiable réalisée à ma demande par K. Wagensonner de la Yale Babylonian Collection. **YBC 8633** : gros plan sur une photographie en éclairage modifiable réalisée à ma demande par K. Wagensonner de la Yale Babylonian Collection.

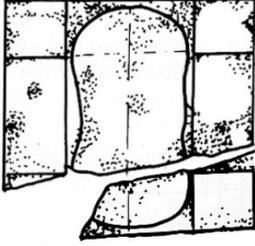
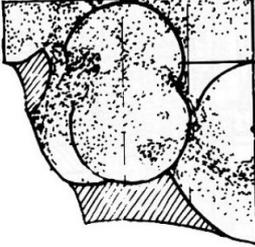
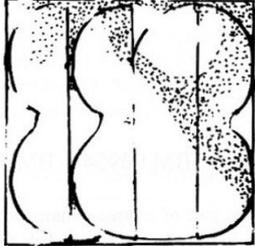
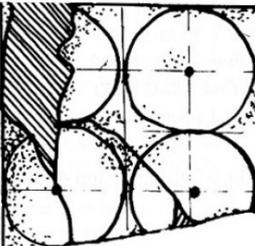
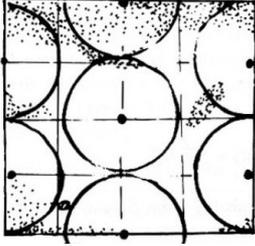
Voici maintenant le catalogue des 27 diagrammes mathématiques apparaissant sur la tablette de Babylonie un peu particulière BM 15285 :

NOM (ET ÉTAT)	PHOTOGRAPHIE	SCHEMA	OBJET REPRÉSENTÉ
BM 15285 #A (partiel)			<i>(configuration complexe décrite par le texte)</i>
BM 15285 #B (complet)			<i>(configuration complexe décrite par le texte)</i>

<p>BM 15285 #C (complet)</p>			<p>(configuration complexe décrite par le texte)</p>
<p>BM 15285 #D (presque complet)</p>			<p>(configuration complexe décrite par le texte)</p>
<p>BM 15285 #E (complet)</p>			<p>(configuration complexe décrite par le texte)</p>
<p>BM 15285 #F (complet)</p>			<p>(configuration complexe décrite par le texte)</p>
<p>BM 15285 #G (complet)</p>			<p>(configuration complexe décrite par le texte)</p>

<p>BM 15285 #H (presque complet)</p>			<p><i>(configuration complexe décrite par le texte)</i></p>
<p>BM 15285 #I (presque complet)</p>			<p><i>(configuration complexe décrite par le texte)</i></p>
<p>BM 15285 #J (partiel)</p>			<p><i>(configuration complexe décrite par le texte)</i></p>
<p>BM 15285 #K (complet)</p>			<p><i>(configuration complexe décrite par le texte)</i></p>
<p>BM 15285 #L (partiel)</p>			<p><i>(configuration complexe décrite par le texte)</i></p>
<p>BM 15285 #M (complet)</p>			<p><i>(configuration complexe décrite par le texte)</i></p>

<p>BM 15285 #N (partiel)</p>			<p>(configuration complexe décrite par le texte)</p>
<p>BM 15285 #O (partiel)</p>			<p>(configuration complexe décrite par le texte)</p>
<p>BM 15285 #P (partiel)</p>			<p>(configuration complexe décrite par le texte)</p>
<p>BM 15285 #Q (traces)</p>			<p>(configuration complexe décrite par le texte)</p>
<p>BM 15285 #R (partiel)</p>			<p>(configuration complexe décrite par le texte)</p>
<p>BM 15285 #S (presque complet)</p>			<p>(configuration complexe décrite par le texte)</p>

<p>BM 15285 #T (presque complet)</p>			<p>(configuration complexe décrite par le texte)</p>
<p>BM 15285 #U (partiel)</p>			<p>(configuration complexe décrite par le texte)</p>
<p>BM 15285 #V (complet)</p>			<p>(configuration complexe décrite par le texte)</p>
<p>BM 15285 #W (partiel)</p>			<p>(configuration complexe décrite par le texte)</p>
<p>BM 15285 #X (presque complet)</p>			<p>(configuration complexe décrite par le texte)</p>
<p>BM 15285 #Y (complet)</p>			<p>(configuration complexe décrite par le texte)</p>

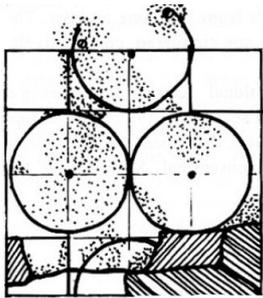
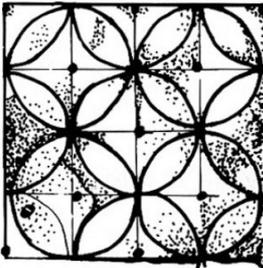
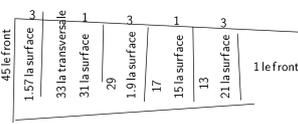
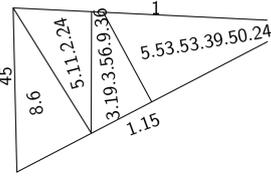
BM 15285 #Z (presque complet)			(configuration complexe décrite par le texte)
BM 15285 #ZA (complet)			(configuration complexe décrite par le texte)

TABLEAU I.3. Catalogue des diagrammes mathématiques paléo-babyloniens associés à du texte
 Deuxième bloc : Diagrammes apparaissant sur la tablette particulière BM 15285

Les images insérées dans la deuxième colonne du bloc de tableau ci-dessus sont des gros plans sur des photographies de la tablette réalisées par le British Museum et disponibles dans la base de données [BM], accessibles en suivant le lien direct <https://www.britishmuseum.org/collection/object/W_1896-0410-11> (dernier accès le 18 août 2023). Les images insérées dans la troisième colonne sont quant à elles des gros plans sur la copie de la tablette réalisée par E. Robson et publiée dans [ROBSON1999] pages 214-217, également disponible dans la base de données [CDLI] et accessible en suivant le lien direct <<https://cdli.mpiwg-berlin.mpg.de/artifacts/254407>> (dernier accès le 18 août 2023) – sachant que, pour le diagramme #O, j’ai remplacé les signes cunéiformes apparaissant sur cette copie par la traduction du passage correspondant.

Voici enfin le catalogue des 7 diagrammes mathématiques apparaissant sur les 5 tablettes répertoriées dans la section précédente qui proviennent des régions voisines de la Babylonie :

NOM (ET ÉTAT)	PHOTOGRAPHIE OU À DÉFAUT COPIE	SCHEMA	OBJET REPRÉSENTÉ
IM 31248 #A (complet)	<i>(pas d'image disponible)</i>		<i>(texte perdu)</i>
IM 55357 #A (complet)	Élément sous droit, diffusion non autorisée		Triangle

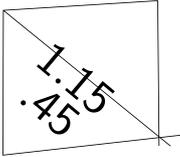
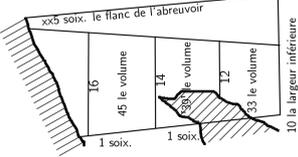
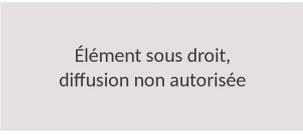
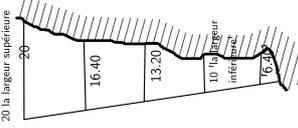
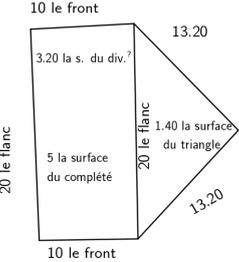
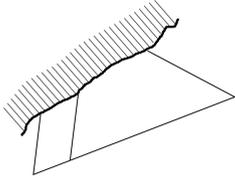
<p>IM 67118 #A (complet)</p>	 <p>Élément sous droit, diffusion non autorisée</p>		<p>Rectangle</p>
<p>IM 95771 #A (partiel)</p>	 <p>Élément sous droit, diffusion non autorisée</p>	 <p><i>soix. = soixantaine</i></p>	<p>(texte perdu)</p>
<p>IM 95771 #B (partiel)</p>	 <p>Élément sous droit, diffusion non autorisée</p>		<p>Abreuvoir</p>
<p>IM 95771 #C (complet)</p>	 <p>Élément sous droit, diffusion non autorisée</p>	 <p><i>s. = surface / div. = diviseur</i></p>	<p>(non précisé)</p>
<p>Sb 13928 #A (partiel)</p>			<p>(non précisé)</p>

TABLEAU I.4. Catalogue des diagrammes mathématiques paléo-babyloniens associés à du texte
Troisième bloc : Diagrammes apparaissant sur des tablettes de régions voisines de la Babylonie

Les sources des images insérées dans la deuxième colonne du bloc de tableau ci-dessus sont, par ordre alphabétique des noms de tablettes, les suivantes (pour tous les liens donnés, le dernier accès date du 18 août 2023). **IM 31248** : je ne dispose ni de photographie ni de copie de cette tablette ; le schéma a été réalisé à partir de celui proposé par J. Friberg dans [FRIBERG2007a] page 201. **IM 55357** : gros plan sur une photographie réalisée par T. Baqir du Musée National d'Irak et publiée dans [BAQIR1950]. **IM 67118** : gros plan sur une photographie réalisée par T. Baqir du Musée National d'Irak et publiée dans [BAQIR1962], également disponible dans la base de données [CDLI] et accessible en suivant le lien direct <<https://cdli.mpiwg-berlin.mpg.de/artifacts/254557>>. **IM 95771** : gros plans sur des photographies de la tablette disponibles dans la base de données [CDLI], accessibles en suivant le lien direct <<https://cdli.mpiwg-berlin.mpg.de/artifacts/430702>>. **Sb 13928** : gros plan sur une photographie réalisée par le Musée du Louvre et disponible dans la base [ATLAS], accessible en suivant le lien direct <<https://collections.louvre.fr/ark:/53355/cl010186428>>.

I.2.2. Une tradition des diagrammes mathématiques paléo-babyloniens de Babylonie associés à des textes relativement homogène

Lorsque l'on regarde l'ensemble de ces diagrammes paléo-babyloniens qui peuvent clairement être considérés comme des diagrammes mathématiques en raison du fait qu'ils ont été réalisés en lien avec un texte mathématique, ou du moins ceux d'entre eux qui se trouvent sur des tablettes provenant de Babylonie à l'exception de la tablette un peu particulière BM 15285 – ce qui correspond au premier bloc du catalogue ci-dessus –, il apparaît que ceux-ci semblent relever d'une tradition relativement homogène. C'est ce que je m'attache à mettre en évidence dans cette section, en me concentrant sur quatre aspects : la nature des configurations géométriques montrées par ces diagrammes, la manière dont ces configurations géométriques sont orientées sur les dessins, la nature des inscriptions portées sur ces diagrammes, et la manière dont ces inscriptions sont positionnées sur les dessins.

I.2.2.1. Nature des configurations géométriques montrées par les diagrammes

Un premier constat que l'on peut faire est que la liste des formes géométriques élémentaires montrées par les diagrammes mathématiques paléo-babyloniens de Babylonie apparaissant en lien avec un texte mathématique, à l'exception de ceux de la tablette BM 15285, est extrêmement courte : parmi les cinquante-six dont subsiste une partie suffisamment conséquente pour que l'on puisse identifier ou au moins supposer avec une bonne probabilité ce qu'ils montrent, on trouve seulement des triangles, dans une vingtaine de diagrammes répartis sur 6 à 7 tablettes différentes, des trapèzes, dans une quinzaine de diagrammes répartis sur 10 à 11 tablettes différentes, des rectangles, dans une demi-douzaine de diagrammes répartis sur 2 à 3 tablettes différentes, des cercles, dans une demi-douzaine de diagrammes répartis sur 3 à 4 tablettes différentes, et des segments de cercle, dans deux diagrammes répartis sur 2 tablettes différentes, comme résumé par le graphique de la figure I.5.⁴⁹ Pour être tout à fait complète, il me faut moduler légèrement cette liste en signalant qu'il n'est pas totalement exclu que l'un des diagrammes montre un quadrilatère irrégulier plutôt que le trapèze mal dessiné que l'on voit spontanément en lui ; néanmoins, cette identification, qui serait un cas isolé, n'est ni la plus probable visuellement ni clairement confirmée par le texte qui accompagne le diagramme, de sorte que je ne fais que la mentionner comme une éventualité sans m'attarder dessus.⁵⁰

Quelques remarques supplémentaires peuvent de plus être faites sur l'aspect plus précis de deux de ces formes géométriques élémentaires. Les trapèzes sont toujours dessinés avec leurs deux bases – c'est-à-dire leurs deux côtés parallèles entre eux – assez nettement plus courtes que leurs deux autres côtés, et souvent – mais pas systématiquement – comme soit plutôt isocèles soit plutôt rectangles. Les triangles sont quant à eux toujours dessinés avec l'un de leurs trois côtés – que j'appellerai également leur base dans ce qui suit – assez nettement

49. Je ne donne volontairement que des nombres approximatifs dans cette énumération car l'état de certains diagrammes ainsi que, dans quelques cas, l'imprécision des tracés, font qu'il est délicat de dénombrer de manière exacte chaque forme géométrique élémentaire. L'histogramme ci-dessous fait apparaître des quantités un peu plus précises, en distinguant par deux teintes différentes les cas dans lesquels l'identification d'une forme géométrique élémentaire est assurée de ceux dans lesquels elle est seulement l'hypothèse la plus probable en prenant en compte l'aspect du dessin, le texte qui l'accompagne, les inscriptions qui y apparaissent et éventuellement la série au sein de laquelle il figure. Il y a un unique cas dans lequel deux hypothèses me paraissent presque aussi vraisemblable l'une que l'autre : celui du diagramme Erm 15073 #B, qui pourrait visuellement être aussi bien un rectangle qu'un trapèze, et pour lequel il serait utile de pouvoir consulter l'édition en russe d'A. Vaiman ; par comparaison avec les autres dessins, je l'ai plutôt considéré dans la suite de cette analyse comme un rectangle, mais il faut garder à l'esprit que cette identification est sujette à caution.

50. Le diagramme en question est celui de la tablette YBC 4675, que j'ai examiné en détail lors de la préparation de la thèse mais dont je n'ai finalement pas mis l'étude en forme.

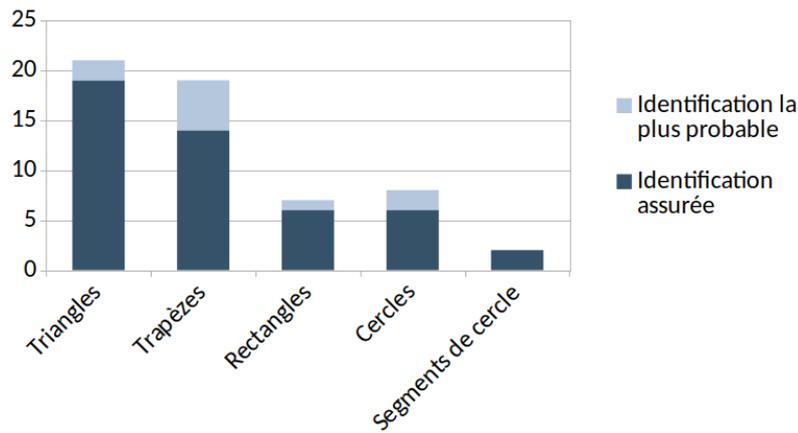


FIGURE I.5. Formes géométriques élémentaires montrées par les diagrammes mathématiques paléo-babyloniens de Babylone accompagnés de texte (sauf ceux de BM 15285)

plus court que les deux autres, et souvent – mais, là encore, pas systématiquement – comme soit plutôt isocèles, avec alors leurs deux plus longs côtés qui ont la même longueur, soit plutôt rectangles, avec alors l’angle droit qui se trouve entre la base et l’un des deux longs côtés.⁵¹

Un deuxième constat, encore plus frappant, que l’on peut faire, est que les formes géométriques montrées par les diagrammes considérés se limitent dans la quasi-totalité des cas aux formes géométriques élémentaires que je viens de lister, seules, et que l’on rencontre en tout et pour tout seulement trois cas de formes géométriques composées, qui plus est toutes constituées de formes géométriques élémentaires de même nature placées les unes à l’intérieur des autres : deux triangles (semblables) concentriques dans le diagramme AO 10642 #A, trois cercles concentriques dans le diagramme BM 85194 #A, et deux cercles concentriques dans le diagramme LB 1821 #A. En particulier, il n’arrive jamais, parmi ces diagrammes, que soient dessinés des assemblages de formes géométriques élémentaires qui en font intervenir de plusieurs natures différentes ou qui en agencent de manière plus originale. Les schémas de la figure I.6 ci-dessous résument de manière visuelle le répertoire de formes géométriques ainsi constitué, et le graphique de la figure I.7 à sa suite illustre la proportion de chaque type de ces formes géométriques dans le groupe de diagrammes analysé.⁵²

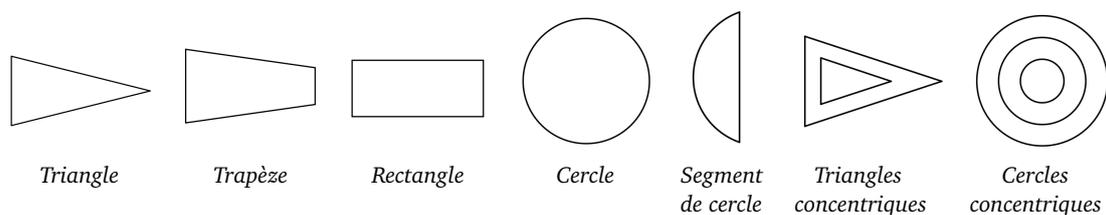


FIGURE I.6. Répertoire des différentes formes géométriques montrées par les diagrammes mathématiques paléo-babyloniens de Babylone accompagnés de texte (sauf ceux de BM 15285)

51. Il y a deux cas dans lesquels cette différence est moins marquée – mais néanmoins bien présente : les trapèzes de la tablette Erm 15073 et le triangle de la tablette YBC 8633.

52. Je souhaite préciser, au sujet de ce graphique circulaire et de tous ceux qui suivront, qu’il n’est bien sûr pas question de faire dans cette section une véritable analyse statistique, qui n’aurait aucun sens au vu de la taille très restreinte de l’échantillon considéré et des nombreuses incertitudes qu’engendre l’état de conservation inégal des diagrammes, mais seulement de dégager des tendances générales.

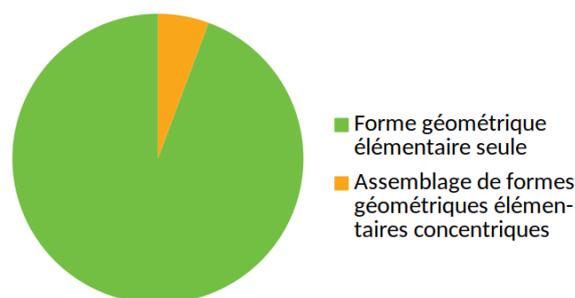


FIGURE I.7. Types de formes géométriques montrées par les diagrammes mathématiques paléo-babyloniens de Babylonie accompagnés de texte (sauf ceux de BM 15285)

En outre, on note que la grande majorité des formes géométriques montrées par les diagrammes considérés sont dotées d'une ou plusieurs lignes intérieures, dans environ 85% des cas suffisamment bien préservés pour que cela puisse être déterminé, mais que ces dernières ne sont, elles non plus, pas très variées.

Afin de décrire ces lignes intérieures, commençons par introduire quelques termes de vocabulaire, qui ne sont pour certains rien d'autre que des termes mathématiques usuels mais sont pour d'autres des termes spécifiques qu'il est nécessaire de définir. À l'intérieur des triangles et des quadrilatères, qui présentent certaines similitudes, on peut rencontrer des lignes qui les partagent dans le sens de la largeur en étant parallèles à leurs plus courts côtés (c'est-à-dire parallèles à la base dans le cas des triangles, parallèles aux deux bases dans le cas des trapèzes et parallèles aux deux largeurs dans le cas des rectangles), qui n'ont à ma connaissance pas de nom dans les mathématiques contemporaines et que j'appellerai comme la plupart des historiens des mathématiques cunéiformes des *transversales*, des lignes qui relient deux de leurs sommets opposés, que j'appellerai selon le vocabulaire usuel des *diagonales*, et des lignes qui les partagent dans le sens de la longueur (soit en étant parallèles aux longs côtés dans le cas des rectangles soit en reliant un point de la base au sommet opposé dans le cas des triangles), qui n'ont à ma connaissance aucun nom standard et que j'appellerai dans la suite des *longitudinales* par opposition aux transversales. Par ailleurs, à l'intérieur des cercles, qui constituent une famille de formes géométriques bien distincte, on peut rencontrer des lignes qui relient deux points de leur bord en passant par le centre, que j'appellerai de manière usuelle des *diamètres*, et des lignes qui relient deux points de leur bord sans passer par leur centre, que j'appellerai, toujours selon le vocabulaire usuel, des *cordes*.⁵³

Intéressons-nous maintenant un peu plus précisément à la nature et la fréquence de chacun de ces types de ligne intérieure dans chaque sorte de forme géométrique parmi les diagrammes considérés. Les triangles présentent très souvent une ou plusieurs transversales, occasionnellement aucune ligne intérieure, et dans un unique cas des longitudinales. Les trapèzes présentent très souvent une ou plusieurs transversales, occasionnellement aucune ligne intérieure, et dans un unique cas des diagonales de bandes délimitées par des transversales.⁵⁴ Les rectangles présentent dans plusieurs cas – bien qu'apparaissant tous sur la même tablette – une diagonale, dans un unique cas des longitudinales, et dans un unique cas mal assuré des transversales.⁵⁵

53. Une question légitime et intéressante est celle des éventuels noms donnés par les acteurs à ces différentes lignes. J'aborde ce sujet dans certaines entrées de l'annexe D ainsi que dans les différentes études de cas.

54. Parmi les trapèzes comportant une transversale figure celui du diagramme YBC 4675 #A, qui, comme je l'ai déjà signalé, pourrait éventuellement être plutôt un quadrilatère irrégulier; ce fait mérite d'être souligné au cas où il s'avérerait que c'est cette identification alternative qui doit finalement être retenue.

55. Le cas mal assuré que j'évoque est celui du diagramme Erm 15073, qui, comme je l'ai déjà signalé, pourrait

Les cercles présentent dans quelques cas un ou deux diamètres, dans quelques cas, qui recoupent en partie les précédents, une corde, et dans un unique cas aucune ligne intérieure. Enfin, les deux segments de cercle ne présentent aucune ligne intérieure. Les schémas de la figure I.8 ci-dessous résument visuellement les différents cas rencontrés ainsi que les noms que j'ai définis dans le paragraphe précédent, et les graphiques de la figure I.9 sur la page suivante illustrent la fréquence de chaque type de ligne pour chaque type de forme géométrique.

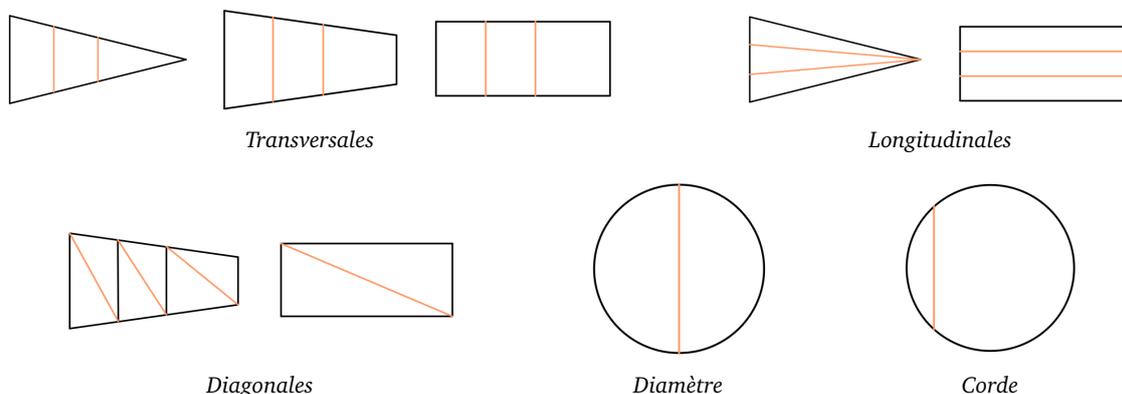


FIGURE I.8. Répertoire des différentes lignes intérieures montrées par les diagrammes mathématiques paléo-babyloniens de Babylonie accompagnés de texte (sauf ceux de BM 15285)

Au total, les diagrammes mathématiques paléo-babyloniens de Babylonie apparaissant en lien avec un texte mathématique, en excluant ceux de la tablette BM 15285, montrent donc un répertoire de configurations géométriques relativement restreint, avec seulement cinq formes géométriques élémentaires différentes, des formes géométriques se limitant presque toujours à ces formes géométriques élémentaires seules et ne consistant dans les rares autres cas qu'en des assemblages de formes géométriques élémentaires de même nature placées de façon concentrique, et des lignes intérieures fréquentes mais relativement peu variées.

1.2.2.2. Orientation des configurations géométriques montrées par les diagrammes

On observe de surcroît que les configurations géométriques montrées par ces diagrammes ont tendance à être toujours orientées de la même manière lorsque l'on regarde les tablettes de façon à ce que leur texte apparaisse avec sa direction de lecture habituelle.⁵⁶

Les triangles apparaissent systématiquement « couchés », c'est-à-dire avec leur base dessinée verticale, et presque systématiquement « pointant vers la droite », c'est-à-dire avec leur base plus précisément placée sur la gauche du dessin et le sommet opposé situé à sa droite. On remarque de plus que, pour les deux seuls diagrammes qui font exception sur le deuxième point – qui apparaissent d'ailleurs sur la même tablette parmi les 6 ou 7 sur lesquelles se trouvent des dessins de triangles –, cette différence s'explique par le fait qu'ils représentent un objet concret en respectant l'orientation usuelle, et est ainsi parfaitement justifiée.⁵⁷ Enfin, on note que, dans quatre des cinq cas où un triangle a une forme plutôt rectangle, l'angle droit se trouve à l'extrémité supérieure de la base.

en fait montrer plutôt un trapèze, dans lequel il n'y aurait alors rien de surprenant à trouver des transversales.

56. Ce point soulève plus de questions que l'on pourrait penser, mais j'y reviendrai dans la section III.1.4.

57. Les deux exceptions mentionnées sont celles des diagrammes MS 3052 #C et MS 3052 #D, que je discuterai plus en détail dans l'étude de cas du chapitre VI. Par ailleurs, tout comme dans le paragraphe précédent, le point soulevé mérite que l'on s'y attarde davantage, ce que je ferai dans la section III.1.4.

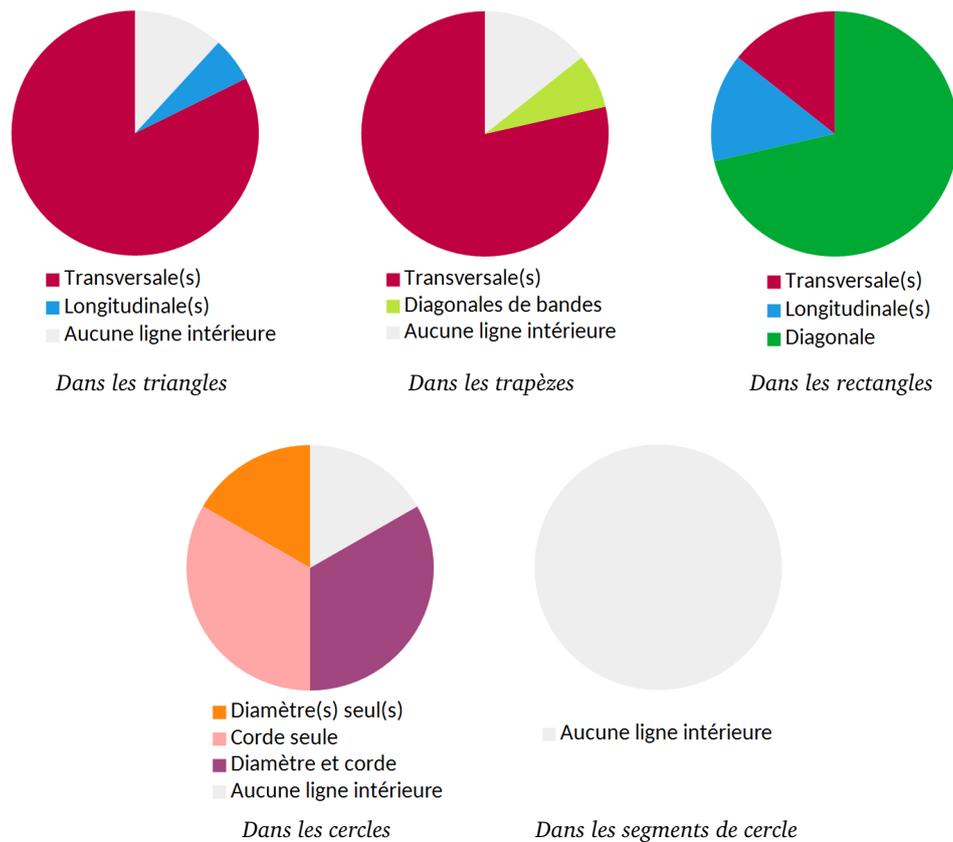


FIGURE I.9. Lignes intérieures présentes dans les formes géométriques montrées par les diagrammes mathématiques paléo-babyloniens de Babylonie accompagnés de texte (sauf ceux de BM 15285)

De la même manière, les trapèzes apparaissent systématiquement « couchés », c'est-à-dire avec leurs deux bases dessinées verticales, et dans la grande majorité des cas « pointant vers la droite », c'est-à-dire avec leur grande base placée sur la gauche du dessin et leur petite base sur la droite. On constate de plus à nouveau que, pour trois des quatre diagrammes qui font exception – qui apparaissent sur seulement deux tablettes parmi les 10 ou 11 sur lesquelles se trouvent des dessins de trapèzes –, cette différence s'explique par le fait qu'ils représentent un objet concret en respectant l'orientation usuelle, et il est probable que ce soit également le cas pour le quatrième bien que cela ne soit pas explicité au début du texte qui l'accompagne et que la suite soit perdue.⁵⁸ Enfin, on remarque, tout comme pour les triangles, que, dans quatre des cinq cas où un trapèze a une forme plutôt rectangle, les angles droits se trouvent aux extrémités supérieures des bases, et l'on note que, dans l'unique cas de trapèze où des diagonales de bandes délimitées par des transversales sont montrées, il s'agit de celles reliant les sommets supérieurs gauches aux sommets inférieurs droits des bandes en question.

Le faible nombre de dessins de rectangles, et surtout de tablettes différentes sur lesquelles ceux-ci sont répartis, rend les observations à leur sujet moins significatives que celles portant sur les triangles et les trapèzes, mais on constate malgré tout que la plupart d'entre eux apparaissent également « couchés », c'est-à-dire avec leurs deux largeurs dessinées verticales, et

58. Les quatre exceptions mentionnées sont celles des diagrammes MS 3052 #A et MS 3052 #B, que j'analyserai de manière plus approfondie dans l'étude de cas du chapitre VI, ainsi que Erm 15073 #C et Erm 15073 #D. Par ailleurs, comme indiqué plus haut, je reviendrai sur ce sujet dans la section III.1.4.

qu'un seul apparaît « dressé », c'est-à-dire avec ses deux largeurs dessinées horizontales, sans que l'on ne puisse dire clairement si cette différence est liée ou non à l'objet concret qu'il représente.⁵⁹ En outre, à chaque fois qu'une diagonale d'un rectangle est montrée – et même si les cinq occurrences connues se trouvent sur la même tablette – il s'agit invariablement de celle reliant son sommet supérieur gauche à son sommet inférieur droit.

Parler de l'orientation des cercles n'a bien sûr pas de sens, mais on peut en revanche étudier celle de leurs lignes intérieures, et l'on constate alors que ces dernières, que ce soient les diamètres ou les cordes, apparaissent systématiquement verticales, ou du moins que l'une d'entre elles apparaît verticale dans le cas où il y en a deux qui n'ont pas la même direction.

Finalement, les segments de cercle sont les seules formes géométriques élémentaires pour lesquelles aucune régularité d'orientation ne se dégage, puisque, sur les deux seuls dessins qui en montrent, l'un apparaît « couché », avec sa base dessinée horizontale, et « pointant vers le haut », c'est-à-dire avec la base placée plus précisément en bas du dessin et l'arc de cercle au-dessus de lui, et l'autre apparaît « dressé », c'est-à-dire avec sa base dessinée verticale, et « pointant vers la gauche », c'est-à-dire avec sa base plus précisément placée du côté droit du dessin et l'arc de cercle sur sa gauche.

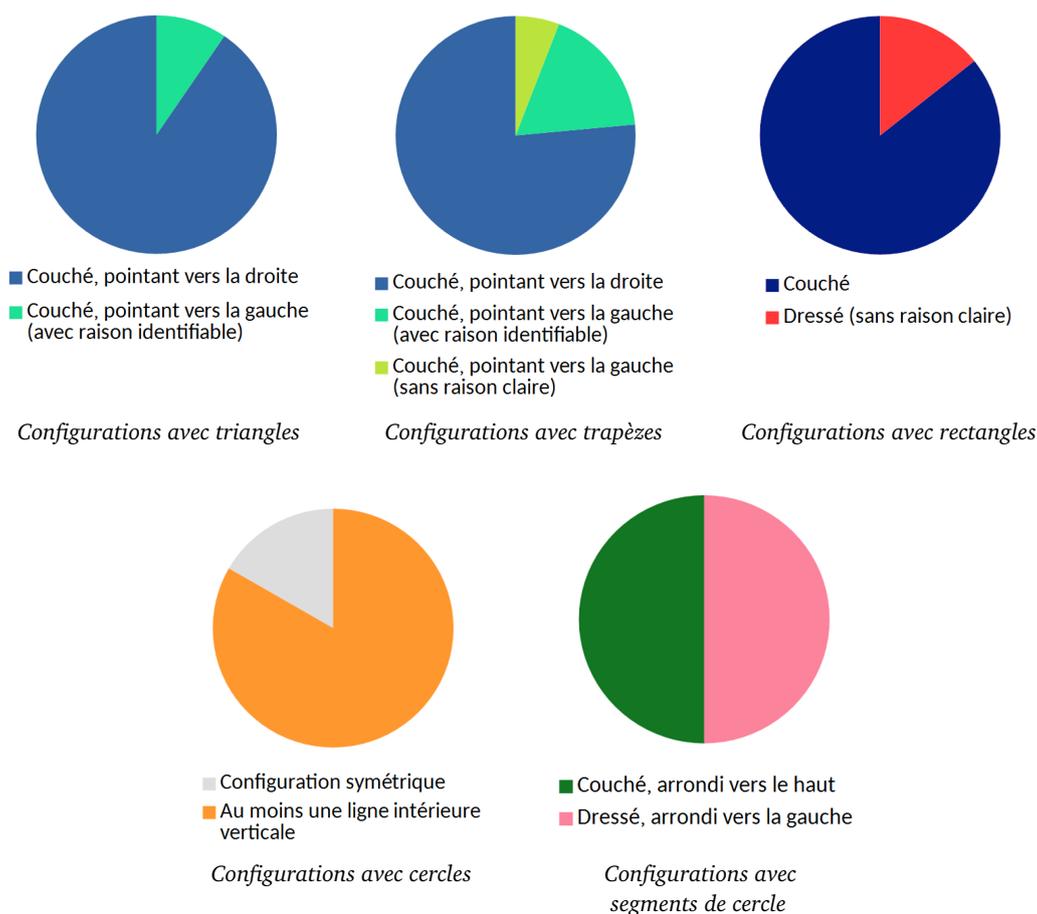


FIGURE I.10. Orientation des configurations géométriques montrées par les diagrammes mathématiques paléo-babyloniens de Babylonie accompagnés de texte (sauf ceux de BM 15285)

59. L'exception mentionnée est celle du diagramme BM 85196 #B.

Au total, les diagrammes mathématiques paléo-babyloniens de Babylonie apparaissant en lien avec un texte mathématique, en excluant ceux de la tablette BM 15285, présentent donc les configurations géométriques qu'ils montrent avec une orientation très régulière. Les triangles, trapèzes et rectangles y apparaissent systématiquement « couchés », à une exception près, et, pour les deux premiers, « pointant vers la droite », sauf dans de rares situations où il y a une bonne raison que ce ne soit pas le cas, et les cercles y apparaissent systématiquement avec au moins une de leurs lignes intérieures verticale. Les schémas de la figure I.8 insérée plus haut pour illustrer un autre point permettent de visualiser ces orientations standard, et les graphiques de la figure I.10 sur la page précédente résument la fréquence de chaque orientation attestée pour chaque type de configuration géométrique.

1.2.2.3. Nature des inscriptions présentes sur les diagrammes

Dans un tout autre registre, on constate qu'absolument tous ces diagrammes mathématiques comportent des inscriptions : il y a en au moins deux sur chacun de ceux qui sont encore complets à l'heure actuelle, et parfois un nombre beaucoup plus important, pouvant aller jusqu'à une quinzaine ou même une vingtaine.⁶⁰

Sur un total d'environ 250 inscriptions suffisamment bien préservées pour que l'on puisse lire leur contenu, on remarque qu'approximativement 80% consistent uniquement en des nombres et les 20% restants en des nombres et des mots associés. Le cas d'une inscription consistant en un groupe nominal seul, sans aucune valeur numérique, se présente une unique fois sur les 250, qui plus est particulière puisqu'il s'agit d'une inscription qui peut être considérée comme appartenant à peine au diagramme et en constituant plutôt une sorte de légende.⁶¹ Cette situation est illustrée par le graphique de la figure I.11 ci-dessous.

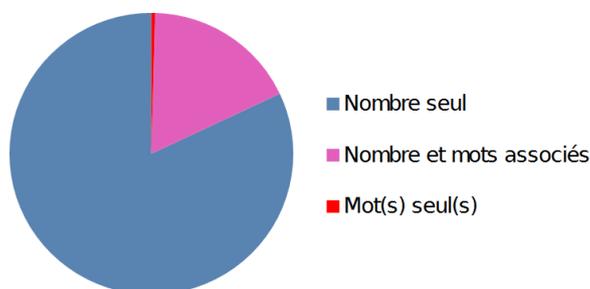


FIGURE I.11. Contenu des inscriptions présentes sur les diagrammes mathématiques paléo-babyloniens de Babylonie accompagnés de texte (sauf ceux de BM 15285)

Parmi les près de 200 inscriptions qui consistent en des nombres seuls, environ 40% sont indubitablement écrites dans le système de numération sexagésimal positionnel flottant, qui est le système majoritairement utilisé dans les textes mathématiques, et les 60% restants sont écrites sous une forme qui peut correspondre à différents systèmes de numération mais entre autres à ce même système sexagésimal positionnel flottant.⁶² Seules trois telles inscriptions, soit à peine plus de 1%, qui plus est toutes trois sur la même tablette, font exception et

60. Parmi les diagrammes comportant un nombre particulièrement important d'inscriptions, on peut citer Erm 15073 #B, VAT 8393 #A ou MS 2792 #C.

61. Ce cas particulier, sur le diagramme BM 96957 + VAT 6598 #D, sera discuté dans la section III.2.2.1.

62. Les différents systèmes de numération employés dans les textes mathématiques d'époque paléo-babylonienne sont présentés dans l'annexe B.

consistent en un nombre écrit dans un autre système de numération, le système sexagésimal non positionnel dit « système S », en l'occurrence en faisant explicitement intervenir le mot « soixantaine » (« *šūsi* » en akkadien).⁶³

La nature des nombres apparaissant dans les inscriptions comportant à la fois des nombres et des mots est légèrement plus variée, mais dans une proportion qui reste malgré tout très modeste. Parmi la quarantaine d'inscriptions qui relèvent de cette catégorie, environ un tiers présentent des nombres qui sont indubitablement écrits dans le système sexagésimal positionnel flottant et un peu plus de la moitié présentent des nombres écrits dans un système qui peut entre autres correspondre à ce dernier. Les quelques autres cas, qui représentent guère plus de 10%, se partagent en trois inscriptions dans lesquelles les nombres sont écrits sous la forme d'une mesure complète exprimée avec son unité de mesure – mais dont deux assez particulières où l'unité semble avoir été ajoutée pour éviter les confusions avec le mot placé juste après qui lui est identique plutôt que pour elle-même – et deux inscriptions dans lesquelles les nombres sont écrits dans le système S, une fois en faisant intervenir le mot « soixantaine » et l'autre en faisant intervenir un signe-fraction.⁶⁴

En rassemblant les deux catégories que nous venons de traiter, il apparaît donc que, parmi les près de 250 inscriptions suffisamment bien préservées présentes sur les diagrammes étudiés, environ 97% des nombres sont écrits soit dans un système de numération qui est indubitablement le système de numération sexagésimal positionnel flottant (39%) soit dans un système de numération qui peut entre autres correspondre à ce dernier (58%), et qu'il n'existe que quelques rares cas marginaux dans lesquels les nombres sont écrits dans un système de numération sexagésimal non positionnel (2%) ou sous forme d'une mesure complète avec son unité (1%), comme résumé par les graphiques de la figure I.12 ci-dessous.

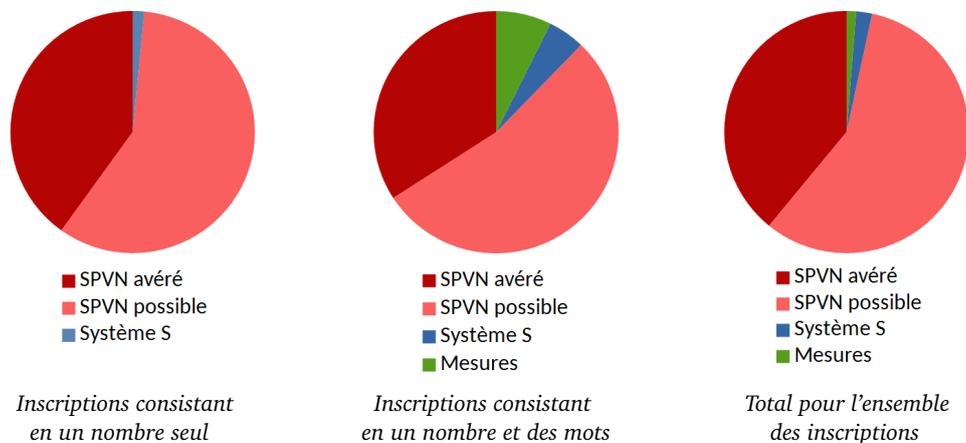


FIGURE I.12. Forme des nombres dans les inscriptions présentes sur les diagrammes mathématiques paléo-babyloniens de Babylonie accompagnés de texte (sauf ceux de BM 15285)⁶⁵

63. La tablette sur laquelle apparaissent ces trois exceptions est la tablette VAT 7535.

64. Les trois inscriptions faisant apparaître des mesures complètes se trouvent sur les diagrammes BNUS 364 #F, MS 3052 #A et MS 3052 #C, et les deux cas particuliers mentionnés correspondent aux deux derniers. L'inscription faisant apparaître un nombre écrit avec le mot « soixantaine » se trouve sur le diagramme VAT 7535 #C, et celle faisant apparaître un nombre écrit au moyen d'un signe-fraction se trouve sur le diagramme MS 3052 #A. Par ailleurs, tout comme les systèmes de numération, les systèmes métrologiques employés dans les textes mathématiques paléo-babyloniens sont présentés dans l'annexe B.

65. L'acronyme « SPVN » utilisé dans les légendes est celui de l'expression anglaise « Sexagesimal Place Value Notation » et désigne donc le système de numération sexagésimal positionnel flottant.

Pour ce qui est cette fois des mots, la quasi-totalité de la quarantaine d'inscriptions consistant en des nombres et des mots mêlés contient des termes techniques appartenant au vocabulaire mathématique, par exemple : « flanc » (« UŠ » en sumérien), « surface » (« A.ŠÀ » en sumérien), « volume » (« SAḪAR » en sumérien), « excédent » (« DIRIG » en sumérien), etc. Seules deux de ces inscriptions, qui plus est apparaissent sur le même diagramme, contiennent un terme qui n'appartient pas spécifiquement au vocabulaire mathématique même s'il est courant dans les problèmes mathématiques, le terme « main-d'œuvre » (« ERIN₂ » en sumérien).⁶⁶ L'unique inscription consistant en un groupe nominal sans valeur numérique semble pour sa part contenir un terme qui n'est pas du tout mathématique, « esquisse » (« *ittum* » en akkadien), mais son cas doit être considéré avec prudence dans la mesure où, d'une part, cette inscription a, comme nous l'avons vu, un statut un peu particulier, et, d'autre part, l'emploi de ce terme en contexte mathématique pourrait en fait être un hapax désignant les diagrammes eux-mêmes et ainsi relever malgré tout du vocabulaire technique.⁶⁷ Ainsi, au final, on ne rencontre dans les inscriptions présentes sur les diagrammes considérés aucun ou presque aucun terme appartenant au langage courant, et – fait qui mérite d'être souligné – aucun nom propre. Cette situation est illustrée par le graphique de gauche de la figure I.13 ci-dessous.

Il est de plus frappant de constater, même s'il faudrait idéalement mettre ce point en relation avec la langue des textes pour mieux l'exploiter, que, à l'exception de la sorte de légende déjà mentionnée, absolument tous les mots présents dans les inscriptions insérées sur les diagrammes étudiés sont écrits sous la forme de sumérogrammes, sans aucun terme akkadien ni mélange d'akkadien et de sumérien.⁶⁸ Cette situation est illustrée par le graphique de droite de la figure I.13 ci-dessous.

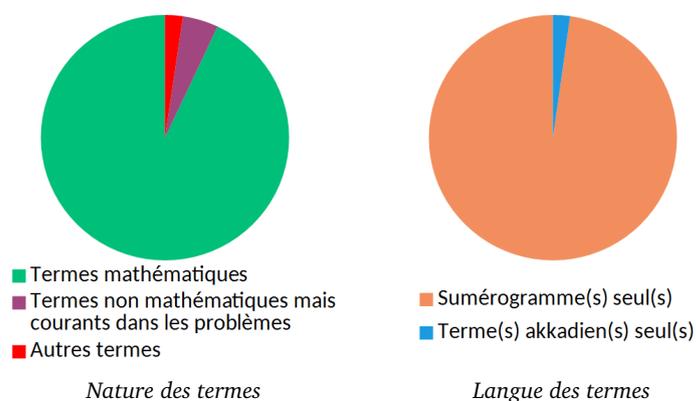


FIGURE I.13. Nature et langue des termes dans les inscriptions présentes sur les diagrammes mathématiques paléo-babyloniens de Babylonie accompagnés de texte (sauf ceux de BM 15285)

Au total, les inscriptions présentes sur les différents diagrammes mathématiques paléo-babyloniens de Babylonie qui apparaissent en lien avec un texte mathématique, en excluant ceux de la tablette BM 15285, contiennent pour ainsi dire toujours des valeurs numériques, exprimées dans une écrasante majorité des cas dans le système de numération sexagésimal positionnel flottant ou un système qui peut entre autres correspondre à ce dernier, le plus

66. Ces deux inscriptions apparaissent sur le diagramme MS 2792 #C.

67. Comme signalé plus haut, le cas discuté ici est celui du diagramme BM 96957 + VAT 6598 #D.

68. Pour être complète, il existe bien une situation dans laquelle une même inscription contient à la fois des mots akkadiens et sumériens, celle des inscriptions faisant intervenir le terme « *šūsi* » pour désigner les soixantaines, mais celui-ci appartient alors selon moi au nombre, ce qui explique que je ne répertorie pas ces cas ici.

souvent seules, ou parfois accompagnées de mots qui sont alors presque systématiquement des termes techniques du vocabulaire mathématique écrits au moyen de sumérogrammes.

I.2.2.4. Position des inscriptions présentes sur les diagrammes

Si l'on se penche pour finir sur la position de ces inscriptions sur les dessins considérés, on constate que celles-ci peuvent apparaître aussi bien à l'intérieur qu'à l'extérieur des formes géométriques montrées, et dans ce dernier cas aussi bien à proximité immédiate des tracés que, parfois, un peu plus loin, mais quelques points communs dans la manière dont elles sont placées peuvent néanmoins être relevés.

Pour commencer, peu d'orientations différentes sont attestées. Environ les trois quarts des inscriptions sont écrites horizontalement et à l'endroit, c'est-à-dire de gauche à droite, environ un quart d'entre elles sont écrites verticalement de bas en haut, et quelques unes sont écrites en biais mais à l'endroit, c'est-à-dire globalement de gauche à droite, pour suivre l'inclinaison d'une ligne du dessin. En particulier, on ne rencontre jamais d'inscriptions écrites à l'envers, de droite à gauche, que ce soit horizontalement ou en biais, ou d'inscriptions écrites verticalement de haut en bas. Les schémas de la figure I.14 ci-dessous illustrent les différentes orientations observées, et le graphique de la figure I.15 résume leur fréquence.

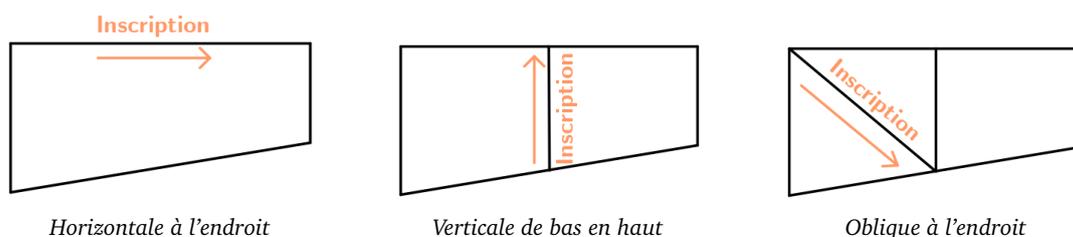


FIGURE I.14. Orientations des inscriptions attestées dans les diagrammes mathématiques paléo-babyloniens de Babylonie accompagnés de texte (sauf ceux de BM 15285)

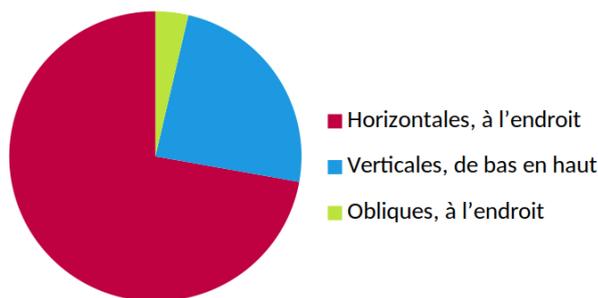


FIGURE I.15. Orientation des inscriptions présentes sur les diagrammes mathématiques paléo-babyloniens de Babylonie accompagnés de texte (sauf ceux de BM 15285)

Qui plus est, dans les cas où une seule inscription est insérée relativement aux longs côtés d'un triangle, d'un trapèze ou d'un rectangle, on note que celle-ci est presque systématiquement placée près de celui du haut et non du bas.⁶⁹

69. Je n'ai relevé qu'une seule exception, sur le diagramme MS 2792 #C, et celle-ci semble pouvoir s'expliquer par le fait que le diagramme en question est particulièrement chargé en inscriptions.

Au total, la manière dont les inscriptions sont positionnées sur les diagrammes mathématiques paléo-babyloniens de Babylonie qui apparaissent en lien avec un texte mathématique, en excluant ceux de la tablette BM 15285, présente donc, tout comme leur contenu, une certaine régularité.

1.2.2.5. Conclusion et application

Pour résumer, il ressort de cette analyse des diagrammes mathématiques paléo-babyloniens de Babylonie produits en relation avec un texte mathématique présent sur la même tablette, en excluant ceux de la tablette un peu particulière BM 15285, que ceux-ci partagent un nombre assez important de caractéristiques, qui peuvent être regroupées en quatre points. Premièrement, ces diagrammes montrent un répertoire très restreint de configurations géométriques qui fait intervenir seulement cinq formes géométriques élémentaires différentes, étonnamment peu d'assemblages de celles-ci, et un nombre relativement limité de lignes intérieures. Deuxièmement, l'orientation de ces configurations géométriques par rapport au texte présent sur les tablettes est presque toujours la même. Troisièmement, ces diagrammes comportent des inscriptions qui contiennent dans la quasi-totalité des cas une valeur numérique, presque systématiquement écrite dans le système de numération sexagésimal positionnel flottant ou sous une forme qui peut y correspondre, et qui font presque exclusivement intervenir des termes mathématiques techniques écrits sous forme de sumérogrammes dans les cas où les valeurs numériques ne sont pas seules. Enfin, quatrièmement, ces inscriptions apparaissent invariablement sur les dessins avec une orientation choisie parmi seulement trois différentes.

Or, l'existence de tels points communs entre des documents ayant des contenus très différents les uns des autres et probablement produits dans des contextes parfois assez éloignés les uns des autres n'a absolument rien d'évident, et il est particulièrement frappant que de nombreuses propriétés qui n'ont en soi rien d'extravagant ne soient jamais attestées. En conséquence, il me semble que cette grande régularité révèle l'existence, au moins dans une certaine mesure, qu'il est malaisé de préciser, d'une manière commune de concevoir et produire des diagrammes en relation avec des textes mathématiques en Babylonie à l'époque paléo-babylonienne – que l'on pourrait qualifier de tradition commune voire de culture commune.⁷⁰

Du fait de cette homogénéité, il s'avère alors possible, pour un observateur familiarisé avec le corpus, de repérer, parmi les diagrammes qui ne sont pas accompagnés de texte, ceux qui semblent relever de la même tradition que ceux produits en relation avec les textes mathématiques et qui semblent donc devoir être eux aussi considérés comme des diagrammes mathématiques. Voici deux premiers exemples rapides qui permettent d'illustrer cette application en attendant que je traite d'autres cas de manière contextualisée et plus approfondie dans le dernier chapitre d'études de textes de la deuxième grande partie.⁷¹

La photographie et la copie de la figure I.16 ci-après reproduisent la face de la tablette YBC 3895, une petite tablette lenticulaire qui a été éditée en 1915 par A. Clay dans un recueil intitulé *Miscellaneous inscriptions in the Yale Babylonian Collection*. Cette tablette a tout d'abord été identifiée par son éditeur comme « *plan of property* », a ensuite été décrite par M. Liverani comme « *plan of field* », puis par E. Robson une première fois comme « *model document or diagram* » et une deuxième fois, en se rangeant à l'avis de M. Liverani, comme « *genuine field plan* », avant d'être finalement malgré tout classée comme « *mathematical (geometrical exercise)* » dans

70. Au sujet de la notion de culture en histoire des sciences, voir notamment [CHEMLA&FOXKELLER2017].

71. Voir le chapitre VII.

la base de données du CDLI.⁷² Bref, il s'agit d'un document dont l'identification n'est pas claire et peine à faire consensus. Toutefois, lorsque l'on regarde le diagramme présent sur cette tablette en ayant à l'esprit tous les éléments recensés dans cette partie, deux caractéristiques sautent aux yeux : d'une part, la forme géométrique montrée par ce diagramme consiste en un assemblage relativement sophistiqué d'un quadrilatère, de plusieurs triangles de différentes formes et tailles et d'une sorte de segment de cercle, ce qui n'appartient absolument pas au répertoire limité que nous avons identifié ci-dessus, et, d'autre part, l'une des inscriptions portées sur le dessin de cette configuration géométrique, le « 5 » que j'ai entouré en rouge en haut à gauche, est écrite « à l'envers » – c'est-à-dire horizontalement de droite à gauche, avec les têtes des clous verticaux vers le bas et leurs queues vers le haut – lorsque l'on tient la tablette de manière à ce que toutes les autres inscriptions soient orientées avec leur sens de lecture usuel. Ces deux aspects, et surtout le premier, qui, contrairement au deuxième, ne peut pas être fortuit, ont tendance à nous faire penser que, malgré son aspect géométrique, son orientation couchée pointant vers la droite, et le fait que toutes ses inscriptions consistent en des nombres écrits dans le système de numération sexagésimal positionnel flottant, ce diagramme n'appartient pas à la même tradition mathématique que ceux que nous avons étudiés jusqu'à présent. Évidemment, le mot « tendance » que j'emploie ici est important, et ces éléments ne nous permettent pas d'identifier de manière formelle la nature du diagramme considéré. Mais il s'agit malgré tout d'une indication qui mérite d'être prise au sérieux – d'autant plus, dans le cas présent, qu'elle concorde avec l'avis de M. Liverani qui connaît très bien le corpus des plans de terrains et estime y reconnaître l'un d'eux bien qu'il ne détaille pas ses arguments – et qui me fait en conséquence exclure cette tablette de mon corpus.

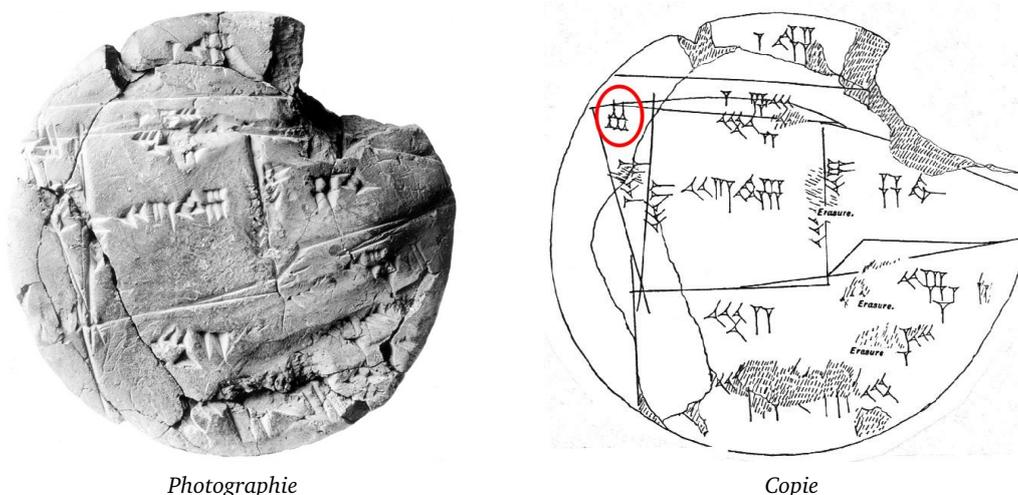


FIGURE I.16. Premier exemple de discussion de la nature d'un diagramme : tablette YBC 3895⁷³

La photographie et la copie de la figure I.17 ci-après reproduisent cette fois la face de la tablette YBC 3892, une autre tablette lenticulaire éditée en 1915 par A. Clay dans le recueil

72. Voir [CLAY1915] page vii, [LIVERANI1990] page 151, [ROBSON1999] page 322, [ROBSON2008a] pages 349-350, et [CDLI] ou le lien direct <<https://cdli.mpiwg-berlin.mpg.de/artifacts/142064>> (dernier accès le 30 août 2023). Au débat sur la nature du document vient s'ajouter un débat sur sa datation, la tablette étant parfois considérée comme datant de l'époque paléo-babylonienne et parfois comme datant de l'époque d'Ur III, mais cela n'a guère d'incidence sur l'exemple que je présente.

73. La photographie est celle disponible dans la base de données [CDLI], accessible en suivant le lien direct <<https://cdli.mpiwg-berlin.mpg.de/artifacts/142064>> (dernier accès le 30 août 2023). La copie est tirée de [CLAY1915] planche XIV, et est également accessible en suivant le lien ci-dessus.

Miscellaneous inscriptions in the Yale Babylonian Collection. Tout comme la tablette YBC 3895 que nous venons de discuter, cette tablette a tout d'abord été identifiée par son éditeur comme « *plan of property* » puis décrite par E. Robson comme « *model document or diagram* » avant, cette fois, d'être réévaluée par E. Robson comme « *rough school diagram* » mais néanmoins caractérisée de manière ambivalente dans la base de données du CDLI comme « *Mathematical (model document, diagram)* ». ⁷⁴ Autrement dit, il s'agit d'une tablette qui partage un certain nombre de points communs avec la précédente et dont l'identification semble tout aussi délicate. Cependant, lorsque l'on regarde le diagramme apparaissant sur cette tablette, on a immédiatement un ressenti différent. Tout d'abord, la configuration géométrique montrée par ce diagramme consiste en une simple forme géométrique élémentaire, qui plus est probablement un trapèze, qui appartient au répertoire restreint que nous avons identifié dans la section I.2.2.1 et en est même l'un des éléments les plus courants. ⁷⁵ Ensuite, lorsque l'on tient la tablette de manière à ce que les inscriptions apparaissent dans leur sens de lecture habituel, ce qui est dans le cas présent facilement réalisable puisqu'elles ont toutes la même direction, ce trapèze apparaît « couché » et « pointant vers la droite », ce qui est exactement l'orientation standard des trapèzes que nous avons identifiée dans la section I.2.2.2. Enfin, toutes les inscriptions présentes sur le dessin consistent en des nombres écrits dans le système de numération sexagésimal positionnel flottant, ce qui correspond parfaitement au contenu habituel des inscriptions que nous avons identifié dans la section I.2.2.3. Ainsi, ce diagramme est en tous points conforme à la manière dont se présentent ceux réalisés en lien avec un texte mathématique et semble donc relever de la même tradition. Bien entendu, il ne s'agit là encore que d'une tendance, et l'on ne peut exclure totalement sans éléments supplémentaires que celui-ci ait malgré tout été produit avec un but différent. Mais cette tendance me paraît suffisamment marquée pour être significative et me faire en conséquence inclure cette tablette dans mon corpus.

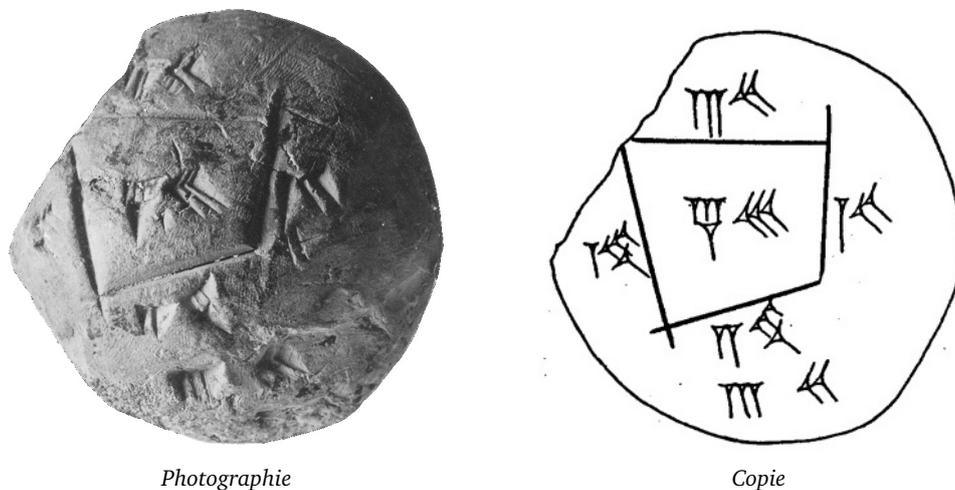


FIGURE I.17. Deuxième exemple de discussion de la nature d'un diagramme : tablette YBC 3892⁷⁶

74. Voir [CLAY1915] page vii, [ROBSON1999] page 322, [ROBSON2008a] page 349 et [CDLI] ou le lien direct <<https://cdli.mpiwg-berlin.mpg.de/artifacts/142060>> (dernier accès le 30 août 2023).

75. On pourrait objecter que les deux bases ne paraissent pas suffisamment parallèles l'une à l'autre et qu'il doit en conséquence plutôt s'agir d'un quadrilatère irrégulier. Cela n'est certes pas impossible, bien que l'habitude des tracés assez grossiers des diagrammes, en particulier sur certaines tablettes lenticulaires, me fasse pencher en faveur d'un trapèze, mais, même si c'était le cas, il s'agirait alors d'une forme semblable à celle apparaissant sur la tablette YBC 4675, qui appartiendrait donc encore, bien que de manière moins nette, au répertoire identifié.

76. La photographie est celle disponible dans la base de données [CDLI], accessible en suivant le lien direct

Il ressort ainsi de la discussion qui précède et de ces deux premiers exemples minimaux – ainsi que de ceux que je traiterai de manière plus approfondie dans le chapitre VII –, que les différentes régularités que j’ai minutieusement pointées tout au long de cette partie, même si elles peuvent de prime abord paraître anecdotiques, nous fournissent des outils relativement efficaces pour déterminer en pratique si un diagramme donné apparaissant sur une tablette qui ne comporte aucun texte semble ou non relever de la même tradition que ceux produits en relation avec des textes mathématiques. Et, s’ils ne constituent pas de véritables « critères » débouchant sur des identifications formelles et peuvent mériter d’être nuancés et adaptés dans certaines situations, ces outils n’en sont pas moins extrêmement précieux pour délimiter de manière rigoureuse un corpus des diagrammes mathématiques paléo-babyloniens de Babylonie. Ce corpus ne sera, en conséquence de ce que je viens de préciser, certes pas forcément le corpus *absolu* de tous les diagrammes mathématiques au sens de ma définition, mais tout au moins le corpus des diagrammes qui soit sont clairement mathématiques car ils apparaissent en lien avec un texte mathématique relevant d’un genre connu soit appartiennent visiblement à la même tradition que ces derniers. Il s’agit à mon avis du mieux que l’on puisse faire dans l’immédiat si l’on souhaite se baser sur un examen des sources plutôt que sur des catégories modernes, et cela fournira déjà une base très satisfaisante pour mon travail, que je me permettrai d’ailleurs d’appeler dans la suite de manière légèrement abusive « corpus des diagrammes mathématiques paléo-babyloniens » afin de ne pas alourdir exagérément mon propos.

1.2.2.6. Cas de la tablette BM 15285 et de celles des régions voisines de la Babylonie

Avant de mettre cette démarche en pratique, il nous reste à prendre rapidement en compte les diagrammes des deux autres blocs du tableau de la section 1.2.1.2, c’est-à-dire d’une part ceux qui apparaissent sur la tablette BM 15285 et d’autre part ceux qui apparaissent sur des tablettes provenant des régions voisines de la Babylonie.

Lorsque l’on s’intéresse aux diagrammes de la tablette BM 15285, on constate dès le premier regard que ceux-ci sont très différents de ceux que j’ai analysés jusqu’à présent. En effet, ils ne comportent aucune inscription, et, surtout, montrent une variété de configurations géométriques incomparablement plus importante : non seulement ils font intervenir plusieurs formes géométriques élémentaires supplémentaires (dont les mieux identifiables compte tenu de l’état de la tablette sont des carrés, des losanges, des « carrés concaves » et des « barges », comme illustré par la figure I.18 ci-dessous), mais, de plus, ils en proposent des agencements beaucoup plus riches, pouvant notamment associer des formes géométriques élémentaires de natures différentes, et beaucoup plus sophistiqués (pour ne citer que quelques exemples, deux carrés concentriques avec un cercle inscrit dans le plus petit, quatre cercles tangents inscrits dans un carré, deux carrés concentriques avec un troisième carré inscrit dans le petit par le milieu de ses côtés et un carré concave inscrit dans ce dernier carré, ou encore un carré avec quatre petits carrés dans les coins ainsi que deux cercles et deux segments de cercle inscrits dans l’espace restant, comme illustré par la figure I.19 ci-dessous).⁷⁷

<<https://cdli.mpiwg-berlin.mpg.de/artifacts/142060>> (dernier accès le 30 août 2023). La copie est tirée de [CLAY1915] planche XIII, et est également accessible en suivant le lien ci-dessus.

77. Je ne donne volontairement ici que quelques rapides éléments de description destinés à mettre en lumière le contraste entre la présente tablette et toutes celles discutées dans les sections précédentes ; l’édition complète se trouve dans [ROBSON1999] pages 208-217.

78. Les « carrés concaves » sont appelés « *apsamikkum* » en akkadien et « *GÁN GEŠTU₂.ZÀ.MÍ* » en sumérien ; l’article [ROBSON2008b] leur est entièrement dédié et permet de retrouver l’ensemble de la littérature à leur sujet. Les « barges » sont quant à elles appelées « *GÁN GIŠ.MÁ.GUR₈* » en sumérien, un terme réellement utilisé par ailleurs pour désigner un certain type de bateaux. Les noms des formes géométriques peu communes apparaissant dans les textes mathématiques ou d’autres domaines de la culture mésopotamienne sont répertoriés dans [KILMER1990].

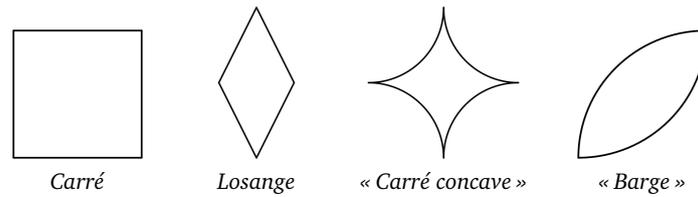


FIGURE I.18. Quelques exemples de formes géométriques élémentaires montrées par les diagrammes de la tablette BM 15285 en plus de celles du répertoire « standard » identifié plus haut⁷⁸

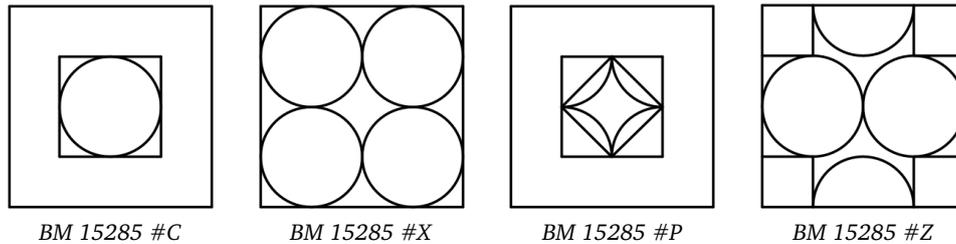
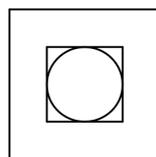


FIGURE I.19. Quelques exemples de configurations géométriques particulièrement élaborées montrées par les diagrammes de la tablette BM 15285

En dépit de cette grande diversité, les diagrammes de cette tablette ne me semblent pas remettre en cause les conclusions tirées plus haut dans la mesure où il s'agit clairement d'une production à part, dont l'objectif est visiblement de proposer – et de décrire, comme on le voit dans l'extrait du texte cité dans la figure I.20 ci-dessous – des configurations géométriques originales, ce qui n'est pas du tout courant dans les mathématiques paléo-babyloniennes et donne inévitablement lieu à des dessins ayant des propriétés très différentes. En revanche, garder à l'esprit l'existence de ce document peut être utile et doit en particulier nous inciter à une certaine souplesse lors de l'identification des diagrammes mathématiques non accompagnés de texte à laquelle nous allons procéder dans la section suivante, en nous rappelant d'une part que ceux-ci peuvent ne comporter aucune inscription même si le cas ne s'est jamais présenté à nous dans les autres tablettes et d'autre part que des formes géométriques composées complexes faisaient partie de l'ontologie mathématique paléo-babylonienne même si elles n'étaient d'ordinaire pas représentées.



Le côté du carré est 1 uš. J'ai fait une bordure de chaque côté et j'ai dessiné un deuxième carré. À l'intérieur du carré, j'ai dessiné un cercle. Quelles sont leurs aires ?

FIGURE I.20. Extrait du texte de la tablette BM 15285⁷⁹

Les diagrammes provenant des régions voisines de la Babylonie, que je regroupe très provisoirement dans un même ensemble sans entrer dans les détails de leur provenance, présentent des caractéristiques beaucoup plus fidèles à celles de la tradition paléo-babylonienne de Babylonie décrite dans la section I.2.2.5 que ne le font ceux de la tablette BM 15285 : ils

79. Il s'agit du texte de la deuxième section de la tablette. La traduction est donnée d'après celle en anglais de [ROBSON1999] page 208. La mise en page du document d'origine, dans laquelle l'énoncé associé à un diagramme est toujours placé immédiatement en-dessous de lui, n'est ici pas respectée pour des raisons de compacité.

font intervenir le même répertoire de formes géométriques élémentaires, ne proposent pas de formes géométriques beaucoup plus sophistiquées, montrent presque toujours les configurations géométriques avec la même orientation, et portent pour la plupart des inscriptions ayant le même type de contenu et les mêmes directions sur les dessins.⁸⁰ On note cependant quelques petites différences par rapport à cette tradition : deux diagrammes montrent une forme géométrique composée de deux formes géométriques élémentaires de natures différentes (un rectangle et un triangle accolés en « maison » pour le premier et un trapèze construit à l'intérieur d'un rectangle pour le second, comme illustré par les deux schémas de gauche de la figure I.21 ci-dessous), un diagramme montre des lignes intérieures d'un type supplémentaire (qui semblent être des hauteurs successives, comme illustré par le schéma de droite de la figure I.21 ci-dessous, bien que celles-ci soient par ailleurs très peu attestées dans les mathématiques paléo-babyloniennes), et quelques inscriptions comportent des termes techniques écrits en akkadien syllabique plutôt que sous la forme de sumérogrammes.⁸¹

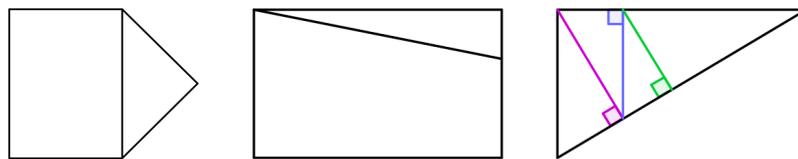


FIGURE I.21. Configurations géométriques montrées par les diagrammes des régions voisines de la Babylonie en plus de celles du répertoire « standard » identifié plus haut

Trop peu de tablettes sont concernées à ce stade pour nous permettre d'évaluer si ces petites variations sont dues à une culture mathématique locale liée à la production des diagrammes différente de celle de Babylonie ou bien simplement au hasard des découvertes archéologiques dans les différentes régions. Néanmoins, en attendant d'avoir les moyens de traiter cette question importante de manière un peu plus consistante dans le chapitre III, nous pouvons tirer deux enseignements de la prise en compte de cette poignée de diagrammes : d'une part, nous ne disposons pas de suffisamment de sources provenant des régions concernées pour pouvoir y identifier les diagrammes mathématiques non accompagnés de texte de la même manière que ce que j'ai proposé pour la Babylonie, et d'autre part des configurations géométriques légèrement plus complexes que celles répertoriées dans la section I.2.2.1 étaient occasionnellement dessinées en lien avec des textes mathématiques plus ordinaires que BM 15285 au moins dans certaines zones du Proche-Orient ancien, ce qui doit à nouveau nous inciter à une certaine souplesse dans l'établissement de la suite de l'inventaire.

80. Les formes géométriques élémentaires montrées par ces diagrammes sont plus précisément des triangles, des trapèzes et des rectangles (dont l'un a presque l'air d'un carré visuellement mais est bel et bien un rectangle comme le confirme notamment le texte l'accompagnant). Il convient de préciser au sujet de leur orientation que, par rapport aux habitudes décrites en ce qui concerne la Babylonie, l'un des rectangles est dessiné « dressé » et non « couché », mais cela peut être mis en relation avec le fait qu'il apparaît au sein d'une configuration géométrique plus complexe (voir plus bas). Il convient par ailleurs de préciser au sujet de l'orientation des inscriptions que certaines de celles présentes sur le diagramme IM 55357 #A pourraient presque être considérées comme « obliques à l'envers », mais leur angle est tellement faible qu'il ne me paraît pas significatif et que j'estime plutôt que celles-ci sont simplement écrites verticalement de bas en haut.

81. Les deux diagrammes qui montrent une forme géométrique composée de deux formes géométriques élémentaires de natures différentes sont, dans l'ordre où je les décris, IM 95771 #C et IM 95771 #A ; celui qui montre une configuration géométrique faisant intervenir des hauteurs de triangles est IM 55357 #A ; ceux qui présentent des inscriptions comportant des termes techniques écrits en akkadien syllabique sont IM 31248 #A, IM 95771 #A, IM 95771 #B et IM 95771 #C. Bien sûr, le fait que l'on trouve de telles inscriptions en akkadien syllabique sur les diagrammes en question peut probablement être relié au fait que les textes de ces régions sont, de manière générale, écrits avec une proportion de sumérogrammes plus faible que ceux de Babylonie.

I.2.3. Diagrammes mathématiques paléo-babyloniens non associés à du texte

En utilisant les différentes observations que je viens d'exposer, et en essayant d'évaluer au mieux chaque cas individuel à partir de la base qu'elles constituent, j'ai repéré, dans les sources mentionnées dans la section I.1.2.3, 35 tablettes éditées d'époque paléo-babylonienne sur lesquelles me semblent apparaître un ou plusieurs diagrammes mathématiques non accompagnés d'un texte – ou parfois seulement accompagnés d'un texte auquel ils ne paraissent pas du tout être liés –, pour un total de 88 diagrammes entièrement ou partiellement préservés.

I.2.3.1. Liste des tablettes comportant des diagrammes mathématiques sans texte

Je présente dans un premier temps ces 35 tablettes dans le tableau ci-dessous, en y fournissant les mêmes informations que celles décrites dans l'introduction de la section I.2.1.1.

NOM(S)	PROVENANCE ET DATATION	TYPE ET GENRE	NOMBRE DE DIAGRAMMES	RÉFÉRENCES
2N-T174 P254369	Nippur	Type inconnu Exercices	2 (tablette entière, remodelée)	[NEUGEBAUER&SACHS1984] p.245, p.250 [PROUST2007] p.168 [CDLI]
Ashm 1922.168 P368236	Larsa ? Début OB ?	Type IV Exercices	1 (tablette presque entière)	[ROBSON1999] p.273-274 [ROBSON2004] p.18-19 [FRIBERG2007b] p.285-286 [CDLI]
Ashm 1931.91 P368265	Kiš	Type IV Exercices	1 (tablette presque entière)	[ROBSON2004] p.39-40
AUAM 73.2834 HAM 73.2834 AUCT 5, 184 P249385	Inconnues	Type IV Exercices ⁸²	1 (tablette entière)	[SIGRIST2003] p.34, p.252 [CDLI]
AUAM 73.2841 HAM 73.2841 AUCT 5, 203 P249366	Inconnues	Type inconnu Exercices ⁸²	2 (tablette partielle)	[SIGRIST2003] p.35, p.264 [CDLI]
BM 80765⁸³ 1891-05-09, 903 P254437	Sippur ?	Type IV Exercices ?	1 (tablette entière)	[ROBSON1999] p.275 [CDLI]
CULC 458 Plimpton 320 P 320 P368205	Inconnues	Type IV Exercices	1 (tablette entière)	[ROBSON2002b] p.264, p.269 [CDLI]
CUNES 52-02-043 P411561	Inconnues	Type L ? Exercices	1 (tablette presque entière)	[BRUNKE2018] [CDLI]
Erm 15188 P254564	Inconnues	Type IV Exercices	1 (tablette presque entière)	[VAIMAN1958]

Erm 15189 P254565	Inconnues	Type S Série de diagrammes	10 (tablette presque entière)	[VAIMAN1955] [FRIBERG2007b] p.287-292 [PROUST2022] [CDLI]
IM 43996 P254599	Inconnues	Type IV Exercices	2 (tablette entière)	[BRUINS1953] p.255-256, pl. [BRUINS1964] pl.2 [FRIBERG2005] p.49-50 [FRIBERG2007a] p.198-199 [FRIBERG2007b] p.267-268
Ist O 4360⁸⁴ Ist Ki 567 PRAK A 567 P344852	Kiš	Type M Série de diagrammes	16 (tablette partielle)	[DEGENOUILLAC1925] p.58 [NEUGEBAUER1935a] p.235-236 [NEUGEBAUER1935b] pl.42
Ist Š 77 TSŠ 77 P010733	Kisurra ⁸⁵	Type IV? Figures	1 (tablette partielle)	[JESTIN1937] pl.LIX [POWELL1976] p.431-432 [KREBERNIK2006] p.14 [FRIBERG2007b] p.126 [CDLI]
Ist Si 269 P368274	Sippar	Type S Série de diagrammes	6 (tablette entière)	[SCHEIL1895] p.34 [FRIBERG2007b] p.279-282 [FRIBERG&AL-RAWI2016] p.494-495
MAH 16055 P254721	Inconnues	Type S Série de diagrammes	10 (tablette presque entière)	[VAIMAN1961] p.193-195 [FRIBERG2007b] p.264-267 [PROUST2022] [CDLI]
MS 1938/2 P250600	Inconnues	Type IV? Exercices	2 (tablette partielle)	[FRIBERG2007a] p.200-201, 216-217, 487 [CDLI]
MS 2107 P250831	Inconnues	Type IV Exercices	1 (tablette entière)	[FRIBERG2007a] p.189-194, 487 [CDLI]
MS 2192 P250945	Inconnues	Type IV Exercices	1 (tablette entière)	[FRIBERG2007a] p.202-205, 488 [CDLI] [SCHØYEN]
MS 2985 P252014	Inconnues	Type IV Exercices	1 (tablette entière)	[FRIBERG2007a] p.190, 212-216, 488 [CDLI]
MS 3041 P252051	Inconnues	Type IV Exercices	4 (tablette partielle)	[FRIBERG2007a] p.191, 207 [CDLI]
MS 3042 P252052	Inconnues	Type IV Exercices	1 (tablette entière) ⁸⁶	[FRIBERG2007a] p.189, 190 [CDLI]
MS 3050 P252062	Inconnues	Type IV Exercices	2 (tablette entière)	[FRIBERG2007a] p.204, 210-212 [CDLI]

MS 3051 P252063	Inconnues	Type IV Exercices	2 (tablette entière)	[FRIBERG2007a] p.190, 207-210, 488 [CDLI]
MS 3908 P252990	Inconnues	Type IV Exercices	2 (tablette presque entière)	[FRIBERG2007a] p.191, 195-197, 487 [CDLI]
OIM A 30279 ⁸⁷ 3N-T611 P368171	Nippur	Type IV Exercices	1 (tablette preque entière)	[ROBSON2002a] p.354-355 [CDLI]
Sb 13087 MDP XXXIV 1 TMS 1 P254816	Suse Fin OB ?	Autre type Figures	1 (tablette partielle)	[BRUINS&RUTTEN1961] p.22-23, pl.1 [FRIBERG2007a] p.209-210 [FRIBERG2007b] p.42-43 [ATLAS]
Sb 13088 MDP XXXIV 2 TMS 2 P254827	Suse Fin OB ?	Autre type Figures	2 (tablette presque entière)	[BRUINS&RUTTEN1961] p.23-24, pl.2-3 [ROBSON1999] p.48-50 [FRIBERG2007a] p.218-219 [FRIBERG2007b] p.162-163 [ATLAS]
UM 29-15-709 P256427	Nippur	Type IV Exercices	2 (tablette entière)	[ROBSON2000] p.29-30 [PROUST2007] p.201-202 [CDLI]
YBC 3892 YPM BC 17957 YOS 1, 21 P142060	Inconnues ⁸⁸	Type IV Exercices	1 (tablette presque entière)	[CLAY1915] p.vii, pl.XIII [ROBSON2008a] p.349 [CDLI]
YBC 7289 YPM BC 21354 P255048	Inconnues	Type L Exercices ?	2 (tablette entière)	[NEUGEBAUER&SACHS1945] p.42-43 [FOWLER&ROBSON1998] [HØYRUP2002] p.261-265 [FRIBERG2007a] p.211 [FRIBERG2007b] p.396-397 [ROBSON2008a] p.110-111 [ESCOBAR2019] page 188 [CDLI] [YBC]
YBC 7290 YPM BC 21355 P255049	Inconnues	Type IV Exercices	2 (tablette entière)	[NEUGEBAUER&SACHS1945] p.44 [NEMET-NEJAT2002] p.260 [FRIBERG2007a] p.194 [CDLI] [YBC]
YBC 7302 YPM BC 21367 P255051	Inconnues	Type IV Exercices	1 (tablette entière)	[NEUGEBAUER&SACHS1945] p.44 [ROBSON2008a] p.66 [CDLI] [YBC]

YBC 7359 YPM BC 21424 P308302	Inconnues	Type IV Exercices	2 (tablette entière)	[NEMET-NEJAT2002] p.261-262, 275-276 [FRIBERG2007a] p.212-213 [ESCOBAR2019] page 187 [YBC]
YBC 11120 YPM BC 24914 P254970	Inconnues	Type IV Exercices	1 (tablette entière)	[NEUGEBAUER&SACHS1945] p.44 [YBC]
YBC 11126 YPM BC 24920 P254972	Inconnues	Type IV Exercices	1 (tablette entière)	[NEUGEBAUER&SACHS1945] p.44 [FRIBERG2007a] p.292 [YBC]

TABLEAU I.5. Catalogue des tablettes mathématiques paléo-babyloniennes éditées comportant un ou des diagrammes sans texte

1.2.3.2. Liste des diagrammes apparaissant sur ces tablettes

Tout comme je l'avais fait pour ceux accompagnés d'un texte, je présente maintenant un à un dans le tableau ci-dessous les 88 diagrammes apparaissant sur les 35 tablettes répertoriées dans la section précédente. Je fournis pour chacun les mêmes types de données que ceux décrits en détail dans l'introduction de la section I.2.1.2, à l'exception de l'objet représenté qui ne peut être connu en l'absence de texte. Je divise par ailleurs à nouveau le tableau en deux blocs, respectivement consacrés aux diagrammes apparaissant sur des tablettes provenant de Babylonie et aux diagrammes apparaissant sur des tablettes provenant de régions voisines.

Voici donc, pour commencer, le catalogue des 85 diagrammes mathématiques apparaissant sur les 33 tablettes répertoriées dans la section précédente qui proviennent ou semblent provenir de Babylonie :

82. Les tablettes AUAM 73.2834 et AUAM 73.2841 sont, visiblement à tort, cataloguées comme « administrative (identification incertain) » dans la base de données du CDLI.

83. Il y a certes sur la tablette BM 80765 un texte discursif qui pourrait être une partie de problème mathématique résolu ou d'exercice mathématique, mais celui-ci semble ne pas être lié au diagramme, comme expliqué dans [ROBSON1999] page 275, ce qui justifie que je place cette tablette dans cette partie-ci du catalogue.

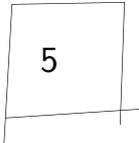
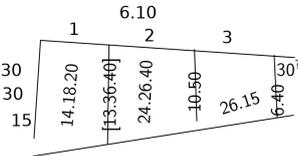
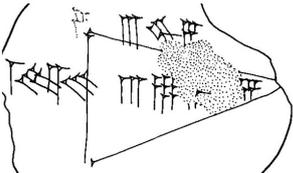
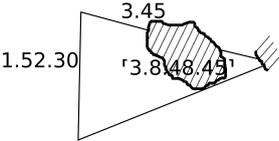
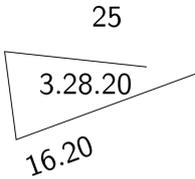
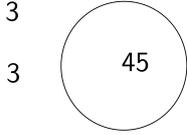
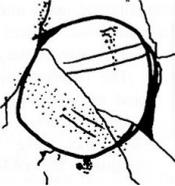
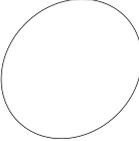
84. Ce qui est présenté comme la tablette Ist O 4360 dans [NEUGEBAUER1935a] pages 235-236 sont deux fragments non jointifs, vraisemblablement considérés comme provenant d'un même document en raison de leur mise en page identique et peu commune. Il me semble que l'on ne peut toutefois pas exclure totalement qu'il s'agisse de deux fragments provenant de deux tablettes similaires mais distinctes. On peut par ailleurs noter que ces fragments avaient, clairement à tort, été décrits comme « fragments de cadastre » dans [DEGENOUILLAC1925] page 58, ce qui illustre une nouvelle fois la confusion qui a pu régner entre les différents types de dessins d'allure géométrique.

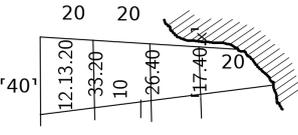
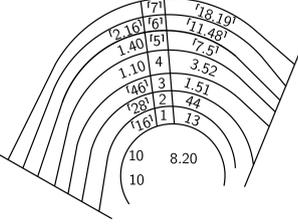
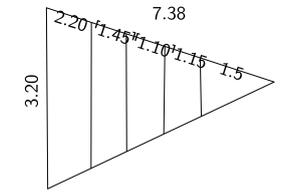
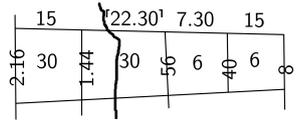
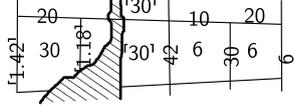
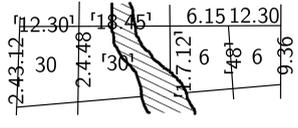
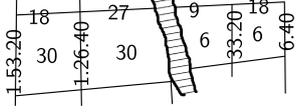
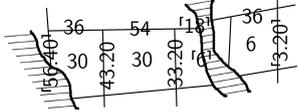
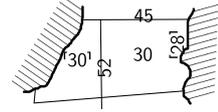
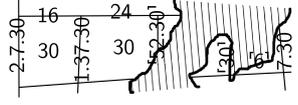
85. La tablette Ist Š 77 a longtemps été considérée comme provenant de la ville de Šuruppak et datant de l'époque des dynasties archaïques, mais il semble clairement établi depuis l'article [KREBERNIK2006] qu'elle provient en fait de la ville de Kisurra et date de l'époque paléo-babylonienne. J'y reviendrai brièvement dans la section I.2.4.3.

86. Il est très probable que la tablette MS 3042 ait comporté, en plus du diagramme apparaissant clairement sur sa face, un ou des diagrammes sur son revers. Néanmoins, ceux-ci semblent avoir été en grande partie effacés et les traces qui restent sont trop confuses pour que je puisse ne serait-ce qu'identifier à combien de diagrammes différents elles appartenaient, ce qui explique que je ne liste que celui de la face dans le catalogue.

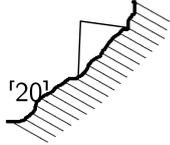
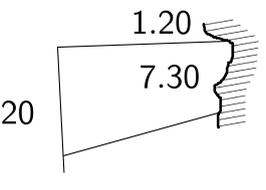
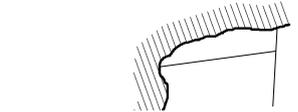
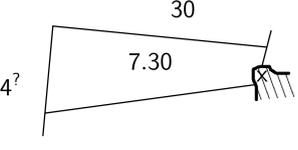
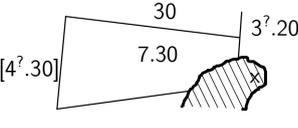
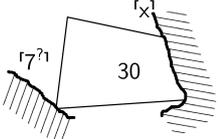
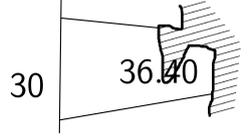
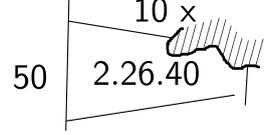
87. Le revers de la tablette OIM A 30279 comporte certes un texte numérique consistant en un calcul d'inverse, mais celui ne semble avoir aucun lien avec le diagramme apparaissant sur la face, ce qui justifie que je place cette tablette dans cette partie-ci du catalogue.

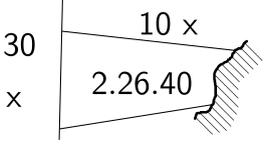
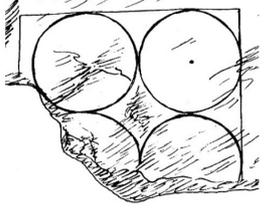
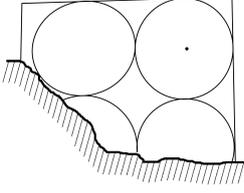
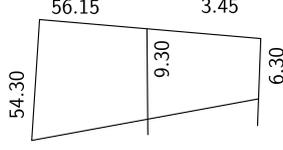
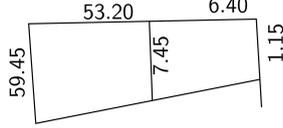
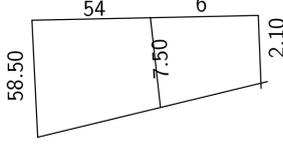
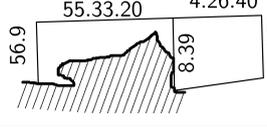
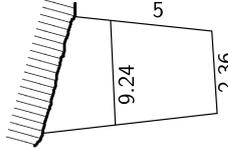
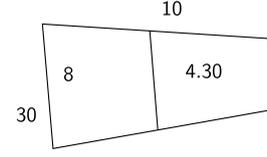
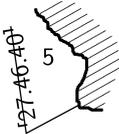
88. La tablette YBC 3892 est indiquée dans la base de données [YBC] comme provenant de la ville d'Umma et datant de l'époque d'Ur III, mais il est clairement affirmé dans [ROBSON1999] page 349, note 9 du chapitre 3, qu'elle date en fait de l'époque paléo-babylonienne.

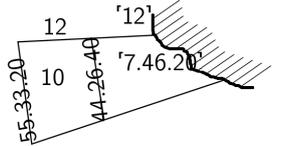
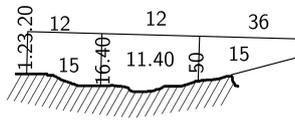
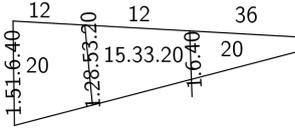
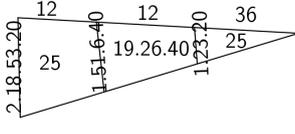
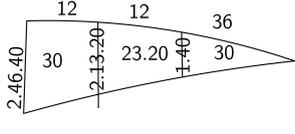
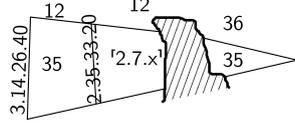
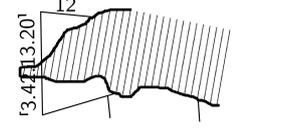
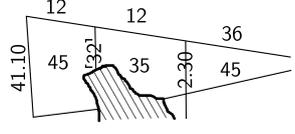
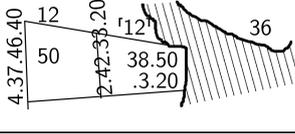
NOM (ET ÉTAT)	PHOTOGRAPHIE OU À DÉFAUT COPIE	SCHÉMA
2N-T174 #A (complet)	 <p>Élément sous droit, diffusion non autorisée</p>	
2N-T174 #B (complet)	 <p>Élément sous droit, diffusion non autorisée</p>	
Ashm 1922.168 #A (complet)		
Ashm 1931.91 #A (presque complet)		
AUAM 73.2834 #A (complet)		
AUAM 73.2841 #A (complet ?)		
AUAM 73.2841 #B (traces)		
BM 80765 #A (complet)		

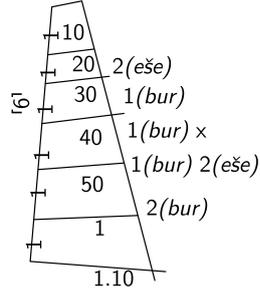
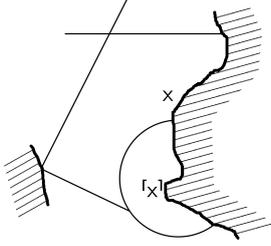
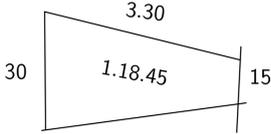
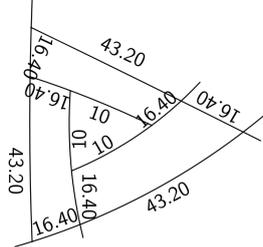
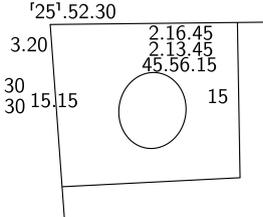
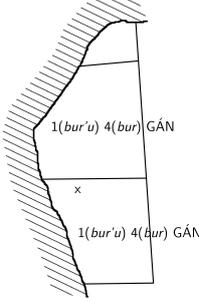
<p>CULC 458 #A (presque complet)</p>		
<p>CUNES 52-02-043 #A (presque complet)</p>	<p>Élément sous droit, diffusion non autorisée</p>	
<p>Erm 15188 #A (presque complet)</p>	<p>Élément sous droit, diffusion non autorisée</p>	
<p>Erm 15189 #A (complet)</p>	<p>Élément sous droit, diffusion non autorisée</p>	
<p>Erm 15189 #B (presque complet)</p>	<p>Élément sous droit, diffusion non autorisée</p>	
<p>Erm 15189 #C (presque complet)</p>	<p>Élément sous droit, diffusion non autorisée</p>	
<p>Erm 15189 #D (presque complet)</p>	<p>Élément sous droit, diffusion non autorisée</p>	
<p>Erm 15189 #E (presque complet)</p>	<p>Élément sous droit, diffusion non autorisée</p>	
<p>Erm 15189 #F (partiel)</p>	<p>Élément sous droit, diffusion non autorisée</p>	
<p>Erm 15189 #G (partiel)</p>	<p>Élément sous droit, diffusion non autorisée</p>	

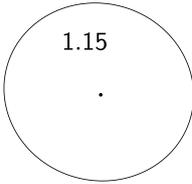
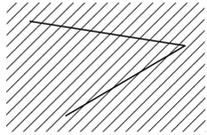
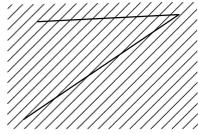
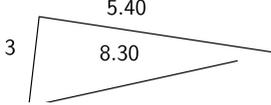
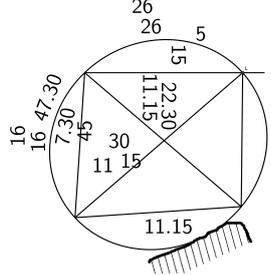
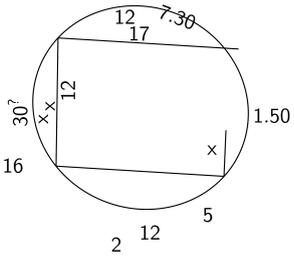
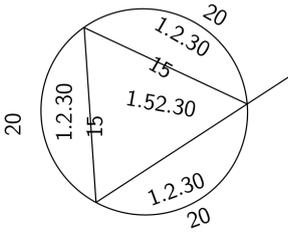
<p>Erm 15189 #H (presque complet)</p>	<p>Élément sous droit, diffusion non autorisée</p>	
<p>Erm 15189 #I (presque complet)</p>	<p>Élément sous droit, diffusion non autorisée</p>	
<p>Erm 15189 #J (presque complet)</p>	<p>Élément sous droit, diffusion non autorisée</p>	
<p>IM 43996 #A (complet)</p>	<p>Élément sous droit, diffusion non autorisée</p>	
<p>IM 43996 #B (complet)</p>	<p>Élément sous droit, diffusion non autorisée</p>	
<p>Ist O 4360 #A (traces)</p>		
<p>Ist O 4360 #B (presque complet)</p>		
<p>Ist O 4360 #C (presque complet)</p>		
<p>Ist O 4360 #D (traces)</p>		
<p>Ist O 4360 #E (partiel)</p>		

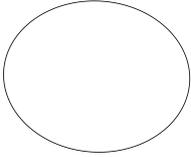
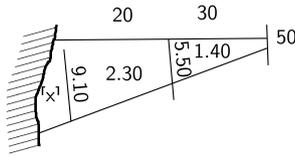
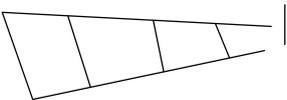
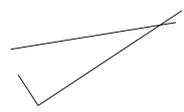
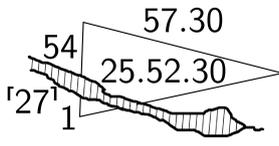
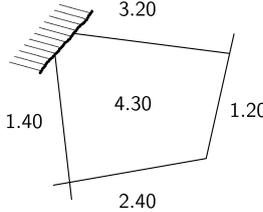
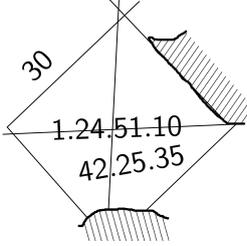
<p>Ist O 4360 #F (traces)</p>		
<p>Ist O 4360 #G (partiel)</p>		
<p>Ist O 4360 #H (traces)</p>		
<p>Ist O 4360 #I (traces)</p>		
<p>Ist O 4360 #J (complet)</p>		
<p>Ist O 4360 #K (presque complet)</p>		
<p>Ist O 4360 #L (partiel)</p>		
<p>Ist O 4360 #M (traces)</p>		<p>(trop endommagé)</p>
<p>Ist O 4360 #N (partiel)</p>		
<p>Ist O 4360 #O (presque complet)</p>		

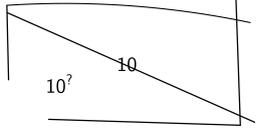
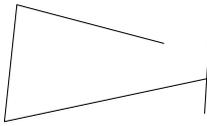
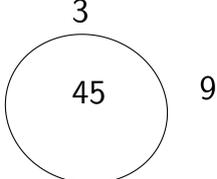
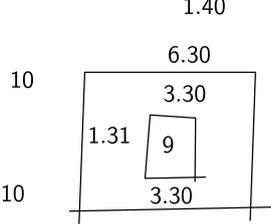
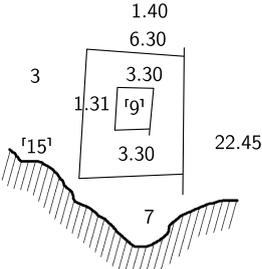
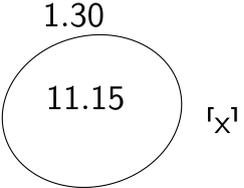
<p>Ist O 4360 #P (presque complet)</p>		
<p>Ist Š 77 #A (presque complet)</p>		
<p>Ist Si 269 #A (complet)</p>		
<p>Ist Si 269 #B (complet)</p>		
<p>Ist Si 269 #C (complet)</p>		
<p>Ist Si 269 #D (presque complet)</p>		
<p>Ist Si 269 #E (partiel)</p>		
<p>Ist Si 269 #F (presque complet)</p>		
<p>MAH 16055 #A (traces)</p>		

<p>MAH 16055 #B (partiel)</p>		
<p>MAH 16055 #C (presque complet)</p>		
<p>MAH 16055 #D (complet)</p>		
<p>MAH 16055 #E (complet)</p>		
<p>MAH 16055 #F (complet)</p>		
<p>MAH 16055 #G (presque complet)</p>		
<p>MAH 16055 #H (traces)</p>		
<p>MAH 16055 #I (presque complet)</p>		
<p>MAH 16055 #J (partiel)</p>		

<p>MS 1938/2 #A (presque complet)</p>	<p>Élément sous droit, diffusion non autorisée</p>	
<p>MS 1938/2 #B (partiel)</p>	<p>Élément sous droit, diffusion non autorisée</p>	
<p>MS 2107 #A (complet)</p>	<p>Élément sous droit, diffusion non autorisée</p>	
<p>MS 2192 #A (complet)</p>	<p>Élément sous droit, diffusion non autorisée</p>	
<p>MS 2985 #A (complet)</p>	<p>Élément sous droit, diffusion non autorisée</p>	
<p>MS 3041 #A (partiel)</p>	<p>Élément sous droit, diffusion non autorisée</p>	

<p>MS 3041 #B (complet)</p>	<p>Élément sous droit, diffusion non autorisée</p>	
<p>MS 3041 #C (traces)</p>	<p>Élément sous droit, diffusion non autorisée</p>	
<p>MS 3041 #D (traces)</p>	<p>Élément sous droit, diffusion non autorisée</p>	
<p>MS 3042 #A (complet)</p>	<p>Élément sous droit, diffusion non autorisée</p>	
<p>MS 3050 #A (presque complet)</p>	<p>Élément sous droit, diffusion non autorisée</p>	
<p>MS 3050 #B (complet)</p>	<p>Élément sous droit, diffusion non autorisée</p>	
<p>MS 3051 #A (complet)</p>	<p>Élément sous droit, diffusion non autorisée</p>	

<p>MS 3051 #B (complet ?)</p>	<p>Élément sous droit, diffusion non autorisée</p>	
<p>MS 3908 #A (presque complet)</p>	<p>Élément sous droit, diffusion non autorisée</p>	
<p>MS 3908 #B (presque complet)</p>	<p>Élément sous droit, diffusion non autorisée</p>	
<p>OIM A 30279 #A (complet)</p>		
<p>UM 29-15-709 #A (partiel)</p>		
<p>UM 29-15-709 #B (presque complet)</p>		
<p>YBC 3892 #A (presque complet)</p>		
<p>YBC 7289 #A (presque complet)</p>		

<p>YBC 7289 #B (complet)</p>		
<p>YBC 7290 #A (complet)</p>		
<p>YBC 7290 #B (complet)</p>		
<p>YBC 7302 #A (complet)</p>		
<p>YBC 7359 #A (complet)</p>		
<p>YBC 7359 #B (complet)</p>		
<p>YBC 11120 #A (complet)</p>		

réalisée par C. Proust à la Yale Babylonian Collection. **YBC 11126** : gros plan sur une photographie réalisée par K. Wagenonner de la Yale Babylonian Collection et disponible dans la base de données [YBC], accessible en suivant le lien direct <<https://collections.peabody.yale.edu/search/Record/YPM-BC-024920>>.

Voici maintenant le catalogue des 3 diagrammes apparaissant sur les 2 tablettes listées dans la section précédente qui proviennent de régions voisines de la Babylonie :

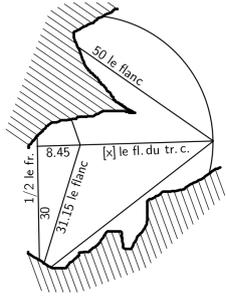
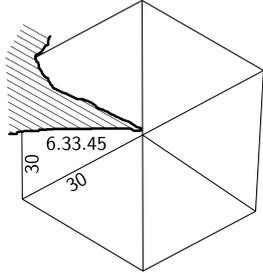
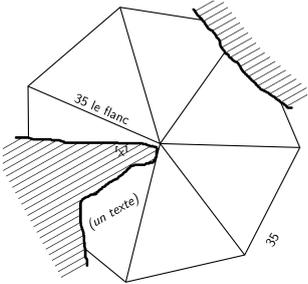
NOM (ET ÉTAT)	PHOTOGRAPHIE OU À DÉFAUT COPIE	SCHÉMA
Sb 13087 #A (partiel)		 <p>fr. = front / fl. = flanc tr. c. = triangle complet</p>
Sb 13088 #A (presque complet)		
Sb 13088 #B (presque complet)		

TABLEAU I.7. Catalogue des diagrammes mathématiques paléo-babyloniens non associés à du texte
Deuxième bloc : Diagrammes apparaissant sur des tablettes de régions voisines de la Babylonie

Les sources des images insérées dans la deuxième colonne du bloc de tableau ci-dessus sont les suivantes (pour tous les liens donnés, la date de dernière consultation est le 18 août 2023). **Sb 13087** : gros plan sur une photographie réalisée par le Musée du Louvre et disponible dans la base de données [ATLAS], accessible en suivant le lien direct <<https://collections.louvre.fr/ark:/53355/cl010185651>>. **Sb 13088** : gros plans sur des photographies réalisées par le Musée du Louvre et disponibles dans la base de données [ATLAS], accessibles en suivant le lien direct <<https://collections.louvre.fr/ark:/53355/cl010185652>>.

1.2.3.3. Remarques sur certains diagrammes inclus dans le corpus

Il apparaît en parcourant ce tableau que certains des diagrammes qui y figurent ne présentent pas exactement les caractéristiques identifiées comme « standard » dans les sections I.2.2.1 à I.2.2.4. Il m'a en effet semblé souhaitable, sur la base des limites méthodologiques discutées dans la section I.2.2.5 et de la souplesse à laquelle incitent les éléments exposés dans la section I.2.2.6 en prenant en compte la tablette BM 15285 et les tablettes provenant de régions voisines de la Babylonie, de ne pas exclure de diagrammes du catalogue pour la seule raison qu'ils ne comportent aucune inscription, ou bien qu'ils montrent des formes géométriques élémentaires qui n'appartiennent pas exactement au répertoire décrit mais s'en rapprochent (des carrés, des triangles plutôt équilatéraux, ou un trapèze tellement mal dessiné qu'il fait penser à un quadrilatère irrégulier, comme illustré par le premier groupe de schémas de la figure I.22), ou bien qu'ils présentent des assemblages de ces formes géométriques élémentaires qui ne sont pas attestés sur les tablettes comportant également du texte mais restent très simples et s'inscrivent globalement dans le même esprit (segments de cercle concentriques, rectangles concentriques, carré inscrit dans un cercle, triangle inscrit dans un cercle, cercles tangents inscrits dans un carré, ou cercle placé à l'intérieur d'un rectangle, comme illustré par le troisième groupe de schémas de la figure I.22), ou bien qu'ils font intervenir un type de ligne intérieure supplémentaire (diagonales de carrés, ou lignes rejoignant, dans le prolongement de ses côtés, les sommets du triangle intérieur aux bords du triangle extérieur dans une forme de triangles concentriques, comme illustré par le deuxième groupe de schémas de la figure I.22), ou bien encore qu'ils présentent quelques inscriptions orientées – du moins par rapport à la forme géométrique montrée dirigée de la façon habituelle et/ou à la majorité des autres inscriptions présentes sur le même diagramme – d'une manière que nous n'avons encore jamais rencontrée (verticales de haut en bas, voire obliques à l'envers).⁸⁹

Par ailleurs, en plus de ces cas que j'ai inclus dans le catalogue avec conviction bien qu'ils s'éloignent légèrement de la tradition des diagrammes mathématiques paléo-babyloniens de Babylonie associés à un texte décrite dans la section précédente, il y a deux diagrammes que j'ai finalement décidé d'inclure également mais pour lesquels je pense qu'il existe un véritable doute : les diagrammes MS 1938/2 #A et MS 3041 #A. Ces deux diagrammes montrent des quadrilatères munis de transversales (un trapèze pour le premier et probablement un rectangle pour le second), mais qui d'une part semblent plutôt avoir été dessinés « dressés » si l'on tient

89. Les diagrammes que j'ai inclus dans le corpus bien qu'ils ne comportent aucune inscription sont 2N-T174 #B, BM 80765 #A, Ist Š 77 #A, MS 3051 #B, MS 3908 #B, OIM A 30279 #A, YBC 7289 #B et YBC 7290 #B; parmi eux, plus de la moitié se trouvent sur une tablette sur laquelle apparaît par ailleurs un diagramme comportant des inscriptions. Les diagrammes que j'ai inclus dans le corpus bien qu'ils fassent apparaître des formes géométriques élémentaires n'appartenant pas exactement au répertoire décrit dans la section I.2.2.1 sont 2N-T174 #A, 2N-T174 #B, Ist Š 77 #A, MS 3050 #A, MS 3050 #B et YBC 7289 #A (carrés), MS 2192 #A et MS 3051 #A (triangles plutôt équilatéraux), et YBC 3892 (trapèze mal dessiné qui fait presque penser à un quadrilatère irrégulier, déjà discuté dans la section I.2.2.5 ci-dessus). Les diagrammes que j'ai inclus dans le corpus bien qu'ils présentent des agencements de formes géométriques élémentaires qui ne sont pas attestés dans le répertoire décrit dans la section I.2.2.1 sont CUNES 52-02-043 #A (segments de cercle concentriques), Ist Š 77 #A (quatre cercles concentriques inscrits dans un carré), MS 2985 #A (cercle à l'intérieur d'un rectangle), MS 3050 #A et MS 3050 #B (carré inscrit dans un cercle), MS 3051 #A (triangle inscrit dans un cercle), et YBC 7359 #A et YBC 7359 #B (rectangles concentriques). Les diagrammes que j'ai inclus dans le corpus bien qu'ils présentent des lignes intérieures d'un type que nous n'avons pas rencontré dans le répertoire de la section I.2.2.1 sont MS 3050 #A et YBC 7289 #A (diagonales de carrés), et MS 2192 #A (lignes rejoignant, dans une configuration de triangles concentriques, les sommets du triangle intérieur aux bords du triangle extérieur dans le prolongement des côtés du premier). Enfin, les diagrammes que j'ai inclus dans le corpus bien qu'ils comportent quelques inscriptions qui, une fois la tablette orientée de la manière qui semble la plus probable au vu de tout ce que nous savons, suivent une direction inhabituelle par rapport à ce que nous avons constaté dans la section I.2.2.4, sont MS 3050 #A et MS 3908 #A (verticales de haut en bas), et MS 2192 #A et MS 3051 #A (obliques à l'envers).

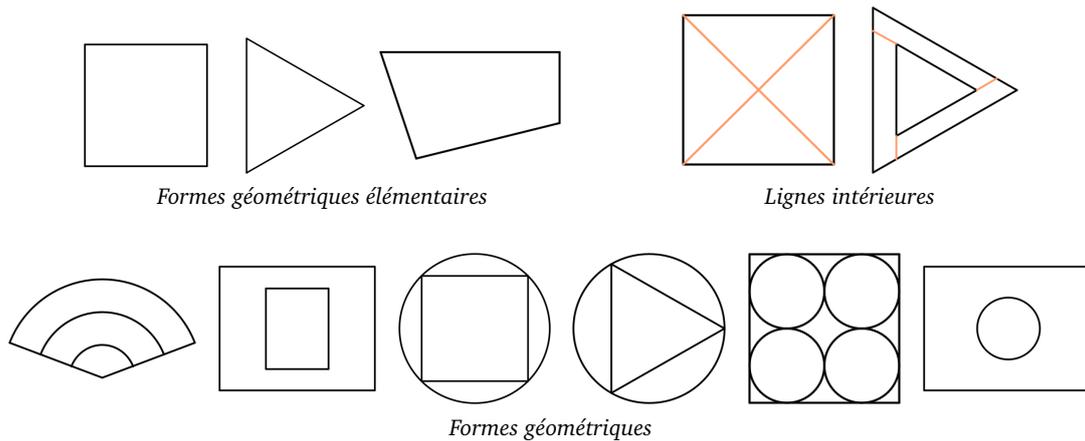


FIGURE I.22. Éléments géométriques acceptés dans le corpus des diagrammes mathématiques paléo-babyloniens de Babylonie non accompagnés de texte bien qu'ils n'appartiennent pas exactement au répertoire identifié pour les diagrammes mathématiques paléo-babyloniens de Babylonie accompagnés de texte tel qu'il a été décrit dans les sections I.2.2.1 à I.2.2.4

les tablettes de manière à ce que la majorité de leurs inscriptions puissent être lues dans la direction habituelle et d'autre part font apparaître des valeurs numériques écrites sous la forme de mesures, ce qui constitue, rassemblées dans les mêmes diagrammes, deux différences importantes par rapport à la tradition mentionnée.⁹⁰ Néanmoins, ceux-ci n'ont pas vraiment pour autant l'apparence de plans de terrains – en particulier pour le premier –, ni d'un autre type de diagrammes non mathématiques auquel on pourrait penser, et se trouvent de plus sur la même tablette que des diagrammes mathématiques plus classiques – en particulier pour le second.⁹¹ Dans la mesure où aucun cas dans lequel un diagramme clairement mathématique et un diagramme clairement non mathématique apparaissent sur une même tablette ne s'est présenté à moi jusqu'à présent, et à défaut de clés d'interprétation supplémentaires pour les tablettes concernées, j'ai préféré ne pas séparer ces deux diagrammes de ceux près desquels ils ont été produits et donc les faire eux aussi figurer dans le corpus, tout en gardant à l'esprit que leur identification n'est pas claire.⁹²

Enfin, j'ai inclus dans le deuxième bloc du catalogue les trois diagrammes Sb 13087 #A,

90. Plus précisément, seul le diagramme MS 3041 #A fait effectivement apparaître des unités de mesure. Cependant, bien que la partie du diagramme MS 1938/2 #A dans laquelle on aurait attendu des unités soit perdue, les nombres présents sur ce dernier sont écrits dans le système de numération appelé « système G », qui, comme expliqué dans l'annexe B, était exclusivement utilisé pour l'expression de mesures de surface.

91. Si le diagramme qui apparaît à côté de MS 3041 #A – et dans une certaine mesure les traces d'autres diagrammes apparaissant au revers de la même tablette – présente toutes les caractéristiques d'un diagramme mathématique, la situation peut paraître moins claire pour le diagramme qui apparaît au dos de MS 1938/2 #A puisque ce dernier semble montrer une forme géométrique consistant en un cercle placé à l'intérieur d'une sorte d'hexagone, comme illustré par une tentative de reconstitution dans [FRIBERG2007a] page 217, ce qui n'appartient pas au répertoire standard identifié dans la section I.2.2. Toutefois, ce que l'on voit de l'hexagone en question est d'une part très incomplet du fait de l'état de la tablette et d'autre part en partie effacé, si bien que l'identification de la configuration géométrique me semble mal assurée et que l'hexagone pourrait ne correspondre qu'à des tracés résiduels n'ayant pas de lien avec le cercle.

92. J. Friberg considère lui aussi que le diagramme MS 1938/2 #A est un diagramme mathématique plutôt que topographique, et plus précisément que celui-ci consiste en un problème de partage d'héritage entre six frères, comme il l'expose dans [FRIBERG2007a] page 201. Il explique alors les caractéristiques inhabituelles présentées par ce diagramme par le fait qu'il s'agirait d'un exercice d'époque sumérienne plutôt que paléo-babylonienne, une hypothèse qu'il me semble utile de rapporter mais que je trouve trop peu fondée pour y adhérer en l'absence d'arguments supplémentaires.

Sb 13088 #A et Sb 13088 #B, qui ne ressemblent pas du tout à ceux que nous avons rencontrés jusqu'à présent mais qui se trouvent sur des tablettes provenant de Suse, en dehors de la Babylonie, une zone pour laquelle j'avais fait remarquer plus haut que la démarche retenue pour les diagrammes de Babylonie ne pouvait pas s'appliquer faute de sources suffisantes à partir desquelles pourraient être identifiés un répertoire de référence.

I.2.4. Aux marges du corpus

Bien que l'inventaire des tablettes paléo-babyloniennes comportant des diagrammes mathématiques et formant le corpus que je vais considérer dans ma thèse soit désormais achevé, il me paraît intéressant de mentionner en complément un certain nombre de diagrammes qui, soit n'avaient pas leur place dans le corpus du fait de la manière dont j'ai choisi de le délimiter, soit n'ont pas pu y être inclus pour diverses raisons, mais dont il me semble néanmoins bon d'avoir connaissance. J'évoquerai ainsi tour à tour, dans cette partie essentiellement énumérative, les diagrammes mathématiques apparaissant sur des tablettes qui n'ont pas encore été éditées, les objets que je n'ai pas considérés comme des diagrammes mathématiques mais dont l'identification peut faire débat, les diagrammes mathématiques antérieurs et postérieurs à l'époque paléo-babylonienne, et enfin les diagrammes mathématiques réalisés sur des supports éphémères ou périssables.

I.2.4.1. Diagrammes mathématiques apparaissant sur des tablettes non éditées

Tout d'abord, et comme je l'ai déjà signalé dans la section I.1.2.3, il existe un nombre relativement important de tablettes d'époque paléo-babylonienne qui font très probablement apparaître un ou des diagrammes mathématiques mais que je n'ai pas pu inclure dans mon corpus car elles n'ont à ma connaissance pas encore été éditées – ou du moins pas sous une forme plus développée qu'une entrée dans un catalogue. Voici un rapide tour d'horizon de celles que j'ai repérées.

Le groupe le plus conséquent qui se trouve dans cette situation est un groupe d'une vingtaine de tablettes conservées au Musée National d'Irak à Bagdad et provenant de la ville peu connue de Pî-Kasî, située à une cinquantaine de kilomètres au sud de Babylone.⁹³ Ces tablettes ne sont pas encore répertoriées dans les bases de données usuelles, et j'ai eu la chance de découvrir leur existence par l'intermédiaire de J. Jawdat, qui est en train de préparer leur édition et les a mentionnées lors d'une séance de travail du Groupe de lecture de textes mathématiques cunéiformes du laboratoire SPHERE au mois de juin 2023. Elles se répartissent, selon une liste provisoire, en quatre documents comportant des diagrammes mathématiques accompagnés de texte et seize documents comportant des diagrammes mathématiques seuls, qu'il serait, d'une part de par leur nombre important au vu de la taille actuelle du corpus et d'autre part de par la cohérence contextuelle du lot qu'ils forment, particulièrement intéressant de pouvoir étudier afin d'enrichir la présente étude.⁹⁴

À ce grand groupe viennent s'ajouter un certain nombre de tablettes plus isolées. Dans le catalogue [WILSON2008] apparaissent les photographies de deux tablettes de provenance inconnue contenant pour l'une une collection de problèmes résolus dont deux sont accompagnés

93. La ville de Pî-Kasî correspond au site moderne de Tell Abu Antiq. Il est possible d'en apprendre plus à son sujet dans l'épisode [JAWDAT&DEBOER2020] de l'émission *Thin end of the wedge*.

94. Je tiens à remercier chaleureusement J. Jawdat de m'avoir permis de mentionner ces tablettes dans mon travail et d'avoir pris le temps de m'envoyer les références intégrées au tableau I.8 ci-dessous.

d'un diagramme et pour l'autre une série de diagrammes non associés à du texte.⁹⁵ Dans la base de données du CDLI se trouvent en outre des photographies de deux tablettes inédites de provenance inconnue conservées dans la Collection Schøyen et d'une tablette inédite de provenance inconnue conservée au Musée de Montserrat à Barcelone, qui semblent contenir des exercices exprimés sous la forme de diagrammes. Enfin, parmi les tablettes photographiées par C. Proust au cours de sa carrière figurent deux fragments inédits provenant de la ville de Kiš et conservés au Musée Archéologique d'Istanbul qui semblent également avoir contenu des exercices exprimés sous la forme de diagrammes.⁹⁶

Le tableau ci-dessous récapitule les références de ces différentes tablettes, en précisant, dans les cas où cela est possible, à quels endroits des descriptions sommaires et/ou des reproductions peuvent en être consultées :

NOM(S)	PROVENANCE ET DATATION	TYPE ET GENRE	NOMBRE DE DIAGRAMMES	RÉFÉRENCES
AA 1821	Pî-Kasî	Type IV Exercices ?	<i>(inconnu)</i>	<i>(aucune ressource publique à ma connaissance)</i>
AA 2391	Pî-Kasî	Type IV Exercices ?	<i>(inconnu)</i>	<i>(aucune ressource publique à ma connaissance)</i>
AA 2394	Pî-Kasî	Type IV Exercices ?	<i>(inconnu)</i>	<i>(aucune ressource publique à ma connaissance)</i>
AA 2654	Pî-Kasî	Type IV Exercices ?	<i>(inconnu)</i>	<i>(aucune ressource publique à ma connaissance)</i>
IM 163190	Pî-Kasî	Type S ou M ? Problèmes résolus ?	<i>(inconnu)</i> <i>(fragments)</i>	<i>(aucune ressource publique à ma connaissance)</i>
IM 163327	Pî-Kasî	Type S ou M ? Problèmes résolus ?	<i>(inconnu)</i> <i>(tablette partielle)</i>	<i>(aucune ressource publique à ma connaissance)</i>
IM 174254	Pî-Kasî	Type S ou M ? Problèmes résolus ?	<i>(inconnu)</i>	<i>(aucune ressource publique à ma connaissance)</i>
IM 174606	Pî-Kasî	Type IV Exercices ?	<i>(inconnu)</i>	<i>(aucune ressource publique à ma connaissance)</i>
IM 174697	Pî-Kasî	Type IV Exercices ?	<i>(inconnu)</i>	<i>(aucune ressource publique à ma connaissance)</i>
IM 174608	Pî-Kasî	Type IV Exercices ?	<i>(inconnu)</i>	<i>(aucune ressource publique à ma connaissance)</i>

95. Ces deux tablettes ne sont pas entièrement inédites étant donné que le catalogue cité en fournit, outre des photographies, un descriptif de quelques lignes présentant rapidement leur contenu. Je les ai néanmoins placées dans cette section plutôt que dans le catalogue principal dans la mesure où il n'en existe ni copie, ni translittération, ni traduction, ni commentaire détaillé, qui puisse permettre de s'en faire rapidement une idée complète.

96. Ces deux tablettes pourraient, encore une fois, ne pas être considérées comme totalement inédites étant donné qu'elles ont été succinctement décrites dans les catalogues [DEGENOUILLAC1924] et [DEGENOUILLAC1925]. Toutefois, les descriptions en question n'excèdent pas une ligne et sont particulièrement approximatives, voire erronées, comme précisé dans les notes associées au tableau ci-dessous.

IM 176296	Pî-Kasî	Type IV Exercices ?	<i>(inconnu)</i>	<i>(aucune ressource publique à ma connaissance)</i>
IM 208270	Pî-Kasî	Type IV Exercices ?	<i>(inconnu)</i>	<i>(aucune ressource publique à ma connaissance)</i>
IM 208271	Pî-Kasî	Type IV Exercices ?	<i>(inconnu)</i>	<i>(aucune ressource publique à ma connaissance)</i>
IM 208272	Pî-Kasî	Type IV Exercices ?	<i>(inconnu)</i>	<i>(aucune ressource publique à ma connaissance)</i>
IM 208276	Pî-Kasî	Type IV Exercices ?	<i>(inconnu)</i>	<i>(aucune ressource publique à ma connaissance)</i>
IM 208277	Pî-Kasî	Type IV Exercices ?	<i>(inconnu)</i>	<i>(aucune ressource publique à ma connaissance)</i>
IM 208279	Pî-Kasî	Type IV Exercices ?	<i>(inconnu)</i>	<i>(aucune ressource publique à ma connaissance)</i>
IM 208280	Pî-Kasî	Type IV Exercices ?	<i>(inconnu)</i>	<i>(aucune ressource publique à ma connaissance)</i>
IM 208283	Pî-Kasî	Type IV Exercices ?	<i>(inconnu)</i>	<i>(aucune ressource publique à ma connaissance)</i>
IM 208326	Pî-Kasî	Type S ou M ? Problèmes résolus ?	<i>(inconnu)</i> (tablette partielle)	<i>(aucune ressource publique à ma connaissance)</i>
Ist Ki 750 PRAK B 163 P343980	Kiš	Type IV Exercices ⁹⁷	1 (tablette partielle)	[DEGENOUILLAC1924] p.35
Ist O 3930 Ist Ki 122 PRAK A 122 P344414	Kiš	Type IV Exercices ⁹⁸	1 (fragment de tablette)	[DEGENOUILLAC1925] p.48
MM 854 P432867	Inconnues	Type IV Exercices	2 (tablette presque entière)	[CDLI]
MS 3889 P252965	Inconnues	Type IV ? Exercices ou série de diagrammes ?	2 ou 3 (tablette entière)	[CDLI]
MS 3910 P252996	Inconnues	Type IV Exercices	2 (tablette entière)	[CDLI]
SC 1, 35 Cotsen 40735 P388268	Inconnues	Type S Série de diagrammes	9 (tablette entière)	[WILSON2008] p.122 [CDLI]
SC 3, 40 Cotsen 52201 P388266	Inconnues	Type S Problèmes résolus ?	2 (tablette presque entière)	[WILSON2008] p.120 [CDLI]

TABLEAU I.8. Exemples de tablettes paléo-babyloniennes inédites qui semblent comporter un ou des diagrammes mathématiques

Au-delà des quelques exemples cités dans cette section, que j'ai eu l'opportunité de repérer soit grâce aux photographies qui en ont été déposées dans la base de données du CDLI soit grâce à des échanges avec des collègues, il est probable qu'il existe, dans les réserves des nombreux musées renfermant des collections cunéiformes, d'autres tablettes paléo-babyloniennes inédites comportant des diagrammes mathématiques qui n'ont pas encore attiré l'attention des chercheurs. La prise en compte de tous ces documents pourrait apporter un éclairage complémentaire crucial sur les problématiques abordées dans cette thèse, et il est ainsi essentiel de garder à l'esprit que tous les résultats auxquels j'aboutirai dans les pages suivantes ne sont valables que pour le corpus tel que je l'ai constitué dans les sections I.2.1. et I.2.3. et devront peut-être à l'avenir être nuancés, voire pour certains remis en question, au fur et à mesure que de nouveaux textes seront édités.

1.2.4.2. Cas litigieux d'éléments apparaissant sur des tablettes paléo-babyloniennes que l'on peut hésiter à considérer ou non comme des diagrammes mathématiques

Une autre catégorie de documents en marge du corpus qu'il me semble indispensable d'évoquer est constituée par tous les cas « litigieux » de tablettes que j'ai décidé de ne pas inclure dans le périmètre de mon étude au vu des choix exposés jusqu'à présent mais sur lesquelles apparaissent des objets dont l'identification et la classification peuvent être sujettes à débat. Je présente dans cette section un certain nombre d'exemples de tels cas, sans rechercher bien sûr d'exhaustivité mais en essayant malgré tout de dégager quelques grandes directions qui pourraient être approfondies.

Parmi les cas d'éléments présents sur des tablettes que l'on peut hésiter à classer comme diagrammes mathématiques se trouvent tout d'abord des sortes de croquis géométriques rudimentaires visiblement réalisés par des écoliers à côté ou au dos d'un exercice scolaire, mathématique ou non, par exemple un « triangle convexe » traversé de diverses lignes intérieures au dos d'une table de multiplication de provenance inconnue, un carré partagé en un carré plus petit en son centre et quatre trapèzes autour de ce dernier, ou bien un triangle particulièrement grossier, au dos de brefs extraits de tables de multiplication provenant de Mê-Turran, ou encore un cercle tracé en bas d'une liste de proverbes provenant de Nippur. J'ai fait le choix de les exclure du corpus dans la mesure où, outre le fait que deux d'entre eux montrent des configurations géométriques n'appartenant pas du tout au répertoire décrit plus haut, l'aspect particulièrement peu appliqué des tracés constituant les trois premiers leur donne davantage l'apparence de « griffonnages » hâtifs faits pour passer le temps ou se distraire que de diagrammes ayant par exemple constitué le sujet d'un exercice indépendant, et où la position du dernier, sans aucune inscription ni trace d'effacement autour de lui, dans l'espace restreint à la fin d'un exercice de langue, rend peu probable qu'il ait été réalisé dans un contexte mathématique.⁹⁹ Le tableau I.9 ci-dessous donne les références exactes des tablettes concernées, qui

97. La tablette Ist Ki 750 est décrite dans [DEGENOUILLAC1924] comme « Fragment de tablette lenticulaire, cadastre, figuration de terrain et mesures » (page 35), ce qui me semble être une identification erronée dans la mesure où ce qui reste du diagramme a assez nettement l'apparence d'un trapèze sur lequel des nombres ont été inscrits dans le cadre d'un exercice scolaire.

98. La tablette Ist O 3930 est quant à elle décrite dans [DEGENOUILLAC1925] comme « Fragment de tablette lenticulaire, quelques chiffres » (page 48), une présentation qui ne mentionne absolument pas le diagramme, pourtant bien visible, qui y apparaît.

99. Signalons que quelques situations plus claires de croquis réalisés par des écoliers sur leurs tablettes d'exercices sont documentées, rendant tout à fait plausible le point de vue exposé ici. C'est notamment le cas du visage caricatural apparaissant sur la tablette SC 1, 11, qui est présentée dans [WILSON2008] page 161 et [FINKEL2011] pages 337-338 et dont une photographie est fournie par la base de données du CDLI, à l'adresse <<https://cdli.mpiwg-berlin.mpg.de/artifacts/388295>> (dernier accès le 7 septembre 2023).

mériterait d'être étudiées de manière plus poussée pour confirmer ou infirmer mes impressions, et la figure I.23 à sa suite montre les copies des croquis qui apparaissent sur les trois d'entre elles qui ont un contenu mathématique.

NOM(S)	PROVENANCE ET DATATION	TYPE ET GENRE	RÉFÉRENCES
Haddad 3657 P430093	Mê-Turran	Autre type Table numérique	[FRIBERG&AL-RAWI2016] p.266-267 [CDLI]
Haddad 3694 P430097	Mê-Turran	Autre type Table numérique	[FRIBERG&AL-RAWI2016] p.266-267 [CDLI]
MS 3853/2 P252898	Inconnues	Type III Table numérique	[FRIBERG2007a] p.201-202 [CDLI]
UM 29-15-574 P231596	Nippur	Type inconnu Proverbes	[GORDON1958] p.7, pl.IV, <i>passim</i> [CDLI]

TABLEAU I.9. Exemples de tablettes paléo-babyloniennes comportant des croquis d'écoliers



FIGURE I.23. Aperçu de croquis apparaissant sur des tablettes scolaires paléo-babyloniennes¹⁰⁰

Un autre cas d'éléments au statut ambigu est celui de dessins plus grands et plus sophistiqués qui ont une allure très géométrique mais ne semblent pour autant pas répondre, ou du moins pas principalement, à un objectif mathématique. On peut citer en exemples, dans des styles très différents les uns des autres, un dessin consistant en une grille dont certaines cases possèdent des diagonales de manière à former un motif au dos d'un texte administratif provenant de la ville de Mari, un dessin d'octagramme apparaissant seul sur une tablette de provenance inconnue, ou encore un motif élaboré tracé sur une grille au maillage étonnamment fin sur une autre tablette de provenance inconnue. Au delà du fait qu'ils montrent des configurations géométriques qui ne ressemblent pas du tout à celles trouvées en lien avec les textes mathématiques, et bien qu'une certaine réflexion géométrique ait indubitablement été nécessaire en amont de leur réalisation, ces différents dessins me semblent en première

100. L'image de la tablette MS 3853/2 est un gros plan sur la « translittération conforme » réalisée par J. Friberg et publiée dans [FRIBERG2007a] page 202. Les images des tablettes Haddad 3657 et Haddad 3694 sont quant à elles des gros plans sur les copies réalisées par F. Al-Rawi et publiées dans [FRIBERG&AL-RAWI2016] page 266, également accessibles dans la base de données du CDLI en suivant les liens directs <<https://cdli.mpiwg-berlin.mpg.de/artifacts/430093>> et <<https://cdli.mpiwg-berlin.mpg.de/artifacts/430097>> (dernier accès le 7 septembre 2023).

approche davantage s'inscrire dans une démarche artistique que mathématique, même s'il faudrait, pour préciser leur nature exacte, entreprendre une étude conjointe des productions géométriques et des productions ornementales du Proche-Orient ancien comme ébauché dans [KILMER1990] et [ROBSON2008a]. Le tableau I.10 ci-dessous donne les références exactes des tablettes mentionnées, et la figure I.24 montre des images des dessins qui y apparaissent.

NOM(S)	PROVENANCE ET DATATION	TYPE ET GENRE	RÉFÉRENCES
A 2541 FM 4, 37 P479703	Mari	Autre type Document administratif	[ZIEGLER1999] n° 37 [ROBSON2008a] p.47
IM 51979	Inconnues	Autre type Dessins	[FRIBERG2007b] p.163-164
MS 3940 P253029	Inconnues	Autre type Dessins	[FRIBERG2007a] p.229 [CDLI]

TABLEAU I.10. Exemples de tablettes paléo-babyloniennes comportant des dessins d'allure géométrique

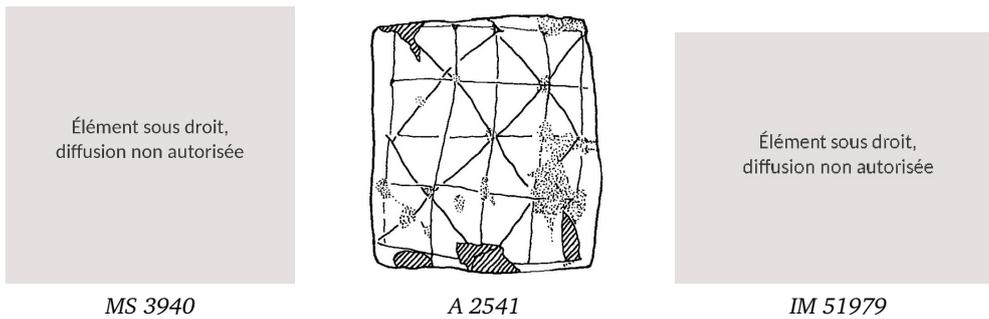


FIGURE I.24. Aperçu de dessins géométriques apparaissant sur des tablettes paléo-babyloniennes¹⁰¹

Un troisième cas d'éléments que l'on peut hésiter à classer ou non comme diagrammes mathématiques au vu de la définition que j'en ai donnée est celui des dessins de labyrinthes que l'on trouve sur quelques rares tablettes d'époque paléo-babylonienne : un grand labyrinthe carré sur une première tablette de provenance inconnue, un grand labyrinthe rectangulaire sur une deuxième, et un ensemble de huit petits dédales sur une troisième. J'ai estimé que ceux-ci ne montraient pas à proprement parler des objets considérés dans un contexte mathématique bien qu'une démarche algorithmique semble avoir sous-tendu leur création, mais on consultera avec profit les analyses détaillées qui en sont proposées dans [FRIBERG2007a] pages 219-228, [SHELTON2013], [BRUNKE2015] pages 5-6 et [FRIBERG&AL-RAWI2016] pages 520-524 pour en apprendre plus au sujet de ces objets. Le tableau I.11 ci-dessous fournit les références exactes des tablettes concernées, et la figure I.25 à sa suite donne un aperçu de l'aspect des labyrinthes qui y apparaissent.

101. L'image de la tablette MS 3940 est un gros plan sur la photographie disponible dans la base de données du CDLI, accessible en suivant le lien direct <<https://cdli.mpiwg-berlin.mpg.de/artifacts/253029>> (dernier accès le 7 septembre 2023). L'image de la tablette A 2541 est un gros plan sur la copie du revers réalisée par E. Robson et publiée dans [ROBSON2008a] page 47. Enfin, l'image de la tablette IM 51979 est un gros plan sur une photographie publiée dans [FRIBERG2007b] page 164.

NOM(S)	PROVENANCE ET DATATION	TYPE ET GENRE	RÉFÉRENCES
MS 3194 P274587	Inconnues	Autre type Labyrinthes	[FRIBERG2007a] p.224-227, p.490 [SHELTON2013] p.13-14 [FRIBERG&AL-RAWI2016] p.520-521 [CDLI]
MS 4515 P253616	Inconnues	Autre type Labyrinthes	[FRIBERG2007a] p.219-221, p.489 [SHELTON2013] p.14-16 [BRUNKE2015] p.5-6 [FRIBERG&AL-RAWI2016] p.522-524 [CDLI]
MS 4516 P253617	Inconnues	Autre type Labyrinthes	[FRIBERG2007a] p.228, p.536 [SHELTON2013] p.21-26 [CDLI]

TABLEAU I.11. Exemples de tablettes paléo-babyloniennes comportant des labyrinthes



FIGURE I.25. Aperçu de labyrinthes dessinés sur des tablettes paléo-babyloniennes¹⁰²

Dans un registre très différent des trois situations présentées jusqu'à présent, il existe de nombreuses tablettes sur lesquelles apparaissent des tracés qu'il est difficile de savoir s'il faut interpréter comme des diagrammes ou de simples mises en page. Sans entrer dans les détails, il y a ainsi un nombre relativement important de cas dans lesquels certains observateurs voient des diagrammes mathématiques mais que je considère pour ma part plutôt, et en attendant que des analyses plus approfondies permettent peut-être d'affiner leur statut, comme de simples mises en page particulières ; il s'agit le plus souvent de tracés ressemblant à s'y méprendre à un dessin de rectangle divisé en bandes et sur lequel seraient portées des valeurs numériques mais qui s'avèrent au vu du sens des valeurs numériques en question ne rien pouvoir représenter et donc consister seulement en des tableaux permettant d'organiser visuellement des données, et il existe également une tablette plus originale sur laquelle apparaît une sorte de double croix qui évoque spontanément un diagramme mais semble en fait avoir été tracée pour occuper l'espace vide en bas de la dernière colonne du document et ainsi marquer la fin du texte. Il

102. Toutes les images sont des gros plans sur les photographies des tablettes disponibles dans la base de données du CDLI, accessibles en suivant les liens directs <<https://cdli.mpiwg-berlin.mpg.de/artifacts/274587>>, <<https://cdli.mpiwg-berlin.mpg.de/artifacts/253616>> et <<https://cdli.mpiwg-berlin.mpg.de/artifacts/253617>> (dernier accès le 7 septembre 2023).

y a par ailleurs à l'inverse quelques cas plus rares dans lesquels l'éventualité d'un diagramme mathématique est exclue par ma définition étant donné que les tracés ne constituent pas de forme géométrique fermée mais dans lesquels des inscriptions pivotées de manière à suivre l'orientation de certaines lignes font néanmoins penser à un objet qui s'y apparenterait fortement. Le tableau I.12 ci-dessous liste une dizaine d'exemples relevant pour certains de la première catégorie et pour d'autres de la deuxième, et la figure I.26 ci-après en illustre une petite sélection représentative.

NOM(S)	PROVENANCE ET DATATION	TYPE ET GENRE	RÉFÉRENCES
BM 54779 1882-05-22, 1108 P500422	Sippar ?	Type M Problèmes résolus	[FRIBERG&AL-RAWI2016] p.304-308
Ist Ni 5393 P368900	Nippur	Type inconnu Table numérique	<i>(non éditée à ma connaissance)</i> [CDLI]
MS 3901 P252981	Inconnues	Type IV Exercices	<i>(non éditée à ma connaissance)</i> [CDLI]
PTS 50 P459286	Inconnues	Type IV Exercices ?	<i>(non éditée à ma connaissance)</i> [CDLI]
UET 5, 858 P254849	Ur	Type S Problèmes résolus	[VAIMAN1961] p.250-254 [FRIBERG2000] p.142, p.184 [CDLI]
UET 6/2 257 U 17207.009 P254865	Ur	Type IV Mixte : proverbes et exercices	[ROBSON1999] p.264 [FRIBERG2000] p.119-121 [CDLI]
YBC 7273 YPM BC 21338 P255046	Inconnues	Type IV Exercices ?	[NEUGEBAUER&SACHS1945] p.131 [NEMET-NEJAT2002] p.263, p.277-278
YBC 7291 YPM BC 21356 P308250	Inconnues	Type IV Exercices	[NEMET-NEJAT2002] p.259, p.272 [ESCOBAR2019] page 184
YBC 7356 YPM BC 21421 P255057	Inconnues	Type IV ? Exercices	[NEMET-NEJAT1995] p.253, p.256 [NEMET-NEJAT2002] p.258, p.271 [PROUST2007] p.204-205
YBC 9874 YPM BC 23873 P255071	Larsa ?	Autre type Problèmes résolus	[NEUGEBAUER&SACHS1945] p.90-91, p.11, pl.36 [FRIBERG&AL-RAWI2016] p.395

TABLEAU I.12. Exemples de tablettes paléo-babyloniennes comportant des tracés qui pourraient faire penser à des diagrammes mais sont probablement plutôt des éléments de mise en page

103. L'image de la tablette PTS 50 est un gros plan sur la photographie disponible dans la base de données du CDLI, accessible en suivant le lien direct <<https://cdli.mpiwg-berlin.mpg.de/artifacts/459286>> (dernier accès le 7 septembre 2023). L'image de la tablette YBC 7291 est un gros plan sur une photographie réalisée par C.

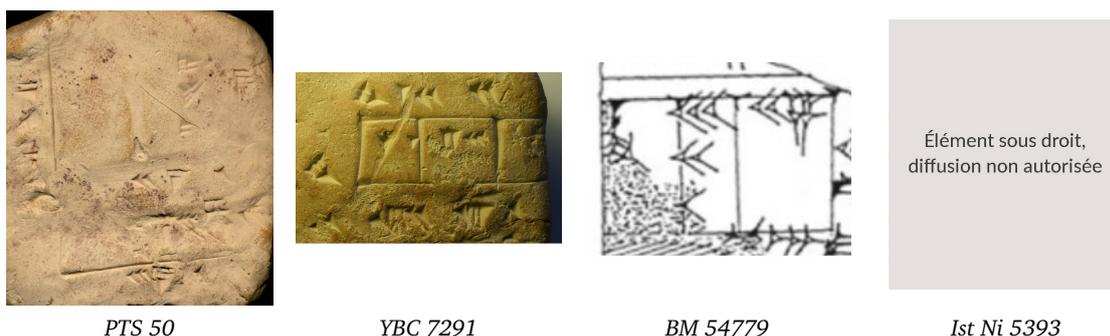


FIGURE I.26. Aperçu de quelques tracés apparaissant sur des tablettes paléo-babyloniennes qui peuvent faire penser à des diagrammes mais sont probablement plutôt des éléments de mise en page¹⁰³

Enfin, il existe de nombreuses situations dans lesquelles des tracés apparaissant sur une tablette mathématique sont tout simplement trop confus pour qu'il soit possible de déterminer avec certitude s'ils correspondent ou non à un diagramme mathématique. Cela peut se produire en particulier dans le cas de fragments de très petite taille, dans le cas de tracés tellement légers qu'il est difficile de déterminer s'ils sont intentionnels ou non, dans le cas de tracés apparaissant dans une zone qui semble avoir été effacée à tellement de reprises qu'il est difficile de savoir s'ils appartiennent ou non à une même « strate » d'inscriptions, ou bien dans le cas de tracés appartenant à une sorte d'exercice dont l'organisation n'est pas encore suffisamment bien comprise pour qu'il soit possible d'identifier la fonction de chaque élément. Le tableau I.13 ci-dessous donne les références de trois documents se trouvant dans une situation de ce type, et la figure I.27 à sa suite montre les tracés que l'on y observe.

NOM(S)	PROVENANCE ET DATATION	TYPE ET GENRE	RÉFÉRENCES
BM 80762 1891-05-09, 900 P368237	Sippar ?	Type IV Exercices	[ROBSON1999] p.274 [CDLI]
N 4942 P231192	Nippur	Type IV? Exercices ?	[ROBSON2000] p.28-29 [PROUST2007] p.202 [CDLI]
UET 6/2 311 U 17207.119 P254885	Ur	Type IV Mixte : proverbes et exercices	[ROBSON1999] p.262 [FRIBERG2000] p.99 [CDLI]

TABLEAU I.13. Exemples de tablettes paléo-babyloniennes comportant des tracés confus

Proust. L'image de la tablette BM 54779 est un gros plan sur la copie réalisée par F. Al-Rawi et publiée dans [FRIBERG&AL-RAWI2016] page 208. Enfin, l'image de la tablette Ist Ni 5393 est un gros plan sur la photographie disponible dans la base de données du CDLI, accessible en suivant le lien direct <<https://cdli.mpiwg-berlin.mpg.de/artifacts/368900>> (dernier accès le 7 septembre 2023).

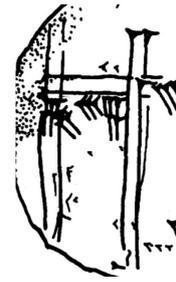
104. L'image de la tablette N 4942 est un gros plan sur la photographie disponible dans la base de données du CDLI, accessible en suivant le lien direct <<https://cdli.mpiwg-berlin.mpg.de/artifacts/231192>> (dernier accès le 7 septembre 2023). L'image de la tablette UET 6/2 311 est un gros plan sur la copie réalisée par E. Robson, publiée dans [ROBSON1999] page 262 et également accessible dans la base de données du CDLI en suivant le lien direct <<https://cdli.mpiwg-berlin.mpg.de/artifacts/254885>> (dernier accès le 7 septembre 2023). Enfin, l'image de la tablette BM 80762 est un gros plan sur la copie réalisée par E. Robson, publiée dans [ROBSON1999] page 274 et également accessible dans la base de données du CDLI en suivant le lien direct <<https://cdli.mpiwg-berlin.mpg.de/artifacts/368237>> (dernier accès le 7 septembre 2023).



N 4942



UET 6/2 311



BM 80762

FIGURE I.27. Aperçu de quelques tracés confus sur des tablettes paléo-babyloniennes¹⁰⁴

I.2.4.3. Diagrammes mathématiques d'autres époques

Par ailleurs, bien que je me concentre dans cette thèse sur les diagrammes mathématiques datant de l'époque paléo-babylonienne, il convient de souligner que l'on connaît également quelques diagrammes mathématiques datant d'autres époques.

On a longtemps cru que la tablette Ist Š 77 montrant quatre cercles tangents inscrits dans un carré, qui avait été éditée dans la première moitié du vingtième siècle au sein d'un ouvrage intitulé *Tablettes sumériennes de Šuruppak conservées au Musée de Stamboul*, datait, tout comme les autres documents publiés dans le même recueil, de l'époque dite « des dynasties archaïques », soit des deux premiers tiers du troisième millénaire avant notre ère, et portait ainsi le plus ancien diagramme mathématique connu.¹⁰⁵ Toutefois, M. Krebernik a établi récemment en se basant sur des rapports de fouilles que celle-ci ne provenait en fait pas de la ville de Šuruppak et datait seulement de l'époque paléo-babylonienne – raison pour laquelle elle figure dans mon catalogue principal ci-dessus.¹⁰⁶ Ce point étant désormais rectifié, il existe alors à ma connaissance une seule tablette mathématique éditée antérieure à l'époque paléo-babylonienne : la tablette IM 58045, qui provient de Nippur et date de l'époque dite « paléo-akkadienne » ou « sargonique », c'est-à-dire du vingt-troisième ou vingt-quatrième siècle avant notre ère, et qui montre un trapèze partagé par une transversale sur lequel sont portées diverses mesures.¹⁰⁷ Le tableau I.14 ci-dessous donne les références de cette tablette, et la figure I.28 insérée plus loin montre son diagramme.

NOM(S)	DATATION ET PROVENANCE	TYPE ET GENRE	NOMBRE DE DIAGRAMMES	RÉFÉRENCES
IM 58045 2N-T600 P216852	Époque paléo-akkadienne Nippur	Type IV ? Exercices ? ¹⁰⁸	1 (tablette entière)	[FRIBERG1987] p.541 [FRIBERG2007a] p.409-410 [ROBSON2008a] p.64-65 [FRIBERG2009] p.22-23 [PROUST2022] [CDLI]

TABLEAU I.14. Tablettes éditées antérieures à l'époque paléo-babylonienne comportant un ou des diagrammes mathématiques

105. La base de données du CDLI, et plus précisément la page [CDLIc], retient comme dates approximatives pour l'époque dite « des dynasties archaïques » 2900 à 2340 avant notre ère. Le contexte historique de cette période est entre autres exposé dans [LAFONT&al2017] pages 105-163.

106. Voir [KREBERNIK2006] pour cette rectification.

107. La base de données du CDLI, et plus précisément la page [CDLIc], retient comme dates approximatives pour l'époque dite « paléo-akkadienne » ou « sargonique » 2340 à 2200 avant notre ère. Le contexte historique de cette période est entre autres exposé dans [LAFONT&al2017] pages 164-192.

Il existe en outre à ma connaissance quatre tablettes éditées postérieures à l'époque paléo-babylonienne qui comportent des diagrammes mathématiques : deux tablettes conservées au British Museum qui semblent dater de l'époque dite « néo-babylonienne », approximativement entre le milieu du septième et le milieu du sixième siècles avant notre ère, et dont le contenu n'est pas clairement établi, ainsi que deux tablettes conservées au Musée National d'Irak à Bagdad qui proviennent d'un bâtiment appelé « maison des *āšīpu* » à Uruk, datent de l'époque dite « achéménide », approximativement entre le milieu du sixième et le milieu du quatrième siècles avant notre ère, et contiennent des collections de problèmes résolus dont plusieurs sont accompagnés d'un diagramme.¹⁰⁹ Le tableau I.15 ci-dessous fournit les références exactes de ces tablettes, et la figure I.29 ci-après montre les diagrammes que l'on y trouve.¹¹⁰

NOM(S)	DATATION ET PROVENANCE	TYPE ET GENRE	NOMBRE DE DIAGRAMMES	RÉFÉRENCES
BM 47431 + BM 48969 1881-11-03,136 + 1881-11-03, 1680	Époque néo-babylonienne Provenance inconnue	Autre type ? Autre genre ?	1 (tablette presque entière)	[ROBSON2008b] p.213-219
BM 64696 1882-09-18, 4677 P254429	Époque néo-babylonienne ? Sippar ?	Type M ? Problèmes résolus ?	4 (fragment de tablette)	[FRIBERG&al1990]
IM 75985 W 23291, x P430090	Époque achéménide ¹¹¹ Uruk (maison des <i>āšīpu</i>)	Type M Problèmes résolus	3 (tablette presque entière)	[FRIBERG&al1990] [PROUST2019] p.118-122, p.136-143 [CDLI]
W 23291 SpTU 4, 175 P348768	Époque achéménide Uruk (maison des <i>āšīpu</i>)	Type M Problèmes résolus	3 (tablette partielle)	[VONWEIHER1993] n° 175 [FRIBERG1997] [PROUST2019] p.110-117, p.134-136 [CDLI]

TABLEAU I.15. Tablettes éditées postérieures à l'époque paléo-babylonienne comportant un ou des diagrammes mathématiques

108. Les catégories utilisées pour classifier les types et les genres des tablettes d'époque paléo-babylonienne s'adaptent assez mal aux tablettes d'autres périodes, et en particulier aux tablettes plus anciennes.

109. La base de données du CDLI, et plus précisément la page [CDLIc], retient comme dates pour l'époque dite « néo-babylonienne » 626 à 539 avant notre ère et comme dates pour l'époque dite « achéménide » 547 à 331 avant notre ère. Le contexte historique de ces deux périodes est entre autres présenté dans [LAFONT&al2017] pages 781 à 831 et 881 à 911. La « maison des *āšīpu* » que j'ai citée est un bâtiment d'habitation de la ville d'Uruk mis au jour dans les années 1970, qui a été occupé du milieu du cinquième siècle à la fin du troisième siècle par deux familles successives qui exerçaient le métier d'*āšīpu*, c'est-à-dire d'exorciste et de médecin faisant office d'intermédiaire entre le monde terrestre et celui des dieux. Cette maison et les textes mathématiques qui y ont été trouvés sont présentés dans [CLANCIER2009] et [PROUST2019].

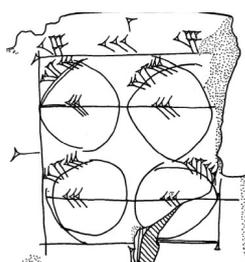
110. Aux quatre tablettes publiées listées dans ce tableau viennent s'ajouter plusieurs tablettes mathématiques avec diagrammes datant des époques achéménide et hellénistique et conservées au British Museum, à ce jour uniquement répertoriées sans images dans la base de données de ce musée mais dont une édition est en cours de préparation dans le cadre du projet « Late Babylonian Mathematical Practices » dirigé par M. Ossendrijver et financé par la Deutsche Orientgesellschaft : les tablettes BM 34882 + BM 35381, BM 43904, BM 47421, BM 47613 + BM 47612, BM 47632 et BM 39198. Cela porte à une dizaine le nombre de documents postérieurs à l'époque paléo-babylonienne sur lesquels des diagrammes mathématiques ont été identifiés.

111. La datation de la tablette IM 75985 comme « paléo-babylonienne » indiquée dans la base de données du CDLI est clairement une erreur lorsque l'on connaît le contexte de la « maison des *āšīpu* ».

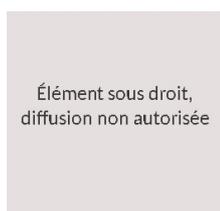


IM 58045 #A

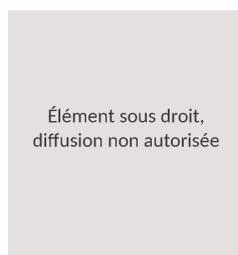
FIGURE I.28. Aperçu du diagramme mathématique antérieur à l'époque paléo-babylonienne¹¹²



BM 47431 + #A



IM 75985 #A



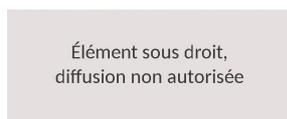
IM 75985 #B



IM 75985 #C



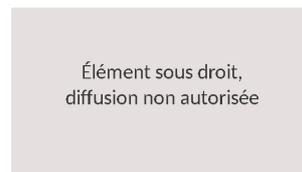
BM 64696 #A



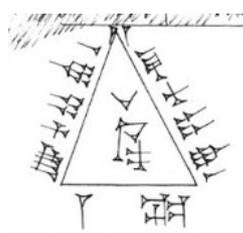
BM 64696 #B



BM 64696 #C



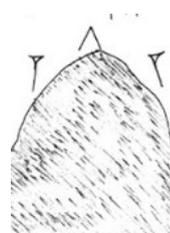
BM 64696 #D



W 23291 #A



W 23291 #B



W 23291 #C

FIGURE I.29. Aperçu des diagrammes mathématiques postérieurs à l'époque paléo-babylonienne¹¹³

112. L'image est un gros plan sur la photographie disponible dans la base de données du CDLI, accessible en suivant le lien direct <<https://cdli.mpiwg-berlin.mpg.de/artifacts/216852>> (dernier accès le 4 septembre 2023).

113. L'image de la tablette BM 47431 + BM 48969 est un gros plan sur la copie qui en a été publiée dans [ROBSON2008b] page 213. Les images de la tablette IM 75985 sont des gros plans sur la photographie de la tablette disponible dans la base de données du CDLI, accessible en suivant le lien direct <<https://cdli.mpiwg-berlin.mpg.de/artifacts/430090>> (dernier accès le 4 septembre 2023). Les images de la tablette BM 64696 sont des gros plans sur la photographie de la tablette qui en a été publiée dans [FRIBERG&a11990]. Enfin, les images de la tablette W 23291 sont des gros plans sur la copie qui en a été publiée dans [VONWEIHER1993] n° 175.

1.2.4.4. Diagrammes mathématiques réalisés sur des supports éphémères ou périssables

Enfin, au-delà de tous ceux mentionnés jusqu'à présent, qui ont en commun d'avoir été réalisés sur des tablettes d'argile, il est probable – bien que nous n'en ayons pas de preuve claire – qu'il ait existé des diagrammes mathématiques réalisés sur d'autres supports matériels dont il ne subsiste plus de traces à l'heure actuelle.¹¹⁴ Il est ainsi possible que des diagrammes aient été tracés sur des tablettes de cire, c'est-à-dire de petites planchettes le plus souvent en bois recouvertes d'une fine couche principalement composée de cire d'abeille sur laquelle pouvaient être imprimés des signes, qui sont un support d'écriture attesté au Proche-Orient à partir de la fin du troisième millénaire avant notre ère mais sont périssables et n'ont ainsi traversé le temps que dans des cas très exceptionnels.¹¹⁵ On peut par ailleurs imaginer, comme l'a suggéré J. Høyrup, que les écoliers et leurs maîtres aient tracé des diagrammes destinés à un usage très bref sur des supports encore plus éphémères, tels que des surfaces planes recouvertes de sable ou des « tableaux de poussière », des supports d'écriture qui ne sont à ma connaissance pas clairement attestés en Mésopotamie mais que l'on sait avoir été utilisés dans d'autres régions du monde dans l'Antiquité et au Moyen-Âge.¹¹⁶

114. Contrairement aux « diagrammes mathématiques mentaux » évoqués dans la section I.1.1.3, de tels diagrammes mathématiques entrent bien dans le cadre de la définition que j'ai retenue puisqu'ils étaient bel et bien tracés sur un support matériel même si celui-ci a aujourd'hui disparu.

115. Un projet de recherche interdisciplinaire récent porté par M. Cammarosano et K. Weirauch à l'Université de Würzburg, intitulé « Cuneiform on Wax », s'est attaché à rassembler tous les indices disponibles au sujet de l'utilisation de tablettes de cire dans le Proche-Orient ancien et à reconstituer aussi précisément que possible, en combinant les sources et des expériences, la manière dont celles-ci pouvaient être employées. Il ressort entre autres du travail mené dans le cadre de ce projet, présenté en détail dans l'article de synthèse [CAMMAROSANO&al2019], que les tablettes de cire sont présentes au Proche-Orient au moins depuis le vingt-deuxième siècle avant notre ère (pages 122 et 129) et vraisemblablement entre autres à l'époque paléo-babylonienne bien qu'elles y soient moins fréquemment mentionnées qu'à d'autres époques (page 131), qu'elles étaient appelées « *lē'um* » ou « *daltum* » en akkadien et « ^{GIŠ}DA » ou « ^{GIŠ}ZU » en sumérien (page 130), qu'elles étaient utilisées en parallèle des tablettes d'argile dans des contextes très variés relevant aussi bien de l'administration que de l'érudition (page 121), et qu'elles étaient particulièrement appropriées pour prendre des notes « au brouillon » dans la mesure où leur contenu pouvait être effacé à n'importe quel moment (pages 124 et 168). Tous ces éléments en font de bonnes candidates pour avoir servi de supports alternatifs – au moins occasionnels – pour la réalisation de diagrammes mathématiques, même s'il n'existe à ma connaissance aucun élément concret permettant d'appuyer cette hypothèse. On pourra se reporter au site du projet [COW] et à l'ensemble de l'article [CAMMAROSANO&al2019] pour davantage de précisions, les références de la littérature antérieure sur le sujet et des illustrations. On trouvera également sur le site [BM], à l'adresse <https://www.britishmuseum.org/collection/object/W_1954-1115-1> (dernier accès le 16 septembre 2023) des photographies d'une tablette de cire en ivoire provenant de Nimrud et datant de l'époque néo-assyrienne, sur laquelle, de manière tout à fait exceptionnelle, de petits morceaux de cire inscrite sont encore présents.

116. Cette suggestion est faite dans [HØYRUP2002] pages 106-107, d'une part sur la base d'une idée de M. Tanret qui envisage que des modèles destinés aux premiers exercices d'apprentissage de l'écriture cunéiforme aient été tracés par les maîtres sur le sable de la cour d'une école de la ville de Sippar-Amnānum ([TANRET1982], que je n'ai pas eu l'opportunité de consulter moi-même et que je cite ici seulement d'après ce qui en est rapporté par J. Høyrup) et d'autre part sur la base d'attestations de cette pratique dans d'autres régions du monde. Outre les références fournies par J. Høyrup, l'utilisation de surfaces ensablées ou « tableaux de poussière » en mathématiques est entre autres évoquée dans [NETZ1999] pages 14-15 (au sujet des mathématiques grecques antiques, dans le contexte desquelles elle est envisagée mais débattue), [KELLERÀP] pages 24-30 (au sujet des mathématiques du sous-continent indien, dans le contexte desquelles elle est assez généralement admise mais mérite néanmoins d'être discutée), ainsi que [SAIDAN1978] pages 12-13, 36, 351-352, 366, 370, 377, 382-383 et *passim*, [KATZ2009] pages 268-269 et [NIELSEN2019] pages 3-4 (au sujet des mathématiques arabes médiévales, dans le contexte desquelles elle est assez clairement attestée). Par ailleurs, bien qu'elles portent sur un contexte radicalement différent, des études d'ethnomathématiques consacrées aux pratiques de dessin sur le sable dans les îles du Pacifique, telles que celles présentées dans la thèse [DASILVA2022] ou de manière plus concise dans l'article [VANDENDRIESSCHE&DASILVA2022] où sont incorporées de nombreuses captations vidéographiques, sont intéressantes en ce qu'elles montrent qu'il est effectivement possible avec de l'entraînement de tracer des formes géométriques complexes sur des surfaces ensablées.

I.3. Première approche d'ensemble du corpus

Maintenant que j'ai établi de manière argumentée la liste des tablettes sur lesquelles je base mon étude des diagrammes mathématiques d'époque paléo-babylonienne, je peux m'attacher à fournir une première image d'ensemble du corpus qu'elles constituent.

I.3.1. Utilité d'une base de données adaptée à l'étude des diagrammes

La manière la plus efficace de procéder à une telle description – ainsi, d'ailleurs, qu'à un certain nombre d'autres recherches qui interviendront dans les chapitres suivants – consiste à utiliser une base de données qui soit adaptée à la fois aux besoins d'un travail sur les diagrammes mathématiques et aux exigences de rigueur dans le traitement des informations que j'ai déjà mentionnées à plusieurs reprises.¹¹⁷ Pour cette raison, une partie importante de mon travail de thèse, certes très peu visible mais pourtant essentielle d'une part pour le développement de ma réflexion personnelle et d'autre part pour l'amélioration des outils de travail collectifs, a consisté à concevoir une telle base de données.

Cette base de données reprend bien sûr de nombreuses caractéristiques des bases de données de tablettes mathématiques cunéiformes qui existent déjà, principalement celles du CDLI et du DCCMT, à savoir par exemple le stockage d'informations sur le contexte et le contenu des tablettes, le recensement des références bibliographiques où l'on peut trouver des éditions des tablettes, ou encore la mise à disposition de photographies et de copies des tablettes.¹¹⁸ Toutefois, elle cherche à augmenter les possibilités offertes par celles-ci en proposant des champs plus nombreux et plus spécifiques qui élargissent le spectre des informations répertoriées, en étant particulièrement exigeante vis-à-vis de l'homogénéité des renseignements enregistrés, et en introduisant une dimension critique.

Il me semble utile d'ouvrir ici une parenthèse de quelques pages pour présenter plus en détail cet aspect central de mon travail avant de passer, dans la section I.3.2., page 110, à la description d'ensemble du corpus en elle-même.

I.3.1.1. Nécessité d'inclure des champs pour les informations liées aux diagrammes

Compte tenu des besoins liés au thème de ma thèse, la première contrainte évidente que doit satisfaire la base de données que j'ai conçue est de proposer des champs suffisamment nombreux et précis pour que toutes les données pertinentes au sujet des objets visuels que sont les diagrammes mathématiques puissent y être enregistrées. Ces champs doivent permettre de faire des recherches exhaustives approfondies non seulement sur le contexte et les caractéristiques des tablettes sur lesquelles les diagrammes apparaissent, mais aussi, plus spécifiquement, sur, notamment, leur implantation matérielle, les formes géométriques qu'ils montrent, les objets qu'ils représentent, le contenu et la position des inscriptions qu'ils comportent, les techniques de tracé employées pour produire les dessins dont ils sont constitués, la manière dont ils semblent avoir été utilisés dans les raisonnements, et un certain nombre d'autres éléments dont l'intérêt se manifesterait progressivement au cours des chapitres suivants. De plus,

117. Comme indiqué plus haut, ces exigences de rigueur seront discutées de manière plus précise dans la section IV.2.2.3 de la deuxième grande partie.

118. Je présenterai ces bases de données un peu plus en détail dans la section IV.2.1.1 de la deuxième grande partie. La première, qui est une base de données générale de tablettes cunéiformes dans laquelle ont été entrées la plupart des tablettes mathématiques, peut être consultée à l'adresse <<https://cdli.mpiwg-berlin.mpg.de/>>, et la seconde, qui est spécifiquement dédiée aux tablettes mathématiques, peut être consultée à l'adresse <<http://oracc.museum.upenn.edu/dccmt/>> (dernier accès le 7 septembre 2023).

ces champs doivent également permettre de stocker pour chaque diagramme un nombre illimité d'images, de sorte que les utilisateurs puissent avoir instantanément sous les yeux toutes les photographies, copies et schémas de commentateurs utiles pour l'étudier.

À cette contrainte spécifique à mon sujet de recherche viennent s'ajouter deux impératifs beaucoup plus généraux mais malheureusement rarement satisfaits.

1.3.1.2. Nécessité de présenter les données de manière homogène

Il me semble tout d'abord essentiel que la manière d'entrer les renseignements dans la base de données soit encadrée et stable, puisque seul le respect d'une telle homogénéité permet d'effectuer des recherches fiables et des décomptes justes – qui, force est de le constater, ne sont que partiellement possibles dans de nombreuses bases de données de tablettes cunéiformes existantes en raison de la trop grande variabilité des formulations de leurs données.¹¹⁹ Il s'agit en particulier d'éviter trois écueils, que je liste en commençant par le plus évident. Premièrement, il est important d'éviter qu'une même information puisse être décrite au moyen de termes différents selon les entrées, par exemple que certaines tablettes soient datées de l'époque « sargonique » et d'autres de l'époque « paléo-akkadienne ».¹²⁰ Deuxièmement, il est important d'éviter que, dans un même champ, des informations soient données de manière plus ou moins précise selon les entrées, par exemple que le genre de contenu de certaines tablettes soit classé de manière générale comme « table numérique » et le genre de contenu d'autres tablettes plus spécifiquement comme « table de carrés » ou « table d'inverses ». Enfin, troisièmement, il est important d'éviter que le niveau de détail proposé par les descriptions soit trop variable d'une entrée à l'autre, par exemple que le champ « contenu » d'une tablette contenant un unique problème résolu décrive précisément en quoi consiste ce problème tandis que le champ « contenu » d'une tablette contenant une grande collection de problèmes résolus ne dise que quelques mots sur chacun d'eux.

Afin de pallier autant que faire se peut les deux premiers problèmes, je me suis efforcée d'accompagner la base de données que j'ai conçue d'un descriptif détaillé de tous les champs contenus dans ses tables, qui précise quelles informations y sont attendues et de quelle manière elles doivent y être présentées. À chaque fois que cela s'est avéré possible, j'ai pensé les champs pour qu'ils soient renseignés en utilisant des valeurs prises dans des listes fermées définies à l'avance de manière à couvrir sans recoupement tous les cas rencontrés (par exemple pour les périodes, les types de tablettes, les genres de contenus, etc). Lorsque les valeurs possibles pour un champ sont naturellement amenées à être complétées au fur et à mesure du remplissage de la base de données mais doivent néanmoins rester limitées pour permettre des recherches, j'ai prévu de répertorier ces valeurs dans des listes ouvertes (par exemple pour les formes géométriques élémentaires, les objets représentés par les diagrammes, les catégories thématiques des problèmes, etc). Enfin, dans le cas des champs pour lesquels proposer des listes de valeurs alourdirait trop la structure interne de la base de données mais où des recherches sont néanmoins susceptibles d'être effectuées sur des aspects précis, des répertoires de mots-clés à utiliser dans les descriptions peuvent être établis afin de stabiliser autant que possible le vocabulaire employé (par exemple pour le contexte archéologique d'une tablette, sa mise en page ou ses particularités matérielles).

119. Il suffit par exemple d'ouvrir les fiches de quelques-unes des tablettes cataloguées ci-dessus dans la base de données du CDLI pour entrevoir l'ampleur de ce problème – en particulier en ce qui concerne le champ consacré aux genres de contenus, pour lequel il existe presque autant de manières différentes de décrire un même genre que de personnes ayant contribué à la base de données !

120. Les qualificatifs « sargonique » et « paléo-akkadien » font référence à une même période de l'histoire mésopotamienne, dont les dates approximatives sont données dans la note 107, page 102.

De plus, afin de pallier le troisième problème mentionné ci-dessus, et bien que cela ne soit absolument pas standard, j'ai décidé d'introduire dans la base de données, en plus du niveau de description incontournable des tablettes qui est considéré dans toutes les autres bases, le niveau de description d'ordinaire transparent mais en fait essentiel des sections. Cet ajout est notamment destiné à permettre d'entrer dans la base des descriptions de mises en page et de contenus portant non seulement sur les documents dans leur ensemble mais aussi sur des portions de ces documents, et ainsi de renseigner leurs caractéristiques avec le même niveau de détail quel que soit le nombre d'unités matérielles et/ou textuelles que l'on y trouve.

1.3.1.3. Nécessité d'intégrer une dimension critique

Par ailleurs, il me semble absolument incontournable d'introduire dans la base de données un système de traçage et de justification des informations saisies afin que toutes les données renseignées soient vérifiables, que le degré de certitude de chaque information soit explicité, et que chaque utilisateur puisse se faire son propre avis à partir d'éléments précis. Il est en effet frappant de constater, lorsque l'on parcourt les bases de données et les catalogues papier de tablettes mathématiques cunéiformes, que les renseignements que l'on y trouve au sujet d'une même tablette, notamment sa provenance et sa datation, peuvent être très différents de l'un à l'autre.¹²¹ Ces variations sont dues parfois à des différences d'appréciation des données de la part des personnes qui ont entré les renseignements dans la base, parfois à la prise en compte de nouveaux éléments, parfois simplement à des erreurs de saisie. Mais on ne trouve jamais de commentaires indiquant d'où les informations retenues ont été extraites et pour quelles raisons elle ont été privilégiées à d'autres hypothèses le cas échéant, de sorte que se propagent ensuite dans les publications des informations erronées dont plus personne ne connaît la source initiale. Une telle situation rend ces bases de données relativement inutilisables et fait perdre un temps considérable à ceux qui, cherchant à comprendre les incohérences que l'on y trouve, doivent consulter une littérature abondante pour essayer de démêler le vrai du faux.

Afin de tenter d'améliorer cette situation, j'ai décidé d'inclure dans la base de données que j'ai conçue des champs permettant d'indiquer clairement quelles références bibliographiques ont été consultées pour remplir les notices des tablettes, ainsi que de nombreux champs ouverts et/ou dédiés aux remarques, dans lesquels il est possible, dès que le besoin s'en fait sentir, de rédiger de petits paragraphes pour faire part de précisions, arguments ou doutes sur les différents aspects documentés – ce qui fait défaut dans les bases de données ne contenant que des champs destinés à contenir des informations très ciblées et très brèves.

En outre, et c'est probablement là la principale innovation de cette base de données, j'ai fait le choix d'y mettre en place un système spécifique pour référencer les informations liées à la provenance et la datation des tablettes, qui sont les plus sujettes à des divergences et des incertitudes. La base de données doit ainsi permettre d'indiquer pour chaque tablette non pas une provenance et une datation, comme c'est normalement le cas, mais autant de provenances et de datations différentes que ce qui a été suggéré dans la littérature ou qu'il semble pertinent d'envisager. De plus, pour chaque suggestion de provenance ou de datation, des champs associés doivent permettre de signaler spécifiquement le degré de certitude de l'information en question (c'est-à-dire si elle est certaine, probable, possible, exclue, etc), les arguments qui la sous-tendent (en particulier leur type, c'est-à-dire si ce sont des arguments archéologiques, philologiques, onomastiques, etc), d'éventuels détails supplémentaires, et les sources précises de tous ces renseignements. Un tel dispositif me semble crucial pour rendre les données présentes

121. Certaines des notes insérées dans le catalogue des sections I.2.1.1 et I.2.3.1 ci-dessus fournissent des exemples de telles divergences.

dans la base réellement exploitables, et notamment pour permettre l'extraction de statistiques géographiques et chronologiques qui prennent en compte les nombreuses incertitudes liées à la nature du corpus.

1.3.1.4. Un projet titanesque encore en cours

En me basant sur plusieurs manuels d'informatique consacrés à la gestion des données, j'ai décidé d'élaborer la structure d'une base de données satisfaisant à ces différentes contraintes en utilisant le cadre conceptuel appelé « entités-associations ». J'ai donc conçu un modèle conceptuel permettant d'intégrer, sous forme de « classes d'entités » et de « classes d'association », toutes les informations voulues, puis construit un modèle logique relationnel définissant les tables à prévoir et les propriétés des différents champs à faire figurer dans ces tables, et enfin réfléchi aux intitulés à proposer pour le remplissage des champs dont les valeurs doivent être sélectionnées parmi des listes fermées.

Une fois ce travail de conception effectué, j'ai encodé la structure à laquelle j'avais abouti dans le système de gestion de bases de données relationnelles MariaDB, en utilisant l'interface graphique d'administration de bases de données phpMyAdmin, ainsi que, dans les cas où les fonctionnalités prédéfinies de phpMyAdmin ne suffisaient pas, le langage informatique SQL.

À l'issue de ce travail d'encodage, la base de données existe et est en théorie parfaitement utilisable. Cependant, la manipuler sous cette forme, directement dans l'interface graphique phpMyAdmin, est particulièrement malaisé étant donnée la complexité de sa structure d'ensemble, le nombre de tables dans lesquelles il faut intervenir au moindre ajout de donnée, et le nombre de points à vérifier en permanence en ayant en tête le schéma conceptuel. En conséquence, bien que cela soit dispensable dans l'absolu, il m'a semblé souhaitable et même nécessaire de doter la base de données d'une interface utilisateur Web qui, d'une part, soit plus agréable et plus fluide à utiliser, et, d'autre part, masque dans son code source la structure interne, les aspects techniques liés à l'écriture ou la lecture des données et les vérifications de cohérence. Afin de pouvoir ajuster au mieux cette interface à mes besoins et d'être en mesure d'y mettre en place toutes les fonctionnalités qui me semblent utiles, j'ai fait le choix de la coder à la main plutôt qu'en utilisant un outil « tout fait », en utilisant les langages informatiques HTML, pour l'organisation du contenu du site Web renfermant l'interface, CSS, pour la modification de l'apparence de ce site, PHP, pour la gestion des liens entre le site et la base de données, SQL, pour l'exécution de requêtes dans la base de données, et JavaScript, pour la mise en place de quelques fonctionnalités additionnelles.

En dépit de mes efforts, la conception puis la création de cette base de données et de son interface se sont avérées représenter un travail colossal et demander un temps démesuré par rapport à celui dont dispose un doctorant. Ainsi, si j'ai, comme indiqué plus haut, terminé la conception de la structure et son encodage informatique décrits dans les deux premiers paragraphes, j'ai été obligée, après plusieurs centaines d'heures de travail, de me rendre à l'évidence que l'interface Web présentée dans le troisième paragraphe, dont j'ai réalisé environ un tiers, ne pourrait être achevée qu'après la fin de ma thèse, et probablement collectivement.

Dans l'attente que la base de données voie le jour et puisse être présentée sous sa forme effective, il m'a semblé intéressant de faire figurer dans la thèse les réflexions à la fois conceptuelles et techniques que j'ai menées à son sujet, qui constituent l'un des axes de travail qui m'ont le plus occupée au cours de mon doctorat et qui ont profondément façonné ma manière d'aborder la question des diagrammes. Les détails devenant vite très techniques et très longs, j'ai regroupé toute cette présentation sous forme d'une documentation complète dans l'annexe E, qui fournit entre autres les modèles conceptuel et logique complets, décrit plus précisément

les différents outils mobilisés et montre des extraits de code informatique, et que j'invite en conséquence les lecteurs intéressés à consulter pour se faire une image plus concrète de ce que j'ai décrit de manière très générale dans cette section.

En revanche, pour revenir au sujet initial de ce chapitre, le fait que la création de l'interface utilisateur de la base de données ne soit pas encore achevée signifie que je n'ai pas pu utiliser cette dernière pour dégager des tendances à l'intérieur du corpus et dénombrer les tablettes ou les diagrammes présentant certaines propriétés qui m'intéressent. Les données exposées ci-après ont en conséquence été compilées manuellement, ce qui restait heureusement possible compte tenu de la taille raisonnable du groupe de documents étudié mais ne m'a pas permis d'explorer certains aspects de manière aussi approfondie que je l'avais initialement prévu.

I.3.2. Répartition géographique et chronologique

Ces précisions ayant été données, passons maintenant à la présentation d'ensemble du corpus elle-même. Avec la définition que j'ai retenue, les sources que j'ai consultées, la démarche que j'ai adoptée, et les choix que j'ai faits concernant les cas litigieux, j'ai recensé au total – et listé dans les deux parties du catalogue qui se trouvent dans les sections I.2.1. et I.2.3. – 63 tablettes paléo-babyloniennes éditées comportant un ou des diagrammes mathématiques, pour un total de 180 diagrammes entièrement ou partiellement préservés. Une première question naturelle qui se pose est celle du contexte de ces tablettes.

I.3.2.1. Difficultés à connaître l'origine des tablettes du corpus

Malheureusement, bien que les tablettes d'argile constituant le corpus soient des objets archéologiques, sortis de terre il y a moins de cent-cinquante ans, leur contexte est rarement connu. En effet, la plupart d'entre elles ont été exhumées non pas lors de fouilles répondant aux exigences scientifiques actuelles, mais soit lors de fouilles anciennes dans le cadre desquelles une main d'œuvre non qualifiée creusait à toute vitesse de grandes tranchées pour amasser le plus de documents écrits possible sans prendre le temps de noter les renseignements qui auraient pu être rassemblés au moment de leur découverte, soit, pire, pour un très grand nombre d'entre elles, lors de pillages des sites archéologiques par des personnes dont le seul objectif était de revendre les objets ainsi trouvés sur le marché des antiquités afin d'en tirer de l'argent, le plus souvent en dissimulant leur origine.¹²²

Cette situation a pour conséquence non seulement que nous avons très rarement accès à des informations archéologiques précises sur ces tablettes, en particulier leur locus exact au sein des sites, leur couche stratigraphique, ou encore la liste des documents qui se trouvaient au même endroit, mais, surtout, qu'il en existe un très grand nombre pour lesquelles nous ne connaissons même pas la ville de provenance ! Nous en sommes alors réduits à tenter de reconstituer leur contexte à partir d'indices indirects de diverses natures : des indices *muséologiques*, exploitant le fait que la reconstitution de la manière dont les collections de tablettes cunéiformes ont été formées et inventoriées dans les musées peut parfois permettre d'identifier des documents ayant appartenu à un même lot, des indices *onomastiques* et *prosopographiques*, exploitant le fait que certains noms propres et en particulier certains noms de personnes – au demeurant très rares dans les textes mathématiques – ne sont attestés qu'à certains endroits et/ou certains moments, des indices *paléographiques*, exploitant le fait que l'apparence visuelle

122. On pourra par exemple se reporter à la première partie de [DESSAGNES2017], pages 22 à 74, au sujet de l'histoire des fouilles au Proche-Orient, ainsi qu'à [PROUST2007], pages 29 à 41, pour une présentation plus précise de l'histoire de l'exhumation des tablettes mathématiques dans le cas du site de Nippur.

de l'écriture cunéiforme a beaucoup varié au cours des trois millénaires et au sein de la vaste zone où elle a été utilisée, des indices *orthographiques*, exploitant le fait que certains sons ont eu tendance à ne pas être écrits au moyen des mêmes signes dans toutes les régions et à toutes les époques, ou des indices *terminologiques*, exploitant le fait que certains termes du vocabulaire mathématique sont propres à certains groupes de textes.¹²³ Or, bien que la liste soit relativement longue, supposer la provenance et la datation des tablettes à partir de ces différents indices n'est ni toujours fiable, ceux-ci étant des indicateurs de tendances générales et non des critères infaillibles, ni même toujours possible, certaines tablettes ne présentant aucun élément permettant d'explorer l'une des pistes mentionnées. . .

1.3.2.2. Quelques éléments de répartition géographique

Parmi les 63 tablettes qui composent mon corpus, seulement 16, soit environ un quart, proviennent de fouilles archéologiques officielles, plus ou moins récentes, et ont donc une origine connue avec certitude. De plus, parmi les autres, seulement 19, soit à nouveau à peine plus d'un quart de l'ensemble, présentent des caractéristiques qui ont permis aux historiens des mathématiques cunéiformes d'émettre une hypothèse, plus ou moins fondée selon les cas, sur la ville dans laquelle elles pourraient avoir été produites. Cela signifie ainsi que près de la moitié des documents du corpus ont une provenance totalement inconnue, comme résumé visuellement par le graphique de la figure I.30 ci-dessous.

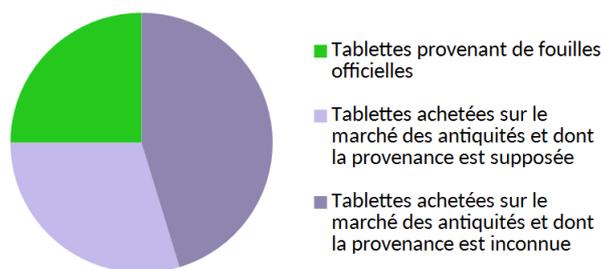


FIGURE I.30. Connaissance de la provenance des tablettes paléo-babyloniennes comportant des diagrammes mathématiques

Néanmoins, le peu d'informations que nous avons nous permet de constater que des tablettes mathématiques faisant apparaître des diagrammes ont été produites aussi bien dans la partie méridionale de la Babylonie (Nippur, correspondant au site actuel de Nuffar, Kisurra, correspondant au site de Tell Abū Ḥaṭab, probablement Uruk, correspondant au site de Warka, et peut-être Larsa, correspondant au site de Tell as-Senkereh) que dans sa partie septentrionale (Sippar, ou plus précisément Sippar-Yaḥrurum, correspondant au site actuel de Tell Abū Ḥabba, et Kiš, correspondant au site de Tell al-Uḥaimir), ainsi que dans deux de ses régions voisines, l'Élam à l'est (Suse, correspondant au site actuel de Šuš) et la vallée de la Diyala au nord-est (Nērebtum, correspondant au site actuel de Tell Iščāli, Šaduppûm, correspondant au site de Tell Abū Ḥarmal, Zaralulu, correspondant au site de Tell aḏ-Dibā'ī, et Mē-Turran, correspondant au site de Tell Ḥaddād).¹²⁴ La carte de la figure I.31 permet de situer ces dif-

123. Le recours aux indices muséologiques est illustré par l'ensemble de la thèse [DESSAGNES2017]. Le principe général des indices paléographiques est expliqué dans l'introduction du syllabaire [LABAT2011], pages 1 à 7, et un exemple d'étude de cas dans ce domaine est [BIGGS1973]. Enfin, le recours aux indices orthographiques et terminologiques dans le cadre des textes mathématiques sera présenté dans la section IV.2.2.2 et l'annexe C.

124. J'utilise pour les noms de villes et de sites archéologiques les orthographes retenues dans les différents articles dédiés de l'encyclopédie de référence *Reallexikon der Assyriologie*, à l'exception du mot « Tell » ou « Tall » que je rends toujours de la première manière afin d'homogénéiser les désignations.

férentes villes, et le graphique de la figure I.32 à sa suite montre le nombre de tablettes qui proviennent avec certitude ou semblent provenir de chacune d'entre elles.

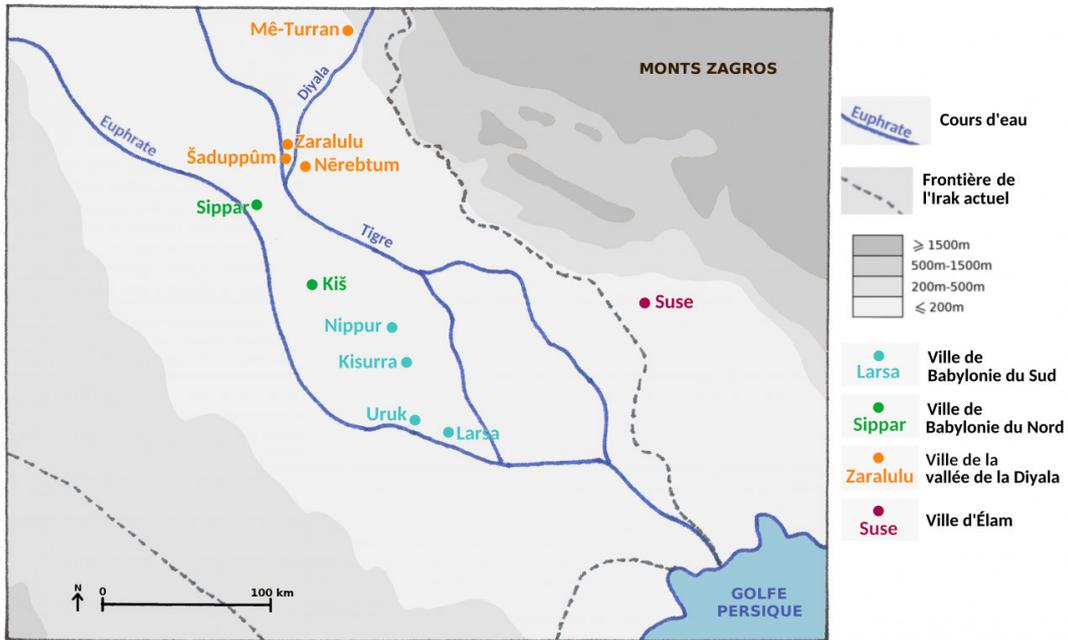


FIGURE I.31. Carte du Proche-Orient ancien faisant apparaître les villes dont proviennent des tablettes paléo-babyloniennes éditées comportant des diagrammes mathématiques¹²⁵

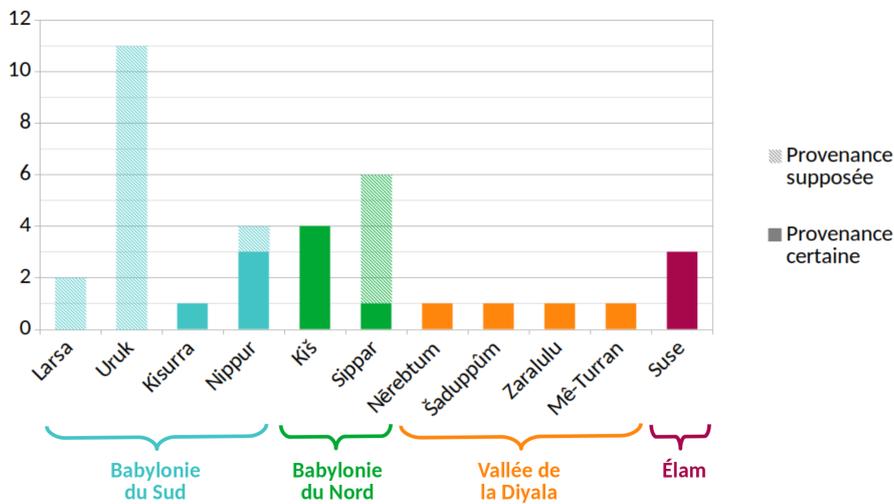


FIGURE I.32. Provenance des tablettes paléo-babyloniennes éditées comportant des diagrammes mathématiques (lorsque celle-ci est connue ou au moins supposée)

Bien que les données soient très partielles, cette observation est intéressante car elle révèle que produire des diagrammes dans le cadre d'une activité mathématique n'était, à l'époque paléo-babylonienne, pas un phénomène local dû à un groupe d'individus en particulier ou limité à une ville ou une petite région, mais bien une pratique répandue, que l'on retrouve dans de nombreuses villes différentes à travers l'ensemble de la Babylonie et même au delà.

125. Cette carte a été réalisée à partir d'un fond créé par M. Sauvage.

1.3.2.3. Quelques éléments de répartition chronologique

La répartition chronologique des tablettes du corpus est encore plus délicate à discuter que leur répartition géographique, dans la mesure où, d'une part, presque aucune de celles qui sont issues de fouilles officielles n'a un contexte archéologique documenté de façon suffisamment précise pour pouvoir être datée sur cette base, et, d'autre part, les critères paléographiques, orthographiques et terminologiques permettent en général assez facilement d'attribuer des textes à l'époque paléo-babylonienne de manière convaincante mais ne fournissent que très exceptionnellement des renseignements sur un moment de production plus précis à l'intérieur de cette période.

Tout ce qu'il est possible d'affirmer est ainsi que certaines tablettes du corpus datent nécessairement du début de l'époque paléo-babylonienne puisqu'elles proviennent de villes de l'extrême Sud mésopotamien qui ont été abandonnées sous le règne du roi Samsu-iluna, autour de 1740 avant notre ère dans la chronologie que les assyriologues qualifient de « chronologie moyenne », tandis que d'autres semblent dater de la fin de cette période puisqu'elles présentent une écriture dont l'apparence tend à se rapprocher de celle des époques plus tardives.¹²⁶

Cela montre que produire des diagrammes dans le cadre d'une activité mathématique n'a pas non plus été, au Proche-Orient ancien, un phénomène ponctuel dans le temps, qui se serait manifesté à un moment donné puis aurait rapidement disparu, mais au contraire une pratique qui – même si nous manquons d'éléments précis à ce sujet – semble s'être étendue sur l'ensemble de l'époque paléo-babylonienne, et est d'ailleurs également attestée, comme je l'ai précisé dans la section I.2.4.3, à la fois avant et après cette dernière.

1.3.3. Répartition par type et par genre

Une fois le contexte clarifié, une deuxième question naturelle qui se pose au sujet des diagrammes mathématiques paléo-babyloniens formant mon corpus est celle des « sortes » de documents dans lesquels ils apparaissent.¹²⁷

1.3.3.1. Quelques généralités sur la présence de diagrammes

Un premier point basique qui mérite d'être relevé, bien qu'il soit déjà ressorti très clairement étant donnée la manière dont j'ai structuré mon catalogue, est que ces diagrammes mathématiques peuvent apparaître aussi bien sur des tablettes comportant un texte discursif auquel ils se rapportent que sur des tablettes n'en comportant pas, dans des proportions comparables aussi bien en termes de nombre de tablettes qu'en termes de nombre de diagrammes, comme illustré, pour le premier cas, par le graphique de la figure I.33 ci-après.

Par ailleurs, une autre remarque élémentaire qui mérite d'être faite est que l'on peut rencontrer sur les tablettes mathématiques aussi bien un unique diagramme, ce qui semble se produire dans environ la moitié des cas bien qu'il soit délicat d'avancer une proportion exacte étant donné l'état incomplet de nombreuses tablettes du corpus, que plusieurs, jusqu'à une quinzaine ou même une trentaine. De plus, le nombre de diagrammes par tablette ne semble pas être lié au fait qu'un texte soit présent ou non. Le graphique de la figure I.34 inséré plus bas donne quelques indications quantitatives à ce sujet.

126. On trouvera facilement dans les tableaux des sections I.2.1.1 et I.2.3.1 des exemples de tablettes relevant de l'un et l'autre des deux cas mentionnés. Par ailleurs, on pourra par exemple consulter [LAFONT&al2017] pages 349 à 350 au sujet de l'abandon des villes du Sud de la Mésopotamie.

127. J'emploie volontairement ici le terme peu élégant de « sorte », ceux de « type » et de « genre » ayant déjà un sens particulier auquel j'aurai besoin de faire appel dans cette section.

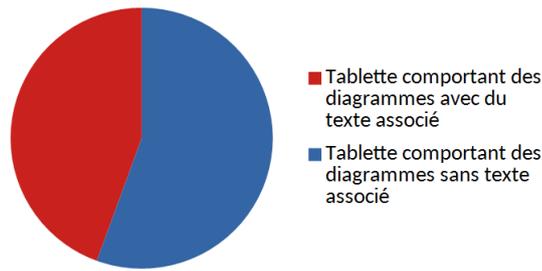


FIGURE I.33. Présence de texte associé aux diagrammes mathématiques paléo-babyloniens

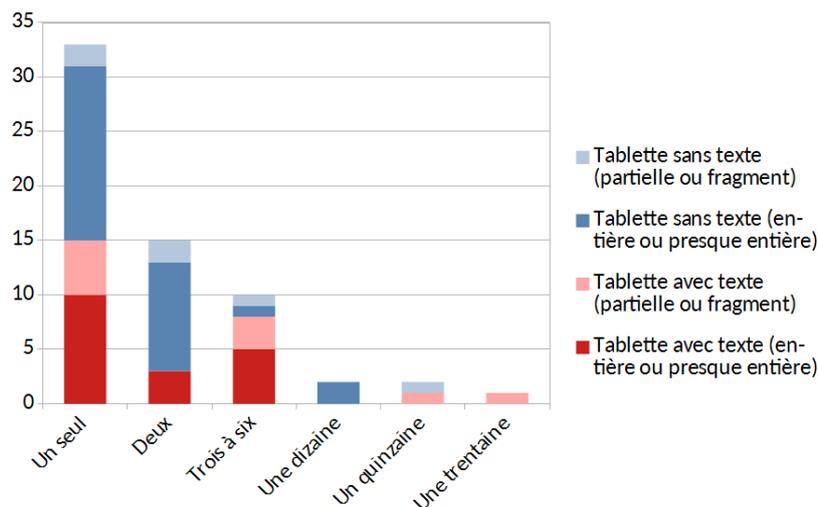


FIGURE I.34. Nombre de diagrammes mathématiques apparaissant sur les tablettes paléo-babyloniennes

1.3.3.2. Quelques éléments de répartition selon les types de tablettes

On constate par ailleurs que les diagrammes mathématiques apparaissent sur des tablettes ayant des formats et des mises en page variés. Pour reprendre la typologie relativement standard utilisée par les assyriologues, sur laquelle je reviendrai plus en détail dans la section II.1.2.3 du chapitre suivant, on en rencontre aussi bien sur de petites tablettes lenticulaires ou carrées pouvant être tenues dans la paume de la main, les tablettes « de type IV » et « de type L », que sur d'étroites tablettes rectangulaires dont le contenu est organisé sur une seule colonne, les tablettes « de type S », et de plus grandes tablettes rectangulaires divisées en plusieurs colonnes, les tablettes « de type M ». Les deux premiers types cités se rencontrent principalement dans le cas des tablettes comportant des diagrammes sans texte et les deux derniers principalement dans le cas des tablettes comportant des diagrammes accompagnés de texte, mais, pour trois d'entre eux, sans leur être exclusifs. Les graphiques de la figure I.35 sur la page suivante illustrent cette diversité.

1.3.3.3. Quelques éléments de répartition selon les genres de contenus de tablettes

Enfin, on remarque, même si j'y reviendrai, là encore, plus en détail dans la section III.2.1.1, que l'on rencontre des diagrammes mathématiques sur des tablettes dont le contenu relève de genres relativement variés. Les tablettes comportant à la fois des diagrammes et du texte ne contiennent certes jamais de listes ou de tables numériques ou métrologiques, ce qui n'est au demeurant guère surprenant, mais peuvent en revanche contenir aussi bien un ou plusieurs

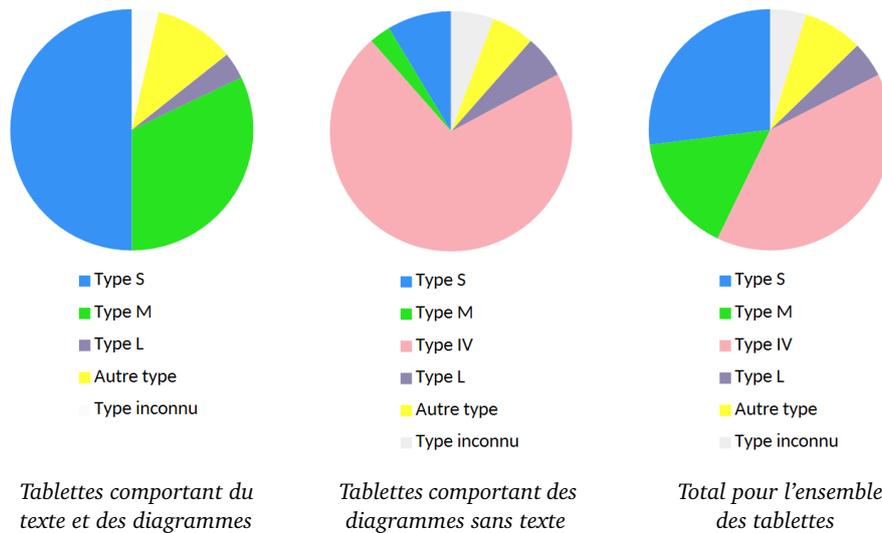


FIGURE I.35. Types de format et de mise en page des tablettes paléo-babyloniennes sur lesquelles apparaissent des diagrammes mathématiques

problèmes mathématiques résolus qu'un catalogue d'énoncés de problèmes mathématiques. Les tablettes comportant des diagrammes seuls sont plus difficiles à classer, en partie car elles ont été moins étudiées, mais me semblent relever d'au moins trois genres bien différents, que je qualifie d'« exercices », de « figures » et de « séries de diagrammes » et que je définirai plus loin. Les graphiques de la figure I.36 illustrent la répartition entre ces différents genres.

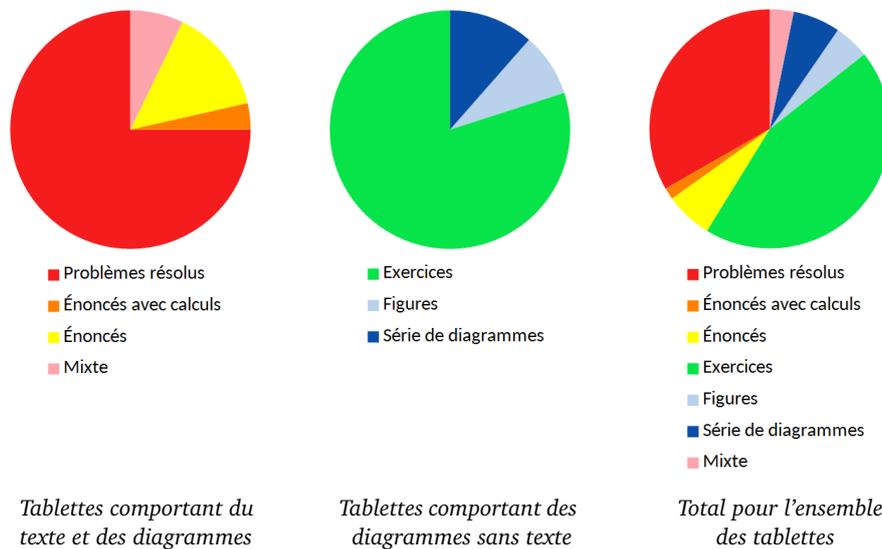


FIGURE I.36. Genres de contenu des tablettes paléo-babyloniennes sur lesquelles apparaissent des diagrammes mathématiques

Cette observation est à nouveau intéressante car elle montre que l'utilisation de diagrammes mathématiques n'était, à l'époque paléo-babylonienne, pas une pratique spécifiquement liée à un genre de contenu mais plutôt un mode d'expression relativement général qui pouvait être mobilisé dans des situations variées.

I.3.4. Observations sur les configurations géométriques et les inscriptions

Enfin, une troisième question basique qui se pose naturellement au sujet des diagrammes mathématiques paléo-babyloniens constituant mon corpus est celle de savoir, de manière très générale, comment ils se présentent. Il se trouve que j'ai été amenée à entamer cette discussion dans la section I.2.2. au sujet des diagrammes accompagnés d'un texte afin de pouvoir justifier la manière dont j'ai délimité le périmètre de mon étude, et il me semble utile de revenir rapidement ici sur les points abordés à cette occasion en fournissant cette fois des données portant sur l'intégralité du corpus.¹²⁸

I.3.4.1. Quelques données sur la nature des configurations géométriques montrées

Tout d'abord, les diagrammes mathématiques produits en Babylonie à l'époque paléo-babylonienne que j'ai recensés dans mon catalogue montrent, qu'ils soient ou non accompagnés de texte, et si l'on exclut la tablette un peu particulière BM 15285 que j'ai déjà présentée dans la section I.2.2.6 et sur laquelle je ne reviens pas ici, seulement six formes géométriques élémentaires différentes, qui sont, par fréquence décroissante :

- des trapèzes, dans une cinquantaine de diagrammes répartis sur 20 à 22 tablettes,
- des triangles, dans une quarantaine de diagrammes répartis sur 16 à 18 tablettes,
- des cercles, dans une vingtaine de diagrammes répartis sur 14 à 15 tablettes,
- des rectangles, dans une dizaine de diagrammes répartis sur 5 à 7 tablettes,
- des carrés, dans une demi-douzaine de diagrammes répartis sur 4 tablettes,
- des segments de cercle, dans trois diagrammes répartis sur 3 tablettes.

Autrement dit, ces diagrammes font intervenir des formes géométriques élémentaires très simples et en nombre très limité, comme résumé par le graphique de la figure I.37 ci-dessous.¹²⁹

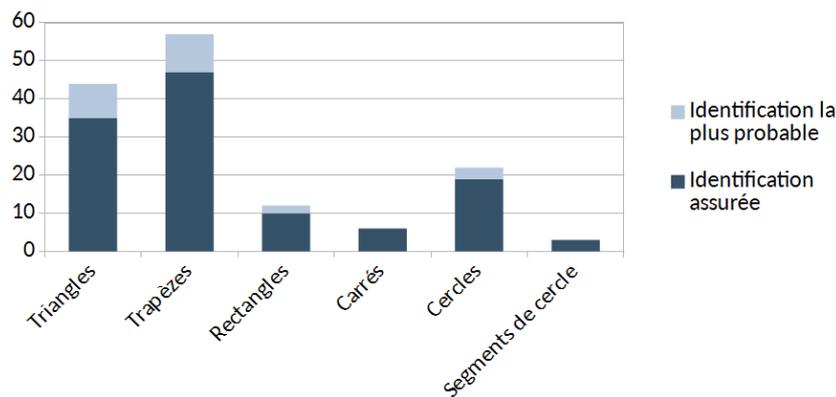


FIGURE I.37. Formes géométriques élémentaires montrées par l'ensemble des diagrammes mathématiques paléo-babyloniens de Babylonie (sauf ceux de BM 15285)

128. Ainsi que je l'avais signalé dans la section I.2.2., ces données sont à prendre comme des tendances générales, qu'il est bon de remarquer afin de s'imprégner de la documentation, et non comme de véritables « statistiques », qui n'auraient pas de sens d'une part pour les raisons évoquées dans la section I.2.2. et d'autre part car la deuxième partie du corpus a été délimitée à partir des propriétés de la première, ce qui introduit évidemment un biais.

129. Pour être tout à fait exacte, il me faut préciser que deux diagrammes sur lesquels j'ai déjà appelé l'attention, l'un accompagné de texte, YBC 4675 #A, et l'autre non accompagné de texte, YBC 3892 #A, pourraient éventuellement montrer des quadrilatères irréguliers plutôt que les trapèzes mal dessinés que j'ai proposé d'y voir, et qu'un diagramme non accompagné de texte, MS 1938/2 #B, présente entre autres des tracés qui pourraient peut-être correspondre à une partie d'hexagone. Cependant, ces identifications me paraissent trop incertaines pour être retenues et n'altéreraient de toute manière que très modérément l'image d'ensemble.

De plus, les remarques que j'avais faites dans le cas des diagrammes associés à un texte concernant la forme plus précise des triangles et des trapèzes, à savoir que les triangles sont toujours dessinés avec l'un de leurs trois côtés assez nettement plus court que les deux autres, que les trapèzes sont toujours dessinés avec leurs deux bases plus courtes que leurs deux autres côtés, et qu'à la fois les trapèzes et les triangles sont souvent dessinés comme plutôt rectangles ou plutôt isocèles sans pour autant que cela ne soit systématique, se confirment à l'échelle du corpus dans son ensemble – à l'exception de quelques rares triangles dessinés comme équilatéraux sur des tablettes comportant des diagrammes sans texte.¹³⁰

Ensuite, les formes géométriques montrées par les diagrammes mathématiques considérés se limitent dans la très grande majorité des cas à l'une des formes géométriques élémentaires citées, seule, et ne consistent dans les rares autres cas qu'en des assemblages relativement simples faisant soit intervenir plusieurs formes géométriques élémentaires de même nature placées de manière concentrique (cercles concentriques, triangles concentriques, rectangles concentriques, segments de cercle concentriques), soit, mais plus marginalement et uniquement dans des diagrammes non accompagnés de texte, des formes géométriques élémentaires de deux natures différentes placées les unes à l'intérieur des autres (cercle à l'intérieur d'un rectangle) ou inscrites les unes dans les autres (carré inscrit dans un cercle, triangle inscrit dans un cercle, quatre cercles tangents inscrits dans un carré). Les graphiques de la figure I.38 ci-dessous résument cette situation.

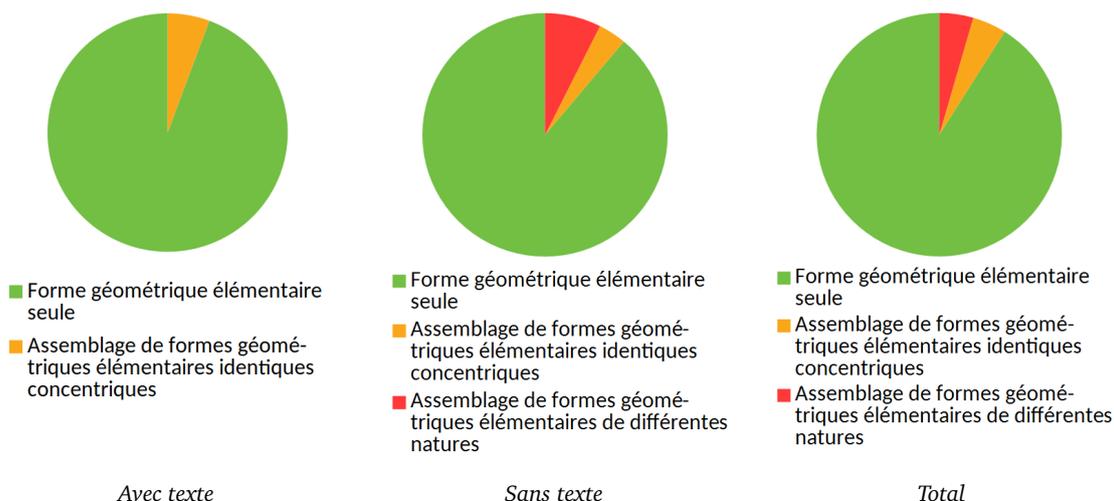


FIGURE I.38. Types de formes géométriques montrées par les diagrammes mathématiques paléo-babyloniens de Babylonie (sauf ceux de BM 15285)

Enfin, de nombreux diagrammes du corpus, à savoir plus précisément la grande majorité de ceux qui sont accompagnés d'un texte et un peu moins de la moitié de ceux qui ne le sont pas, montrent des configurations géométriques dans lesquelles les formes géométriques énumérées dans le paragraphe précédent sont dotées d'une ou plusieurs lignes intérieures, mais la liste de celles-ci est relativement courte. Avec le vocabulaire introduit dans la section I.2.2.1, on rencontre uniquement de nombreuses transversales (dans des triangles, trapèzes et peut-être rectangles), quelques longitudinales (dans un triangle et un rectangle), un certain nombre de

130. Les exceptions mentionnées sont celles des diagrammes MS 2192 #A et MS 3051 #A. Je discuterai par ailleurs dans le chapitre III la question de savoir si le fait qu'un triangle ou un trapèze semble dessiné comme plutôt rectangle ou plutôt isocèle peut réellement être considéré comme significatif.

diagonales (dans des rectangles, des carrés et les bandes d'un trapèze), quelques diamètres (dans des cercles et, incomplets, dans un ensemble de segments de cercle) et enfin quelques cordes (dans des cercles) – auxquelles il faut rajouter, pour un unique diagramme montrant deux triangles concentriques, le cas plus original de lignes rejoignant, dans le prolongement des côtés du triangle intérieur, les sommets de ce dernier aux bords du triangle extérieur. Les graphiques de la figure I.39 ci-dessous précisent la fréquence de chacun de ces types de lignes intérieures pour chaque type de configuration géométrique.

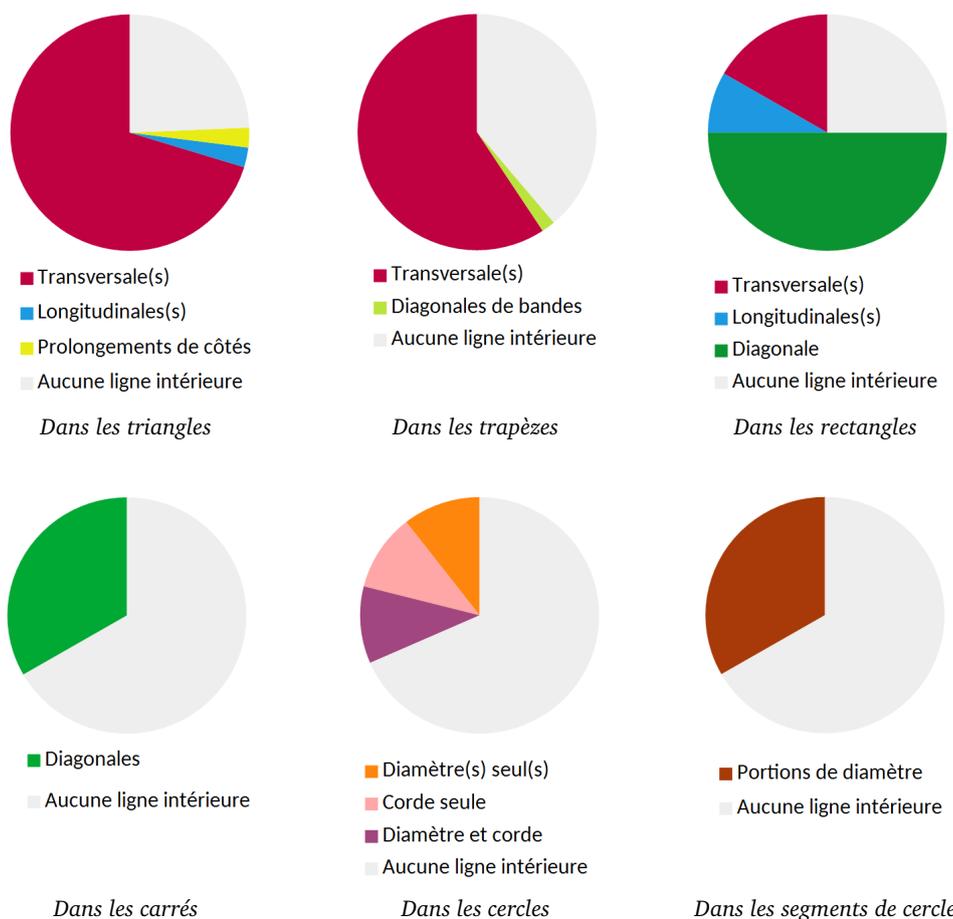


FIGURE I.39. Lignes intérieures présentes dans les configurations géométriques montrées par les diagrammes mathématiques paléo-babyloniens de Babylonie (sauf ceux de BM 15285)

Au final, il apparaît que, bien que les diagrammes non accompagnés de texte présentent un peu plus de diversité que ceux accompagnés d'un texte, les configurations géométriques montrées par le corpus appartiennent à un répertoire qui reste relativement restreint.

I.3.4.2. Quelques données sur l'orientation des configurations géométriques montrées

Nous avons vu dans la section I.2.2.2 que les diagrammes mathématiques paléo-babyloniens de Babylonie accompagnés de texte, lorsque l'on tient les tablettes sur lesquelles ils apparaissent de façon à ce que ce texte puisse être lu dans la direction habituelle, sont presque toujours dessinés avec la même orientation. Cet aspect est un peu plus difficile à étudier dans le cas des diagrammes non accompagnés de texte puisque ceux-ci se trouvent sur des tablettes que l'on pourrait a priori tenir dans n'importe quel sens, mais il s'avère en fait que l'on parvient

à déterminer pour la grande majorité d'entre eux une orientation probable, soit en considérant les différents diagrammes d'une même tablette les uns par rapport aux autres lorsqu'il y en a plusieurs, soit simplement en essayant de les tourner de manière à ce que le plus grand nombre possible de leurs inscriptions se lisent horizontalement de gauche à droite – puisque nous avons vu que c'était de loin la direction la plus courante –, comme je l'ai d'ailleurs fait pour choisir le sens dans lequel faire figurer les photographies et les schémas dans le tableau de la section I.2.3.2. En faisant cela, on constate alors que ceux-ci sont globalement orientés de la même manière que ceux accompagnés de texte, mais avec néanmoins quelques petites variations.

Les triangles apparaissent toujours couchés et pointant vers la droite, à l'exception de ceux de deux diagrammes accompagnés de texte qui apparaissent couchés mais pointant vers la gauche afin de respecter l'orientation usuelle de l'objet concret qu'ils représentent.¹³¹ De plus, dans presque tous les cas où des triangles sont dessinés comme plutôt rectangles, leur angle droit est positionné en haut de la base.

Les trapèzes apparaissent également presque toujours couchés et pointant vers la droite, à l'exception d'une part de ceux de quatre diagrammes accompagnés de texte qui apparaissent couchés mais pointant vers la gauche afin de respecter – au moins pour trois d'entre eux – l'orientation de l'objet concret qu'ils représentent et d'autre part de celui d'un diagramme non accompagné de texte qui semble plutôt dressé et pointant vers le haut.¹³² De plus, dans la quasi-totalité des cas où des trapèzes sont dessinés comme plutôt rectangles, les angles droits sont positionnés en haut de leurs bases.

Les rectangles sont le plus souvent dessinés couchés, mais il arrive également dans un diagramme accompagné de texte et deux diagrammes non accompagnés de texte, ce qui représente une proportion non négligeable des occurrences, qu'ils apparaissent au contraire dressés, sans raison clairement identifiable pour l'expliquer.¹³³ En revanche, à chaque fois qu'une diagonale est présente à l'intérieur d'un rectangle, il s'agit, sans aucune exception, de celle reliant le sommet supérieur gauche au sommet inférieur droit.

Dans la mesure où les configurations géométriques comportant des carrés présentent toutes une forte symétrie, il n'est pas possible de décrire leur orientation. La seule chose que l'on peut constater est que, dans la plupart des cas où il y a des indices permettant de le déterminer, ceux-ci semblent posés sur l'un de leurs côtés plutôt que sur l'un de leurs sommets.¹³⁴

L'orientation des configurations géométriques faisant intervenir des cercles ne peut être étudiée que lorsque des lignes intérieures y sont présentes, c'est-à-dire pour un peu moins de la moitié d'entre elles. Les diagrammes accompagnés de texte qui remplissent cette condition font toujours apparaître au moins l'une de leurs lignes intérieures verticale. Ce n'est pas le cas de l'unique diagramme non accompagné de texte qui la remplit, et qui semble quant à lui

131. Les références des deux exceptions citées sont données dans la section I.2.2.2 ci-dessus.

132. Les références des quatre premières exceptions citées sont données dans la section I.2.2.2 ci-dessus. La dernière exception est celle du diagramme MS 1938/2 #A, que j'ai d'ailleurs hésité à inclure dans le corpus étant donné qu'il présente, en plus de cette particularité, des inscriptions dont le contenu n'est pas standard.

133. La référence de la première exception citée est donnée dans la section I.2.2.2 ci-dessus. Les deux autres exceptions sont celles du diagramme MS 3041 #A, que j'ai toutefois hésité à inclure dans le corpus dans la mesure où il présente, en plus de cette particularité et tout comme le diagramme MS 1938/2 #A mentionné dans la note précédente, des inscriptions dont le contenu n'est pas standard, ainsi que du diagramme YBC 7352 #B.

134. Il y a seulement un doute concernant le diagramme YBC 7289 #A, que l'on est tenté de considérer comme placé sur l'un de ses sommets étant donnée l'orientation de ses inscriptions.

plutôt présenter ses deux diamètres obliques, mais les diamètres en question se trouvent être en même temps des diagonales d'un carré, ce qui pourrait expliquer cette particularité.¹³⁵

Enfin, les diagrammes montrant des segments de cercle sont très peu nombreux, mais malgré cela répartis entre deux orientations différentes, deux étant dessinés couchés avec leur arrondi dirigé vers le haut et le dernier dressé avec son arrondi dirigé vers la gauche.

Au final, bien que l'image qui se dégage en prenant en compte l'ensemble du corpus soit moins claire que celle qui avait émergé pour le groupe formé des seuls diagrammes accompagnés d'un texte, il apparaît que les différentes configurations géométriques montrées sont globalement dessinées avec des orientations relativement régulières. Les graphiques de la figure I.40 ci-dessous résument visuellement la fréquence de chacune des orientations évoquées.

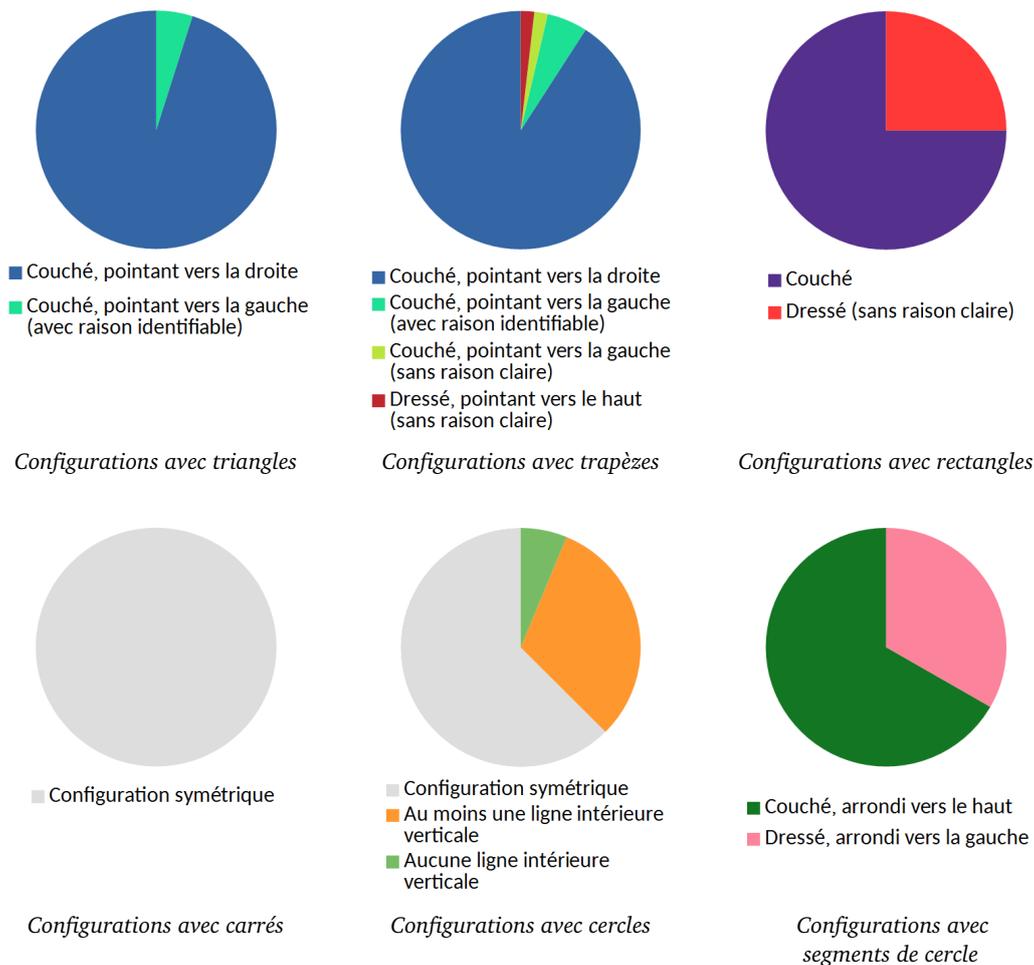


FIGURE I.40. Orientation des configurations géométriques montrées par les diagrammes mathématiques paléo-babyloniens de Babylonie (sauf ceux de BM 15285)

1.3.4.3. Quelques données sur la nature des inscriptions

Les diagrammes mathématiques paléo-babyloniens de Babylonie comportent par ailleurs très fréquemment des inscriptions, de manière systématique pour ceux qui sont accompagnés

135. Le diagramme évoqué est le diagramme MS 3050 #A.

d'un texte et dans près de 90% des cas pour ceux qui ne le sont pas, comme montré par les graphiques de la figure I.41 ci-dessous.¹³⁶ Pour les uns comme pour les autres, ces inscriptions peuvent de plus être très nombreuses sur un même diagramme, jusqu'à une quinzaine ou même une vingtaine.¹³⁷

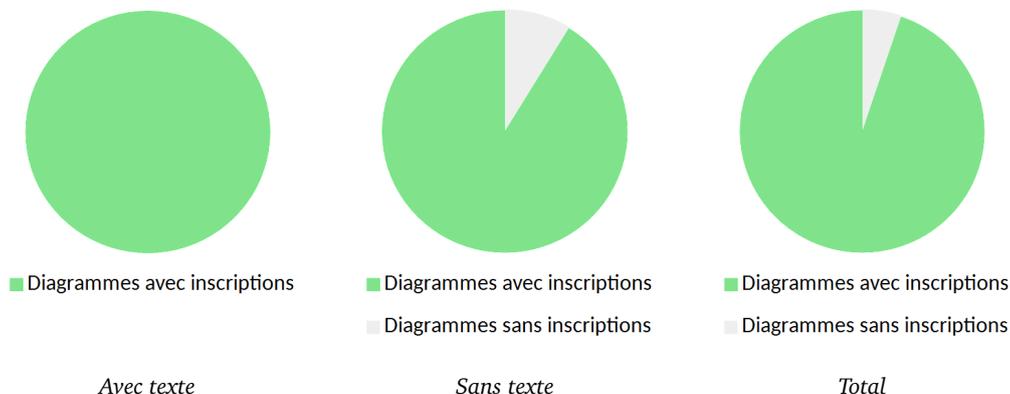


FIGURE I.41. Présence d'inscriptions sur les diagrammes mathématiques paléo-babyloniens de Babylonie (sauf ceux de BM 15285)

En termes de contenu, ces inscriptions consistent majoritairement en des nombres seuls et alternativement en des nombres associés à des groupes nominaux dans le cas des diagrammes accompagnés d'un texte, et exclusivement en des nombres seuls dans le cas des diagrammes non accompagnés de texte, comme montré par les graphiques de la figure I.42 ci-dessous.

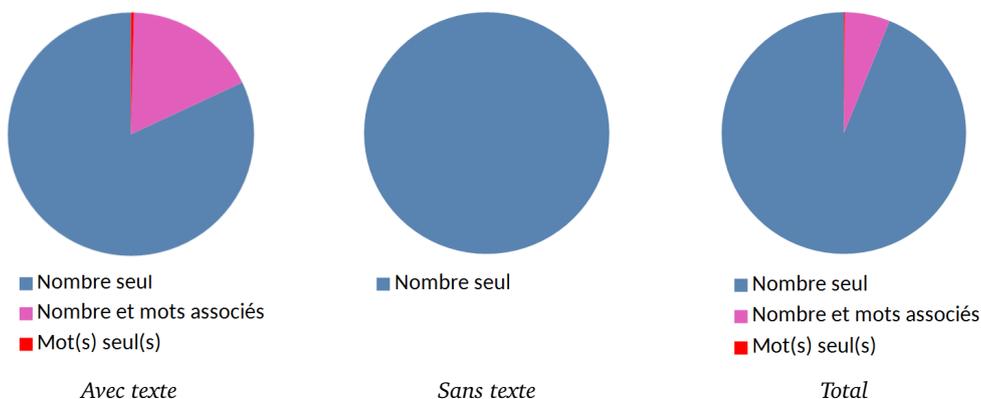


FIGURE I.42. Contenu des inscriptions présentes sur les diagrammes mathématiques paléo-babyloniens de Babylonie (sauf ceux de BM 15285)

Les nombres apparaissant dans les inscriptions sont dans la quasi-totalité des cas soit clairement écrits dans le système de numération sexagésimal positionnel flottant soit écrits d'une

136. Le fait que certains diagrammes non accompagnés de texte n'aient aucune inscription alors que tous ceux accompagnés de texte en sont pourvus peut entre autres s'expliquer par le fait que, comme cela apparaîtra progressivement dans la suite, certains d'entre eux semblent être des sortes d'esquisses réalisées à titre de brouillon ou bien des exercices inachevés.

137. J'ai déjà donné dans la note 60, page 65, des exemples de diagrammes accompagnés de texte qui comportent un grand nombre d'inscriptions. Pour ce qui est des diagrammes non accompagnés de texte, on peut notamment citer Ashm 1922.168 #A, CUNES 52-02-043 #A ou les différents diagrammes de la tablette Erm 15189.

manière qui peut entre autres correspondre à ce dernier système, et seules quelques rares exceptions sont écrites sous une autre forme, qui peut être soit une mesure complète soit une écriture relevant du système sexagésimal non positionnel appelé « système S », avec des tendances tout à fait comparables pour les diagrammes accompagnés et non accompagnés de texte, comme montré par les graphiques de la figure I.43 ci-dessous.

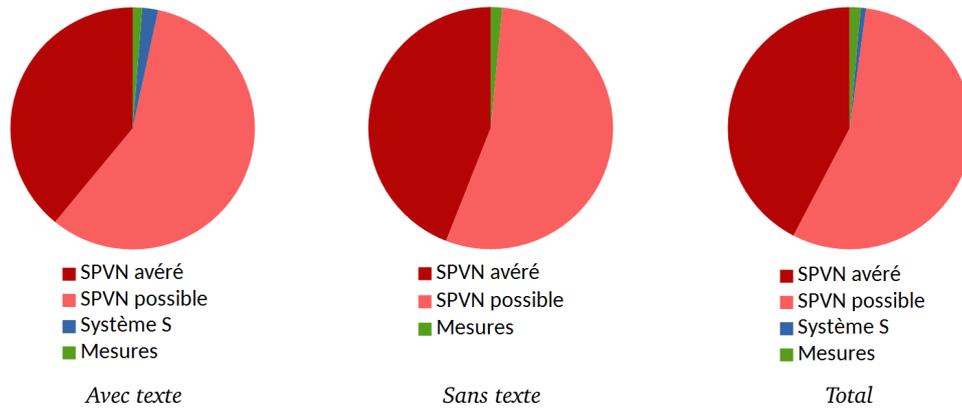


FIGURE I.43. Forme des nombres dans les inscriptions présentes sur les diagrammes mathématiques paléo-babyloniens de Babylonie (sauf ceux de BM 15285)

Enfin, afin que la description soit complète, et bien que ce point concerne uniquement les diagrammes associés à un texte discutés dans la section I.2.2.3, il me semble utile de rappeler brièvement ici que les mots figurant dans les inscriptions qui ne se limitent pas à des valeurs numériques sont presque toujours des termes techniques du vocabulaire mathématique écrits sous la forme de sumérogrammes, comme indiqué par les graphiques que j'ai déjà fournis et que je reproduis par commodité dans la figure I.44 ci-dessous.¹³⁸

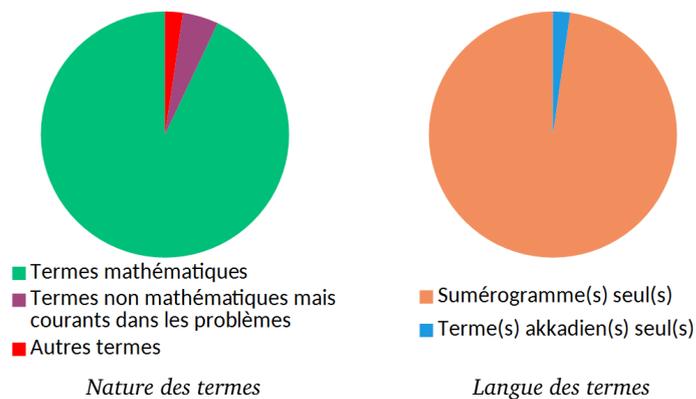


FIGURE I.44. Nature et langue des termes dans les inscriptions présentes sur les diagrammes mathématiques paléo-babyloniens de Babylonie (sauf ceux de BM 15285)

Au final, les contenus des inscriptions présentes sur les diagrammes considérés sont donc peu variés pour ceux accompagnés d'un texte et très peu variés pour ceux qui ne le sont pas.

138. On pourra se reporter à la section I.2.2.3 pour tous les détails à ce sujet, que je ne répète pas ici afin de limiter la redondance au strict minimum.

1.3.4.4. Quelques données sur la position des inscriptions

Enfin, les inscriptions présentes sur les diagrammes mathématiques paléo-babyloniens de Babylonie peuvent apparaître aussi bien à l'intérieur qu'à l'extérieur des formes géométriques qu'ils montrent. Dans la section I.2.2.4, nous avons vu que celles figurant sur des diagrammes accompagnés d'un texte étaient toujours écrites en suivant une direction parmi seulement trois différentes. Tout comme l'orientation des dessins, ce point est un peu plus délicat à étudier dans le cas des diagrammes qui ne sont pas accompagnés de texte, mais me semble toutefois pouvoir être abordé en procédant de la manière décrite dans la section I.3.4.2 ci-dessus. On constate alors que les trois orientations attestées dans le cas des diagrammes avec texte restent très majoritaires dans l'ensemble du corpus, avec un peu plus de deux tiers des inscriptions écrites horizontalement à l'endroit, environ un quart d'entre elles écrites verticalement de bas en haut et la plupart des autres écrites en oblique à l'endroit. On note également que deux nouvelles directions, qui n'étaient pas attestées dans le cas des diagrammes accompagnés d'un texte, à savoir des inscriptions écrites verticalement mais de haut en bas ou bien en oblique mais à l'envers, font leur apparition sur quelques diagrammes non accompagnés de texte ; toutefois, la petite dizaine d'inscriptions concernées, soit environ 2% du total, se trouvent sur seulement trois diagrammes différents, qui apparaissent tous sur des tablettes lenticulaires et montrent pour deux d'entre eux des configurations géométriques très symétriques qu'il peut être tentant de regarder « dans tous les sens », ce qui tempère un peu la différence qu'elles semblent constituer.¹³⁹

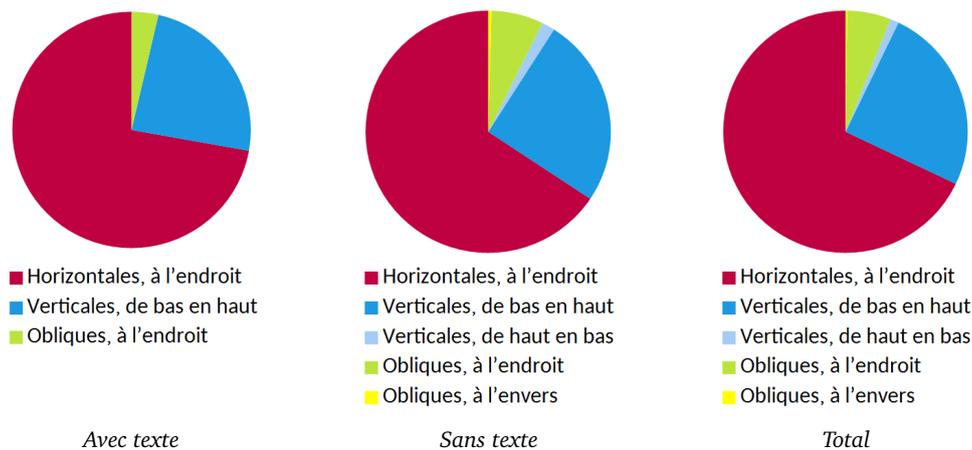


FIGURE I.45. Orientation des inscriptions présentes sur les diagrammes mathématiques paléo-babyloniens de Babylonie (sauf ceux de BM 15285)

Au final, les inscriptions présentes sur les diagrammes considérés apparaissent donc sur les dessins avec des directions qui ont tendance à être toujours les trois mêmes en dépit de quelques rares exceptions.

1.3.4.5. Quelques mots sur les diagrammes de régions voisines de la Babylonie

Les observations exposées ci-dessus concernent uniquement les diagrammes mathématiques produits en Babylonie – toujours à l'exception de ceux de la tablette BM 15285 déjà

139. Les inscriptions apparaissant avec les deux directions inhabituelles se trouvent sur les diagrammes MS 2192 #A, MS 3050 #A et MS 3908 #A, qui ont d'ailleurs en commun d'être toutes trois des tablettes lenticulaires conservées dans la collection Schøyen et pourraient peut-être être issues d'un même lot.

discutée dans la section I.2.2.6 – et pas ceux produits dans les deux régions voisines où l'on a également découvert, c'est-à-dire la vallée de la Diyala et l'Élam.

Les diagrammes provenant de la vallée de la Diyala que j'ai pu identifier sont tous accompagnés d'un texte, et je les ai donc, même si je ne l'ai pas présenté de cette manière à ce moment-là, déjà décrits dans la section I.2.2.6. Sans reprendre tous les détails, ces diagrammes présentent des caractéristiques globalement similaires à ceux de Babylonie, mais montrent quelques assemblages de formes géométriques élémentaires ainsi qu'un type de lignes intérieures qui n'y sont pas attestés, comme illustré par la figure I.21 de la section sus-mentionnée, et comportent par ailleurs un certain nombre d'inscriptions consistant en des termes techniques écrits en akkadien syllabique plutôt que sous la forme de sumérogrammes.

Les diagrammes provenant de la ville de Suse, en Élam, ne sont quant à eux, à l'exception de l'un d'entre eux qui est un peu à part, pas accompagnés de texte, et je n'ai donc pas encore eu l'occasion de les évoquer. Il apparaît que ceux-ci sont plus éloignés des diagrammes de Babylonie que ne le sont ceux de la vallée de la Diyala. En effet, ils montrent des configurations géométriques plus élaborées, à savoir un hexagone régulier muni de ses trois diagonales principales, un heptagone régulier muni des sept lignes reliant son centre à ses sommets, et un triangle équilatéral inscrit dans un cercle à l'intérieur duquel apparaissent une hauteur et deux lignes joignant un point de cette hauteur aux sommets les plus proches, comme illustré par les schémas de la figure I.46 ci-dessous. De plus, l'un de ces diagrammes comporte une inscription qui est, à elle seule, un véritable petit texte, ce que nous n'avions observé sur aucun autre diagramme du corpus.

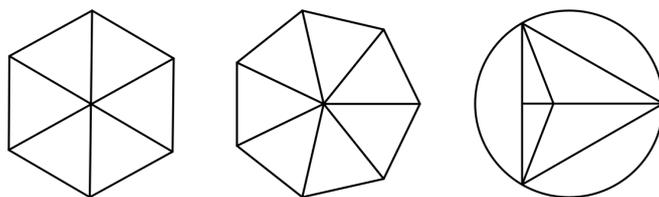


FIGURE I.46. Configurations géométriques montrées par les diagrammes mathématiques paléo-babyloniens d'Élam en plus de celles rencontrées en Babylonie

Ces différences entre les diagrammes mathématiques paléo-babyloniens de Babylonie et les diagrammes mathématiques contemporains des régions voisines nous invitent à nous demander s'il semble exister des sous-cultures mathématiques distinctes liées à la production de diagrammes dans ces zones. Toutefois, des éléments supplémentaires sont nécessaires pour aborder cette question et j'y reviendrai donc plus loin.

I.3.5. Synthèse et pistes d'exploration

En conclusion, ce long premier chapitre m'a permis de clarifier la manière dont j'ai constitué le corpus sur lequel porte mon étude des diagrammes mathématiques d'époque paléo-babylonienne, d'établir un catalogue argumenté et aussi complet que possible de ces objets, et d'en fournir une première description.

I.3.5.1. Synthèse des observations du chapitre

Il est apparu à travers cette présentation d'ensemble que produire des diagrammes mathématiques n'était, à l'époque paléo-babylonienne, ni un phénomène local limité à un groupe d'individus ou une zone géographique restreinte, ni un phénomène ponctuel attesté seulement

sur un court laps de temps, ni un phénomène réservé à un genre de documents mathématiques spécifique, ni un phénomène exclusivement lié à un certain format de tablettes, mais au contraire une pratique relativement courante que l'on retrouve à la fois tout au long de la période, dans plusieurs villes couvrant l'ensemble de la Babylonie ainsi qu'une partie des régions voisines, sur des tablettes de formats et de mises en page très différents les uns des autres, et en lien avec des genres de contenus variés.

Il est également apparu que, malgré ce large spectre d'utilisation des diagrammes mathématiques à cette époque, ceux produits dans la région de Babylonie, à l'exception de ceux figurant sur une unique tablette particulière, partagent de très nombreux points communs. Ils montrent tous des configurations géométriques appartenant à un répertoire très restreint faisant intervenir seulement six formes géométriques élémentaires différentes, des assemblages de celles-ci toujours très simples et un nombre de lignes intérieures relativement limité, et les montrent de plus avec des orientations extrêmement régulières sur les tablettes. Les inscriptions qu'ils comportent ont quant à elles des contenus peu variés, consistant dans la très grande majorité des cas en des nombres seuls écrits dans le système de numération sexagésimal positionnel flottant ou un système qui peut entre autres correspondre à ce dernier et dans la plupart des autres cas en des nombres écrits sous des formes alternatives et/ou associés à des termes techniques exprimés par des sumérogrammes, et sont placées sur les dessins avec des orientations relativement régulières. Tous ces éléments donnent l'impression d'une certaine tradition commune dans la manière de concevoir et réaliser des diagrammes mathématiques en Babylonie à l'époque paléo-babylonienne.

1.3.5.2. Pistes d'exploration du corpus

Toutefois, en dépit de ces premiers résultats intéressants, la description des diagrammes que j'ai fournie jusqu'à présent reste limitée et relativement superficielle. Pour avancer dans la compréhension de ces objets, il est nécessaire de se doter de clés d'observation plus variées et construites à partir d'un travail documentaire plus solide. C'est ce que je me propose de faire dans les deuxième et troisième chapitres de cette première grande partie, en suivant deux directions très différentes l'une de l'autre qui apportent des éclairages complémentaires : dans un premier temps, une approche purement visuelle, abordant les diagrammes du corpus sous l'angle de leur matérialité, en réinvestissant les résultats de recherches en assyriologie portant sur des productions écrites et graphiques d'autres natures, puis, dans un deuxième temps, une approche plus conceptuelle, abordant cette fois les diagrammes du corpus sous l'angle de leur « teneur » mathématique et de leurs rôles dans les raisonnements, en réinvestissant les résultats de recherches en histoire et philosophie des sciences portant sur d'autres documentations.

Chapitre II

Les diagrammes mathématiques paléo-babyloniens vus comme objets matériels

Maintenant que nous avons acquis une bonne vue d'ensemble de la forme sous laquelle se présentent les diagrammes mathématiques produits à l'époque paléo-babylonienne et de la nature des documents au sein desquels ils apparaissent, nous pouvons entrer davantage dans le vif du sujet et commencer à étudier leurs caractéristiques de manière plus précise. Dans ce deuxième chapitre, je propose de le faire tout d'abord en les considérant comme des objets purement matériels et en nous concentrant ainsi sur leurs propriétés visuelles et physiques.

Il me semble en effet que de nombreuses questions ayant trait à la matérialité des diagrammes mathématiques de mon corpus ainsi que celle des supports sur lesquels ils ont été réalisés peuvent nous permettre de mieux cerner la place qu'occupaient ces éléments dans les activités mathématiques : Quel est l'aspect général des tablettes sur lesquelles apparaissent les diagrammes ? Qu'est-ce qui, sur ces tablettes, est le fait du scribe qui les a produites, et qu'est-ce qui relève au contraire d'interventions ou d'altérations ultérieures ? À quels endroits le ou les diagrammes apparaissent-ils par rapport aux éventuels autres éléments tels que des textes, zones de calcul ou marques diverses ? Avec quels instruments, et de quelle manière, les dessins géométriques constituant les diagrammes ont-ils été tracés ? Est-il possible de reconstituer la temporalité de réalisation de ces dessins géométriques, puis des diagrammes dans leur ensemble ? Des effacements semblent-ils avoir été pratiqués en lien avec les diagrammes, et, si oui, quelles semblent avoir été les intentions y ayant conduit ? Que nous apprennent ces diverses observations sur les contextes dans lesquels les diagrammes mathématiques étaient produits et les rôles qu'ils jouaient dans les pratiques mathématiques ?

Ces questions, qui se posent naturellement au sujet de tous les diagrammes mathématiques, s'avèrent particulièrement intéressantes à étudier dans le cas de ceux du Proche-Orient ancien, pour plusieurs raisons. Tout d'abord, les tablettes sur lesquelles ces derniers apparaissent sont des sources archéologiques, qui ont été produites dans l'Antiquité et ont été retrouvées dans les sols presque telles qu'elles étaient alors, ce qui nous permet de travailler sur de véritables diagrammes originaux – une situation assez exceptionnelle dans les mathématiques anciennes puisque les sources qui nous sont parvenues des autres régions du monde ont pour la plupart été transmises par la tradition écrite et sont ainsi le résultat de nombreuses copies successives des manuscrits antiques au cours desquelles il est fréquent que diverses propriétés des diagrammes aient été modifiées.¹ Ensuite, l'argile dont sont formées ces tablettes est un matériau

1. Un aperçu des diverses modifications subies par les diagrammes au cours des copies successives des manuscrits dans lesquels ils apparaissent – qui peuvent par exemple consister en leur omission totale, leur remplacement par des espaces vides destinés à être remplis ultérieurement mais qui ne l'ont finalement jamais été, leur déplacement à des endroits du texte différents de ceux où ils figuraient initialement, le changement de leur orientation, la suppression de certains de leurs éléments ou au contraire l'ajout de nouveaux éléments, la perte ou le changement des dénominations de certains de leurs points, la modification de leur allure générale, leur « correction » sur la base de l'interprétation mathématique du copiste ou d'une comparaison avec d'autres manuscrits similaires, une perte de précision due aux différences de compétences ou de besoins entre le scribe initial et le copiste, etc – ainsi que des conséquences qu'ont ces modifications sur l'étude que les historiens peuvent faire des diagrammes, dans diverses documentations anciennes, est par exemple donné dans [CROZET1999] pages 151-152, [NETZ1999] page 12, [KELLER2005] pages 278-279 et 290-291, [DEYOUNG2012] pages 23-24, et [SAITO&SIDOLI2012] pages 136 et 153-157. Il a même été proposé d'utiliser les variations entre les versions des diagrammes des différents manuscrits d'une même œuvre pour reconstituer les liens de filiation qui existent entre ces manuscrits, comme évoqué dans [CROZET1999] pages 153 et 157 et développé sur la base d'un exemple concret dans [RAYNAUD2014].

qui présente l'avantage de conserver une certaine mémoire des manipulations qui lui ont été appliquées et des inscriptions qui y ont été réalisées, ce qui peut nous donner accès à des aspects de l'historique des opérations textuelles associées à la production des diagrammes qui ne sont pas les mêmes que ceux susceptibles d'être reconstitués dans le cas de supports en papyrus, parchemin ou papier par exemple.² Enfin, les dessins géométriques apparaissant sur ces tablettes consistent, tout comme les textes en cunéiforme qui y sont écrits, en des tracés tridimensionnels obtenus par déplacement plutôt que par apport ou extraction de matière, ce qui leur confère un aspect singulier et nous permet d'y détecter des détails différents de ceux qu'il est possible de repérer sur des dessins essentiellement bidimensionnels tracés à l'encre.³

Afin de procéder à une analyse détaillée des propriétés matérielles des diagrammes mathématiques du Proche-Orient ancien, qui n'avaient jamais été réellement examinées jusqu'alors, j'ai pu m'appuyer sur de nombreuses études plus générales menées par des assyriologues au sujet de la matérialité des tablettes d'argile et des inscriptions en écriture cunéiforme qui y apparaissent.⁴ La première phase de mon travail sur ce thème a en conséquence consisté en un travail documentaire d'ampleur, au cours duquel j'ai lu avec une grande attention aux détails une cinquantaine de publications se rapportant à différentes facettes de la matérialité des sources écrites du Proche-Orient ancien, allant notamment de l'archéologie à la paléographie, et ai scrupuleusement compilé les renseignements, indications méthodologiques et pistes de réflexion qu'elles fournissaient.⁵ Ainsi outillée, je me suis alors efforcée d'appliquer les clés d'analyse et d'interprétation mises en évidence au cas plus spécifique des tablettes mathématiques et de leurs diagrammes, en cherchant à identifier dans une deuxième phase de mon travail les questions et méthodes qui pouvaient être transposées de manière directe à ces objets d'étude et celles qui nécessitaient au contraire d'être adaptées à ce contexte particulier,

2. Plusieurs aspects de la « mémoire » de l'argile seront évoqués dans différents passages de ce chapitre. Pour ce qui est de la « mémoire » des autres supports d'écriture, les lecteurs intéressés pourront par exemple consulter le livre [NETZ&NOEL2007] consacré au célèbre « palimpseste d'Archimède », un recueil de prières du Moyen-Âge écrit par-dessus une copie d'un texte d'Archimède qui a été grattée pour pouvoir réutiliser le parchemin mais peut désormais être reconstituée grâce aux techniques d'imagerie modernes.

3. Les informations que l'on peut tirer de l'observation détaillée des traits tridimensionnels constituant les diagrammes mathématiques imprimés dans l'argile seront discutées dans la partie II.2. de ce chapitre. Au sujet des informations que l'on peut tirer de l'observation des lignes essentiellement bidimensionnelles constituant les diagrammes mathématiques tracés à l'encre, voir par exemple les remarques faites dans [DEYOUNG2009] pages 341, 352 et 358 à propos de ceux apparaissant sur des papyrus mathématiques égyptiens.

4. Ce que l'on trouve à l'heure actuelle dans la littérature à propos de la matérialité des diagrammes mathématiques du Proche-Orient ancien se limite essentiellement à quelques remarques éparées sur certains aspects de la manière dont leurs dessins géométriques étaient réalisés, dans des publications d'histoire des mathématiques traitant d'autres sujets que je citerai au cas par cas dans les sections correspondantes.

5. Les publications sur lesquelles je me suis appuyée, dont certaines sont entièrement dédiées à des questions en lien avec la matérialité des tablettes cunéiformes ou l'étude des pratiques de dessin sur argile et d'autres ne font que les discuter de manière plus ou moins approfondie dans le cadre de travaux portant sur de tout autres sujets, sont, de la plus ancienne à la plus récente : [MESSERSCHMIDT1907], [FALKENSTEIN1936], [MOOREY1967], [WEIDNER1967], [BIGGS1973], [BIGGS1974], [EDZARD1980], [SAGGS1981], [MILLARD1987], [WALKER1987], [CHARPIN1989], [GASCHE1989], [YOSHIKAWA1990], [DANIELS1995], [FAIVRE1995], [SALLABERGER1996], [GLASSNER2000], [FAIVRE2001], [GESCHE2001], [ZAWADZKI&JURSA2001], [CHARPIN2002], [EIDEM2002], [PODANY2002], [BAKER2003], [BLEIBTREU2003], [MARZAHN2003], [JANKOVIĆ2004], [VOLK2009], [WAAL2010], [CARTWRIGHT&TAYLOR2011], [FINKEL2011], [TAYLOR2011], [TAYLOR&CARTWRIGHT2011], [CAMMAROSANO2014], [CAMMAROSANO&al2014], [FISSELER&al2014], [WALKER2014], [BRAMANTI2015a], [BRAMANTI2015b], [CAMMAROSANO2015], [FINKEL&TAYLOR2015], [MAIOCCHI2015], [MÜLLER&al2015], [TAYLOR2015], [MANDER2017], [READE2017], [CAMMAROSANO&al2019] et [COW]. Il est à noter que j'ai réalisé ce travail documentaire entre l'été 2018 et le printemps 2019, et que des études qui n'étaient alors pas encore parues ou consultables, telles que l'ouvrage collectif [CANCİK&SCHNITZLEIN2018], ou encore l'introduction du livre [FINCKE2021], que je remercie M. Ossendrijver de m'avoir signalée, n'ont pas pu être prises en compte en dépit de l'intérêt qu'elles auraient vraisemblablement présenté.

puis en passant alors en revue dans une troisième phase de mon travail les photographies de tablettes comportant des diagrammes dont je disposais à ce moment-là sur la base de la grille d'observation que je venais de dégager.⁶

Ce chapitre présente l'ensemble de ce travail et de ses résultats, en suivant non pas l'ordre dans lequel j'ai procédé lors de mes recherches, mais plutôt, pour une question de fluidité de l'enchaînement des idées, une organisation thématique dans laquelle je fais systématiquement suivre les informations et méthodologies générales que j'expose de leur application à l'étude des diagrammes et de la discussion d'exemples illustrés tirés de mon corpus. Après avoir décrit dans une première partie les propriétés globales des tablettes sur lesquelles apparaissent les diagrammes et la manière dont celles-ci peuvent dans certains cas nous renseigner sur leur contexte de production, je me penche plus spécifiquement dans une deuxième partie sur les techniques et la temporalité de la réalisation des diagrammes eux-mêmes et dans une troisième partie sur les effacements qui étaient parfois pratiqués en lien avec eux.

II.1. Propriétés matérielles des tablettes comportant des diagrammes

Les tablettes d'argile, appelées « DUB » en sumérien et « *tuppum* » en akkadien, étaient le support le plus couramment utilisé pour l'écriture des textes en cunéiforme et sont, à l'heure actuelle, le seul support sur lequel des diagrammes mathématiques d'époque paléo-babylonienne sont attestés. Dans cette première partie, je m'intéresse ainsi aux propriétés matérielles générales des tablettes d'argile sur lesquelles apparaissent des diagrammes mathématiques, en me penchant tour à tour sur leur fabrication et leur inscription, sur leur format et leur mise en page, et sur leur devenir une fois produites.⁷

II.1.1. Fabrication et inscription des tablettes d'argile

Fabriquer puis inscrire une tablette d'argile nécessitait une certaine technique et ne pouvait se faire qu'en respectant certaines contraintes temporelles.

II.1.1.1. Collecte et préparation de l'argile

La première étape de la préparation des tablettes consistait en la collecte de leur matière première, l'argile. Celle-ci pouvait être trouvée soit dans les sédiments des berges des rivières et des canaux, soit, bien que moins facilement, à l'intérieur des terres, et était ainsi dans l'ensemble aisément accessible, en grande quantité et sans coût particulier.⁸

6. Il convient en conséquence de souligner que cette étude, bien qu'elle soit déjà très fournie, n'est pas exhaustive, et que les tablettes de mon corpus que je n'ai pas pu y prendre en compte faute d'images exploitables accessibles, ou que je n'ai pu y inclure que dans de mauvaises conditions en raison de la faible qualité des photographies à ma disposition, pourraient apporter des éclairages différents sur certains des points que j'aborde.

7. Au sujet des autres objets en argile ayant servi de support à l'écriture cunéiforme, qui comprennent des cylindres, des prismes, des clous, des modèles de foies et des enveloppes, on pourra consulter [TAYLOR2011] pages 9-10, 19-20 et 24-25, [WALKER2014] page 102, [CHARPIN1989] pages 59-60, [WAAL2010] pages 29-31 et [CHARPIN2002] page 496. Au sujet des autres matériaux ayant été utilisés pour constituer des supports d'écriture, qui incluent la cire, comme mentionné dans la section 1.2.4.4, mais aussi, de manière plus marginale, la pierre, le métal, l'ivoire, le bois, le parchemin, le cuir, l'écorce ou le papyrus, on pourra consulter [TAYLOR2011] page 25, [WAAL2010] page 13, [CHARPIN2002] pages 490-491, [GLASSNER2000] pages 147-148, [MARZAHN2003] page 84, [FINKEL&TAYLOR2015] pages 80, 85 et 87, [CAMMAROSANO&al2019] et [COW].

8. Voir [TAYLOR&CARTWRIGHT2011] pages 297-298 et 318-319 et [GLASSNER2000] page 148, ainsi que [READE2017] pages 7-10 pour des informations plus détaillées sur certains aspects de la collecte.

Les avis sur le degré de préparation à laquelle était soumise cette argile avant d'être façonnée divergent considérablement selon les auteurs, certains estimant qu'elle devait être longuement travaillée, voire préparée à partir d'un mélange de plusieurs sources différentes, et d'autres pensant au contraire qu'elle n'était soumise qu'à une préparation plus minimale.⁹ Il semble en fait ne pas y avoir eu de règle générale dans ce domaine. Les scribes, ou peut-être d'autres personnes chargées de cette tâche, commençaient probablement souvent par travailler l'argile afin d'en éliminer les éléments qui auraient gêné les inscriptions par la suite, par décantation et lévigation, en la laissant reposer dans de l'eau de manière à ce que les impuretés lourdes telles que les cailloux tombent au fond du récipient et les impuretés légères telles que les coquillages ou les restes végétaux remontent à la surface, laissant alors au milieu une couche de matière plus pure.¹⁰ Ils procédaient vraisemblablement ensuite la plupart du temps au malaxage de l'argile ainsi épurée afin d'en homogénéiser le degré d'humidité, d'en supprimer les poches d'air et de lui conférer la plasticité nécessaire à son modelage et son inscription.¹¹ Toutefois, la présence dans certaines tablettes d'incrustations d'éléments minéraux ou organiques (cailloux, coquillages, escargots, mollusques, paille, os écrasé, poils, noyaux de dattes, etc), ou bien de vides paraissant résulter de la chute de tels éléments initialement présents, montre que la première étape est loin d'avoir été systématique, et les quelques cas dans lesquels l'élément incrusté est plus précisément un large morceau d'une coquille fragile resté intact montrent que la deuxième ne l'était pas non plus.¹²

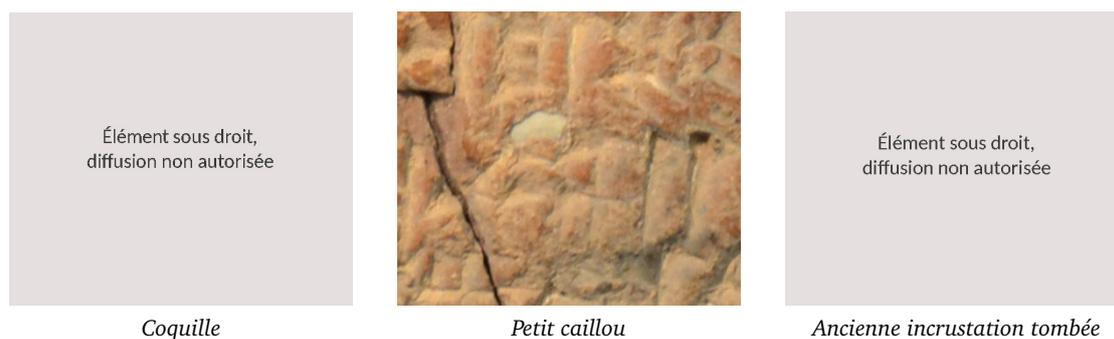


FIGURE II.1. Exemples d'incrustations dans des tablettes du corpus¹³

Il est par ailleurs possible que des végétaux aient dans certains cas été délibérément incorporés à l'argile utilisée pour former les tablettes, la présence de matière végétale l'ayant, semble-t-il, rendue plus malléable et moins sensible aux contractions et aux craquelures lors du séchage. Des ensembles de plusieurs trous étroits et profonds observables sur certaines tablettes peuvent ainsi correspondre aux emplacements d'anciennes inclusions végétales dé-

9. Voir [FAIVRE1995] page 58, [CHARPIN2002] page 488 et [GLASSNER2000] page 148 pour le premier point de vue, et [TAYLOR&CARTWRIGHT2011] pages 318-319 et [MESSERSCHMIDT1907] pages 52-53 pour le second.

10. Voir [TAYLOR2011] pages 6-7 et [TAYLOR&CARTWRIGHT2011] page 298.

11. Voir [TAYLOR2011] pages 7-8 et [TAYLOR&CARTWRIGHT2011] page 298.

12. Voir [TAYLOR2011] pages 6-7, [TAYLOR&CARTWRIGHT2011] page 298, [CARTWRIGHT&TAYLOR2011] pages 70-72 (où l'on trouve en particulier des photographies de tablettes comportant divers types d'incrustations), [WAAL2010] page 19 et [MESSERSCHMIDT1907] pages 52-53.

13. La première image est un gros plan sur une photographie de la tablette 2N-T174 accessible dans la base de données du CDLI, à l'adresse <<https://cdli.mpiwg-berlin.mpg.de/artifacts/254369>> (dernier accès le 11 mars 2024). La deuxième est un gros plan sur une photographie de la face de la tablette VAT 8393 réalisée par mes soins au Vorderasiatisches Museum de Berlin. La troisième est un gros plan sur une photographie de la face de la tablette MS 3051 accessible dans la base de données du CDLI, à l'adresse <<https://cdli.mpiwg-berlin.mpg.de/artifacts/252063>> (dernier accès le 11 mars 2024).

sormais décomposées, et être en conséquence les témoins d'une étape supplémentaire occasionnelle dans la préparation de l'argile.¹⁴



FIGURE II.2. Possibles anciennes inclusions végétales décomposées dans une tablette du corpus¹⁵

Plus généralement, l'observation des tablettes montre que toutes n'ont pas été confectionnées avec de l'argile de même qualité, et plusieurs assyriologues ont relevé de manière fort intéressante que cette qualité était souvent liée au contenu, les textes destinés à un usage éphémère étant généralement inscrits sur de l'argile plus grossière et moins soigneusement préparée que ceux destinés à être conservés.¹⁶



Argile particulièrement fine



Argile un peu plus grossière

FIGURE II.3. Différence de qualité de l'argile entre deux tablettes du corpus¹⁷

14. Voir [CARTWRIGHT&TAYLOR2011] page 69 et [WAAL2010] page 19.

15. L'image est un montage composé d'une photographie du revers de la tablette MS 2985 accessible dans la base de données du CDLI, à l'adresse <<https://cdli.mpiwg-berlin.mpg.de/artifacts/252014>> (dernier accès le 11 mars 2024), ainsi que de plusieurs gros plans sur cette même photographie.

16. Voir [TAYLOR2011] pages 6-7, [WAAL2010] page 36 et [FINKEL&TAYLOR2015] page 76. D'autres auteurs estiment que l'argile utilisée devait toujours être particulièrement fine, comme on le lit par exemple dans [FAIVRE1995] page 58 et [GLASSNER2000] page 148, mais cet avis est contredit par ceux mentionnés ci-avant ainsi que par l'observation des tablettes. Des exemples d'archives dans lesquelles se trouvent des tablettes fabriquées avec des argiles de différentes qualités sont rapportés dans [READE2017] pages 7-10.

17. La première image est un gros plan sur une photographie de la tranche supérieure de la tablette Sb 13087 réalisée par C. Proust au Musée du Louvre. La deuxième est un gros plan sur une photographie de la tranche supérieure de la tablette MAH 16055 réalisée par C. Proust au Musée d'Art et d'Histoire de Genève. Notons que ces deux tablettes proviennent de régions différentes dans lesquelles l'argile disponible n'avait pas forcément les mêmes propriétés, et que, au vu de leurs contenus et d'autres éléments, la différence observée ici est vraisemblablement révélatrice du soin apporté à la confection de la tablette Sb 13087 mais ne permet par contre probablement pas de déduire que la tablette MAH 16055 était destinée à un usage éphémère. Cela fournit une bonne occasion de souligner que les tendances mises en lumière dans ce chapitre ne doivent pas être transformées en vérités générales mais doivent au contraire toujours être exploitées de manière nuancée et contextualisée.

Il ressort de ces premières données que les caractéristiques de l'argile utilisée pour former les tablettes du corpus sont un premier indicateur du soin qui a été apporté à leur réalisation et fournissent ainsi indirectement une tendance sur l'intention avec laquelle elles ont été produites : une tablette composée d'une argile fine dépourvue d'incrustations et présentant éventuellement des traces d'éléments végétaux qui lui auraient été volontairement incorporés a plus de chances d'avoir été produite pour être conservée qu'une tablette réalisée dans une argile grossière comportant des éléments minéraux ou organiques parasites. Les indications tirées de telles observations ne sont bien sûr pas infaillibles, d'autant plus que plusieurs chercheurs estiment que l'argile était probablement préparée à l'avance et stockée sous forme de pains desquels les scribes pouvaient ensuite prélever de quoi former leurs tablettes, ce qui impliquerait que des documents de statuts différents aient pu être fabriqués à partir d'un même stock, mais elles n'en demeurent pas moins des indices à ne pas négliger, qui pourront par la suite être croisés avec d'autres éléments.¹⁸

Il a en revanche été établi qu'une caractéristique de l'argile constituant les tablettes que je n'ai pas encore mentionnée n'est pour sa part pas significative. Il s'agit de la couleur, qui dépend davantage des conditions dans lesquelles les tablettes ont été conservées, notamment des réactions chimiques qui ont pu avoir lieu avec le sol lorsqu'elles s'y trouvaient, et de la manière dont s'est déroulée leur éventuelle cuisson, qu'elle soit volontaire, accidentelle ou moderne, que des propriétés intrinsèques de l'argile.¹⁹ Cela a pour conséquence que des fragments d'une même tablette qui n'ont pas suivi les mêmes trajectoires peuvent aujourd'hui des couleurs très différentes.²⁰ D. Charpin conclut donc très clairement à ce sujet que « *donner cette précision dans des publications sous prétexte d'approche scientifique n'est (...) d'aucune utilité* », et je ne me suis ainsi pas attardée sur cet aspect lors de l'étude du corpus.²¹

II.1.1.2. Techniques de façonnage des tablettes

Une fois l'argile collectée, l'étape suivante était le façonnage des tablettes elles-mêmes. Les sources textuelles mentionnant cet aspect sont rares et ne nous livrent que des informations très limitées, mais quelques travaux relativement récents, en particulier un article de J. Taylor et C. Cartwright publié en 2011, sont parvenus à reconstituer un certain nombre de techniques de fabrication à partir de l'observation attentive de la structure interne des tablettes et notamment de leurs cassures pour celles qui en présentent.²²

La technique la plus simple pour fabriquer une tablette consiste à la modeler directement à la main à partir d'un petit bloc d'argile.²³ L. Messerschmidt pense que l'argile était alors roulée entre les paumes des mains de manière à former une boule ou un cylindre, puis que cette boule

18. Voir [TAYLOR2011] pages 7-8, [FAIVRE1995] page 58 et [TAYLOR&CARTWRIGHT2011] page 498 au sujet de l'éventualité que l'argile ait été préparée à l'avance et stockée sous forme de pains en attendant d'être utilisée. Dans l'absolu, l'étude de la nature et de la quantité des incrustations dans l'argile des tablettes peut également nous renseigner sur l'environnement dont provient cette argile et sur la datation des tablettes concernées, comme expliqué dans [CARTWRIGHT&TAYLOR2011] page 70. Cependant, je suis loin de disposer des données et de l'équipement nécessaire pour pouvoir appliquer une telle démarche à mon propre corpus.

19. Voir [CHARPIN2002] pages 489-490 et [WAAL2010] page 36, où l'on trouve notamment la mise en garde suivante de C. Walker au sujet de la couleur des tablettes cuites : « *Where tablets have been baked their colour depends on the temperature to which they have been fired – mostly dark grey or black for tablets destroyed by fire, whitish for tablets baked to an excessive temperature, and a dark orange-brown for tablets baked in modern times under laboratory conditions for their better preservation.* ».

20. Voir [WAAL2010] page 36 pour une photographie illustrant ce fait.

21. Voir [CHARPIN2002] pages 489-490.

22. Voir [TAYLOR2011] page 11, [WAAL2010] page 19 et [TAYLOR&CARTWRIGHT2011] page 299.

23. Voir [TAYLOR2011] page 11 et [TAYLOR&CARTWRIGHT2011] page 299.

ou ce cylindre était aplati, toujours entre les paumes, de manière à obtenir la forme de tablette désirée.²⁴ La pratique montre qu'il est également possible, voire plus facile, d'aplatir l'argile entre le pouce et l'index d'une main tout en contrôlant la forme globale avec le pouce et l'index de l'autre main. Il est d'ailleurs probable que tous les scribes n'aient pas procédé exactement de la même manière et que différents gestes aient coexisté.

Plusieurs auteurs considèrent que la plupart des tablettes de la documentation qu'ils étudient ont été façonnées à la main de l'une de ces façons, et il est probable que ce soit également le cas d'un certain nombre de tablettes de mon corpus.²⁵ La figure II.4 ci-dessous en montre deux exemples, consistant pour le premier en une petite tablette lenticulaire épaisse et très bombée, que le scribe a vraisemblablement façonnée entre ses paumes, et pour le deuxième en une petite tablette carrée aux bords très peu soignés et à la surface présentant des creux et des bosses, que le scribe a vraisemblablement modelée avec ses pouces.

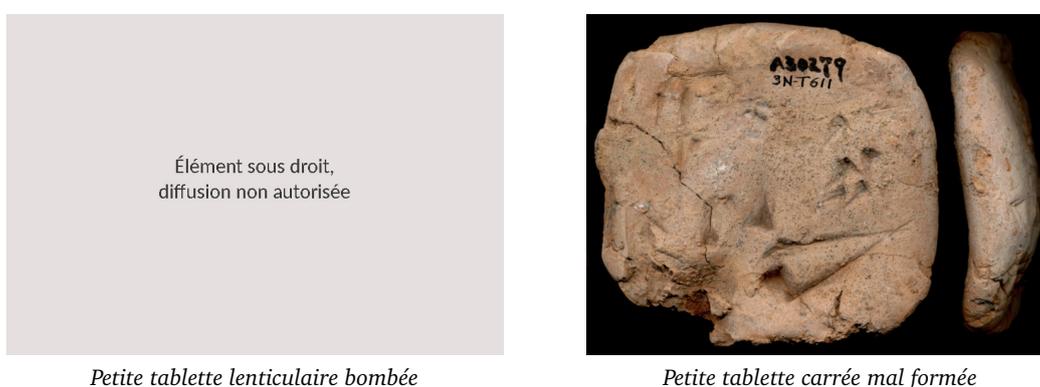


FIGURE II.4. Exemples de tablettes du corpus qui semblent avoir été directement modelées à la main²⁶

Toutefois, dans la mesure où cette technique de fabrication produit des résultats assez grossiers et irréguliers, J. Taylor estime que les scribes devaient recourir à cette méthode principalement lorsqu'ils manquaient d'expérience (c'est-à-dire notamment dans le cas des tablettes scolaires), de temps ou d'installations.²⁷

Une première alternative consiste à façonner les tablettes en s'aidant d'objets extérieurs ou d'outils spécifiquement dédiés à cet effet. Dans la mesure où la méthode décrite ci-dessus semble particulièrement difficile à mettre en œuvre pour les tablettes de taille importante, il est possible que le modelage ait été pratiqué au moins dans certains cas contre un support rigide : une motte d'argile aurait alors été posée contre une surface plane telle que le sol ou un banc avant d'y être aplatie avec les mains ou à l'aide d'un rouleau.²⁸ Certains auteurs suggèrent de plus que la fabrication des plus grandes tablettes ait en outre nécessité le recours à un cadre,

24. Voir [MESSERSCHMIDT1907] page 53.

25. Voir notamment [WALKER2014] page 101 et [WAAL2010] page 20.

26. La première image est composée de photographies de la face et de la tranche droite de la tablette MS 2192 accessibles dans la base de données du CDLI, à l'adresse <<https://cdli.mpiwg-berlin.mpg.de/artifacts/250945>> (dernier accès le 11 mars 2024). La deuxième est composée de photographies de la face et de la tranche droite de la tablette OIM A 30279 également accessibles dans la base de données du CDLI, à l'adresse <<https://cdli.mpiwg-berlin.mpg.de/artifacts/368171>> (dernier accès le 11 mars 2024).

27. Voir [TAYLOR2011] page 11.

28. Voir [MESSERSCHMIDT1907] pages 53-56, où l'auteur précise de plus que cette surface était probablement en bois, et ne pouvait en aucun cas être une pierre lisse ou une plaque de métal car l'argile aurait alors tellement adhéré au support qu'il aurait été impossible d'en détacher la tablette sans la déformer. Voir également [CARTWRIGHT&TAYLOR2011] page 69, où les auteurs indiquent en outre que de minuscules taches et fragments de

dont l'apparence reste toutefois inconnue, pour donner aux bords une forme régulière.²⁹ De tels procédés semblent avoir été mis en œuvre lors de la fabrication de certaines tablettes de mon corpus, comme par exemple les deux grandes tablettes illustrées par la figure II.5 ci-dessous, dont la surface est parfaitement plane malgré sa superficie et dont les bords sont particulièrement droits et lisses.



Une grande tablette particulièrement régulière

Une autre tablette particulièrement régulière

FIGURE II.5. Exemples de tablettes du corpus qui semblent avoir été formées à l'aide d'un support plan et/ou d'outils spécifiques³⁰

Une autre technique de fabrication alternative, qui se repère assez clairement sur certaines tablettes présentant des cassures et était probablement elle aussi assez répandue, consiste à enrouler une fine couche d'argile autour d'un noyau d'argile.³¹ Son principal avantage est que le noyau pouvait être formé d'une argile plus grossière que la surface, limitant ainsi la quantité d'argile fine à utiliser.³² Ce procédé semble lui aussi avoir été employé pour la confection de certaines des tablettes de mon corpus, comme celles illustrées par la figure II.6 sur la page suivante, où l'on voit nettement que la couche supérieure est tombée par endroits.

Enfin, d'autres techniques de fabrication, beaucoup plus rares, consistent à plier les unes sur les autres de fines bandes d'argile, peut-être collées les unes aux autres avec de l'eau, ou bien à coller entre eux de petits blocs d'argile et à recouvrir le tout d'une fine couche d'argile, ce qui constitue en quelque sorte une variante de la technique de façonnage autour d'un noyau.³³ Cependant, je n'ai pas rencontré dans mon corpus de tablettes qui semblent avoir été fabriquées de l'une ou l'autre de ces deux manières et ne m'attarde donc pas sur ce point.

charbon présents sur certaines tablettes pourraient s'être retrouvés incorporés à l'argile dont elles sont constituées alors qu'elles étaient modelées contre le sol ou un banc. Voir enfin [TAYLOR2011] page 11, où l'auteur suggère que l'outil en bois appelé « ^{gis}DUB.DIM » en sumérien et « *dubdimum* » en akkadien, mentionné dans certains textes scolaires en lien avec la fabrication des tablettes, puisse justement avoir été un rouleau utilisé pour aplatir l'argile.

29. Voir [TAYLOR&CARTWRIGHT2011] page 300.

30. La première image est composée d'une photographie de la face de la tablette BM 15285 accessible sur le site [BM], à l'adresse <https://www.britishmuseum.org/collection/object/W_1896-0410-11> (dernier accès le 11 mars 2024), et d'un gros plan sur cette même photographie. La deuxième est composée d'une photographie de la face de la tablette MS 3049 accessible dans la base de données du CDLI, à l'adresse <<https://cdli.mpiwg-berlin.mpg.de/artifacts/252061>> (dernier accès le 11 mars 2024), et d'un gros plan sur cette même photographie.

31. Voir [TAYLOR2011] pages 11-12, où l'auteur exclut que le noyau utilisé ait consisté en une ancienne tablette et suggère par exemple qu'il ait été formé en pliant sur elle-même une bande d'argile tenue par un rabat, et où l'on trouve par ailleurs une photographie d'une telle tablette fabriquée autour d'un noyau, ainsi que [WALKER2014] page 101 et [TAYLOR&CARTWRIGHT2011] page 300.

32. Voir [TAYLOR&CARTWRIGHT2011] page 300.

33. Voir [TAYLOR&CARTWRIGHT2011] pages 299-300, où l'on trouve notamment une photographie d'une tablette fabriquée par assemblage de blocs d'argile.



Cas où la couche supérieure est tombée sur une large zone



Cas où la couche supérieure s'est effritée localement

FIGURE II.6. Exemples de tablettes du corpus qui semblent avoir été fabriquées autour d'un noyau³⁴

Il ressort finalement des éléments exposés dans cette section que quelques indices nous permettent de reconstituer en partie la manière dont certaines tablettes du corpus ont été fabriquées et révèlent ainsi que toutes n'ont pas été façonnées de la même façon : une partie d'entre elles semblent l'avoir été à la main de manière basique, d'autres semblent l'avoir été à la main mais avec l'aide d'un support et peut-être même d'un rouleau et d'un cadre, et d'autres encore semblent l'avoir été autour d'un noyau. Je ne suis pas en mesure à l'heure actuelle de mettre en relation le recours à l'une ou l'autre de ces techniques de fabrication avec le contexte dans lequel s'inscrivent les tablettes concernées ou les propriétés des diagrammes qui y apparaissent, et je ne suis pas sûre que de telles corrélations existent, mais il me semble en tout cas intéressant d'observer cet aspect lorsque cela est possible afin d'accumuler des données qui pourront éventuellement être interprétées à l'avenir.

Par ailleurs, quelle que soit la technique de fabrication utilisée, on constate que toutes les tablettes n'ont pas été confectionnées avec le même soin, certaines présentant une forme générale plus harmonieuse que d'autres, une surface plus régulière ou encore des bords plus droits. De telles différences peuvent nous fournir des indications sur l'intention avec laquelle les tablettes ont été produites, complémentaires de celles tirées de l'observation de la qualité de l'argile.³⁵ Elles sont très fréquentes dans mon corpus entre des tablettes de formats différents, ce qui n'est guère surprenant, mais peuvent également être occasionnellement repérées, de manière plus intéressante, entre des tablettes de formats similaires, comme dans le cas de celles reproduites par la figure II.7 sur la page suivante.³⁶

34. La première image est composée d'une photographie du revers de la tablette YBC 3895 réalisée par C. Proust au Yale Peabody Museum of Natural History et d'un gros plan sur cette même photographie ; il est à noter que cette tablette ne fait en fait pas à proprement parler partie de mon corpus puisqu'il s'agit d'un cas discutable que j'ai finalement choisi d'exclure pour les raisons exposées dans la section 1.2.2.5, mais il m'a semblé pertinent de la montrer malgré tout ici dans la mesure où elle constitue la meilleure illustration que j'ai trouvée du phénomène décrit. La deuxième image est quant à elle composée d'une photographie du revers de la tablette Ist Si 269 réalisée par C. Proust au Musée Archéologique d'Istanbul et de deux gros plans sur cette même photographie.

35. Plusieurs auteurs suggèrent que les tablettes d'argile aient pu être confectionnées à l'avance, voire même par d'autres personnes que les scribes qui y écrivaient par la suite. Cette hypothèse est notamment discutée dans [TAYLOR2011] page 8, [TAYLOR&CARTWRIGHT2011] page 298, [WAAL2010] page 19, [EIDEM2002] page 77 et [EDZARD1980] page 656. Elle ne semble toutefois pas très probable dans les situations ordinaires, comme expliqué dans [TAYLOR&CARTWRIGHT2011] page 298 et [WAAL2010] page 19, et aucun indice ne me permet d'étudier si cela a été le cas pour certains des documents de mon corpus.

36. La question du format des tablettes, que j'évoque ici sans entrer dans les détails pour les besoins de la discussion sur le soin apporté à leur confection, sera abordée de manière complète plus loin dans cette partie.



Une petite tablette carrée plutôt soignée



Une petite tablette carrée très rudimentaire

FIGURE II.7. Exemples de tablettes du corpus confectionnées avec plus ou moins d'application³⁷

II.1.1.3. Finitions appliquées aux tablettes

À la suite du façonnage lui-même, des finitions semblent dans certains cas avoir été appliquées aux tablettes avant de passer à leur inscription. Trois principaux types de telles finitions ont été identifiés par les assyriologues qui se sont intéressés à cette question.

Il semble tout d'abord que la surface des tablettes ait parfois été lissée pour la rendre plus plane et plus régulière. En effet, outre le fait que l'on n'observe sur aucune grande tablette d'impressions produites par le support contre lequel on pense qu'elles auraient été aplaties, on relève sur diverses tablettes de différentes tailles des traces ayant l'aspect de légères striures qui semblent résulter d'une sorte de brossage de leur surface.³⁸ En poterie, le lissage des surfaces peut s'effectuer soit au moyen d'un outil souple tel que du tissu, du cuir, un bouquet d'herbe ou la main, soit au moyen d'un outil dur tel qu'un bâton. En ce qui concerne les tablettes, si ces mêmes outils peuvent être envisagés, il a été suggéré que le lissage ait été plus spécifiquement réalisé au moyen du côté lisse du calame utilisé pour écrire ou d'une poignée de paille, mais il me semble que certaines occurrences ne relèvent d'aucun de ces deux cas et qu'il ne faut donc pas exclure trop hâtivement les autres objets.³⁹ Plusieurs tablettes de mon corpus présentent des traces de lissage nettes, plus ou moins marquées et plus ou moins régulières, situées soit dans une seule zone soit sur l'ensemble de la surface, et correspondant soit à un geste ayant une direction constante soit à un geste ayant des directions variables. La figure II.8 de la page suivante en montre deux particulièrement claires, sur lesquelles le lissage semble avoir été pratiqué dans de larges zones, au moyen d'un outil dur, et le plus souvent dans un mouvement parallèle aux longs côtés de la tablette.

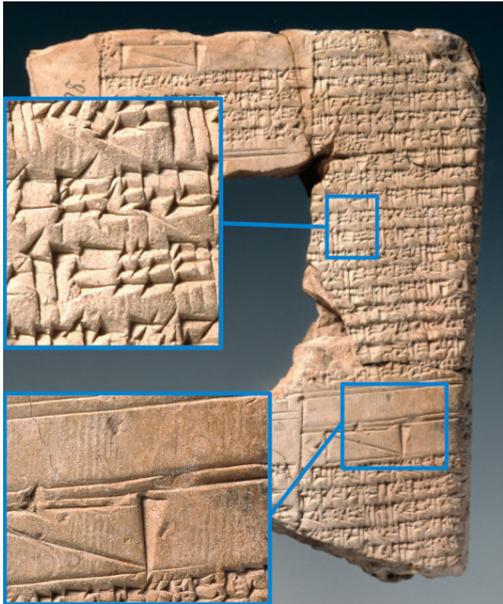
Il est par ailleurs possible que de la barbotine, c'est-à-dire de l'argile délayée dans de l'eau, ait été appliquée dans certains cas à titre de finitions, à des fins esthétiques.⁴⁰ Je n'ai toutefois pas relevé dans mon corpus de cas clair attestant qu'une telle application y ait été pratiquée.

37. La première image est composée d'une photographie de la face et une photographie de la tranche droite de la tablette YBC 7290 réalisées par K. Wagensonner et accessibles sur le site de la Yale Babylonian Collection, à l'adresse <<https://collections.peabody.yale.edu/search/Record/YPM-BC-021355>> (dernier accès le 11 mars 2024). La deuxième image est quant à elle composée de la photographie de la face et la photographie de la tranche droite de la tablette OIM A 30279 déjà insérées dans la figure II.4 ci-dessus.

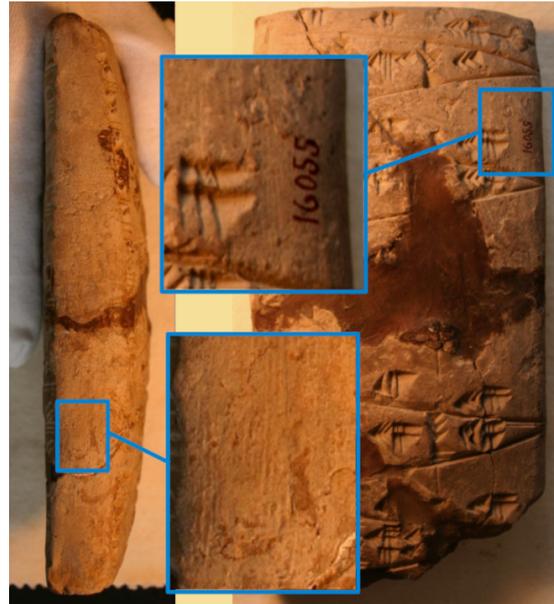
38. Voir [WAAL2010] page 20 et [MESSERSCHMIDT1907] pages 53-56.

39. Voir [WAAL2010] page 20 et [MESSERSCHMIDT1907] page 53.

40. Voir [TAYLOR2011] page 12 et [TAYLOR&CARTWRIGHT2011] page 300.



Un cas avec des striures régulières très marquées



Un cas avec des traces moins régulières et moins marquées

FIGURE II.8. Exemples de tablettes du corpus présentant des traces de lissage⁴¹

Enfin, L. Messerschmidt indique que les bords des grandes tablettes pouvaient être raclés au moyen d'un outil en bois légèrement arrondi, qui aurait été glissé le long de leurs tranches en prenant appui sur les supports contre lesquels elles étaient façonnées.⁴² Il est difficile de savoir de quelle manière une telle intervention peut se repérer, mais il est possible que certaines tablettes de mon corpus dont les bords sont particulièrement réguliers y aient été soumises.



FIGURE II.9. Exemples de tablettes du corpus dont les bords ont pu être raclés avec un outil⁴³

Détecter de telles finitions est intéressant car celles-ci témoignent à nouveau, quand elles sont présentes, d'un certain soin apporté à la confection des tablettes sur lesquelles on les observe, qui peut permettre de confirmer la tendance vers laquelle pointent la qualité de leur argile et l'application avec laquelle leur façonnage a été réalisé. De plus, comparer plus précisément la manière dont elles ont été effectuées pourrait à long terme s'avérer utile pour identifier des documents produits par un même scribe ou issus d'une même tradition scribale.

41. La première image est un montage composé d'une photographie du revers de la tablette VAT 6598 réalisée par O. M. Teßmer du Vorderasiatisches Museum de Berlin et de deux gros plans sur cette même photographie. La deuxième est un montage composé de photographies de la tranche gauche et du revers de la tablette MAH 16055 réalisées par C. Proust au Musée d'Art et d'Histoire de Genève et de deux gros plans sur ces mêmes photographies.

42. Voir [MESSERSCHMIDT1907] pages 53-55.

43. La première image est un gros plan sur une photographie de la tranche gauche de la tablette MS 3049 accessible dans la base de données du CDLI, à l'adresse <<https://cdli.mpiwg-berlin.mpg.de/artifacts/252061>> (dernier accès le 13 mars 2024). La deuxième est un gros plan sur une photographie de la tranche droite de la tablette Sb 13087 réalisée par C. Proust au Musée du Louvre.

J'ai en outre repéré, en lien plus direct avec les diagrammes mathématiques, que la zone occupée par un diagramme avait dans au moins un cas fait l'objet de finitions différentes de celles appliquées au reste de la surface de la tablette : tandis que l'on observe en de nombreux endroits de la tablette en question des striures très marquées, parallèles les unes aux autres et espacées de manière régulière, qui semblent avoir été produites par le passage d'un outil dur, on repère par contraste dans la zone occupée par le diagramme des traces beaucoup plus légères et désordonnées, qui semblent plutôt avoir été produites par le frottement d'une poignée d'herbes ou de paille. Cette observation révèle de manière fort intéressante que la zone occupée par le diagramme avait un statut particulier aux yeux du scribe, et l'on peut par exemple imaginer qu'il jugeait les striures profondes résultant du procédé de lissage principal trop visibles et gênantes pour un endroit destiné à recevoir un dessin.



Traces de lissage marquées sur le revers de la tablette (également visibles à d'autres endroits)



Traces de lissage différentes, plus discrètes, dans la zone occupée par le diagramme

FIGURE II.10. Exemple de tablette du corpus présentant des traces de lissage différentes dans la zone occupée par le diagramme⁴⁴

II.1.1.4. Contraintes temporelles pour l'inscription

Une fois une tablette façonnée, il fallait, pour qu'elle puisse être inscrite dans de bonnes conditions, que l'argile qui la constitue ne soit ni trop sèche ni trop humide. En effet, lorsque l'argile est trop sèche, elle ne s'adapte pas suffisamment aux pressions qui y sont exercées, de sorte que l'écriture devient plus difficile et que les signes ne s'impriment pas assez profondément, et, à l'inverse, lorsque l'argile est trop humide, la tablette ne conserve pas sa forme, le calame colle à la tablette et les signes obtenus ne sont pas nets.⁴⁵ L'état de l'argile propice à l'écriture est qualifié de « *wasserhart* » par L. Messerschmidt, qui indique reprendre une dénomination de R. Zehnpfund, et de « *leather-hard* » par W. Waal.⁴⁶

Dans la mesure où les tablettes exposées au soleil séchaient en seulement quelques heures,

44. Les deux images sont des gros plans sur des photographies en éclairage modifiable de la tablette YBC 4675 qui ont été réalisées et m'ont été envoyées par K. Wagensonner de la Yale Babylonian Collection, montrant respectivement le bas du revers et le haut de la face de cette tablette.

45. Voir [MESSERSCHMIDT1907] page 51 et [WAAL2010] page 57.

46. Voir [MESSERSCHMIDT1907] pages 51 et 55 et [WAAL2010] page 57. L. Messerschmidt semble sous-entendre dans sa description de la fabrication des tablettes que celles-ci étaient façonnées directement avec de l'argile dans cet état propice à l'écriture, mais W. Waal semble être d'un avis différent et dit avoir constaté lors d'une expérience menée aux États-Unis qu'une grande tablette conservée à l'intérieur à température ambiante pouvait commencer à être inscrite seulement 24 heures environ après avoir été préparée. Cette observation est assez surprenante, et les données me semblent insuffisantes à ce stade, l'expérience ayant été menée dans des conditions très différentes de celles dans lesquelles les tablettes étaient produites et utilisées dans le Proche-Orient ancien.

cet état de l'argile propice à l'écriture durait assez peu de temps.⁴⁷ Une expérience menée aux États-Unis par W. Waal a permis de déterminer qu'il s'écoule une trentaine d'heures entre le moment où une grande tablette conservée à l'intérieur à température ambiante peut commencer à être inscrite et celui où il commence à devenir difficile d'y imprimer des signes.⁴⁸ Ce délai dépend toutefois de nombreux paramètres tels que la taille de la tablette et la température, et il semble ainsi raisonnable de penser que la durée durant laquelle il était possible d'écrire était plus courte dans les conditions climatiques de Mésopotamie, voire beaucoup plus courte dans le cas de petites tablettes.⁴⁹ Plusieurs auteurs déduisent de ces limitations temporelles que les tablettes devaient la plupart du temps être inscrites en une seule fois.⁵⁰

Dans des cas particuliers où la longueur des textes ou des contraintes extérieures obligeaient les scribes à étaler la rédaction de documents dans le temps, ou bien lorsqu'ils devaient par exemple faire apposer des sceaux par des tierces personnes suite à l'écriture des textes, ils pouvaient recourir à des techniques leur permettant de maintenir la surface des tablettes suffisamment humide pour continuer à être inscrite plus longtemps que d'ordinaire.⁵¹ La mieux connue de ces techniques, révélée par des impressions de fibres textiles sur les surfaces de certaines tablettes, consistait à les emballer dans un tissu mouillé, et il est possible que des feuilles ou des nattes de roseau, dont des traces peuvent également être observées sur la surface de certaines tablettes, aient été utilisées dans le même but.⁵² Mais il est probable que cette pratique ait été réservée à des situations ponctuelles.

Ces considérations ont des conséquences importantes sur la temporalité de production des tablettes comportant des diagrammes, et, notamment, sur le moment auquel les diagrammes pouvaient être réalisés par rapport à la rédaction ou la copie des éventuels textes apparaissant à leurs côtés. En effet, sans entrer dans des détails d'ordre d'exécution qui feront l'objet de la section II.2.2., les limitations décrites plus haut impliquent que les diagrammes et les textes devaient globalement être portés sur les tablettes au même moment, et, si les techniques décrites dans le paragraphe précédent suggèrent qu'il ait été possible en cas de besoin de maintenir l'argile humide pour différer la réalisation des uns par rapport aux autres, l'organisation que cela aurait nécessité et le fait que presque aucun document de mon corpus ne présente d'impressions de fibres textiles ou de roseaux laissent penser que ce n'était vraisemblablement pas la démarche habituelle. Cela entraîne en particulier qu'il est peu probable, bien que pas totalement exclu, que les diagrammes aient été ajoutés, postérieurement à l'écriture des textes, par d'autres personnes que les scribes qui rédigeaient ou copiaient ces derniers, comme cela est attesté dans le contexte de la production de certains manuscrits médiévaux.⁵³

Par ailleurs, trois phénomènes plus spécifiques liés à la temporalité d'inscription des tablettes peuvent occasionnellement être détectés sur celles-ci.

Premièrement, des assyriologues ont constaté dans certains cas qu'un scribe n'était pas parvenu à écrire l'intégralité de son texte avant que l'argile ne commence à sécher, et qu'il avait ainsi imprimé certains signes sur de l'argile déjà un peu dure, notamment à la fin d'une

47. Voir [CHARPIN1989] pages 59-60, [CHARPIN2002] pages 488-490 et [MESSERSCHMIDT1907] page 52.

48. Voir [WAAL2010] page 57.

49. Voir à nouveau [WAAL2010] page 57.

50. Voir [CHARPIN1989] pages 59-60, [CHARPIN2002] pages 488-490 et [MESSERSCHMIDT1907] page 52.

51. Voir [MESSERSCHMIDT1907] page 52, [CHARPIN2002] pages 501-502 et [TAYLOR2011] pages 25-26.

52. Voir [MESSERSCHMIDT1907] page 52, [TAYLOR2011] pages 25-26, et [CARTWRIGHT&TAYLOR2011] pages 57 et 68-69. On trouve dans ce dernier article une photographie d'une tablette présentant une trace de roseau, et un exemple similaire tiré de mon propre corpus est donné dans la section II.1.3.1 de ce chapitre.

53. Voir par exemple [CROZET1999] pages 151-152 et [DEYOUNG2012] pages 23-24.

grande tablette ou lors de corrections légèrement postérieures à la rédaction.⁵⁴ De telles inscriptions ou ajouts faits après le début du séchage se repèrent généralement à leur finesse et leur superficialité par rapport aux inscriptions sur l'argile fraîche, à leur allure plus schématique, et au fait qu'elles sont souvent plus difficiles à lire.⁵⁵ Je n'ai pas discerné pour l'instant de manifestation claire de ce phénomène sur les tablettes de mon corpus que j'ai eu l'occasion d'observer le plus en détail, mais de tels indices méritent de continuer à être cherchés.

Deuxièmement, des assyriologues ont relevé sur certaines tablettes des parties de texte écrites à l'encre sur la surface en complément du texte imprimé de la manière habituelle, probablement parce que celles-ci ont été ajoutées alors que l'argile était déjà complètement sèche et ne permettait plus du tout de réaliser des impressions.⁵⁶ Il est possible que cela ait été fait sur le revers d'une tablette scolaire de mon corpus, où l'on voit, parmi les inscriptions figurant sur un diagramme, deux chevrons tracés à l'encre rouge près de ceux imprimés dans l'argile – une situation qui serait tout à fait exceptionnelle et extraordinairement intéressante à analyser en détail s'il était avéré que ces signes ont effectivement été écrits dans l'Antiquité mais que je m'abstiens momentanément de commenter plus avant tant que je n'ai pas eu la possibilité de m'assurer qu'il ne s'agit pas simplement d'un ajout moderne de la part, par exemple, d'un conservateur ou d'une personne qui a étudié la tablette.

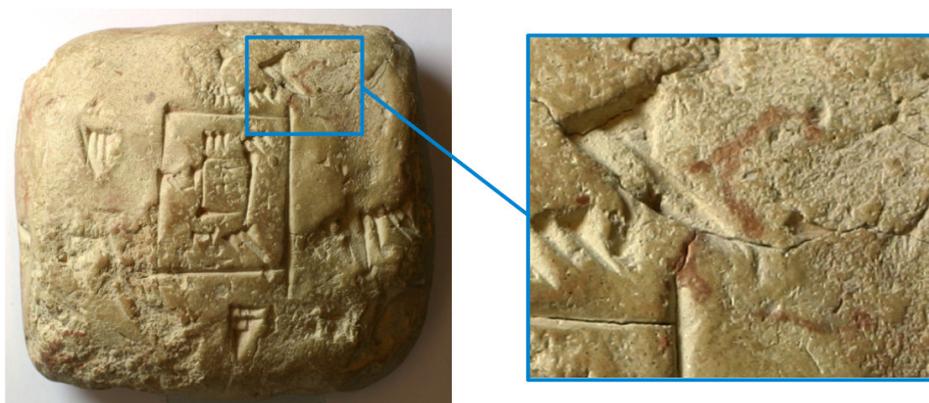


FIGURE II.11. Exemple de tablette du corpus comportant des signes tracés à l'encre⁵⁷

Enfin, troisièmement, même si certains assyriologues estiment que cette opération n'était pas pratiquée, il apparaît que les scribes ré-humidifiaient parfois la surface d'une tablette sur laquelle ils avaient besoin de continuer à écrire alors qu'elle avait déjà séché, en y ajoutant de l'eau ou en y appliquant de la barbotine.⁵⁸ Une telle intervention modifiait sensiblement l'aspect de la surface de la tablette, et pouvait également avoir des conséquences très visibles sur

54. Voir [TAYLOR2011] page 16, [TAYLOR&CARTWRIGHT2011] pages 311-312 (où l'on trouvera des photographies d'exemples de tablettes comportant des inscriptions réalisées après le début du séchage de l'argile), [CHARPIN1989] pages 59-60, [WAAL2010] pages 57 et 74 (où l'on trouvera des photographies d'autres exemples de telles tablettes) et [CHARPIN2002] pages 488-490.

55. Voir [TAYLOR&CARTWRIGHT2011] pages 311-312, [CHARPIN1989] pages 59-60 et [MESSERSCHMIDT1907] pages 43-44, ainsi que les photographies mentionnées dans la note précédente.

56. Voir [TAYLOR2011] page 16 et [TAYLOR&CARTWRIGHT2011] page 312. Voir par ailleurs la partie II.2.1. de ce chapitre pour une explication des gestes au moyen desquels les scribes écrivaient et réalisaient des tracés sur les tablettes dans les conditions normales.

57. L'image est un montage composé d'une photographie du revers de la tablette YBC 7359 réalisée par C. Proust au Yale Peabody Museum of Natural History et d'un gros plan sur cette même photographie.

58. Voir [TAYLOR&CARTWRIGHT2011] page 311 et [DANIELS1995] pages 83-84. Une telle pratique fait d'ailleurs écho à ce qui a été établi par D. Charpin dans le cas des prismes sur lesquels étaient inscrits des textes parti-

les signes qui y étaient inscrits par la suite – surtout lorsqu’elle était effectuée avec une quantité d’eau trop importante –, et n’était donc vraisemblablement pas utilisée régulièrement.⁵⁹ Néanmoins, quelques tablettes de mon corpus semblent y avoir été soumises, comme par exemple celle reproduite par la figure II.12 ci-dessous, sur laquelle on voit clairement que la surface est plus brillante et plus « baveuse » que d’ordinaire et que l’argile, gorgée d’eau, avait une beaucoup moins bonne tenue.⁶⁰



FIGURE II.12. Exemple de tablette du corpus dont la surface a été ré-humidifiée⁶¹

Toutes ces observations nous fournissent de premières indications générales sur la temporalité de production des tablettes comportant des diagrammes, un thème sur lequel j’aurai l’occasion de revenir plus en détail à plusieurs reprises au cours de ce chapitre.

Par ailleurs, quelle qu’ait été la temporalité d’inscription d’une tablette, il est inévitable que, lors de son séchage, l’eau qui avait été ajoutée à l’argile pour atteindre la plasticité nécessaire s’évapore, provoquant une contraction de la matière, en particulier dans les parties qui en étaient le plus gorgées, et parfois des craquelures.⁶² Cette contraction peut avoir des conséquences sur la forme des clous et des tracés présents sur la tablette, et donc en particulier sur les diagrammes qui s’y trouvent, qui sont susceptibles de se déformer légèrement au cours du séchage par rapport à l’aspect exact qui leur a été conféré.⁶³ L’ampleur de ce phénomène me semble difficile à mesurer sur les tablettes de mon corpus, de sorte qu’il m’est impossible de le prendre en compte dans mes analyses des dessins, mais il est néanmoins souhaitable d’être conscient de ces inévitables transformations.

culièrement longs, pour lesquels il estime que les scribes auraient étalé au fur et à mesure sur une structure en argile grossière de l’argile plus fine et plus fraîche qu’ils pouvaient inscrire sans problème, comme expliqué dans [CHARPIN1989] pages 59-60.

59. Pour cette raison, cette éventualité ne contredit pas les conclusions générales tirées un peu plus haut sur la temporalité habituelle de production des tablettes avec diagrammes.

60. Il est possible que l’application d’eau repérée ici ait été liée à l’effacement d’un contenu plus ancien et pas seulement au fait que la surface avait séché, un thème sur lequel je reviendrai dans la section II.1.3.2.

61. L’image est un montage composé d’une photographie de la face de la tablette MS 2985 accessible sur le site du CDLI, à l’adresse <<https://cdli.mpiwg-berlin.mpg.de/artifacts/252014>> (dernier accès le 13 mars 2024), et de deux gros plans sur cette même photographie.

62. Voir [TAYLOR2011] pages 5-6, ainsi que [WAAL2010] page 57, où est relatée une expérience menée à cet égard qui montre qu’une grande tablette d’une trentaine de centimètres sur une vingtaine perd environ 2 centimètres de hauteur au séchage, soit une contraction de l’ordre de 6%.

63. Voir [CHARPIN2002] pages 17-18.

II.1.2. Format, mise en page et « style » des tablettes

Lors de la confection des tablettes puis de leur inscription, les scribes faisaient des choix de format, de mise en page et d'écriture, dont des études relevant du champ de la diplomatique des textes ont montré l'intérêt de réaliser des descriptions minutieuses.⁶⁴

II.1.2.1. Forme et dimensions

Les tablettes cunéiformes peuvent avoir diverses formes, à savoir principalement rectangulaires, carrées, rondes ou ovales.⁶⁵ Au moins les trois premières d'entre elles sont attestées dans mon corpus, avec, sans grande surprise, une forte prépondérance des tablettes rectangulaires, puis, dans une moindre mesure, des tablettes rondes.⁶⁶

Les deux côtés principaux des tablettes, que l'on appelle leur *face* pour le « recto » et leur *revers* pour le « verso », peuvent être soit plans soit bombés. La tendance générale est que la face soit plutôt plane et le revers plutôt bombé, mais d'autres configurations se rencontrent également.⁶⁷ On dispose, pour décrire la convexité des faces des tablettes et par là-même leur profil, de dénominations introduites par W. Waal dans sa thèse sur la diplomatique des documents hittites. On appelle tablettes *plano-convexes* celles qui ont une face plane et un revers bombé, tablettes *sphériques* celles dont la face et le revers sont tous deux bombés, et tablettes *plates* celles dont la face et le revers sont tous deux plutôt plans. Les tablettes *plano-convexes*, qui sont les plus répandues, peuvent de plus présenter diverses variantes : un profil *plano-convexe arrondi* dans lequel l'incurvation est régulière, un profil *plano-convexe en faîte de toit* dans lequel l'incurvation marque un angle, ou encore un profil *plano-convexe en coussin* dans lequel certains bords du côté bombé ont une partie aplatie.⁶⁸ Le profil des tablettes semble entre autres être lié de manière assez importante à la façon dont elles ont été fabriquées, celles façonnées entre les paumes des mains ayant tendance à avoir un profil sphérique tandis que celles confectionnées contre une surface ont nécessairement un profil soit *plano-convexe* soit *plat*.⁶⁹ Étant donné que je ne dispose pas de photographies systématiques des tranches des tablettes de mon corpus, je ne suis pas en mesure de dresser un panorama complet de leurs profils, mais il est en tout cas clair qu'elles présentent à cet égard, comme en ce qui concerne leurs formes, une grande diversité. La figure II.13 sur la page suivante montre deux exemples de chaque type de profil tirés de mon corpus.

64. La « diplomatique des textes » est une science fondée au XVII^e siècle par le moine bénédictin Jean Mabillon qui cherchait à mettre en place des moyens de distinguer les documents mérovingiens authentiques d'imitations. La portée de cette discipline s'est ensuite considérablement élargie, et elle a été définie en 1998 de la manière générale suivante par L. Duranti : « *Diplomatics is the discipline which studies the genesis, forms and transmission of archival documents, and their relationship with the facts represented in them and with their creator, in order to identify, evaluate, and communicate their true nature.* » (citation tirée de [WAAL2010] page 1). Bien qu'elles n'aient pas été élaborées à l'origine pour l'étude des tablettes cunéiformes, les méthodes de recherche en diplomatique peuvent tout à fait s'adapter à ce type de documents, et deux des travaux sur la matérialité des tablettes que j'ai consultés, [CHARPIN2002] et [WAAL2010], s'affichent explicitement dans leur titre comme des travaux de diplomatique.

65. Voir [WAAL2010] pages 22-35, [CHARPIN2002] pages 494-495 et [EDZARD1980] page 565.

66. Des exemples de tablettes des différentes formes peuvent être vus à travers toutes les images de la thèse.

67. Voir [WALKER2014] page 101, [CHARPIN2002] pages 494-495 et [EDZARD1980] page 565.

68. Voir [WAAL2010] pages 22-35, où l'on trouvera notamment des photographies illustrant chacun des cas.

69. Voir sur ce point, et pour plus de détails qui m'éloigneraient trop de mon sujet principal, [WAAL2010] page 22, [MESSERSCHMIDT1907] pages 53-55 et [WALKER2014] page 101. Il est probable que le profil des tablettes ait été dicté dans de nombreux cas par des impératifs de solidité, et il est par ailleurs possible que celui-ci se soit occasionnellement modifié durant l'inscription, comme discuté dans les références mentionnées.

70. La première image est une photographie de la tranche gauche de la tablette Sb 13088 réalisée par C. Proust au Musée du Louvre. La deuxième est une photographie de la tranche inférieure de la tablette YBC 7290 réalisée par K. Wagonsonner et accessible sur le site de la Yale Babylonian Collection, à l'adresse <<https://collections>>.

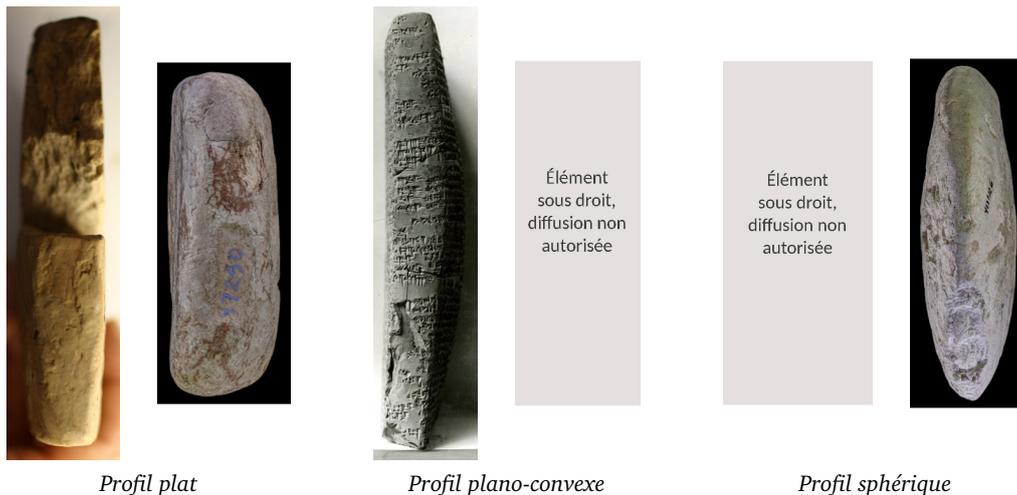


FIGURE II.13. Exemples de tablettes du corpus présentant différents profils⁷⁰

Tout comme les côtés principaux, les tranches des tablettes peuvent être, selon la façon dont celles-ci ont été modelées, planes ou au contraire bombées.⁷¹ De plus, dans le cas des tablettes sphériques, il est fréquent que la face et le revers se rejoignent directement de par leur arrondi et que les tranches soient ainsi quasiment inexistantes. Les trois configurations se rencontrent dans mon corpus, comme illustré par la figure II.14 ci-dessous.



FIGURE II.14. Exemples de tablettes du corpus dont les tranches ont différents aspects⁷²

Lorsque les tranches des tablettes sont bombées, leurs bords sont nécessairement arrondis. En revanche, lorsque les tranches sont planes, les bords peuvent être soit droits et relativement anguleux, soit plus arrondis.⁷³ Là encore, les deux cas de figure se rencontrent dans mon corpus, comme illustré par la figure II.15 sur la page suivante.

peabody.yale.edu/search/Record/YPM-BC-021355> (dernier accès le 15 mars 2024). La troisième est une photographie de la tranche droite de la tablette BM 85194 accessible sur le site du British Museum, à l'adresse <https://www.britishmuseum.org/collection/object/W_1899-0415-1> (dernier accès le 15 mars 2024). La quatrième est une photographie de la tranche droite de la tablette MS 2107 accessible dans la base de données du CDLI, à l'adresse <<https://cdli.mpiwg-berlin.mpg.de/artifacts/250831>> (dernier accès le 15 mars 2024). La cinquième est une photographie de la tranche droite de la tablette MS 2192 également accessible dans la base de données du CDLI, à l'adresse <<https://cdli.mpiwg-berlin.mpg.de/artifacts/250945>> (dernier accès le 15 mars 2024). La sixième est une photographie de la tranche droite de la tablette YBC 11126 réalisée par K. Wagensohnner et accessible sur le site de la Yale Babylonian Collection, à l'adresse <<https://collections.peabody.yale.edu/search/Record/YPM-BC-024920>> (dernier accès le 15 mars 2024).

71. Voir [MAIOCCHI2015] pages 77-79 et [GLASSNER2000] page 150.

72. La première image est une photographie de la tranche inférieure de la tablette MS 3049 accessible dans la base de données du CDLI, à l'adresse <<https://cdli.mpiwg-berlin.mpg.de/artifacts/252061>> (dernier accès le 15 mars 2024). La deuxième est une photographie de la tranche droite de la tablette YBC 8633 qui a été réalisée et m'a été envoyée par K. Wagensohnner de la Yale Babylonian Collection. La troisième est la photographie de la tranche droite de la tablette YBC 11126 déjà montrée dans la figure II.13 ci-dessus.

73. Voir [WAAL2010] pages 22-23.

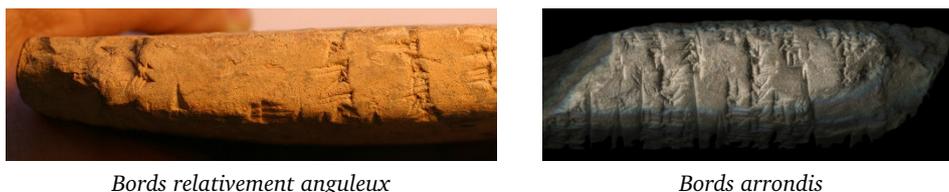


FIGURE II.15. Exemples de tablettes du corpus dont les bords ont différents aspects⁷⁴

Enfin, les coins des tablettes peuvent eux aussi être soit droits et anguleux, soit arrondis, soit même, dans certains cas, pincés.⁷⁵ La figure II.16 ci-dessous montre un exemple de chaque type au sein de mon corpus.



FIGURE II.16. Exemples de tablettes du corpus dont les coins ont différents aspects⁷⁶

Dans l'ensemble de la documentation cunéiforme, la longueur des côtés ou du diamètre des tablettes varie considérablement, de moins d'un centimètre à une trentaine voire une quarantaine de centimètres environ, mais la plupart ont une taille proche de celle de la paume de la main, avec des dimensions médianes autour de 10 centimètres sur 7.⁷⁷ L'épaisseur des tablettes varie elle aussi beaucoup, et peut atteindre jusqu'à 8 centimètres environ, notamment dans le cas des plus grands documents, où elle devait être suffisamment importante pour que les objets obtenus ne soient pas trop fragiles.⁷⁸ Pour autant que je puisse en juger à partir des données dont je dispose, la tendance est également à une grande diversité concernant ces deux aspects dans mon corpus, même si je n'y ai rencontré ni de tablettes minuscules ayant moins de quelques centimètres de côté ni de tablettes massives ayant plus de quelques centimètres d'épaisseur. La figure II.17 sur la page suivante montre l'une des plus petites tablettes que j'y ai repérées à sa taille réelle approximative et, par contraste, la tablette la plus imposante que l'on y trouve à environ un septième de sa taille réelle. La figure II.18 à sa suite illustre quant à elle les variations d'épaisseur que l'on peut constater.

74. La première image est un gros plan sur une photographie de la tranche droite de la tablette VAT 8522 réalisée par C. Proust au Vorderasiatisches Museum. La deuxième est un gros plan sur une photographie de la tranche droite de la tablette BNUS 364 accessible dans la base de données du CDLI, à l'adresse <<https://cdli.mpiwg-berlin.mpg.de/artifacts/414661>> (dernier accès le 15 mars 2024).

75. Voir [MAIOCCHI2015] pages 77-79, [WAAL2010] page 32, [CHARPIN2002] pages 494-495 et [GLASSNER2000] page 150.

76. La première image est un gros plan sur une photographie du revers de la tablette BM 85194 accessible sur le site du British Museum, à l'adresse <https://www.britishmuseum.org/collection/object/W_1899-0415-1> (dernier accès le 15 mars 2024). La deuxième est un gros plan sur une photographie de la face de la tablette YBC 8633 qui a été réalisée et m'a été envoyée par K. Wagensohnner de la Yale Babylonian Collection. La troisième est un gros plan sur une photographie de la face de la tablette VAT 7535 qui a été réalisée par C. Proust au Vorderasiatisches Museum.

77. Voir [TAYLOR2011] page 8, [WALKER2014] page 101, [CHARPIN1989] pages 58-59, [WAAL2010] pages 20-21 et 32, et [EDZARD1980] page 565.

78. Voir [CHARPIN2002] pages 494-495.



Petite tablette (taille réelle)



Très grande tablette (échelle 1:7)

FIGURE II.17. Exemples de tablettes du corpus de tailles très différentes⁷⁹



Tablette plutôt fine pour sa taille



Tablette plutôt épaisse pour sa taille

FIGURE II.18. Exemples de tablettes du corpus d'épaisseurs très différentes⁸⁰

Toutes ces observations peuvent paraître futiles prises isolément, mais deviennent intéressantes lorsqu'on les compare à l'échelle du corpus complet. En effet, la forme et les dimensions des tablettes ayant évolué au cours du temps, varié selon les types de documents et dépendu d'habitudes scribales, les relever de manière précise peut permettre d'une part d'apprendre à mieux cerner le statut des documents que l'on étudie, et d'autre part, dans certains cas, de rapprocher les uns des autres des documents dont le contexte archéologique est inconnu mais qui sont susceptibles d'avoir une origine commune, comme cela apparaîtra par exemple à l'occasion de la discussion de la provenance de la tablette BNUS 367 dans la section V.1.2.2 de la deuxième grande partie.⁸¹

79. La première image est une photographie de la face de la tablette YBC 3892 réalisée par C. Proust au Yale Peabody Museum of Natural History ; cette tablette a un diamètre d'environ 5,5 centimètres d'après l'échelle insérée sur une partie coupée de la photographie. La deuxième image est une photographie de la tablette BM 15285 accessible sur le site du British Museum, à l'adresse <https://www.britishmuseum.org/collection/object/W_1896-0410-11> (dernier accès le 15 mars 2024) ; cette tablette, partielle à l'heure actuelle, mesurait un peu plus de 30 centimètres sur 50 d'après E. Robson qui en a réalisé l'édition (voir [ROBSON1999] page 208) – des dimensions imposantes qui sont même supérieures aux plus grandes tailles mentionnées par les auteurs des publications sur la matérialité que j'ai consultées !

80. La première image est une photographie de la tranche gauche de la tablette VAT 7535 réalisée par C. Proust au Vorderasiatisches Museum. La deuxième est une photographie de la tranche droite de la tablette MS 2985 accessible dans la base de données du CDLI, à l'adresse <<https://cdli.mpiwg-berlin.mpg.de/artifacts/252014>> (dernier accès le 15 mars 2024).

81. Voir notamment [WALKER2014] pages 102-104, [WAAL2010] pages 20-21, 32 et 113, [EDZARD1980] page 565 et [GLASSNER2000] page 150.

II.1.2.2. Organisation de l'espace

Dans l'ensemble de la documentation cunéiforme, les tablettes qui n'ont pas une forme ronde ou carrée sont le plus souvent orientées « au format portrait », c'est-à-dire avec l'écriture parallèle à leurs petits côtés, et se retournent presque toujours selon un axe de rotation horizontal, c'est-à-dire parallèlement à la direction de l'écriture, même si des exceptions sur l'un et l'autre point se rencontrent également de temps en temps.⁸² La tendance est identique dans mon corpus, où la grande majorité des tablettes concernées sont effectivement orientées « au format portrait » mais quelques exceptions se lisent néanmoins « au format paysage », et où toutes les tablettes pour lesquelles j'ai été en mesure de le déterminer à partir des données dont je dispose semblent effectivement se retourner selon un axe horizontal.

Les scribes écrivaient sur les tablettes de gauche à droite. Ils commençaient dans le coin supérieur gauche de la face, utilisaient tout l'espace disponible jusqu'au coin inférieur droit, retournaient ensuite la tablette, en général parallèlement à la direction d'écriture comme nous venons de le voir, puis inscrivait le revers en allant à nouveau du coin supérieur gauche au coin inférieur droit. La tranche inférieure était parfois utilisée entre la face et le revers de manière à ce que le texte s'enroule sans interruption autour du support, comme illustré par la figure II.19 ci-dessous. La tranche droite, qui est la même pour la face et le revers, était quant à elle généralement utilisée pour terminer des phrases lorsque le scribe manquait de place sur une ligne, et l'on y observe ainsi souvent des lignes de texte tête-bêche venant de chacun des deux côtés, comme illustré par la figure II.20 ci-dessous. La tranche supérieure puis la tranche gauche pouvaient, selon les documentations, être utilisées pour poursuivre le texte une fois le revers plein. Enfin, le texte pouvait également commencer sur la tranche supérieure plutôt qu'en haut de la face, principalement dans le cas des tablettes ayant des bords arrondis avec une transition progressive entre les tranches et la face.⁸³



FIGURE II.19. Exemples de tablettes du corpus utilisant ou non la tranche inférieure⁸⁴

82. Voir [TAYLOR2011] page 14, [WAAL2010] pages 32-35, 58 et 77-78, et [CHARPIN2002] pages 494-495. W. Waal rapporte en outre la présence, dans le corpus hittite, de deux tablettes sur lesquelles l'orientation de la tablette a été modifiée entre la face et le revers et où cette rupture de direction de l'écriture pourrait être un moyen d'indiquer que les textes apparaissant de chacun des deux côtés n'ont aucun rapport l'un avec l'autre et n'ont été placés ensemble que pour des raisons pratiques.

83. Voir [TAYLOR2011] page 14, [CHARPIN2002] page 495, [EDZARD1980] pages 565-566, [MARZAHN2003] page 82 et [WAAL2010] pages 58-61.

84. La première image est une photographie de la tranche inférieure de la tablette YBC 8633 réalisée par K. Wagensohnner de la Yale Babylonian Collection. La deuxième est une photographie de la tranche inférieure de la tablette BM 85194 accessible sur le site du British Museum, à l'adresse <https://www.britishmuseum.org/collection/object/W_1899-0415-1> (dernier accès le 15 mars 2024). La troisième est une photographie de la tranche inférieure de la tablette VAT 7532 réalisée par C. Proust au Vorderasiatisches Museum.

85. La première image est une photographie de la tranche droite de la tablette MS 2792 accessible dans la base de données du CDLI, à l'adresse <<https://cdli.mpiwg-berlin.mpg.de/artifacts/251838>> (dernier accès le 15 mars 2024). La deuxième est une photographie de la tranche droite de la tablette VAT 8522 réalisée par C. Proust au Vorderasiatisches Museum. La troisième est une photographie de la tranche droite de la tablette MLC 1950 réalisée



FIGURE II.20. Exemples de tablettes du corpus utilisant ou non la tranche droite⁸⁵

De manière générale, il a été observé que des marges pouvaient ou non être laissées autour du texte, parfois de tous les côtés et parfois seulement de certains côtés, et que la zone de texte pouvait ou non être délimitée au moyen de lignes horizontales et/ou verticales, traditionnellement appelées par les assyriologues de leur nom allemand « *Randleisten* ». ⁸⁶ Néanmoins, mon corpus semble pour une fois présenter très peu de variations à cet égard, et les textes y sont plus ou moins tous inscrits sur les tablettes sans lignes de délimitation extérieures ni marges.

Il était par ailleurs courant que les zones de texte des tablettes soient divisées en colonnes, de nombre variable. ⁸⁷ Lorsqu'il y a des colonnes, celles-ci se succèdent presque toujours de gauche à droite sur la face et de droite à gauche sur le revers. ⁸⁸ Elles peuvent être séparées les unes des autres soit par une ligne verticale, soit par deux lignes verticales, soit simplement par un espace vierge, sans que cela ne soit forcément homogène sur une même tablette. Dans les cas où les colonnes sont séparées par des lignes, on peut regarder si celles de la face et du revers sont indépendantes ou bien se trouvent dans le prolongement les unes des autres, et si le texte commence sur ces lignes ou bien si une petite marge est laissée. ⁸⁹ Dans les cas où les colonnes sont plus précisément séparées par deux lignes, ces lignes délimitent ce que l'on appelle un *espace inter-colonnes*, et l'on peut alors s'intéresser en plus à la largeur de cet espace ainsi qu'à l'éventuelle présence de signes ou marques divers à cet endroit. La figure II.21 ci-après donne un aperçu de diverses situations rencontrées dans mon corpus à ce sujet.

par K. Wagensonner et accessible sur le site de la Yale Babylonian Collection, à l'adresse <<https://collections.peabody.yale.edu/search/Record/YPM-BC-001948>> (dernier accès le 15 mars 2024). La quatrième est un gros plan sur une photographie de la tranche droite de la tablette BM 85194 accessible sur le site du British Museum, à l'adresse <https://www.britishmuseum.org/collection/object/W_1899-0415-1> (dernier accès le 15 mars 2024).

86. Voir [WAAL2010] pages 57 et 89-98 et [CHARPIN2002] pages 494-495.

87. Qu'il y ait une seule ou plusieurs colonnes sur une tablette, chacune peut ensuite être elle-même divisée en sous-colonnes. On parle de *sous-colonnes* plutôt que de véritables colonnes lorsque les contenus de part et d'autre de la séparation ne sont pas complètement indépendants l'un de l'autre mais plutôt connectés horizontalement, comme par exemple dans le cas des listes lexicales bilingues, des textes avec des explications données dans la partie droite, ou encore des tables numériques et métrologiques en mathématiques. Cet aspect est décrit dans [WAAL2010] pages 79 et 88-89, mais j'ai fait le choix de ne pas m'attarder dessus afin de ne pas alourdir outre mesure les descriptions rassemblées dans ce chapitre, qui sont déjà très longues.

88. Voir [TAYLOR2011] page 14, [MAIOCCHI2015] page 80, [WAAL2010] pages 79-85, [CHARPIN2002] page 495 et [EDZARD1980] pages 556-557.

89. Voir [WAAL2010] pages 85-86.

90. Les deux premières images sont des gros plans sur une photographie de la face de la tablette BM 85194 accessible sur le site du British Museum, à l'adresse <https://www.britishmuseum.org/collection/object/W_



FIGURE II.21. Exemples de tablettes du corpus organisées en colonnes⁹⁰

Tout comme pour le format et les dimensions, décrire ces éléments de mise en page peut sembler superflu de prime abord, mais il a été remarqué que les variations relevées concernant les différents points évoqués ne tenaient pas seulement de simples préférences personnelles et étaient dans certaines situations des marqueurs de traditions scribales.⁹¹ En conséquence, noter ces menus détails peut nous aider à identifier des contextes de production communs ou des phénomènes de circulation, et, même si aucune conclusion vraiment significative ne s'est jusqu'à présent dégagée de mon corpus à cet égard, il me semble intéressant de consigner ces données pour des recherches futures.

II.1.2.3. Classification en types

Les assyriologues travaillant sur des corpus contenant entre autres des productions scolaires ont souvent recours à une classification des tablettes en « types » définis en se basant principalement – mais pas exclusivement – sur leur format et leur mise en page. Cette classification a été introduite par M. Civil pour les tablettes lexicales paléo-babyloniennes de Nippur, puis précisée par N. Veldhuis pour ce même corpus, étendue par S. Tinney aux textes littéraires, et utilisée par C. Proust dans son étude du cursus mathématique de Nippur.⁹² On peut s'interroger sur son applicabilité à l'ensemble du corpus mathématique, incluant de nombreuses tablettes qui ne proviennent pas de Nippur et ne semblent pas suivre exactement les mêmes standards, comme discuté par E. Robson.⁹³ Elle n'est par ailleurs pas parfaitement rigoureuse, et l'on peut en particulier critiquer le fait qu'elle prenne en partie en compte des critères liés au contenu des documents alors qu'elle se veut avant tout matérielle, comme pointé par P. Delnero.⁹⁴ Cependant, malgré ces limites, elle présente l'avantage d'être relativement stable et bien ancrée dans la littérature, et cela me conduit à l'adopter provisoirement pour décrire les tablettes que je considère.

Les types usuellement retenus dans cette classification, ainsi qu'un type supplémentaire qu'il me semble utile d'ajouter ici, sont les suivants :

1899-0415-1> (dernier accès le 15 mars 2024). La troisième est un gros plan sur une photographie de la face de la tablette VAT 8522 réalisée par C. Proust au Vorderasiatisches Museum. La quatrième est un gros plan sur une photographie de la face de la tablette BM 15285 accessible sur le site du British Museum, à l'adresse <https://www.britishmuseum.org/collection/object/W_1896-0410-11> (dernier accès le 15 mars 2024).

91. Voir par exemple [WAAL2010] pages 89-92.

92. Voir [VELDHUIS1997], [TINNEY1999] et [PROUST2007].

93. Voir [ROBSON1999].

94. Voir [DELNERO2010].

TYPE	DESCRIPTION DES TABLETTES RELEVANT DE CE TYPE
Type I	Tablettes rectangulaires de grande taille (environ 15 × 20 centimètres) comportant plusieurs colonnes sur chaque face (généralement cinq ou six) et couvertes d'une écriture en petits caractères, qui contiennent une série élémentaire entière ou une grande partie d'une série élémentaire.
Type II	Tablettes rectangulaires de taille moyenne (environ 10 × 15 centimètres) dont la face et le revers présentent une mise en page et un contenu très différents. Sur la face, on trouve à gauche une colonne contenant un extrait d'une dizaine ou vingtaine de lignes d'une série élémentaire écrit d'une main habile, probablement par un professeur, et terminé par un double trait horizontal, et à droite une ou plusieurs colonnes contenant ou ayant contenu des copies de cet extrait par un ou des élèves; la partie de droite était effacée de manière répétée pour permettre de recommencer l'exercice, et est donc généralement vierge ou même cassée sur les tablettes qui nous sont parvenues. Sur le revers, on trouve un autre extrait de série élémentaire (qui peut être la même que celle de la face ou une autre) écrit sur quatre ou cinq colonnes, d'une main moins habile que le modèle de la face, et constituant une révision d'un sujet étudié plus tôt dans le cursus.
Type III	Tablettes rectangulaires de petite taille contenant un extrait d'une dizaine ou quinzaine de lignes d'une série élémentaire, écrit sur une seule colonne sur la face puis le revers. Les tablettes de ce type sont appelées « IM.GÍD.DA » en sumérien.
Type IV	Tablettes lenticulaires ou carrées de taille à être tenues dans la main (environ 6 à 8 centimètres de diamètre) et présentant généralement un profil plano-convexe ou sphérique, qui contiennent un exercice court de niveau élémentaire ou plus souvent de niveau intermédiaire. L'organisation du contenu sur les faces peut varier, notamment en fonction des villes, avec par exemple un modèle et une copie d'élève sur la face et le revers anépigraphe, ou bien un modèle sur la face et sa copie sur le revers, ou encore deux exercices différents sur la face et le revers. Les tablettes de ce type sont appelées « IM.ŠU » en sumérien.
Type S	Tablettes rectangulaires allongées écrites sur une seule colonne sur la face puis le revers (d'où l'initiale « S », renvoyant au terme anglais <i>single-column</i>), dont le contenu relève d'un enseignement de niveau avancé ou d'une pratique érudite. Ces tablettes ont un format proche de celui des tablettes de type III et portent le même nom sumérien « IM.GÍD.DA », mais elles se différencient de ces dernières par leur contenu et leur fonction.
Type M	Tablettes rectangulaires de grande taille comportant plusieurs colonnes sur chaque face (généralement entre deux et cinq, d'où l'initiale « M », renvoyant au terme anglais <i>multi-column</i>), dont le contenu relève d'un enseignement de niveau avancé ou d'une pratique érudite. Ces tablettes ont un format proche de celui des tablettes de type I, mais elles se différencient de ces dernières par leur contenu et leur fonction.
Type L	Tablettes lenticulaires de taille à être tenues dans la main (d'où l'initiale « L », renvoyant au terme anglais <i>lenticular</i>), dont le contenu relève d'un enseignement de niveau avancé ou d'une pratique érudite. Ces tablettes ont le même format que les tablettes de type IV, mais elles se différencient de ces dernières par leur contenu et leur fonction. Il s'agit de la catégorie que j'ai ajoutée par rapport à la classification usuelle, qui me semble utile pour proposer pour les tablettes lenticulaires une paire similaire aux paires « Type III / Type S » pour les tablettes rectangulaires à une colonne et « Type I / Type M » pour les tablettes rectangulaires à plusieurs colonnes, et qui permet de classer certaines tablettes de mon corpus qui n'entreraient sinon dans aucune des catégories listées.

TABLEAU II.1. Définitions des types de formats et de mises en page des tablettes cunéiformes

Comme évoqué dans la section I.3.3.2 du chapitre précédent, on rencontre dans mon corpus des tablettes de quatre de ces types, qui couvrent, par le jeu des doublons liés à la nature du contenu, presque tous les formats et les mises en page répertoriés : des tablettes rectangulaires à une seule colonne de type S, des tablettes rectangulaires à plusieurs colonnes de type M, des tablettes lenticulaires de type L, et des tablettes lenticulaires et carrées de type IV.⁹⁵ La figure II.22 ci-dessous montre un exemple de chacun de ces types.



FIGURE II.22. Exemples de tablettes du corpus ayant différents types de formats et de mises en page⁹⁶

Il me semble par ailleurs intéressant de noter que, si les tablettes de type IV comportent toutes des diagrammes sans texte, les tablettes des trois autres types peuvent comporter aussi bien des diagrammes avec texte que des diagrammes sans texte. C'est particulièrement frappant dans le cas des tablettes de types S et M, dont les colonnes sont dans certains cas entièrement remplies de diagrammes seuls, comme illustré par les images de la figure II.23 ci-après.



FIGURE II.23. Exemples de tablettes du corpus de type S ou M comportant uniquement des diagrammes⁹⁷

95. Il y a bien sûr également dans le corpus des tablettes dont le type ne peut être déterminé en raison de leur état trop fragmentaire ainsi que des tablettes ne relevant d'aucun des types de cette classification, comme indiqué dans le catalogue du chapitre I.

96. La première image est une photographie de la face de la tablette VAT 7532 réalisée par C. Proust au Vorderasiatisches Museum. La deuxième est une photographie de la face de la tablette VAT 8522 également réalisée par C. Proust au Vorderasiatisches Museum. La troisième est une photographie de la face de la tablette LB 1821 accessible dans la base de données du CDLI, à l'adresse <<https://cdli.mpiwg-berlin.mpg.de/artifacts/368700>> (dernier accès le 15 mars 2024). La quatrième est une photographie de la face de la tablette YBC 3892 réalisée par C. Proust au Yale Peabody Museum of Natural History. La cinquième est une photographie de la face de la tablette YBC 7290 également réalisée par C. Proust au Yale Peabody Museum of Natural History.

97. La première image est une photographie de la face de la tablette Is Si 269 réalisée par C. Proust au Musée Archéologique d'Istanbul. La deuxième est une photographie de la face d'un des fragments de la tablette Ist O 4360 également réalisée par C. Proust au Musée Archéologique d'Istanbul.

II.1.2.4. Disposition du texte

Il est bien connu des assyriologues que, dans de nombreuses situations, les scribes cherchaient idéalement à ce que le texte inscrit sur une tablette en remplisse intégralement la face et le revers, sans qu'il ne reste de zone vide à la fin mais sans que l'écriture n'ait non plus besoin d'être tassée, et qu'ils étaient donc entraînés à estimer l'espace nécessaire.⁹⁸ Les tablettes de mon corpus respectent cette contrainte de manière très inégale, et les cas dans lesquels la taille de la tablette correspond presque parfaitement à la longueur du texte qui y est inscrit sont intéressants à relever car ils témoignent, sauf situations probablement assez rares d'un hasard chanceux, d'une certaine maîtrise du scribe et d'une certaine application de sa part. La figure II.24 ci-dessous illustre différents cas de figure que j'ai observés relativement à cet aspect, à la fois sur des tablettes de type S et des tablettes de type M.



FIGURE II.24. Exemples de tablettes du corpus plus ou moins adaptées à la longueur du texte⁹⁹

Toujours en termes de gestion de l'espace, il a souvent été constaté que les scribes s'arrangeaient presque systématiquement pour remplir complètement les lignes de texte, c'est-à-dire, en empruntant le vocabulaire de l'imprimerie, pour « justifier » le texte sur les tablettes, quitte à espacer exagérément les derniers signes d'une ligne pour atteindre son extrémité.¹⁰⁰ Simultanément, ils faisaient généralement en sorte que les lignes de texte correspondent à des unités de sens : ils n'écrivaient jamais de mots à cheval sur deux lignes et évitaient les enjambements, c'est-à-dire les situations dans lesquelles un mot se rapportant à une ligne était écrit de manière isolée à la ligne précédente ou la ligne suivante. Lorsqu'ils manquaient d'espace à la fin d'une ligne pour terminer une unité de sens, il pouvaient recourir à différentes méthodes : la ligne pouvait être poursuivie au-delà de l'espace normalement prévu, soit dans l'espace intercolonnes, soit sur la tranche droite de la tablette comme je l'ai déjà signalé, soit même dans certains cas de l'autre côté, ou bien le texte excédentaire pouvait être placé à la ligne, soit à l'intérieur d'une sorte de « double ligne », soit avec une indentation, soit avec un alignement à

98. Voir [TAYLOR2011] page 8, [CHARPIN1989] page 58, [WAAL2010] page 58, [MARZAHN2003] page 82 et [FINKEL&TAYLOR2015] page 56.

99. La première image est un gros plan sur une photographie du revers de la tablette MS 3052 accessible dans la base de données du CDLI, à l'adresse <<https://cdli.mpiwg-berlin.mpg.de/artifacts/252064>> (dernier accès le 15 mars 2024). La deuxième est une photographie du revers de la tablette BNUS 367 réalisée par J. Jawdat à la Bibliothèque Nationale et Universitaire de Strasbourg. La troisième est un gros plan sur une photographie du revers de la tablette BM 85196 accessible sur le site du British Museum, à l'adresse <https://www.britishmuseum.org/collection/object/W_1899-0415-3> (dernier accès le 15 mars 2024). La quatrième est une photographie du revers de la tablette VAT 7532 réalisée par C. Proust au Vorderasiatisches Museum. La cinquième est un gros plan sur une photographie du revers de la tablette VAT 8522 également réalisée par C. Proust au Vorderasiatisches Museum.

100. Voir [TAYLOR2011] page 14 et [CHARPIN2002] page 495.

droite, soit avec une plus petite taille de caractères.¹⁰¹ La figure II.25 ci-dessous montre une tablette de mon corpus dont le texte est justifié en espaçant les derniers signes des lignes à la fin des différentes sections et une tablette de mon corpus dont le texte n'est au contraire pas du tout justifié.

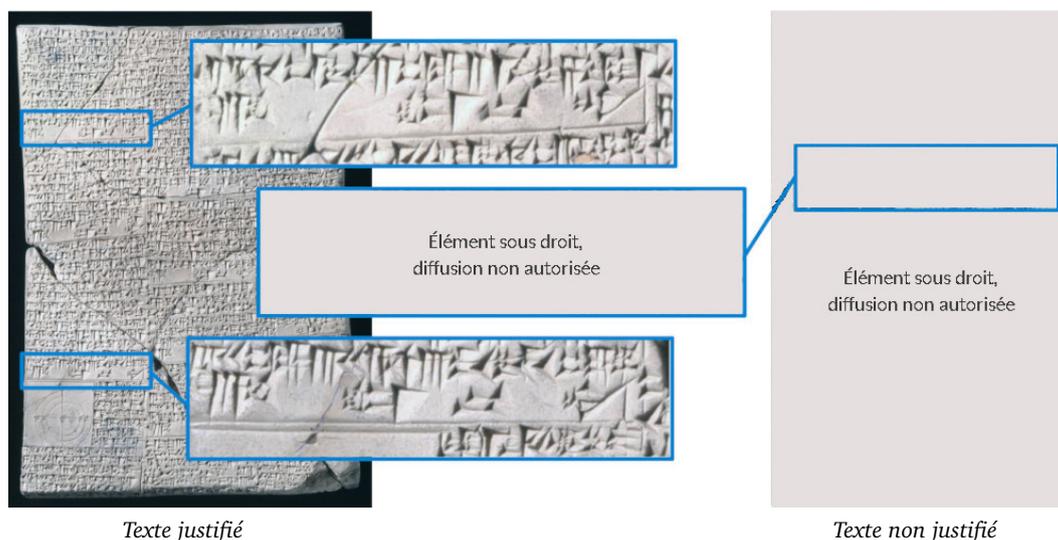


FIGURE II.25. Exemples de tablettes du corpus dont le texte est justifié ou non¹⁰²

Il était fréquent que les scribes tracent sur les tablettes, avant de commencer à les inscrire, des traits horizontaux qui avaient pour fonction de servir de guides lors de l'écriture. Ces traits, que je qualifierai dans la suite de *lignes auxiliaires* pour les distinguer d'autres types de traits que je présenterai juste après, apparaissent parfois assez nettement entre deux lignes de texte successives ou entre les signes d'une même ligne de texte, mais il y a également des cas où ils sont tellement légers et où les signes les chevauchent tellement bien qu'ils sont devenus presque invisibles et donc beaucoup plus difficiles à détecter.¹⁰³ La figure II.26 sur la page suivante montre trois situations rencontrées dans mon corpus relativement à cet aspect.

Les tablettes peuvent par ailleurs comporter une *ligne de fin*, c'est-à-dire un trait horizontal qui marque la fin du texte principal. Lorsqu'un tel trait est présent, on peut regarder s'il est simple ou double, s'il est droit ou incliné, s'il s'étend sur toute la largeur de la colonne ou de la tablette, s'il dépasse dans l'espace inter-colonnes ou sur la tranche, et si des éléments apparaissent après lui.¹⁰⁴ La figure II.27 sur la page suivante illustre ce point.

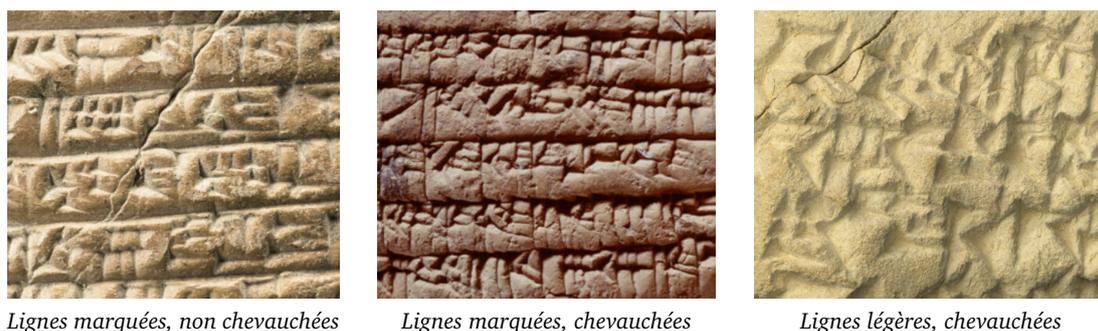
101. Voir [TAYLOR2011] page 14, [WAAL2010] page 58, [CHARPIN2002] page 495, [MAIocchi2015] page 80, [EDZARD1980] page 566 et [FINKEL&TAYLOR2015] page 56.

102. La première image est un montage composé d'une photographie de la face de la tablette BM 85194 accessible sur le site du British Museum, à l'adresse <https://www.britishmuseum.org/collection/object/W_1899-0415-1> (dernier accès le 15 mars 2024) et de deux gros plans sur cette même photographie. La deuxième image est un montage composé d'une photographie de la face de la tablette IM 67118 publiée dans [BAQIR1962] et d'un gros plan sur cette même photographie.

103. Voir [TAYLOR2011] page 15 et [WAAL2010] pages 105-107. Les tablettes présentant de telles lignes auxiliaires sont appelées « *ruled tablets* » en anglais et « *vorlinierte Tafeln* » en allemand.

104. Voir [WAAL2010] pages 102-105.

105. La première image est un gros plan sur une photographie de la face de la tablette Sb 13928 accessible dans la base [ATLAS] du Musée du Louvre, à l'adresse <<https://collections.louvre.fr/ark:/53355/cl010186428>> (dernier accès le 15 mars 2024). La deuxième est un gros plan sur une photographie de la face de la tablette LB 1821 anciennement accessible dans la base de données du CDLI (téléchargée le 4 mai 2018). La troisième est

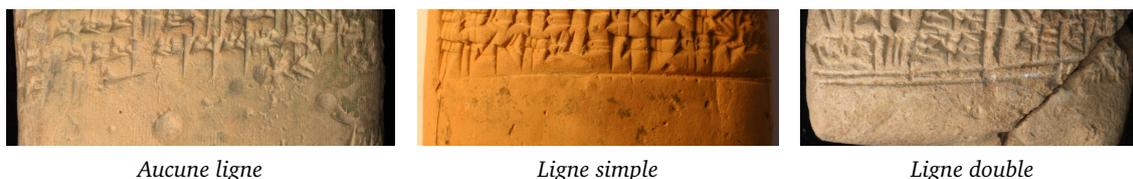


Lignes marquées, non chevauchées

Lignes marquées, chevauchées

Lignes légères, chevauchées

FIGURE II.26. Exemples de tablettes du corpus présentant des lignes auxiliaires¹⁰⁵



Aucune ligne

Ligne simple

Ligne double

FIGURE II.27. Exemples de tablettes du corpus présentant ou non une ligne de fin¹⁰⁶

Enfin, les scribes conféraient régulièrement une structure explicite à leurs documents en séparant des unités de texte par des traits horizontaux qui sont souvent appelés *lignes de paragraphes* mais que je préférerais en général appeler *lignes de structure*. Là encore, lorsque de tels traits sont présents, on peut observer s'ils sont simples ou doubles, s'ils sont droits ou inclinés, s'ils s'étendent sur toute la largeur des colonnes ou de la tablette, s'ils dépassent dans les espaces inter-colonnes ou sur les tranches, et si les signes des lignes de texte situées de part et d'autre les chevauchent ou s'appuient dessus.¹⁰⁷ La figure II.28 ci-dessous en montre trois exemples tirés de mon corpus, dont l'un dans un cas où la tablette comporte uniquement des diagrammes sans texte discursif.



Élément sous droit,
diffusion non autorisée

Ligne simple

Ligne double

Ligne double entre diagrammes

FIGURE II.28. Exemples de tablettes du corpus présentant des lignes de structure¹⁰⁸

un gros plan sur une photographie de la face de la tablette MLC 1354 qui a été réalisée et m'a été envoyée par K. Wagenonner de la Yale Babylonian Collection.

106. La première image est un gros plan sur une photographie du revers de la tablette YBC 4675 qui a été réalisée et m'a été envoyée par K. Wagenonner de la Yale Babylonian Collection. La deuxième est un gros plan sur une photographie du revers de la tablette VAT 7532 réalisée par C. Proust au Vorderasiatisches Museum. La troisième est un gros plan sur une photographie du revers de la tablette YBC 8633 qui a été réalisée et m'a été envoyée par K. Wagenonner de la Yale Babylonian Collection.

107. Voir [WAAL2010] pages 98-102.

108. La première image est un gros plan sur une photographie de la face de la tablette MS 3052 accessible dans la base de données du CDLI, à l'adresse <<https://cdli.mpiwg-berlin.mpg.de/artifacts/252064>> (dernier accès le 15 mars 2024). La deuxième est un gros plan sur une photographie du revers de la tablette VAT 6598 réalisée par C. Proust au Vorderasiatisches Museum. La troisième est un gros plan sur une photographie de la face de l'un des fragments de la tablette Ist O 4360 réalisée par C. Proust au Musée Archéologique d'Istanbul.

Tout comme pour les aspects qui relevaient de l'organisation de l'espace, ces différents points concernant la disposition du texte sur les tablettes sont intéressants à relever car, même lorsqu'ils ne permettent pas de tirer de conclusion à l'heure actuelle, leur examen pourrait nous aider à l'avenir à effectuer des rapprochements entre des documents qui semblent relever d'une même tradition scribale et ainsi à mieux comprendre le corpus.

II.1.2.5. Emplacement des éléments particuliers

Bien que j'aie essentiellement traité du corps de texte jusqu'à présent, il est fréquent que d'autres éléments apparaissent sur les tablettes cunéiformes. Ceux-ci peuvent être des éléments textuels particuliers, tels qu'un colophon ou une note spécifique apposée par le scribe pour faire des commentaires sur le texte, ou bien des éléments non textuels tels qu'un sceau ou un dessin. Ils peuvent être insérés à différents endroits des tablettes, et séparés du corps de texte de différentes manières, par exemple en étant placés dans une case, après un espace vide ou après l'éventuelle ligne de fin.¹⁰⁹ Les tablettes de mon corpus comportent très rarement des colophons ou des notes particulières, et jamais de sceaux, mais elles font en revanche toutes apparaître, de par la manière dont je les ai sélectionnées, un ou des diagrammes mathématiques, dont il est intéressant d'étudier l'emplacement et la délimitation.

Les diagrammes mathématiques qui apparaissent sur les tablettes de mon corpus comportant également du texte sont systématiquement placés soit en haut de la section correspondante, avec le texte associé situé immédiatement en-dessous d'eux, soit en haut à gauche de la section correspondante, avec le texte associé situé sur leur droite puis en-dessous d'eux, à seulement deux exceptions près, toutes deux sur des tablettes ne provenant pas de Babylone.¹¹⁰ La première exception est constituée par le diagramme de la tablette IM 67118, provenant de la ville de Zarlulu dans la région de la vallée de la Diyala, qui apparaît à la suite du texte, au milieu du revers ; il est difficile, étant donné le faible nombre de tablettes avec diagrammes provenant de cette région, d'estimer si cette particularité est une variante locale ou simplement une idiosyncrasie, par exemple due au fait que le scribe n'aurait décidé qu'après la rédaction du problème de lui adjoindre un diagramme. La deuxième exception est quant à elle constituée par le diagramme de la tablette Sb 13928, provenant de la ville de Suse en Élam, qui apparaît, de manière encore plus surprenante, au début de la première ligne de texte, presque comme s'il correspondait au premier signe de ce texte ; là encore, il m'est impossible, faute d'une connaissance approfondie des tablettes mathématiques de Suse, d'estimer si cette particularité correspond à une pratique régionale dont elle serait la seule attestation préservée ou a été dictée par un besoin particulier, tel que celui de désigner plus facilement une configuration géométrique pour laquelle il n'existait pas de nom standard.¹¹¹ La figure II.29 sur la page suivante montre un exemple pour chacun des emplacements mentionnés.

109. Au sujet des éléments textuels particuliers, voir notamment [FINKEL&TAYLOR2015] page 53 et [MAIOCCHI2015] page 80. Certaines tablettes du premier millénaire peuvent également comporter à côté de leur texte cunéiforme des notes en langue étrangère, principalement en araméen ou en grec, incisées ou peintes, comme rapporté dans [TAYLOR2011] pages 17-18, [MESSERSCHMIDT1907] pages 41-44 et [FINKEL&TAYLOR2015] pages 33 et 65, mais ce phénomène n'est pas attesté à l'époque paléo-babylonienne sur laquelle porte mon travail. Au sujet des sceaux, que je mentionne ici sans décrire les pratiques associées qui ne concernent pas les tablettes mathématiques, voir par exemple [TAYLOR2011] page 15, [WALKER2014] pages 101-102, [PODANY2002] pages 175-182, [WAAL2010] pages 24 et 43-47 et [CHARPIN2002] pages 497-498 et 501-502. Enfin, au sujet des dessins non mathématiques, voir la section II.2.1.4 ci-après.

110. Cette situation contraste avec l'emplacement des diagrammes apparaissant dans les manuscrits mathématiques grecs, qui sont pour leur part systématiquement placés à la fin des propositions associées, comme indiqué dans [NETZ1999] page 35.

111. Une telle utilisation de tout petits diagrammes placés en quelque sorte dans le fil du texte est par ailleurs attestée sur les papyrus mathématiques égyptiens, comme indiqué dans [DEYOUNG2009] page 326.

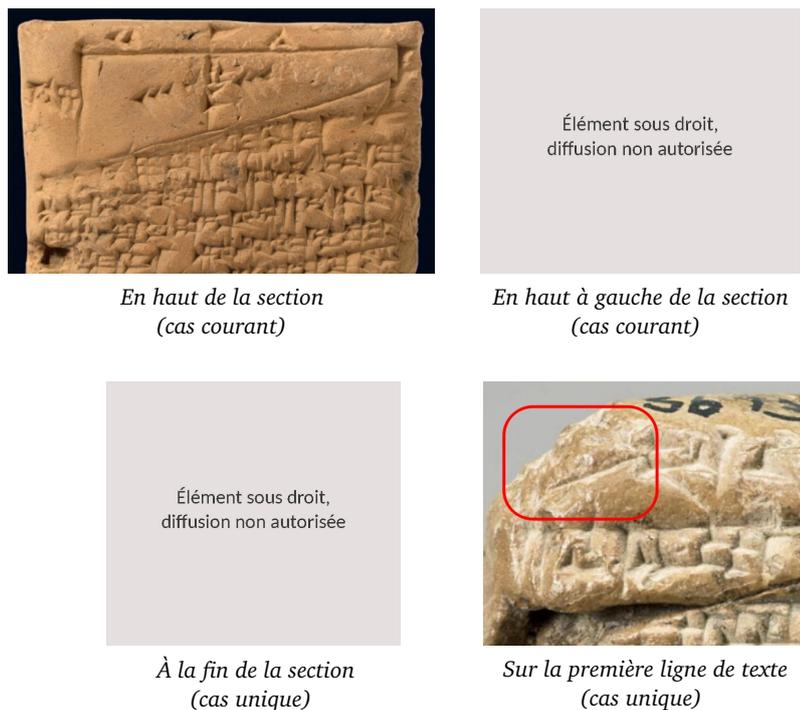


FIGURE II.29. Différents emplacements possibles des diagrammes du corpus associés à du texte¹¹²

Les manières dont sont disposés les diagrammes apparaissant sur des tablettes ne comportant pas de texte sont un peu plus variables. Certains d'entre eux occupent entièrement ou presque entièrement une face de tablette, d'autres occupent une partie d'une face dont le reste est essentiellement inutilisé, et d'autres encore sont disposés en série les uns en-dessous des autres sur une même face. La figure II.30 ci-dessous illustre ces trois principales situations.



FIGURE II.30. Différentes dispositions possibles des diagrammes du corpus non associés à du texte¹¹³

112. La première image est un gros plan sur une photographie de la face de la tablette VAT 7621 qui a été réalisée et m'a été envoyée par O. M. Teßmer du Vorderasiatisches Museum. La deuxième est un gros plan sur une photographie de la face de la tablette MS 3049 accessible dans la base de données du CDLI, à l'adresse <<https://cdli.mpiwg-berlin.mpg.de/artifacts/252061>> (dernier accès le 16 mars 2024). La troisième est un gros plan sur une photographie du revers de la tablette IM 67118 publiée dans [BAQIR1962]. La quatrième est un gros plan sur une photographie de la face de la tablette Sb 13928 accessible dans la base de données [ATLAS] du Musée du Louvre, à l'adresse <<https://collections.louvre.fr/ark:/53355/cl010186428>> (dernier accès le 16 mars 2024) ; j'y ai entouré en rouge le diagramme, qui est endommagé et difficile à distinguer du texte.

113. La première image est une photographie du revers de la tablette Sb 13088 accessible dans la base de données [ATLAS] du Musée du Louvre, à l'adresse <<https://collections.louvre.fr/ark:/53355/cl010185652>> (dernier accès

Par ailleurs, il arrive, bien que cela soit loin d'être systématiquement le cas, que les diagrammes du corpus soient délimités du texte ou des autres diagrammes qui les entourent par des lignes simples tracées sur certains de leurs côtés, ou, très rarement, sur tous leurs côtés, comme montré par la figure II.31 ci-dessous.¹¹⁴



FIGURE II.31. Manières dont les diagrammes du corpus peuvent être délimités de ce qui les entoure¹¹⁵

II.1.2.6. Autres marques présentes sur les tablettes

En plus des éléments particuliers décrits dans la section précédente, diverses marques textuelles et non textuelles peuvent apparaître sur les tablettes cunéiformes.

Les marques textuelles comprennent des signes permettant de décompter les lignes, sous la forme du signe « 10 » placé en marge du texte toutes les dix lignes dans certaines tablettes scolaires ou administratives, des aides à la lecture pouvant par exemple indiquer que du texte dépasse dans la colonne suivante ou qu'une ligne oubliée a été reportée sur une tranche, et des indicateurs d'erreurs ou d'omissions signalant par les signes « BAD » ou « NU » les faux pas de jeunes scribes.¹¹⁶ Je n'en ai pas relevé dans celles des tablettes de mon corpus dont j'ai suffisamment étudié le contenu pour être en mesure de détecter de telles particularités.

Les marques non textuelles comprennent pour leur part des impressions d'ongles et de tisons pouvant avoir eu pour rôle de remplacer le sceau d'une personne qui ne l'avait pas sur elle au moment opportun, des marques de contrôle de diverses formes permettant par exemple d'indiquer qu'une tablette administrative a été prise en compte dans un récapitulatif ou qu'un exercice scolaire a été vérifié par un enseignant, des marques d'annulation pouvant prendre la forme de traits barrant une partie du texte et mettant en évidence le fait que des informations ne sont plus valables, un ensemble de perforations profondes appelées par habitude des « trous de cuisson » mais semblant avoir plutôt servi d'ornements ou de protection contre les

le 16 mars 2024). La deuxième est une photographie de la face de la tablette AUAM 73.2834 accessible dans la base de données du CDLI, à l'adresse <<https://cdli.mpiwg-berlin.mpg.de/artifacts/249385>> (dernier accès le 16 mars 2024). La troisième est un gros plan sur une photographie de la face de la tablette Ist Si 269 réalisée par C. Proust au Musée Archéologique d'Istanbul.

114. Le fait de délimiter les diagrammes du texte qui les entoure est également attesté dans les mathématiques sanskrites, dans le commentaire de Bhāskara à l'*Āryabhaṭīya*, comme indiqué dans [KELLER2005] page 283.

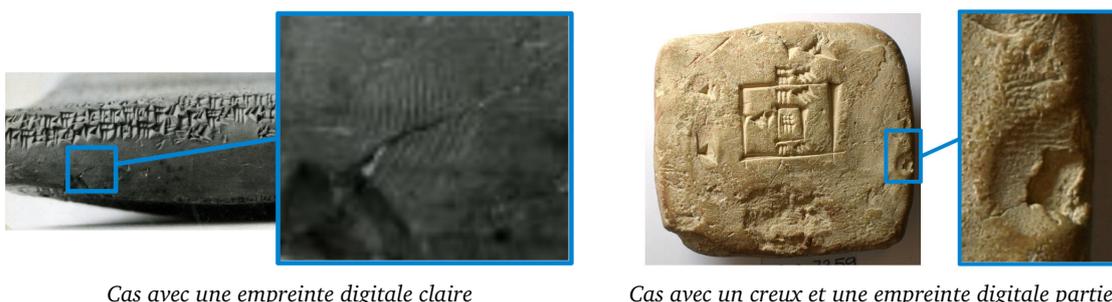
115. La première image est un gros plan sur une photographie de la face de la tablette LB 1821 anciennement accessible dans la base de données du CDLI (téléchargée le 4 mai 2018). La deuxième est un gros plan sur une photographie de la face de la tablette MS 3052 accessible dans la base de données sur CDLI, à l'adresse <<https://cdli.mpiwg-berlin.mpg.de/artifacts/252064>> (dernier accès le 16 mars 2024). La troisième est un gros plan sur une photographie de la face de la tablette BM 15285 accessible sur le site du British Museum, à l'adresse <https://www.britishmuseum.org/collection/object/W_1896-0410-11> (dernier accès le 16 mars 2024).

116. Voir [TAYLOR2011] page 18 et [CHARPIN1989] page 59.

modifications, ainsi que d'autres marques dont la fonction n'a pas encore été identifiée.¹¹⁷ Il est possible que certaines tablettes de mon corpus en comportent, mais aucune ne me semble suffisamment claire pour mériter d'être présentée et commentée ici.

Enfin, il n'est pas rare que l'on repère sur les tablettes des traces qui, contrairement à celles décrites jusqu'ici, sont involontaires.

Les traces involontaires les plus courantes sont les traces de doigts laissées par les scribes alors qu'ils manipulaient les tablettes encore humides, principalement – mais pas exclusivement – sur les tranches.¹¹⁸ J'en ai repéré quelques unes sur les tablettes de mon corpus, parfois sous la forme d'empreintes digitales très reconnaissables et parfois sous la forme de petits creux ovales moins caractéristiques, comme illustré par la figure II.32 ci-dessous.



Cas avec une empreinte digitale claire

Cas avec un creux et une empreinte digitale partielle

FIGURE II.32. Exemples de traces de doigts sur des tablettes du corpus¹¹⁹

D'autres traces involontaires, moins courantes, peuvent résulter de maladresses lors de la manipulation des tablettes et des outils d'écriture.¹²⁰ Plusieurs telles traces peuvent être repérées sur des tablettes de mon corpus, mais elles sont souvent difficiles à interpréter : certaines balafres et certaines impressions assez profondes de formes particulières pourraient avoir été produites par une rencontre inopinée du calame ou d'un autre instrument tenu par le scribe et de la surface de la tablette sur laquelle il était en train d'écrire, une trace courbe sur un diagramme pourrait avoir été laissée par un cheveu tombé sur la tablette pendant son inscription, deux petites traces fines et courbes au dos d'une tablette pourraient être des marques d'ongles sans qu'il n'y ait de raison apparente pour que le scribe en ait délibérément réalisé, etc. La figure II.33 sur la page suivante montre ces quelques exemples.

117. Voir notamment [TAYLOR2011] pages 15-18, [WALKER2014] pages 101-102, [CARTWRIGHT&TAYLOR2011] page 68, [WAAL2010] pages 40 et 48-52, [READE2017] pages 16-17, [CHARPIN1989] page 61, [CHARPIN2002] pages 501-502 et [MESSERSCHMIDT1907] pages 35-37.

118. Voir [TAYLOR2011] page 13 et [MESSERSCHMIDT1907] page 51.

119. La première image est un montage composé d'une photographie de la tranche inférieure de la tablette BM 85194 accessible sur le site du British Museum, à l'adresse <https://www.britishmuseum.org/collection/object/W_1899-0415-1> (dernier accès le 16 mars 2024, et d'un gros plan sur cette même photographie. La deuxième image est un montage composé d'une photographie de la face de la tablette YBC 7359 réalisée par C. Proust au Yale Peabody Museum of Natural History et d'un gros plan sur cette même photographie.

120. Je traite ici seulement des marques involontaires laissées par le scribe au moment de l'inscription de la tablette. Les dommages involontaires postérieurs, dus au mode de stockage des tablettes, à leur altération dans les sols, à leur détérioration lors des fouilles ou à leur conservation moderne seront discutés dans la section II.1.3.4.

121. La première image est un gros plan sur une photographie de la face de la tablette YBC 11120 réalisée par C. Proust au Yale Peabody Museum of Natural History. La deuxième est un gros plan sur une photographie de la face de la tablette Sb 13087 réalisée par C. Proust au Musée du Louvre. La troisième est un gros plan sur une photographie du revers de la tablette VAT 6598 réalisée par C. Proust au Vorderasiatisches Museum. La quatrième est un gros plan sur une photographie du revers de la tablette Bod AB 216 accessible dans la base de données du CDLI, à l'adresse <<https://cdli.mpiwg-berlin.mpg.de/artifacts/368255>> (dernier accès le 16 mars 2024).



FIGURE II.33. Exemples d'autres traces involontaires sur des tablettes du corpus¹²¹

II.1.2.7. Style d'écriture

Les chercheurs qui ont acquis une familiarité suffisante avec une archive connaissent généralement bien le style d'écriture des tablettes qui la composent, et parviennent souvent, par expérience, à identifier des habitudes locales, à proposer des estimations de datations et à reconnaître des mains de scribes, mais ont souvent du mal à décrire les éléments sur lesquels ils se basent de manière suffisamment explicite pour que d'autres puissent les utiliser à leur tour.¹²² Plusieurs études paléographiques récentes, notamment des projets de paléographie assistée par ordinateur et de paléographie quantitative, ont pour objectif de formuler des critères précis qui puissent être plus aisément partagés.¹²³ Parmi les critères objectifs envisagés pour décrire le style d'une écriture cunéiforme, S. Parpola propose notamment, dans une communication à P. Daniels, les éléments suivants, adaptés des critères utilisés en paléographie classique : la taille absolue et relative des signes, l'espacement horizontal des signes les uns par rapport aux autres, l'alignement vertical des signes à l'intérieur des lignes de texte, la profondeur des impressions, l'inclinaison du calame lors de l'écriture, la présence de clous facultatifs dans les signes, et la vitesse apparente de l'écriture.¹²⁴ Il serait hors de propos de décrire en détail chacun de ces critères dans ce travail, mais il me semble néanmoins utile de donner quelques précisions sur les points les plus aisément observables, qui peuvent être mobilisés pour comparer les styles graphiques des tablettes de mon corpus.

La taille de l'écriture est très variable d'une tablette à l'autre, et parfois également sur une même tablette. D. O. Edzard indique, à titre de point de repère, que les signes ont une hauteur moyenne d'environ 5 millimètres dans les lettres paléo-babyloniennes.¹²⁵ Relativement à cet aspect, il me semble intéressant de me demander, à propos des tablettes de mon corpus, si certaines sont inscrites avec une écriture plus petite ou plus grande que cette moyenne, si la taille de l'écriture y est homogène, et, surtout, si la taille de l'écriture est comparable pour les passages de texte discursif et les inscriptions présentes sur les diagrammes et si des explications semblent pouvoir être avancées lorsque ce n'est pas le cas.

122. Voir [CHARPIN2002] pages 492-493.

123. Voir en particulier les articles [CAMMAROSANO&al2014], [CAMMAROSANO2015] et [MÜLLER&al2015], issus des travaux d'une même équipe de recherche. Les deux premiers proposent notamment une modélisation des clous cunéiformes présents sur les tablettes, une terminologie précise permettant de faire spécifiquement référence à chacun de leurs composants, et des définitions rigoureuses des différents paramètres ayant une influence sur le style d'écriture, tels que la « profondeur », l'« angle d'ouverture », l'« inclinaison de l'angle d'ouverture », l'« asymétrie de la tête » ou encore la « pente de la tête » ; je ne m'étends pas ici sur ces détails techniques étant donné que, malgré l'intérêt que cela pourrait présenter, je ne suis pas en mesure de mener une réelle étude de ces aspects sans l'équipement informatique adéquat, mais les lecteurs souhaitant en savoir plus pourront trouver toutes les précisions à ce sujet dans [CAMMAROSANO&al2014] pages 4-9 et [CAMMAROSANO2015] pages 151-154. Cette dernière publication propose de plus une terminologie rigoureuse pour décrire les styles d'écriture dans leur ensemble, en donnant entre autres, pages 155-156, des sens précis aux termes « écriture », « main », « silhouette » et « forme ».

124. Voir [DANIELS1995] pages 82-83.

125. Voir [EDZARD1980] pages 565-566.

Pour ce qui est de la position des signes, plusieurs détails relativement faciles à observer peuvent être relevés pour cerner le style d'un scribe. On peut ainsi s'attacher à regarder si les signes sont globalement centrés par rapport à l'axe horizontal imaginaire situé au milieu des lignes d'écriture, si les signes touchent voire chevauchent les éventuelles lignes auxiliaires destinées à guider l'écriture et/ou les signes des lignes de texte situées au-dessus et en-dessous d'eux, si les signes successifs placés sur une même ligne de texte se touchent voire s'entremêlent ou sont au contraire relativement espacés, si la distance entre deux signes successifs est régulière, etc.¹²⁶

En ce qui concerne la forme structurelle des signes, il faut tout d'abord savoir que, tandis que certains des clous les constituant sont cruciaux et fournissent la clé de leur identification, d'autres, en particulier ceux qualifiés de « *gunnus* », sont moins importants et peuvent donc être présents ou absents, ou bien se présenter en nombre et à des emplacements variables, sans impacter la lecture. Cela a pour conséquence que certains signes peuvent changer significativement de forme d'une tablette à l'autre, même issues de documentations proches dans le temps ou dans l'espace, et l'on peut ainsi s'attacher à repérer le nombre total de clous qu'ils comportent et la position exacte de ces clous. Il faut bien sûr se garder de chercher à interpréter systématiquement toutes les petites variations, celles-ci pouvant être purement arbitraires, et d'ailleurs dans certains cas se rencontrer sur une même tablette, mais leur répétition peut parfois s'avérer significative.¹²⁷

Enfin, en ce qui concerne l'aspect des signes au-delà de leur seule structure, il peut être intéressant de regarder quelle est la profondeur des impressions qui les constituent, si les clous verticaux ont tendance à être bien verticaux ou au contraire à dévier plus ou moins fortement vers la droite ou la gauche, si, de même, les clous horizontaux ont tendance à être bien horizontaux ou au contraire à dévier plus ou moins fortement vers le haut ou le bas, quel est l'angle entre la tête et la queue des clous, et si les clous horizontaux des signes en fin de ligne ont tendance à être exagérément allongés de manière à remplir davantage l'espace restant jusqu'au bord de la tablette ou de la colonne.¹²⁸

À partir des différentes variations mentionnées ci-dessus, il est possible de distinguer sur les tablettes cunéiformes différents « styles » d'écriture, du plus cursif au plus appliqué, du plus maladroit au plus habile. Le style dépend non seulement de préférences personnelles du scribe, mais aussi de son niveau d'expérience – ce qui peut nous donner des clés de compréhension essentielles pour certaines tablettes –, ainsi que du type du document et du but dans lequel celui-ci a été produit, les documents d'érudition et les documents de la pratique destinés à être conservés ayant été globalement écrits dans des styles plus soignés que ceux à usage éphémère – ce qui nous fournit un indice supplémentaire pour étudier cet aspect que j'ai déjà mentionné à plusieurs reprises.¹²⁹

Les figures II.34 et II.35 sur la page suivante montrent, en guise d'illustration générale de tous les points mentionnés dans cette sous-section, et sans rentrer dans des détails trop précis qui m'éloigneraient du cœur de mon propos, à quel point l'apparence de l'écriture peut être différente d'une tablette à l'autre de mon corpus, aussi bien en ce qui concerne l'écriture des

126. Voir [PODANY2002] page 83, [TAYLOR2011] page 14, [FINKEL&TAYLOR2015] page 56 et [MAIOCCHI2015] pages 75-76 et 80.

127. Voir [TAYLOR2011] pages 13-14, [PODANY2002] page 183, [MAIOCCHI2015] page 83 et [BIGGS1973] pages 41-42, ainsi que les syllabaires usuels [LABAT2011] et [MITTERMAYER2006].

128. Voir [BIGGS1973] pages 41-42, [CAMMAROSANO2015] page 156, [MAIOCCHI2015] page 76 et [FINKEL&TAYLOR2015] page 56.

129. Voir [EIDEM2002] pages 75-76, [MAIOCCHI2015] page 76 et [BIGGS1973] page 41.

textes que celle des inscriptions portées sur les diagrammes : les lignes de texte et les signes sont plus ou moins espacés les uns des autres, les impressions sont plus ou moins profondes, les clous sont plus ou moins droits, leurs queues sont plus ou moins longues, etc.

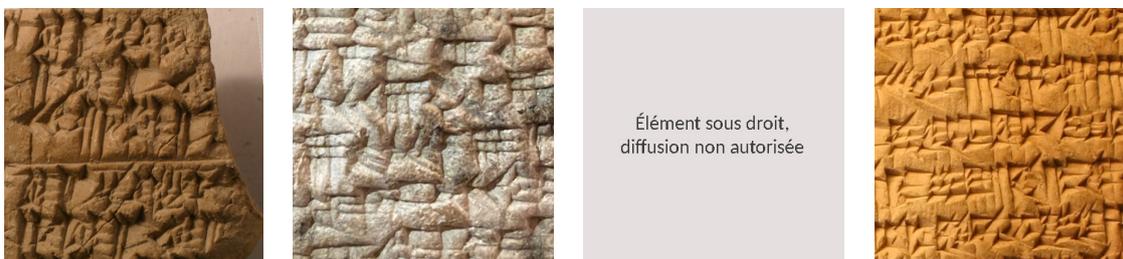


FIGURE II.34. Exemples de styles d'écriture des textes sur des tablettes du corpus¹³⁰

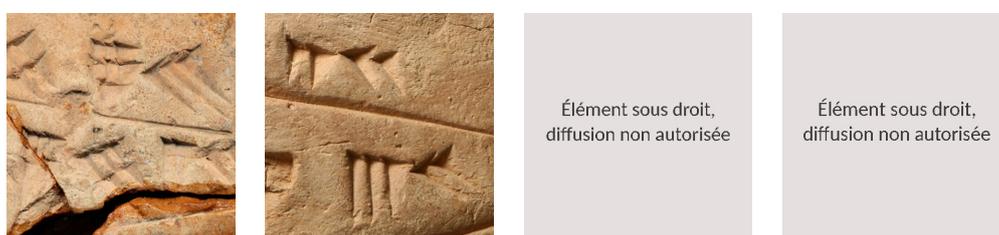


FIGURE II.35. Exemples de styles d'écriture des inscriptions sur des diagrammes du corpus¹³¹

II.1.3. Devenir des tablettes après inscription

Une fois fabriquées et inscrites, les tablettes d'argile cunéiformes pouvaient être conservées, recyclées de diverses manières ou bien mises au rebut. Au delà de leur devenir dans l'Antiquité, elles ont également subi des altérations sur la longue durée, que ce soit dans les sols ou depuis qu'elles ont été exhumées.

II.1.3.1. Conservation des tablettes dans l'Antiquité

Une question que l'on se pose souvent est celle de savoir si les tablettes d'argile étaient cuites dans l'Antiquité. La conclusion à laquelle sont arrivés de nombreux assyriologues est que la plupart d'entre elles étaient simplement séchées au soleil, la cuisson étant réservée à des situations particulières telles que les dépôts de fondations ou la conservation dans des

130. La première image est un gros plan sur une photographie de la face de la tablette AO 10642 réalisée par C. Proust au Musée du Louvre. La deuxième est un gros plan sur une photographie de la face de la tablette BNUS 367 réalisée par J. Jawdat à la Bibliothèque Nationale et Universitaire de Strasbourg. La troisième est un gros plan sur une photographie de la face de la tablette MS 3052 accessible dans la base de données du CDLI, à l'adresse <<https://cdli.mpiwg-berlin.mpg.de/artifacts/252064>> (dernier accès le 16 mars 2024). La quatrième est un gros plan sur une photographie du revers de la tablette VAT 6598 réalisée par C. Proust au Vorderasiatisches Museum.

131. La première image est un gros plan sur une photographie de la face de la tablette UM 29-15-709 accessible dans la base de données du CDLI, à l'adresse <<https://cdli.mpiwg-berlin.mpg.de/artifacts/256427>> (dernier accès le 16 mars 2024). La deuxième est un gros plan sur une photographie de la face de la tablette YBC 7290 réalisée par C. Proust au Yale Peabody Museum of Natural History. La troisième est un gros plan sur une photographie de la face de la tablette MS 2192 accessible dans la base de données du CDLI, à l'adresse <<https://cdli.mpiwg-berlin.mpg.de/artifacts/250945>> (dernier accès le 16 mars 2024). La quatrième est un gros plan sur une photographie de la face de la tablette MS 3042 également accessible dans la base de données du CDLI, à l'adresse <<https://cdli.mpiwg-berlin.mpg.de/artifacts/252052>> (dernier accès le 16 mars 2024).

bibliothèques.¹³² En effet, si les tablettes cuites présentaient l'avantage de ne pas pouvoir être falsifiées et d'avoir une longévité plus importante, les tablettes séchées au soleil étaient malgré tout suffisamment résistantes dans la plupart des situations, pouvaient éventuellement être réutilisées une fois périmées pour fabriquer de nouvelles tablettes, et demandaient surtout moins d'efforts et de coût, le combustible étant rare en Mésopotamie.¹³³ Il est donc probable, même si je ne suis la plupart du temps pas en mesure d'étudier cet aspect par moi-même, que la majeure partie des tablettes de mon corpus n'aient pas été cuites dans l'Antiquité, ou du moins pas volontairement, certaines ayant pu l'être par la suite involontairement lors d'un incendie du bâtiment dans lequel elles se trouvaient.¹³⁴

Qu'elles aient été cuites ou, le plus souvent, simplement séchées au soleil, les tablettes inscrites pouvaient ensuite être stockées pour être conservées.

Elles pouvaient tout d'abord être emballées dans des linges ou des nattes en roseau, par exemple pour les protéger du contact avec d'autres tablettes, comme le révèlent des empreintes de fibres textiles, des empreintes de feuilles de roseau, voire dans certains cas des fragments de roseau incrustés ou des dépôts de roseau carbonisés, détectables sur la surface de certaines d'entre elles.¹³⁵ La figure II.36 ci-dessous montre deux exemples de tablettes de mon corpus sur lesquelles apparaissent respectivement une possible empreinte de feuille de roseau et de possibles traces laissées par un tissu, qui nous permettent de constater que l'emballage semble avoir pu être pratiqué au moins occasionnellement pour les tablettes mathématiques – sans qu'il ne soit possible de dire si celui-ci était lié à une volonté de maintenir les tablettes humides tel que décrit dans la section II.1.1.4 ou simplement à une démarche de conservation.

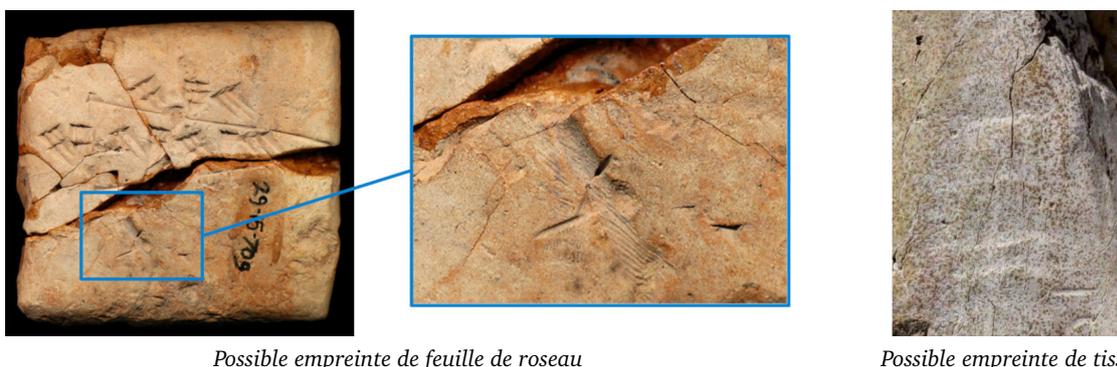


FIGURE II.36. Potentiels exemples de traces d'emballage sur des tablettes du corpus¹³⁶

132. Voir [WALKER2014] page 101, [CHARPIN1989] page 60, [WAAL2010] pages 40-43, [CHARPIN2002] pages 488-490, [MESSERSCHMIDT1907] page 56 et [FINKEL&TAYLOR2015] pages 76-78.

133. Voir [WAAL2010] page 43, [CHARPIN2002] pages 488-490 et [MESSERSCHMIDT1907] pages 56-57.

134. Voir [WALKER2014] page 101 et [WAAL2010] pages 40-41. Certains assyriologues se sont attachés à identifier des indices permettant de déterminer si une tablette a ou n'a pas été cuite volontairement dans l'Antiquité. Parmi ces indices, on peut citer la présence de craquelures sur la surface, qui évoque plutôt un séchage au soleil, la présence de « trous de vers » – que j'aborderai un peu plus loin –, qui indique que la tablette a séjourné crue dans le sol, ou encore certaines mentions présentes dans les colophons.

135. Voir [CARTWRIGHT&TAYLOR2011] pages 68-69 et 72. Notons que, contrairement aux autres traces, les dépôts de roseau carbonisés semblent s'être associés aux tablettes de manière secondaire, probablement lors d'un incendie du bâtiment où elles étaient stockées.

136. La première image est un montage constitué d'une photographie de la face de la tablette UM 29-15-709 accessible dans la base de données du CDLI, à l'adresse <<https://cdli.mpiwg-berlin.mpg.de/artifacts/256427>> (dernier accès le 21 mars 2024), et d'un gros plan sur cette même photographie; l'aspect de la trace observée ici peut être comparé à celui de la trace de roseau identifiée par C. Cartwright et J. Taylor et reproduite dans

Les tablettes, emballées ou non, pouvaient par ailleurs être placées dans des paniers en roseau, qui ont dans certains cas laissé des marques sur leur surface fraîche, déposées dans des jarres ou des coffres, ce qui ne laissait aucune trace et ne peut donc être déterminé que lorsqu'elles ont été découvertes *in situ*, attachées à un autre objet ou entre elles par une corde, ce qui se repère aisément à la présence d'un petit trou, ou encore, dans le cas des bibliothèques des temples, disposées dans des alcôves creusées dans les murs ou sur des étagères en bois.¹³⁷ Très peu de données peuvent être récoltées pour ce qui concerne plus spécifiquement les tablettes mathématiques paléo-babyloniennes, et en particulier celles de mon corpus ; les deux derniers modes de conservation évoqués peuvent être exclus, l'un parce qu'aucune de ces tablettes ne comporte de trou adéquat et l'autre parce que les bibliothèques de temples ne se sont développées qu'au premier millénaire avant notre ère, et les deux autres peuvent a priori être envisagés mais sans que l'on ne dispose d'éléments clairs confirmant cette hypothèse.

On peut se demander dans quelle mesure les tablettes ainsi stockées étaient consultées, et la réponse varie probablement beaucoup selon leur contexte et la nature de leur contenu. En ce qui concerne les textes administratifs archivés, les assyriologues ont identifié à la fois des exemples de lettres dans lesquelles un roi demandait de sortir des tablettes de leurs paniers pour y puiser des informations, et des exemples de grands bilans récapitulatifs dont les rédacteurs n'ont pas pris la peine de consulter les petits billets produits au jour le jour et ont à la place procédé à des estimations.¹³⁸ Dans le cas des bibliothèques du premier millénaire avant notre ère, les tablettes étaient probablement destinées à être davantage consultées, et les assyriologues ont notamment trouvé des catalogues dans lesquels étaient répertoriées les œuvres possédées avec indication de leur titre, du nombre de tablettes qui les constituaient et de la première ligne de chacune d'entre elles.¹³⁹ Dans le cas des productions mathématiques qui m'intéresse ici, cependant, il n'existe à ma connaissance aucune étude sur ce sujet, et, en dehors des exercices scolaires qui étaient vraisemblablement rapidement mis de côté d'une manière ou d'une autre après leur rédaction, il me semble très difficile de déterminer si les tablettes étaient effectivement consultées, voire même si elles étaient écrites dans l'objectif d'être lues, ce qui est une incertitude essentielle à garder en tête lors de leur analyse.

II.1.3.2. Recyclage

Certaines tablettes, plutôt que d'être stockées, étaient réutilisées ou recyclées.

Une première manière de réutiliser une tablette d'argile dont le contenu n'est plus utile consiste, si celle-ci n'est pas encore sèche, à effacer le texte ou les tracés qu'elle contient afin d'y libérer de l'espace pour un nouveau texte ou de nouveaux tracés.¹⁴⁰ Cette forme de réuti-

[CARTWRIGHT&TAYLOR2011] page 69. La deuxième image est quant à elle un gros plan sur une photographie de la tranche droite de la tablette MLC 1950 réalisée par K. Wagenonner et accessible sur le site de la Yale Babylonian Collection, à l'adresse <<https://collections.peabody.yale.edu/search/Record/YPM-BC-001948>> (dernier accès le 21 mars 2024) ; l'aspect des traces observées peut cette fois être comparé à celui des traces de tissu identifiées par J. Taylor et reproduites dans [TAYLOR2011] page 16.

137. Pour le stockage dans des paniers en roseau, voir [CARTWRIGHT&TAYLOR2011] page 68, [WALKER2014] pages 101-102, [CHARPIN2002] pages 504-508 et [FINKEL&TAYLOR2015] pages 37-38. Pour le stockage dans des jarres ou des coffres, voir [CHARPIN2002] pages 504-508 et [FINKEL&TAYLOR2015] pages 37-38. Pour le stockage avec une corde, voir [CARTWRIGHT&TAYLOR2011] pages 68-69 et [WAAL2010] page 55. Pour le stockage dans des alcôves et sur des étagères, voir [FINKEL&TAYLOR2015] pages 37-38, où l'on trouve notamment une photographie d'alcôves murales remplies de tablettes dans la bibliothèque du temple de Šamaš à Sippar.

138. Voir [CHARPIN2002] page 508.

139. Voir [FINKEL&TAYLOR2015] pages 37-38.

140. Voir [TAYLOR2011] page 21 et [TAYLOR&CARTWRIGHT2011] pages 310-312. Il peut être intéressant de noter que quelques tablettes qui ont été effacées mais n'ont jamais été réinscrites ont également été identifiées.

lisation directe est particulièrement bien attestée dans le contexte scolaire paléo-babylonien, où elle constitue le principe de base des grandes tablettes de type II, sur lesquelles un modèle était écrit par le maître dans la colonne de gauche et était ensuite recopié et effacé plusieurs fois de suite par un ou des étudiants dans la colonne de droite, et semble également avoir été assez largement utilisée sur les tablettes de type IV.¹⁴¹ Je reviendrai plus en détail sur cette pratique, les indices qui permettent de la détecter et les limites qu'elle présente dans la troisième partie du chapitre, mais il me semble utile de signaler dès à présent que plusieurs tablettes de mon corpus semblent effectivement avoir été réutilisées de cette manière, à l'instar de celle montrée par l'image de gauche de la figure II.37 ci-dessous.

Une autre possibilité pour recycler les tablettes est celle du remodelage. Lorsque l'argile commençait à ne plus être assez fraîche pour pouvoir être inscrite confortablement et que des fissures commençaient à se former, ou bien lorsque le scribe estimait ne plus avoir besoin de ce qu'il venait d'écrire, il lui était possible de réhumidifier l'argile et de la remalaxer pour former une nouvelle tablette.¹⁴² Cette pratique de recyclage immédiat était notamment employée avec les tablettes scolaires lenticulaires, sur lesquelles les élèves faisaient souvent des exercices rapides avant de les écraser et les reformer pour passer à un autre exercice.¹⁴³ Il est en général difficile d'identifier qu'une tablette a été remodelée de cette façon, mais il arrive que des traces des inscriptions avant remodelage, ou, de manière encore plus caractéristique, des clous cunéiformes visibles à l'intérieur de certaines cassures, nous permettent malgré tout de le détecter.¹⁴⁴ Il existe par ailleurs dans mon corpus ce qui semble clairement être une tablette scolaire en cours de remodelage, qui a été en partie écrasée mais pas reformée, comme on peut le voir sur l'image de droite de la figure II.37 ci-dessous.¹⁴⁵

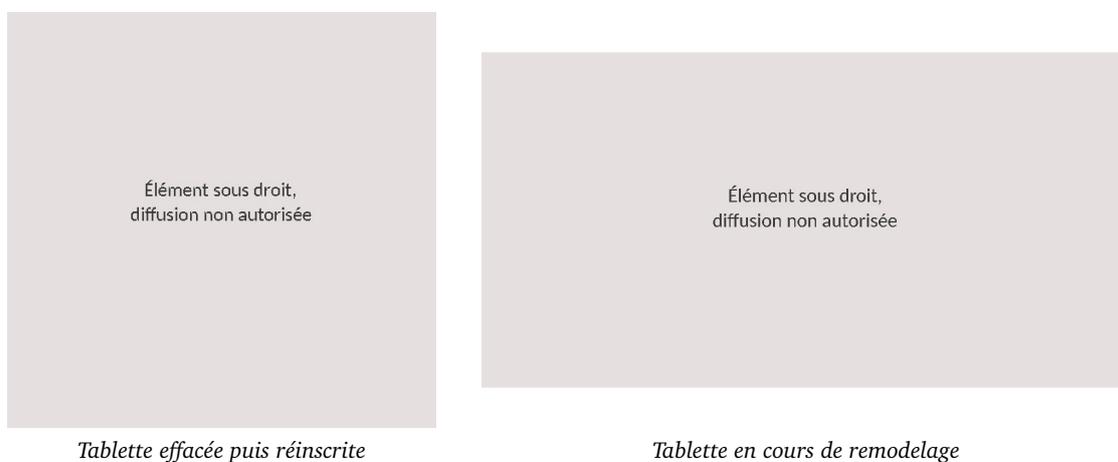


FIGURE II.37. Exemples de tablettes du corpus recyclées¹⁴⁶

141. Voir [TAYLOR2011] page 19, [FAIVRE1995] pages 59-60 et [TAYLOR&CARTWRIGHT2011] pages 310-312.

142. Voir [TAYLOR&CARTWRIGHT2011] pages 314-315.

143. Voir [FAIVRE1995] pages 60-61.

144. Voir [TAYLOR2011] page 21 et [FAIVRE1995] pages 60-61.

145. Des cas similaires sont mentionnés dans [TAYLOR&CARTWRIGHT2011] pages 314-315, où les auteurs mettent toutefois en garde sur leur interprétation trop rapide, et [CHARPIN1989] page 60.

146. La première image est une photographie de la face de la tablette MS 3042 accessible dans la base de données du CDLI, à l'adresse <<https://cdli.mpiwg-berlin.mpg.de/artifacts/252052>> (dernier accès le 21 mars 2024). La deuxième est formée de deux photographies de la tablette 2N-T174 également accessibles dans la base de données du CDLI, à l'adresse <<https://cdli.mpiwg-berlin.mpg.de/artifacts/254369>> (dernier accès le 21 mars 2024).

Les tablettes complètement sèches qui n'avaient plus d'utilité pouvaient également être remodelées, mais selon un processus différent : elles étaient probablement cassées en petits morceaux, qui étaient alors placés dans un récipient rempli d'eau pour qu'ils se réhydratent, avant que l'argile ne puisse être de nouveau malaxée. J. Taylor et C. Cartwright ont d'ailleurs noté que, bien que cela paraisse contre-intuitif, il est plus rapide de recycler de cette façon de l'argile complètement sèche que de recycler directement de l'argile encore relativement fraîche.¹⁴⁷ Il est donc tout à fait possible que certaines des tablettes de mon corpus soient issues d'un tel mode de recyclage, mais, contrairement aux deux modes précédents, il me semble qu'il n'y a aucun moyen de détecter celles qui ont subi une telle réutilisation.

Enfin, un phénomène consistant à creuser le revers vierge de certaines tablettes a été relevé de manière occasionnelle et pourrait éventuellement avoir été motivé par la volonté de récupérer de l'argile inutile.¹⁴⁸

Pendant longtemps, à la suite de travaux comme celui de X. Faivre, les assyriologues ont considéré que le recyclage des tablettes d'argile était la norme dans la plupart des contextes, d'une part parce que la majorité des tablettes avaient un contenu utilitaire qui ne présentait qu'un intérêt immédiat ou n'avait qu'une validité temporaire (exercices scolaires, lettres, documents administratifs), et d'autre part parce que l'utilisation quotidienne d'argile pour l'écriture aurait nécessité d'en collecter et préparer de grandes quantités et que sa réutilisation aurait donc permis une économie considérable de matériau, de travail et de temps.¹⁴⁹ Toutefois, en raison de la proportion relativement faible de tablettes présentant des traces d'effacement total en dehors des exercices scolaires, de la difficulté de mise en œuvre des différents procédés présentés et de l'abondance de l'argile qui pouvait être collectée, certains auteurs, tels que J. Taylor et C. Cartwright estiment désormais que le recyclage était en fait bien moins répandu que ce que l'on a pu penser et qu'il constituait plutôt un effort non nécessaire réservé à certaines situations particulières.¹⁵⁰

Néanmoins, dans les cas où la réutilisation d'une tablette par effacement et réinscription ou son recyclage par remodelage sont clairement attestés – ce qui, au moins dans mon corpus qui semble comprendre de nombreux exercices d'écoliers, n'est pas si rare –, les traces discernables peuvent nous fournir des indications précieuses sur l'organisation de l'enseignement. On peut en effet se demander dans ces cas – même si les situations dans lesquelles cela peut effectivement être déterminé sont minoritaires – si toutes les strates d'inscriptions semblent avoir relevé du champ des mathématiques, si plusieurs d'entre elles semblent avoir plus précisément comporté des diagrammes, s'il y a un lien entre les anciens contenus et le contenu actuel, et si ces différents éléments nous apprennent quelque chose sur la manière dont les diagrammes s'intégraient dans le cursus scolaire. La figure II.38 sur la page suivante montre des gros plans sur les photographies de la figure précédente, sur lesquels on peut discerner que le contenu avant recyclage faisait intervenir des tracés géométriques – et même en avoir une vision relativement nette pour ce qui est de la deuxième tablette.

147. Voir [TAYLOR2011] page 21 et [TAYLOR&CARTWRIGHT2011] page 315.

148. Voir [TAYLOR&CARTWRIGHT2011] page 315. Une dernière possibilité de recyclage qui a été envisagée par les assyriologues aurait consisté à envelopper des tablettes devenues inutiles d'une couche d'argile fraîche, mais il y a d'assez bonnes raisons de penser que celle-ci n'était pas pratiquée, ou du moins pas de manière régulière, comme expliqué dans [TAYLOR&CARTWRIGHT2011] page 314.

149. Voir [FAIVRE1995] pages 58-65, [CHARPIN1989] page 60 et [TAYLOR&CARTWRIGHT2011] pages 300-301.

150. Voir [TAYLOR2011] page 21 et [TAYLOR&CARTWRIGHT2011] pages 301-310, 313 et 318-319.

151. Les deux premières images sont des gros plans sur la photographie de la face de la tablette MS 3042 présentée dans la figure II.37, et les deux suivantes sont des gros plans sur la photographie de la tablette 2N-T174 présentée dans cette même figure.

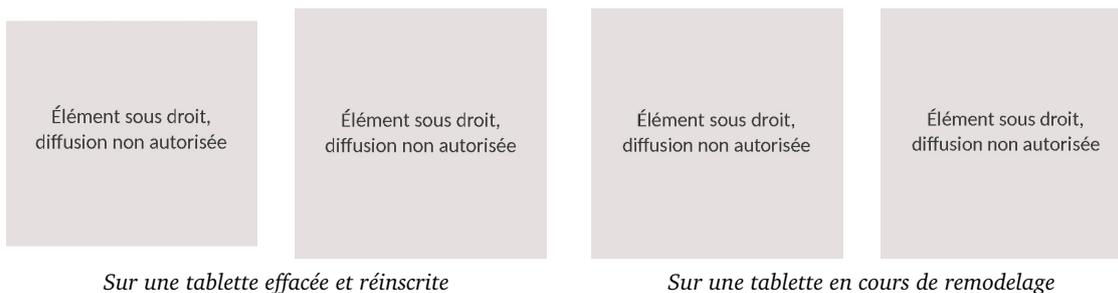


FIGURE II.38. Exemples de cas du corpus dans lesquels on peut discerner le contenu avant recyclage¹⁵¹

II.1.3.3. Mise au rebut

En dehors de quelques rares cas de réutilisation très particuliers, les tablettes qui n'étaient ni archivées ni recyclées de l'une des manières décrites étaient simplement mises au rebut.¹⁵² Il était assez courant que les tablettes mises au rebut soient employées comme matériau de construction pour constituer des fondations, remplir des sols ou des banquettes, former des pavements, etc.¹⁵³ On en trouve également dans des couches de déchets où leurs propriétaires s'en sont débarrassés, soit à l'intérieur ou à proximité des bâtiments ou elles étaient initialement conservées soit à un autre endroit de la ville.¹⁵⁴ Cependant, aussi intéressante que puisse être la prise en compte d'une telle mise au rebut pour l'analyse des tablettes de mon corpus, celle-ci ne peut être connue que dans les cas où les tablettes ont été exhumées lors de fouilles légales et où leur contexte archéologique a été consigné de façon suffisamment précise, ce qui, comme expliqué dans la section I.3.2.1 du chapitre précédent, est rare.

II.1.3.4. Altération au cours du temps

Pour finir, les tablettes, qu'elles aient été, après un éventuel recyclage, conservées ou mises au rebut, ont généralement subi des altérations de diverses natures au cours des millénaires qui séparent leur production du moment où nous les étudions.

Une première phase lors de laquelle les tablettes peuvent se détériorer est leur séjour prolongé dans le sol. En effet, les tablettes crues qui restent durablement enterrées s'humidifient et redeviennent molles, ce qui a plusieurs conséquences. Tout d'abord, leurs inscriptions et leurs tracés peuvent alors s'effacer, ou du moins s'éroder, ce qui rend ces derniers plus difficiles à lire ou observer.¹⁵⁵ Ensuite, des minéraux présents dans les eaux souterraines peuvent s'y incruster ou cristalliser à leur surface, formant un dépôt ou une sorte de croûte, et d'autres matériaux étrangers tels que du sable ou de la poussière peuvent s'y accrocher, modifiant là encore plus ou moins fortement la perception que nous avons de leurs écritures et leurs tracés.¹⁵⁶ Enfin, de petits animaux vivant dans la terre peuvent laisser des traces sur leur surface ou même y

152. Voir [FAIVRE1995] pages 62-63 et [TAYLOR&CARTWRIGHT2011] pages 316-319. Il ne faut pas oublier non plus que, dans un certain nombre de situations, le devenir des tablettes n'était pas choisi par leurs propriétaires car un phénomène brutal mettait fin à l'activité de l'archive qui les contenait, comme expliqué dans [FAIVRE1995] pages 62-63.

153. Voir [TAYLOR2011] page 21, [FAIVRE1995] pages 63-64, [TAYLOR&CARTWRIGHT2011] pages 316-317 et [CHARPIN1989] page 60.

154. Voir [TAYLOR&CARTWRIGHT2011] pages 316-319. Peut-être étaient-elles aussi parfois jetées dans les cours d'eau, où elles se sont désagrégées, comme suggéré dans [TAYLOR&CARTWRIGHT2011] page 320, ce qui expliquerait que les archéologues n'en aient pas découvert davantage.

155. Voir [TAYLOR&CARTWRIGHT2011] page 320.

156. Voir [READE2017] page 11, [WAAL2010] pages 36, 39 et 41, et [CAMMAROSANO&al2014] pages 17-18.

creuser des trous, appelés de manière générique « trous de vers », dont la présence peut certes fournir des indices sur les éventuels moments où elles ont été cuites ou où elles se sont brisées mais peut dans certains cas également perturber leur étude.¹⁵⁷

Un deuxième moment lors duquel les tablettes subissent fréquemment des dommages, ou du moins subissaient fréquemment des dommages avant que les techniques les plus appropriées pour les préserver ne soient maîtrisées et systématiquement appliquées, est celui des fouilles. Les fouilleurs risquaient en effet tout d'abord de les endommager par inadvertance avec leurs outils en creusant le sol à leur recherche ; il y a un certain nombre de cas dans lesquels des trous en forme de cratères ou de grandes cassures traversant des tablettes sont considérés comme résultant de coups de pioches, et il est probable que d'autres traces plus discrètes aient une origine similaire.¹⁵⁸ De plus, même en étant soigneux, les fouilleurs avaient souvent du mal à les sortir de terre intactes, d'une part parce qu'elles avaient tendance à s'écraser les unes sur les autres tant qu'elles n'avaient pas séché, et d'autre part parce que celles qui avaient été touchées par des incrustations de sels minéraux s'effritaient très rapidement dès lors qu'elles étaient exposées à l'air.¹⁵⁹ Enfin, des dommages supplémentaires pouvaient survenir au cours de leur transport entre les sites archéologiques et les ports d'expédition ainsi que sur les bateaux qui les acheminaient jusqu'en Europe ou aux États-Unis.¹⁶⁰

Une dernière phase lors de laquelle les tablettes peuvent subir des altérations est celle de leur conservation dans les musées et autres collections modernes. À leur arrivée dans les collections, les tablettes sont généralement cuites et nettoyées. Bien que réalisée à des fins de conservation, la cuisson a sur elles des conséquences irréversibles, telles qu'une modification de la couleur de l'argile et la destruction des éventuelles incrustations organiques qui s'y trouvaient – sans parler, bien sûr, des nombreux accidents survenus à la fin du dix-neuvième et au début du vingtième siècles, lorsque le procédé n'était pas encore bien maîtrisé.¹⁶¹ Le nettoyage, qui peut notamment consister en un lavage à l'eau, une immersion dans une solution d'acide et/ou un brossage, peut également provoquer un léger effritement ou altérer les propriétés de leur surface.¹⁶² Après cuisson et nettoyage, un numéro d'inventaire est presque systématiquement inscrit au feutre ; cela est généralement fait dans une zone vierge, mais est néanmoins susceptible de masquer des détails matériels qui auraient pu avoir une importance. Des opérations de restauration, telles que le recollement de fragments, sont également régulièrement effectuées ; bien qu'un grand soin soit apporté à ces dernières, il n'est pas rare que ces recollements induisent un très léger décalage, qui peut entre autres perturber l'étude du tracé des diagrammes.¹⁶³ Enfin, il arrive malheureusement que les tablettes soient endommagées lors de leur manipulation par les conservateurs et les chercheurs, et l'on constate ainsi parfois que de petits fragments ont disparu entre deux photographies successives d'un même docu-

157. Voir [WAAL2010] pages 40-41, où l'on trouvera notamment une photographie d'un cas particulièrement intéressant, et [CAMMAROSANO&al2014] pages 17-18.

158. Voir [WALKER2014] pages 101-102.

159. Voir [READE2017] *passim*, et notamment la citation éloquentes suivante, tirée d'un rapport de L. Woolley suite à une saison de fouilles à Ur en 1922-1923 : « *Tablets continue to turn up in considerable numbers. These are almost without exception of unbaked clay, and after their long burial in damp soil impregnated with salts they are generally in a lamentable state, difficult to distinguish from the surrounding earth and more difficult to extract from it,— though in this respect our workmen have developed an unexpected and gratifying skill. It is dangerous to handle and impossible to clean them, as the clay is soft while damp and powdery when dry, and they would certainly decompose if left to themselves.* » (page 25).

160. Voir [READE2017] page 12 et *passim*.

161. Voir [CARTWRIGHT&TAYLOR2011] page 72, [WAAL2010] page 36, [CHARPIN2002] pages 489-490 et [READE2017] *passim*.

162. Voir [READE2017] *passim*.

163. Voir [CAMMAROSANO&al2014] pages 17-18 et [READE2017] *passim*.

ment. La figure II.39 ci-dessous illustre certaines de ces modifications liées à la conservation moderne des tablettes.

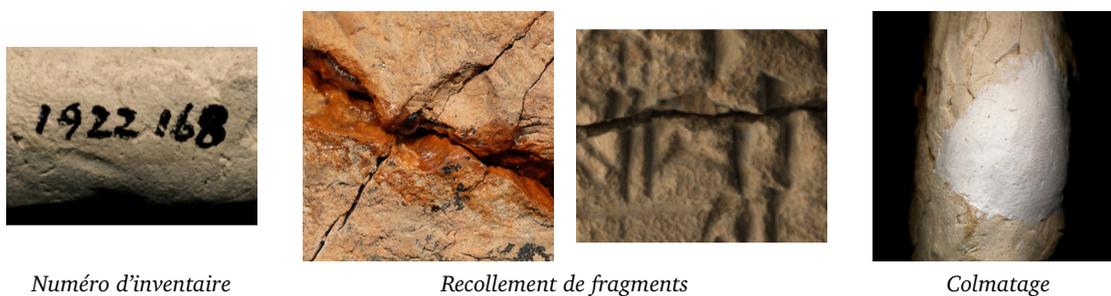


FIGURE II.39. Exemples de modifications de tablettes du corpus liées à leur conservation moderne¹⁶⁴

II.2. Techniques de tracé et temporalité de réalisation des diagrammes

Ce que j'ai exposé jusqu'à présent nous a essentiellement permis de comprendre comment l'étude des propriétés matérielles des tablettes d'argile sur lesquelles apparaissent les diagrammes mathématiques d'époque paléo-babylonienne peut nous fournir des indices sur le contexte dans lequel ces éléments ont été produits et donc nous renseigner de manière indirecte à leur sujet. Dans cette deuxième partie, je vais cette fois me pencher pleinement sur l'observation des propriétés matérielles des diagrammes eux-mêmes, en cherchant en particulier à reconstituer les techniques de tracé employées pour réaliser les dessins dont ils sont formés et la temporalité de leur production.

II.2.1. Instruments et techniques de tracé des diagrammes mathématiques

Bien que quelques remarques éparses aient occasionnellement été faites dans des publications consacrées aux mathématiques du Proche-Orient ancien, il n'existe à ce jour aucune étude d'ensemble de la manière dont ont été réalisés les diagrammes mathématiques paléo-babyloniens. Néanmoins, pour identifier les instruments au moyen desquels ils ont été produits et les techniques de tracé employées à cet effet, nous pouvons nous appuyer sur des travaux approfondis menés par des assyriologues au sujet des outils et des gestes utilisés d'une part pour écrire en cunéiforme et d'autre part, bien que dans une moindre mesure, pour tracer les lignes de structure et les dessins de diverses natures présents sur certaines tablettes.

II.2.1.1. Sources pour l'étude des techniques d'écriture et de tracé

Trois types de sources directes nous renseignent sur les techniques d'écriture et de tracé : des sources textuelles, des sources archéologiques et des sources iconographiques.

164. La première image est un gros plan sur une photographie de la tranche inférieure de la tablette Ashm 1922.168 accessible dans la base de données du CDLI, à l'adresse <<https://cdli.mpiwg-berlin.mpg.de/artifacts/368236>> (dernier accès le 21 mars 2024). La deuxième est un gros plan sur une photographie du revers de la tablette UM 29-15-709 également accessible dans la base de données du CDLI, à l'adresse <<https://cdli.mpiwg-berlin.mpg.de/artifacts/256427>> (dernier accès le 21 mars 2024). La troisième est un gros plan sur une photographie en éclairage modifiable de la face de la tablette YBC 8633 qui a été réalisée et m'a été envoyée par K. Wagenonner de la Yale Babylonian Collection. La quatrième est un gros plan sur une photographie de la tranche droite de la tablette Ashm 1922.168 consultable à la même adresse que la première.

Les sources textuelles fournissant des informations explicites sur les techniques d'écriture sont assez peu nombreuses et consistent essentiellement en des œuvres littéraires, des listes lexicales et des exercices scolaires relevant du tout début de la formation scribale.¹⁶⁵ Les sources des deux premières catégories nous permettent principalement de connaître le vocabulaire du champ lexical de l'écriture. Elles nous apprennent notamment que l'instrument utilisé pour écrire était appelé « GI.DUB » ou « GI.DUB.BA » en sumérien, ce qui signifie mot à mot « roseau de tablette », et « *qan tuppim* » en akkadien, ce qui est une traduction littérale de l'expression sumérienne, et que les verbes désignant sa fabrication étaient « DÍM » en sumérien et « *epēšum* » en akkadien, deux verbes très généraux que l'on peut tous deux traduire par « faire ».¹⁶⁶ Les sources de la troisième catégorie nous permettent quant à elles principalement de reconstituer l'apprentissage du maniement de cet instrument. Elles nous montrent que les apprentis scribes commençaient par produire des séries de clous verticaux, puis horizontaux, puis obliques, avant de s'exercer à former au moyen de ces différents éléments de base des signes de plus en plus complexes puis à recopier des modèles écrits par leur maître, ce qui nous fournit un témoignage de l'entraînement nécessaire pour manipuler correctement l'outil d'écriture.¹⁶⁷ Cependant, les informations tirées de ces différentes sources restent limitées, et celles-ci ne nous renseignent en particulier absolument pas sur les caractéristiques physiques de l'instrument utilisé pour écrire, sur la manière dont il était fabriqué ou encore sur les gestes exacts employés pour produire des signes grâce à lui.

Les sources archéologiques sont encore plus rares que les sources textuelles. D'après M. Cammarosano, qui s'est livré à l'étude la plus approfondie sur le sujet, un seul groupe d'objets découverts lors de fouilles au Proche-Orient ancien peut être identifié avec certitude comme un set d'instruments utilisés pour écrire en cunéiforme sur des tablettes d'argile.¹⁶⁸ Il s'agit d'un ensemble de douze bâtonnets en os trouvés *in situ* dans une maison d'époque paléo-babylonienne de la ville de Sippar-Amnānum dont les activités ont été brutalement interrompues par un incendie, à l'intérieur d'une pièce qui contenait plus d'un millier de tablettes d'archives disposées par lots le long des murs. Ceux-ci se présentent sous la forme de petites baguettes d'une longueur de 3 à 5 centimètres environ, avec une section quadrangulaire presque carrée, au moins l'une de leurs extrémités biseautée et polie, souvent l'une de leurs faces lisse et la face opposée rugueuse, et des diamètres variables allant de 3 à 11 millimètres environ.¹⁶⁹ Leur étude nous fournit quelques informations utiles, telles qu'un matériau, une

165. Voir [VOLK2009] pages 281-284 (où l'on trouvera notamment un passage en revue des textes littéraires concernés), [MESSERSCHMIDT1907] pages 3 et 33, et [FINKEL&TAYLOR2015] pages 24-26.

166. Voir [CAMMAROSANO2014] page 66, [EDZARD1980] page 545 et [VOLK2009] pages 280-281. On trouvera en outre dans [GLASSNER2000] pages 140-141 une liste des différents verbes sumériens et akkadiens désignant l'action d'écrire et des précisions sur le sens étymologique de chacun.

167. Voir [FINKEL&TAYLOR2015] pages 24-26.

168. Voir [CAMMAROSANO2014] pages 62-63. Il existe par ailleurs un certain nombre d'objets analogues, faits dans divers matériaux (bronze, os, ivoire, calcaire, etc) et provenant de divers endroits (Uruk, Kiš, Nimrud, Hattusa, Ugarit, etc) que certains archéologues ou épigraphistes ont proposé d'identifier également comme des instruments d'écriture, et qui sont notamment présentés dans [CAMMAROSANO2014] pages 63-65, [WAAL2010] pages 51 et 57, [VOLK2009] page 285, [MARZAHN2003] page 81 et [BLEIBTREU2003] pages 2-3, mais dont la fonction ne peut pas être clairement confirmée en raison de caractéristiques surprenantes ou de difficultés méthodologiques. Une première explication possible au très faible nombre d'instruments d'écriture qui ont été découverts tient au fait qu'ils étaient probablement la plupart du temps fabriqués dans un matériau périssable qui a très peu de chances de s'être conservé jusqu'à aujourd'hui, comme indiqué dans [CAMMAROSANO2014] pages 62-63, [MESSERSCHMIDT1907] pages 7-8, [MARZAHN2003] page 81 et [DANIELS1995] page 83. Une deuxième explication, complémentaire de la première, est que les calames ordinaires, même lorsqu'ils étaient réalisés dans des matériaux plus durables comme ceux trouvés à Sippar-Amnānum, avaient selon toute vraisemblance l'apparence d'un petit bâton non décoré et n'ont donc pas forcément retenu l'attention des fouilleurs, comme pointé dans [CAMMAROSANO2014] pages 62-63.

169. Voir [CAMMAROSANO2014] pages 62-63, [GASCHE1989] pages 24-35, 102 et planche 45 (où l'on trouvera

forme et des dimensions possibles pour les instruments dédiés à l'écriture, nous montre que ceux-ci pouvaient être beaucoup plus courts que ce qui est souvent imaginé par les historiens ou représenté sur les images, et nous apprend qu'il existait probablement une certaine variabilité dans leurs caractéristiques exactes, mais il s'agit d'une attestation trop isolée pour nous permettre de tirer des conclusions générales.¹⁷⁰

Enfin, les sources iconographiques comprennent essentiellement une fresque de l'époque d'Ur III montrant un roi ou un dieu en train d'écrire sur une tablette tenue par une autre personne, d'assez nombreuses représentations cassites d'instruments d'écriture comme symboles du dieu du savoir Nabû, et plusieurs fresques murales de palais royaux néo-assyriens mettant pour la plupart en scène, lors de processions de prisonniers, des fonctionnaires de l'empire s'adressant à deux hommes tenant chacun un instrument d'écriture dans la main droite et un support dans la main gauche.¹⁷¹ Ces sources permettent de se faire une première idée grossière de l'apparence de l'outil employé pour écrire et de la manière dont il était manipulé, et semblent nous donner quatre indications intéressantes : premièrement, les instruments utilisés pour écrire sur des tablettes d'argile pourraient généralement avoir eu la forme d'un trapèze élané avec une pointe à angle droit ou biseauté ; deuxièmement, ils pourraient avoir eu des formes et des tailles relativement variées ; troisièmement, ils pourraient avoir été différents de ceux utilisés pour écrire en cunéiforme sur des tablettes de cire ; et, quatrièmement, ils pourraient avoir été tenus par les scribes dans la main droite, entre le pouce et tous les autres doigts tendus.¹⁷² Cependant, ces éléments doivent être considérés avec la plus grande prudence, d'une part parce que la fonction des instruments représentés sur les œuvres mentionnées est difficile à cerner précisément, et d'autre part parce ce qu'il est probable que leur forme, leurs proportions et leur maniement y aient été volontairement modifiés en raison de considérations esthétiques, de conventions iconographiques, de symboliques particulières, ou d'autres contraintes.¹⁷³

Il ressort donc de ce rapide passage en revue que les sources directes nous renseignant sur les instruments et techniques d'écriture et de tracé sont relativement peu nombreuses, peu explicites et pas toujours fiables, et sont ainsi très insuffisantes pour nous faire une idée précise sur ces aspects. En conséquence, les assyriologues qui ont étudié ces sujets se sont principalement basés sur des sources indirectes, qui consistent principalement en les traces, à la fois volontaires et involontaires, laissées sur les tablettes lors de leur inscription, et ont multiplié les approches pour en extraire le plus d'informations possible. Ils ont ainsi procédé non seulement à des observations minutieuses des moindres particularités de ces traces telles que l'on peut les voir sur les tablettes ou leurs photographies, mais également, afin d'aller plus loin, à des analyses automatisées de leurs numérisations 3D à l'aide d'outils informatiques conçus spécialement à cet effet (en particulier un logiciel du nom de « CuneiformAnalyser » développé dans le cadre d'un projet interdisciplinaire), à des traitements statistiques massifs des mesures ainsi récoltées permettant le développement d'une « paléographie quantitative », ou encore à la réalisation d'expériences cherchant à reproduire des traces similaires.¹⁷⁴

des croquis individuels de chacun des douze instruments), [TAYLOR2011] page 13 et [VOLK2009] page 285.

170. Voir [VOLK2009] page 285 et [GASCHE1989] page 102.

171. Au sujet de la stèle en calcaire de l'époque d'Ur III, voir [CAMMAROSANO2014] page 54. Au sujet des représentations cassites d'instruments d'écriture comme symboles du dieu Nabû, voir [CAMMAROSANO2014] pages 59-61 et [VOLK2009] pages 282-284. Au sujet des scènes d'écriture sur les fresques néo-assyriennes, voir [MESSERSCHMIDT1907] pages 4-6 et [CAMMAROSANO2014] pages 55-59.

172. Voir [MESSERSCHMIDT1907] pages 4-6 et [CAMMAROSANO2014] pages 54-56 et 60-62.

173. Voir [MESSERSCHMIDT1907] page 7, [CAMMAROSANO2014] pages 53-54 et [DANIELS1995] page 86.

174. Au sujet de la nécessité de recourir à des traces indirectes, voir [MESSERSCHMIDT1907] page 7, [CAMMAROSANO2014] page 66, [BRAMANTI2015a] pages 2-3 et [MARZAHN2003] page 81. Au sujet de l'observa-

Dans les sections suivantes, je présente dans un premier temps les résultats qui ont pu être obtenus grâce à la combinaison de ces différentes approches, en me concentrant successivement sur les instruments et techniques employés pour écrire en cunéiforme sur les tablettes d'argile, pour y tracer des lignes de structure et pour y réaliser diverses sortes de dessins, puis je discute dans un deuxième temps la manière dont ces éléments peuvent être réinvestis pour reconstituer la façon dont les diagrammes mathématiques semblent avoir été produits ainsi que le recours à d'éventuels outils auxiliaires spécifiques.

II.2.1.2. Instruments et techniques utilisés pour écrire en cunéiforme sur l'argile

L'une des premières questions qui se posent lorsque l'on souhaite étudier les techniques d'écriture est celle de la nature et des propriétés de l'instrument utilisé pour écrire. Comme nous l'avons vu, il semble s'être agi dans le contexte qui nous occupe d'un instrument spécifiquement dédié à cet usage, que les historiens appellent le plus souvent en français du nom générique de « calame » mais qui était plus spécifiquement désigné, aussi bien en sumérien qu'en akkadien, au moyen d'une expression signifiant littéralement « roseau de tablette ».

Son nom ancien suggère clairement que cet instrument était, au moins à l'origine et au moins dans certaines situations, fabriqué en roseau.¹⁷⁵ Cette indication étymologique est de plus confirmée pour certains documents par l'aspect particulier de signes que l'on y observe.

Dans une étude pionnière sur le calame publiée en 1906, l'assyriologue L. Messerschmidt a mis en évidence la présence, sur d'assez nombreuses tablettes de différentes provenances et époques, de marques de clous présentant un même ensemble de caractéristiques repérables à l'œil nu : la face droite (ou supérieure) de ces clous est incurvée et lisse, leur face gauche (ou inférieure) est plane et parcourue de fines striures parallèles à leur axe, et leur tête présente des sortes de pointillés, comme illustré par le schéma de la figure II.40 sur la page suivante. Or, cet ensemble de caractéristiques, désormais généralement appelé dans la littérature « motif de Messerschmidt » du nom de son premier observateur, indique avec une forte probabilité que les signes sur lesquels on l'observe ont été formés en enfonçant dans l'argile de la tablette un coin anguleux d'un instrument taillé dans une tige de roseau : la face incurvée et lisse résulte du contact de l'argile avec l'enveloppe extérieure de la tige en question, la face plane parcourue de striures résulte du contact de l'argile avec une section longitudinale de cette tige sur laquelle affleurent dans la longueur des fibres présentes en son sein, et l'aspect pointillé de la tête résulte du contact de l'argile avec une section transversale de cette tige marquée cette fois par les extrémités des mêmes fibres.¹⁷⁶ M. Powell estime que de tels « motifs de Messersch-

tion simple des traces présentes sur les tablettes, voir [MESSERSCHMIDT1907] pages 21-22, [CAMMAROSANO2014] page 66, [BRAMANTI2015a] pages 2-3 et [MARZAHN2003] page 81. Au sujet de l'observation assistée par ordinateur, et plus particulièrement du logiciel « CuneiformAnalyser », qui permet notamment de détecter, segmenter et mesurer automatiquement chaque impression présente sur une tablette, voir [CAMMAROSANO&al2014] pages 18-19, [CAMMAROSANO2015] pages 159-160 et [MÜLLER&al2015] page 135. Au sujet de la « paléographie quantitative », qui vise à compléter la paléographie traditionnelle en collectant des données relatives à l'écriture en très grand nombre afin de les traiter de manière statistique au moyen de logiciels d'analyse de données comme R, voir [CAMMAROSANO2015] pages 149-151 et 159-160. Enfin, au sujet de la réalisation d'expériences visant à reproduire des traces similaires à celles observées sur les tablettes originales, voir [MESSERSCHMIDT1907] pages 7 et 57 et [BRAMANTI2015b] pages 35-37.

175. Voir [TAYLOR2011] page 13, [TAYLOR&CARTWRIGHT2011] page 280, [TAYLOR2015] page 28 et [POWELL1981] pages 425-426.

176. Voir [MESSERSCHMIDT1907] pages 22-25, [POWELL1981] pages 425-426, [MARZAHN2003] page 81, [VOLK2009] pages 284-285, [CAMMAROSANO2014] pages 66-67, [BRAMANTI2015a] page 3, [TAYLOR2015] page 28 et [FINKEL&TAYLOR2015] pages 74-75. On peut préciser, pour être complet, qu'il ne s'agit pas d'indices totalement infaillibles dans la mesure où un instrument en bois serait également susceptible d'engendrer ce type de traces. Cependant, contrairement à un instrument fabriqué dans une tige de roseau qui laisse naturellement de telles

midt » peuvent être repérés sur environ 10 à 20 % des tablettes cunéiformes connues, et il est fréquent que l'on reconnaisse sur les autres tablettes la même forme de clous caractéristique avec le côté droit incurvé et le côté gauche plan, à laquelle il ne manque que les traces striées et/ou pointillées sur les faces où on les attendrait, une configuration qui peut s'expliquer par divers phénomènes (le fait que de telles traces peu profondes ont tendance à s'estomper durant les séjours prolongés des tablettes dans les sols, le fait que les calames – même taillés dans du roseau – ne laissent vraisemblablement pas toujours de marques de texture – en particulier lorsqu'ils sont usés et que le relief de leurs faces commence à s'émousser –, et le fait que ces instruments peuvent de plus être volontairement polis avant d'être utilisés) et semble devoir être interprétée de la même façon que la première.¹⁷⁷ J'ai repéré de tels « motifs de Messerschmidt », complets ou presque complets, sur de nombreuses tablettes de mon corpus, et la figure II.40 ci-dessous en montre quelques exemples.



FIGURE II.40. Schéma du « motif de Messerschmidt » et exemples repérés dans le corpus¹⁷⁸

Il existe en outre des tablettes sur lesquelles les clous ont une apparence « dédoublée », ce qui laisse à penser qu'ils ont été produits au moyen d'une pointe fendue et corrobore ainsi à nouveau l'idée que les calames aient été fabriqués en roseau puisque ce matériau est particulièrement fragile et a tendance à se fendre assez facilement.¹⁷⁹

Pour toutes ces raisons, il est accepté dans les différentes publications que j'ai consultées que les calames utilisés pour inscrire les tablettes cunéiformes étaient majoritairement taillés dans du roseau – des matériaux plus durables tels que de l'os, de l'ivoire ou du métal ayant également pu être employés dans certaines circonstances mais ayant vraisemblablement été

marques, un instrument fabriqué dans du bois ne peut les produire que si ses faces sont volontairement taillées avec des formes différentes et que l'une d'entre elles est polie avant usage tandis que les autres sont laissées brutes, ce qui, comme noté à juste titre dans [MESSERSCHMIDT1907] pages 22-25, rend cette éventualité bien moins vraisemblable. En outre, il a été remarqué que le bois n'était de manière générale guère adapté à la fabrication des calames dans la mesure où il s'imprègne rapidement de l'humidité de l'argile pendant l'écriture et ne produit alors plus que des impressions vagues, comme expliqué dans [MESSERSCHMIDT1907] page 9 et [VOLK2009] page 280, ce qui, là encore, rend son utilisation peu probable.

177. Voir [MESSERSCHMIDT1907] pages 22-24, [POWELL1981] pages 425-426, [CAMMAROSANO2014] pages 66-67, [BRAMANTI2015a] page 3 et [TAYLOR2015] page 28.

178. La première image est une partie d'un croquis tiré de [MARZAHN2003] page 87. La deuxième est un gros plan sur une photographie de la face de la tablette Ist O 3930 réalisée par C. Proust au Musée Archéologique d'Istanbul; cette tablette ne fait pas à proprement parler partie de mon corpus puisqu'elle n'a pas encore été éditée, mais j'ai néanmoins choisi de la montrer ici car l'occurrence du « motif de Messerschmidt » qu'elle présente est la plus claire que j'aie observée. La troisième est un gros plan sur une photographie de la face de la tablette YBC 3892 réalisée par C. Proust au Yale Peabody Museum of Natural History. La quatrième et la cinquième sont respectivement des gros plans sur des photographies de la face et du revers de la tablette BNUS 367 réalisée par J. Jawdat à la Bibliothèque Nationale et Universitaire de Strasbourg. La sixième est un gros plan sur une photographie du revers de la tablette OIM A 30279 accessible dans la base de données du CDLI, à l'adresse <<https://cdli.mpiwg-berlin.mpg.de/artifacts/368171>> (dernier accès le 18 mars 2024). La septième est un gros plan sur une photographie de la face de la tablette AUAM 73.2841 également accessible dans la base de données du CDLI, à l'adresse <<https://cdli.mpiwg-berlin.mpg.de/artifacts/249366>> (dernier accès le 18 mars 2024).

179. Voir [TAYLOR2011] page 13.

beaucoup moins répandus – et cela semble également avoir été le cas dans mon corpus.¹⁸⁰

En revanche, si l'utilisation de roseau pour fabriquer les calames, au moins dans la plupart des situations usuelles, fait globalement consensus, la forme exacte et le mode de fabrication de ces sortes de « baguettes » sont encore très débattus. Cela tient en grande partie au fait que, contrairement à ce que l'on peut penser de prime abord et que croyait notamment L. Messerschmidt, la forme des clous présents sur une tablette ne correspond le plus souvent pas directement à la forme de la pointe utilisée pour les produire – bien qu'elle y soit évidemment liée – en raison d'une accumulation de facteurs de différentes natures qui viennent s'ajouter à ceux liés aux propriétés du calame lui-même.¹⁸¹ Il faut tout d'abord prendre en compte des facteurs liés au support d'écriture : la forme d'un clou dépend des propriétés chimiques de l'argile dans laquelle il a été imprimé (composition, qualité, taux d'humidité au moment de l'écriture, adhérence) ainsi que de l'aspect de la surface de la tablette (incurvation, irrégularités éventuelles). Il faut ensuite prendre en compte des facteurs liés au processus d'écriture : la forme d'un clou est déterminée par le mouvement donné au calame par le scribe lors de son impression, et toute variation entre la trajectoire réelle du calame et une trajectoire linéaire qui resterait intégralement dans le cône polyédrique défini par le prolongement des arêtes d'écriture (qui ne serait absolument pas naturelle) introduit des écarts entre les angles de la pointe utilisée et ceux des clous obtenus. Il faut par ailleurs prendre en compte des facteurs liés à la position à l'intérieur du signe ou du texte : la forme d'un clou est affectée par ses interactions avec les clous voisins, aussi bien dans le cas évident de la superposition volontaire de clous les uns sur les autres que dans le cas plus subtil du déplacement involontaire d'argile lors de l'ajout de nouveaux clous à proximité de celui considéré. Enfin, il faut prendre en compte un certain nombre de facteurs post-opérateurs : la forme d'un clou est soumise à divers changements intervenant après l'écriture elle-même, que ce soit pendant le séchage ou la cuisson de la tablette (au cours desquels elle se rétracte de manière parfois non uniforme), lors de son altération dans les sols (humidité, vers, accréation de matériaux étrangers, etc) ou lors d'opérations de restauration (traitements, brossages, etc).¹⁸²

En tenant compte de l'écart qui peut exister pour ces différentes raisons entre l'aspect des impressions de clous sur les tablettes et celui de la pointe du calame qui les a produites, l'hypothèse la plus répandue concernant la forme de cet instrument, qui a initialement été suggérée par L. Messerschmidt et a depuis été abondamment reprise et raffinée dans la littérature, est celle d'une section triangulaire : le « motif de Messerschmidt » décrit plus haut s'explique très

180. Sur le fait que les calames étaient vraisemblablement pour la plupart taillés dans du roseau, voir [CHARPIN1989] page 57, [WAAL2010] page 57, [VOLK2009] page 280, [GLASSNER2000] page 157, [FALKENSTEIN1936] page 5, [TAYLOR2015] page 28 et [POWELL1981] pages 425-426. Pour une discussion détaillée de l'espèce de roseau qui semble avoir été utilisée pour ce faire, voir plus spécifiquement [CAMMAROSANO2014] pages 67-69. Pour l'idée que les calames aient pu être taillés dans les tiges à section triangulaire de carex poussant dans les cours d'eau de Mésopotamie ainsi que sa réfutation, voir [SAGGS1981] pages 127-128 et [CAMMAROSANO2014] page 70. Pour des informations sur les calames en matériaux non périssables, voir [MESSERSCHMIDT1907] pages 7-8, [YOSHIKAWA1990] page 357, [VOLK2009] page 280, [TAYLOR2011] page 13 et [CAMMAROSANO2014] page 70. Enfin, pour des discussions de la fréquence du roseau par rapport aux autres matériaux et des facteurs ayant pu influencer sur le choix d'un matériau ou d'un autre, voir [EDZARD1980] page 545, [POWELL1981] pages 425-426, [YOSHIKAWA1990] page 357, [CAMMAROSANO2014] page 71, [BRAMANTI2015a] page 9 et [TAYLOR2015] pages 28-29.

181. Voir [MESSERSCHMIDT1907] page 13.

182. Pour des mentions générales de ces facteurs, voir [TAYLOR2011] pages 5-6, [CAMMAROSANO2014] page 80, [CAMMAROSANO2015] page 157, [MAIOCCHI2015] pages 76-77 et [BRAMANTI2015a] page 4. Pour une présentation détaillée de chacun d'entre eux, voir l'article de référence [CAMMAROSANO&al2014] pages 8 (liste d'ensemble), 9-10 (facteurs liés au support d'écriture), 10-12 (facteurs liés au calame), 12-15 (facteurs liés au processus d'écriture), 16-17 (facteurs liés à la position à l'intérieur d'un signe ou d'un texte) et 17-18 (facteurs post-opérateurs).

bien si l'on imagine que les calames étaient fabriqués en fendant longitudinalement une tige de roseau, de préférence choisie avec un diamètre assez important, selon une corde de sa section, puis en fendant en deux le morceau ainsi obtenu perpendiculairement à la corde, comme illustré par le premier schéma de la figure II.41 ci-dessous.¹⁸³ M. Cammarosano et ses collègues, qui se sont livrés à l'une des études les plus approfondies sur la question, appellent toutefois l'attention sur le fait que, dans la mesure où seules trois des arêtes du calame interviennent réellement dans l'écriture, son nombre total de faces n'a pas d'incidence sur les impressions obtenues, et que l'on ne peut ainsi pas exclure des sections à plus de trois côtés.¹⁸⁴ A. Bramanti défend d'ailleurs pour sa part l'idée d'une section quadrangulaire au moins jusqu'à l'époque paléo-babylonienne incluse : ayant remarqué qu'une arête supplémentaire peut occasionnellement être détectée sur des impressions de clous particulièrement profondes, et ayant croisé ce nouvel élément avec les caractéristiques du « motif de Messerschmidt », il estime que le calame devait avoir une forme presque rectangulaire, avec l'un de ses longs côtés convexes et des fibres sur ses petits côtés, et propose que cette forme ait été obtenue en pratiquant simplement dans une tige de roseau deux incisions longitudinales suffisamment espacées l'une de l'autre, comme illustré par le deuxième schéma de la figure II.41 ci-dessous.¹⁸⁵ Aucun élément ne permettant de trancher de manière définitive entre ces deux reconstitutions en l'état actuel des travaux sur le sujet, et les deux modes de fabrication ayant tout à fait pu coexister, je conserverai dans la suite les deux éventualités.¹⁸⁶

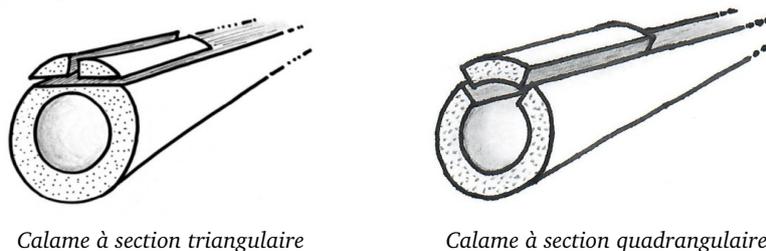


FIGURE II.41. Deux formes et modes de fabrication possibles du calame¹⁸⁷

Outre la forme de la section et de la pointe du calame, il peut être utile, pour étudier les techniques d'écriture, de s'intéresser à sa taille. Toutefois, à de rares exceptions près, les dimensions linéaires de l'instrument utilisé n'ont aucune influence sur les traces qu'il laisse sur l'argile, ce qui rend cet aspect particulièrement difficile à reconstituer et nous limite à

183. Voir [MESSERSCHMIDT1907] pages 24-25, [POWELL1981] pages 425-426, [MARZAHN2003] page 87, [CAMMAROSANO2014] page 66 et [FINKEL&TAYLOR2015] page 75. Le fait que le diamètre de la tige de roseau utilisée soit suffisamment important permet que la courbure de la face extérieure reste modérée et n'apparaisse donc que sur les clous les plus profonds. Par ailleurs, d'autres modes de fabrication donnant lieu à des sections triangulaires ont été envisagés dans la littérature, par exemple une découpe consistant en deux incisions obliques pratiquées dans la longueur du roseau et se rejoignant sur son bord intérieur, mais la plupart des spécialistes préfèrent la proposition de L. Messerschmidt, comme expliqué dans [CAMMAROSANO2014] pages 66-67.

184. Voir [CAMMAROSANO&al2014] pages 10-12. Notons d'ailleurs que, comme je l'ai signalé dans la section précédente, les calames en os trouvés à Sippar-Amnānum avaient une section quadrangulaire et non triangulaire.

185. Voir [BRAMANTI2015a] pages 6-10 pour le détail de l'argument et diverses illustrations. Notons que l'idée d'une section quadrangulaire avait déjà été proposée plus d'un siècle auparavant par R. Zehpfund, mais sous une forme un peu différente et bien moins approfondie, comme relaté dans [MESSERSCHMIDT1907] pages 10-12.

186. Notons que les premiers assyriologues à avoir étudié la forme des calames ont suggéré que leurs pointes aient pu être taillées en biseau en plus des opérations déjà mentionnées, comme décrit dans [MESSERSCHMIDT1907] pages 10-12 et 29-31 et dans [FALKENSTEIN1936] page 57, mais que cette éventualité semble avoir été abandonnée dans les publications plus récentes.

187. Le premier schéma est tiré de [CAMMAROSANO2014] page 66. Le deuxième a été réalisé par mes soins.

donner des ordres de grandeur.¹⁸⁸ Les mesures des calames retrouvés à Sippar-Amnānum et l'étude d'impressions particulièrement profondes sur différentes tablettes indiquent que les deux arêtes de la section du calame impliquées dans l'écriture, que M. Cammarosano et ses collègues proposent d'appeler respectivement *arête d'écriture droite* et *arête d'écriture gauche*, avaient des dimensions de l'ordre de quelques millimètres, avec une certaine variabilité d'un calame à l'autre et même d'un côté à l'autre du même calame.¹⁸⁹ Par ailleurs, les mesures des calames trouvés à Sippar-Amnānum, les représentations iconographiques de calames comme symboles du dieu Nabû et l'apparence caractéristique de certains tracés de lignes de structure – que je discuterai dans la section suivante – suggèrent que l'arête longitudinale du calame impliquée dans l'écriture, que M. Cammarosano et ses collègues proposent d'appeler *lame* ou *arête tranchante* et que je préférerai appeler dans la suite *arête d'écriture directionnelle* par homogénéité avec le reste de leur terminologie, ait en général été beaucoup moins longue que ce que l'on imagine souvent, de l'ordre de quelques centimètres seulement.¹⁹⁰

Toutes ces données ont permis aux assyriologues ayant travaillé sur ce sujet d'aboutir à une représentation globale relativement précise de l'aspect de l'instrument utilisé pour écrire en cunéiforme sur les tablettes d'argile, qu'il nous sera utile d'avoir à l'esprit pour toute la suite de cette partie. Pour résumer, il semble s'être agi, au moins dans la plupart des cas, d'une sorte de baguette taillée dans du roseau, de section triangulaire ou quadrangulaire, comportant une pointe anguleuse et ayant des dimensions de quelques millimètres pour les arêtes formant la pointe et quelques centimètres pour la longueur.

Maintenant que nous disposons de cette image relativement précise de l'instrument utilisé, une autre question essentielle qui se pose est celle de la position et du maniement de cet instrument lors de l'écriture. Celle-ci a pu être en partie reconstituée grâce à diverses expériences et études plus théoriques menées ces dernières décennies.¹⁹¹

En prenant en considération à la fois la longueur estimée des calames et diverses expériences relatives à la mobilité de la main et la rapidité d'exécution des gestes nécessaires, plusieurs chercheurs sont arrivés à la conclusion que le calame devait être tenu entre le pouce et les autres doigts, avec la pointe permettant d'écrire proche de ceux-ci et l'autre extrémité dirigée vers la paume, le tout sous la main, dont l'intérieur était tourné vers la tablette.¹⁹² Pour produire un clou, la pointe était alors enfoncée dans l'argile avec une certaine orientation, une certaine inclinaison, un certain angle d'incidence, et très probablement un mouvement de rotation du poignet ayant modifié ces paramètres entre le début et la fin du geste – en particulier pour abaisser légèrement l'arête d'écriture directionnelle sans que le scribe n'ait à bouger l'en-

188. Voir [BRAMANTI2015a] page 4.

189. Pour les noms donnés à ces deux arêtes, voir [CAMMAROSANO&al2014] page 8 et [CAMMAROSANO2015] page 153. Pour leurs dimensions, voir [CAMMAROSANO2014] pages 69-70, [VOLK2009] page 285, [MESSERSCHMIDT1907] page 29, [GASCHE1989] page 102 et [POWELL1981] page 426; pour citer les exemples de valeurs précises connus, les arêtes des pointes des calames retrouvés à Sippar-Amnānum mesurent entre 3 et 11 millimètres, et celles du calame utilisé pour écrire sur le cylindre d'argile paléo-babylonien VA 2596 – qui présente un certain nombre d'impressions si profondes que l'on peut y voir des côtés entiers – semblent avoir respectivement mesuré 4 et 6 millimètres.

190. Pour le nom donné à cette arête, voir [CAMMAROSANO&al2014] page 8 et [CAMMAROSANO2015] page 153. Pour sa taille, voir principalement [CAMMAROSANO2014] page 74; pour citer les exemples de valeurs précises connus, les calames retrouvés à Sippar-Amnānum ont des longueurs variant de 3 à 5 centimètres seulement.

191. Pour la description d'expériences relatives à cet aspect, voir notamment l'article [POWELL1981]. Pour des études plus théoriques, introduisant entre autres une modélisation de la situation d'écriture et des définitions rigoureuses des différents paramètres intervenant lors de cette action, voir les articles [CAMMAROSANO2014], [CAMMAROSANO&al2014] et [CAMMAROSANO2015].

192. Voir notamment [CAMMAROSANO2014] pages 74 et 77 et [POWELL1981] pages 425-426.

semble de son bras à chaque nouvelle impression.¹⁹³ Étant donnée la morphologie des signes cunéiformes, cette manière de procéder implique que tous les scribes devaient nécessairement tenir leur calame dans la main droite.¹⁹⁴

Dans la mesure où l'exécution du geste décrit est très malaisée sur un support posé à plat, il est unanimement accepté que les scribes devaient tenir leurs tablettes dans la main gauche pendant qu'ils les inscrivaient de la main droite. Des traces de doigts laissées sur d'assez nombreuses tablettes tendent à confirmer cette reconstitution, et peuvent de plus dans certains cas nous fournir des indications plus précises sur la manière dont elles étaient prises en main et orientées dans la main.¹⁹⁵ Les deux images de la figure II.42 ci-dessous illustrent ce point en montrant deux tablettes de mon corpus qui présentent des traces de doigts à des endroits très différents et semblent ainsi ne pas avoir été tenues de la même façon, même s'il serait nécessaire de les voir en vrai pour discuter cet aspect de manière plus assurée : la première présente trois traces de doigts relativement profondes et très proches les unes des autres sur une tranche, et semble donc avoir été tenue par le scribe par les bords, entre le pouce d'un côté et les autres doigts serrés de l'autre, tandis que la deuxième présente trois probables traces de doigts plus superficielles et plus espacées dans un coin du revers, et semble donc avoir été tenue par le scribe par en-dessous, posée sur les bouts de ses doigts légèrement espacés. La position relative de la tablette et du calame est quant à elle beaucoup plus difficile à déterminer et, s'il a été suggéré qu'un angle d'environ 45° entre les deux était la meilleure option et que le calame devait être tenu relativement à plat par rapport à la surface à inscrire, ces éléments restent essentiellement de l'ordre des hypothèses.¹⁹⁶



FIGURE II.42. Traces de doigts susceptibles de révéler comment étaient tenues des tablettes du corpus¹⁹⁷

193. Pour l'idée générale, voir notamment [GLASSNER2000] page 159, [MARZAHN2003] page 81 et [POWELL1981] pages 425-429. Pour des précisions techniques, en particulier une proposition de repère local permettant de définir rigoureusement les paramètres mentionnés, voir [CAMMAROSANO2014] pages 77-78, [CAMMAROSANO&al2014] page 13 et [CAMMAROSANO2015] page 157. Notons d'ailleurs que l'angle d'incidence du calame au moment où il entre en contact avec la surface de la tablette a une grande influence sur l'aspect du clou obtenu, comme souligné dans [FALKENSTEIN1936] page 6, [MARZAHN2003] page 84 et [BRAMANTI2015a] page 5.

194. Voir [GLASSNER2000] page 159 et [POWELL1981] page 431.

195. Voir [MESSERSCHMIDT1907] page 51 et [TAYLOR2011] page 13.

196. Voir [POWELL1981] page 426, [GLASSNER2000] page 159 et [MARZAHN2003] page 81.

197. La première image est un montage composé d'une photographie du revers de la tablette YBC 11126 et d'un

Ainsi, pour résumer, les données relatives au maniement du calame sont moins nombreuses et plus incertaines que celles relatives à la forme sous laquelle il se présentait, mais il se dégage malgré tout que celui-ci était tenu par le scribe dans la main droite, sous la paume, et que sa pointe était enfoncée dans l'argile de la tablette, pour sa part tenue dans la main gauche, avec un certain angle et un certain mouvement de rotation du poignet afin de produire les clous constituant les signes cunéiformes à écrire.

II.2.1.3. Instruments et techniques utilisés pour tracer des lignes sur l'argile

Maintenant que nous connaissons l'instrument et le geste ayant permis d'écrire en cunéiforme sur l'argile, nous pouvons passer à des tracés qui s'approchent davantage des dessins géométriques qui nous intéressent tout en présentant l'avantage d'avoir déjà été étudiés par les assyriologues, à savoir les lignes de structure, de colonnes ou de fin réalisées sur de nombreuses tablettes afin d'organiser leur contenu.

Les chercheurs qui se sont penchés sur ces éléments ont mis en évidence quatre techniques de tracé principales utilisées pour les produire : ces lignes pouvaient être tracées soit en passant un fil dans l'argile d'un bord à l'autre de la tablette, soit en imprimant le calame dans l'argile sur toute sa longueur, soit en incisant l'argile avec une pointe, soit encore en combinant les deux dernières manières de procéder. La première de ces quatre techniques ne permet de réaliser que des traits traversant les tablettes de part en part et n'est donc clairement pas applicable à la réalisation des dessins géométriques, mais les trois autres peuvent, au moins a priori, être employées à cette fin, et méritent donc d'être décrites un peu plus en détail.

Les tracés par impression peuvent être vus comme une extension du geste utilisé pour écrire : tout comme les clous composant les signes cunéiformes, ils sont obtenus en enfonçant dans l'argile un coin du calame, mais avec la différence que celui-ci est soit tenu beaucoup plus à plat soit beaucoup plus abaissé une fois la pointe posée, comme illustré par le premier schéma de la figure II.43 sur la page suivante, de manière à ce que l'arête d'écriture directionnelle entre en contact avec la surface de la tablette sur une distance beaucoup plus grande et y produise donc un trait beaucoup plus long.¹⁹⁸ Il s'agit d'une technique de tracé particulièrement naturelle pour des personnes habituées à écrire du cunéiforme sur les tablettes, qui était en conséquence fréquemment employée pour la réalisation des lignes de structure et que l'on rencontre parfois adaptée sous la forme de plusieurs impressions successives dans le prolongement les unes des autres permettant d'atteindre la longueur totale voulue.¹⁹⁹

Les tracés par incision sont réalisés d'une toute autre manière : ils sont obtenus en enfonçant une pointe dans l'argile et en l'y déplaçant selon la trajectoire souhaitée, comme illustré

gros plan sur une photographie de la tranche gauche de cette même tablette, toutes deux réalisées par C. Proust au Yale Peabody Museum of Natural History ; le fait que les traces de doigts apparaissent sur la tranche gauche est surprenant si l'on imagine que le scribe tenait la tablette dans sa main gauche, mais nous verrons plus loin qu'il s'agit d'une tablette qui a vraisemblablement été effacée et réinscrite et qui a donc pu être tenue avec différentes orientations à différents moments de son utilisation. La deuxième image est quant à elle un montage composé d'une photographie du revers de la tablette YBC 11120 également réalisée par C. Proust au Yale Peabody Museum of Natural History et d'un gros plan sur cette même photographie.

198. Voir notamment [CAMMAROSANO2014] page 74, [FINKEL&TAYLOR2015] page 78, et le schéma dans [MARZAHN2003] page 84. Notons, pour être complet, que les tracés par impression peuvent dans l'absolu être pratiqués avec tout outil ayant une pointe anguleuse, et pas seulement le calame utilisé pour écrire, mais qu'employer un outil distinct aurait obligé le scribe à changer d'instrument au cours de la rédaction d'une même tablette sans lui procurer de quelconque avantage et qu'il est donc plus probable qu'il ait utilisé un seul et même outil.

199. Voir [CAMMAROSANO2014] page 74. La longueur de chaque impression dans de telles lignes où elles sont répétées les unes à la suite des autres correspond probablement approximativement à la longueur de l'arête d'écriture directionnelle du calame et constitue ainsi l'un des indices à cet égard mentionnés dans la section II.2.1.2.

par le deuxième schéma de la figure II.43 ci-dessous.²⁰⁰ La pointe employée pour ce faire peut être aussi bien celle du calame utilisé pour écrire le cunéiforme que celle d'un autre outil comme une aiguille ou une plume, les deux présentant à la fois des avantages et des inconvénients, comme je le préciserai dans la section II.2.1.5.²⁰¹ Il s'agit d'une technique de tracé qui, bien que très différente du geste d'écriture, était vraisemblablement relativement spontanée, et qui était elle aussi fréquemment employée pour la réalisation des lignes de structure.

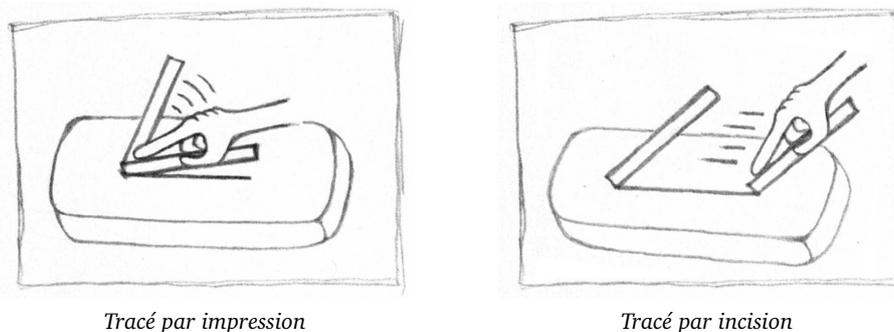


FIGURE II.43. Principaux gestes permettant de tracer des lignes sur l'argile²⁰²

Enfin, des tracés « hybrides », que je qualifierai dans la suite d'impressions avec traînée, combinent les possibilités offertes par l'impression seule et celles offertes par l'incision seule : ils sont obtenus en enfonçant et abaissant l'arête d'écriture directionnelle du calame dans l'argile sur toute (ou une grande partie de) sa longueur, comme pour une impression, puis en déplaçant alors le calame dans l'argile selon la trajectoire souhaitée, comme pour une incision, mais tout en le maintenant dans la même position abaissée.²⁰³

Plusieurs indices, qui ont été en partie décrits par des assyriologues ayant travaillé sur la matérialité des tablettes et que j'ai affinés et complétés à partir de mes propres réflexions et observations, peuvent nous permettre de déterminer si une ligne donnée a été tracée par impression simple, par incision ou par impression avec traînée. Tout d'abord, les lignes tracées par impression – simple ou avec traînée – présentent normalement une large marque en forme de « tête de clou » à l'une de leurs extrémités, qui correspond à l'endroit où le coin du calame a été enfoncé dans l'argile au début du geste avant que l'arête ne soit abaissée, tandis que les lignes tracées par incision ne présentent généralement que des marques beaucoup plus discrètes (si elles ont été réalisées au moyen du calame) ou même aucune marque du tout (si elles ont été réalisées au moyen d'un outil plus fin). Ensuite, les lignes tracées par impression sont le plus souvent larges et ont un profil assez clairement évasé, avec l'un de leurs deux flancs légèrement incurvé et l'autre portant parfois des traces de fibres de roseau, à l'instar des clous cunéiformes, tandis que les lignes tracées par incision sont plus étroites, ont un profil plus resserré et plus droit, et ne comportent en règle générale pas de traces de fibres.

200. Voir notamment [EDZARD1980] page 545. Notons que, si cette technique est très différente de celle utilisée pour écrire en cunéiforme sur les tablettes, elle est en revanche similaire à celle utilisée aux époques archaïques pour tracer les signes proto-cunéiformes, comme signalé dans [MESSERSCHMIDT1907] pages 14-18 et 42 et dans [TAYLOR2011] pages 18-19, et à celle utilisée aux époques plus tardives pour ajouter sur les tablettes des notes en araméen ou en grec, comme signalé dans [TAYLOR2011] pages 17-18 et illustré par des photographies dans [FINKEL&TAYLOR2015] pages 33 et 73.

201. Voir [MESSERSCHMIDT1907] pages 14-18 et 44-46, et [EDZARD1980] page 545.

202. Les deux images sont des croquis réalisés par mes soins.

203. Voir [FALKENSTEIN1936] page 5, où il est notamment expliqué que ce procédé était utilisé dans les textes archaïques pour produire des lignes longues et courbées composant les signes.

De plus, les lignes tracées par impression forment plutôt des sillons nets, avec des bords sans aspérités qui se rapprochent progressivement l'un de l'autre de manière régulière, tandis que les lignes tracées par incision forment des sillons plus heurtés, avec des bords inégaux qui peuvent donner l'impression d'être « déchirés » par endroits et s'éloigner ou se rapprocher l'un de l'autre de manière irrégulière, et présentent parfois de minuscules billes d'argile accumulées au fond ou à la périphérie. Enfin, les lignes tracées par impression simple sont nécessairement rectilignes, tandis que celles tracées par impression avec traînée peuvent avoir un aspect un peu plus souple, avec des changements de direction doux, et celles tracées par incision peuvent avoir une trajectoire plus sinueuse ou même chaotique, avec des changements de direction qui peuvent dans certains cas être plus brutaux. Par ailleurs, parmi les lignes tracées par incision, il semble que celles qui ont été produites au moyen d'un outil fin comme une aiguille soient encore plus profondes et étroites et aient un profil encore plus droit que celles produites au moyen du calame.²⁰⁴

Le tableau II.2 ci-dessous résume ces différents indices, qui seront essentiels pour discuter les techniques de tracé des diagrammes et que je serai en conséquence amenée à mobiliser à plusieurs reprises dans la suite, sous une forme plus facile à consulter, et les figures II.44 à II.46 à sa suite illustrent certains d'entre eux à l'aide de gros plans sur des lignes particulièrement caractéristiques tracées sur des tablettes de mon corpus.

	Tracés par impression simple	Tracés par impression avec traînée	Tracés par incision
Amorce	Présence d'une marque en forme de « tête de clou » au début de la ligne		Absence complète de marque ou présence d'une marque beaucoup plus discrète
Largeur	Lignes plutôt larges, dont la largeur diminue de manière régulière		Lignes plutôt étroites, dont la largeur peut varier de manière irrégulière
Profil	Profil assez clairement évasé, parfois avec l'un des bords légèrement incurvé		Profil plus resserré et plus droit
Fibres	Présence possible de traces de fibres de roseau sur l'un des bords		Absence de traces de fibres en règle générale
Netteté	Sillons nets, sans aspérités sur les bords, sans apparition de petites billes d'argile au fond ou à la périphérie		Sillons plus heurtés, dont les bords peuvent avoir l'air « déchirés », avec une possible accumulation de petites billes d'argile au fond ou à leur périphérie
Rectilinéarité	Lignes nécessairement rectilignes	Lignes le plus souvent imparfaitement rectilignes, avec des courbes ou même des trajectoires plus sinueuses possibles	

TABLEAU II.2. Indices permettant d'identifier la manière dont une ligne a été tracée sur l'argile

204. Les idées générales de ces indices sont tirées de [MESSERSCHMIDT1907] pages 14-18, 42 et 47-49, et de [MARZAHN2003] page 81, et certains détails supplémentaires sont issus de mes propres observations.

205. La première image est un gros plan sur une photographie du revers de la tablette VAT 8522 réalisée par C. Proust au Vorderasiatisches Museum. La deuxième est un gros plan sur une photographie de la face de la tablette BNUS 364 accessible dans la base de données du CDLI, à l'adresse <<https://cdli.mpiwg-berlin.mpg.de/artifacts/414661>> (dernier accès le 19 mars 2024). La troisième est un gros plan sur une photographie du revers de la tablette VAT 6598 réalisée par C. Proust au Vorderasiatisches Museum.



Tête de clou

Profil large et évasé

Bords nets se rapprochant l'un de l'autre

FIGURE II.44. Indices permettant de reconnaître les lignes tracées par impression²⁰⁵



Profil fin et droit



Trajectoire sinueuse et bords irréguliers

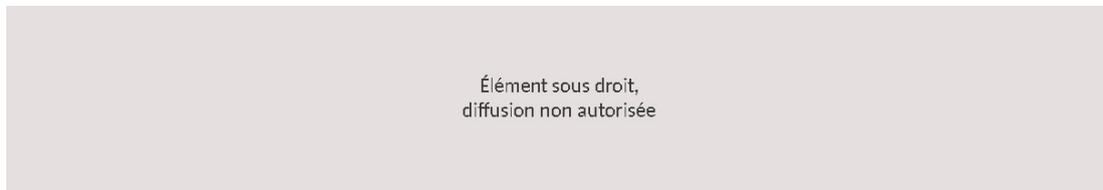


Largeur et profondeur irrégulières



Petites billes d'argile accumulées dans le sillon

FIGURE II.45. Indices permettant de reconnaître les lignes tracées par incision²⁰⁶



Caractéristiques similaires à l'impression simple, mais trajectoire non rectiligne

FIGURE II.46. Indices permettant de reconnaître les lignes tracées par impression avec traînée²⁰⁷

206. La première image est un gros plan sur une photographie du revers de la tablette MS 1938/2 accessible dans la base de données du CDLI, à l'adresse <<https://cdli.mpiwg-berlin.mpg.de/artifacts/250600>> (dernier accès le 19 mars 2024). La deuxième et la troisième sont des gros plans sur une photographie du revers de la tablette Sb 13088 réalisée par C. Proust au Musée du Louvre. La quatrième est un gros plan sur une photographie du revers de la tablette VAT 7532 réalisée par C. Proust au Vorderasiatisches Museum.

207. L'image est un gros plan sur une photographie de la face de la tablette MS 3052 accessible dans la base de données du CDLI, à l'adresse <<https://cdli.mpiwg-berlin.mpg.de/artifacts/252064>> (dernier accès le 19 mars 2024). Le trait vert a été ajouté par mes soins afin de permettre une meilleure visualisation de la non-rectilinéarité de la ligne de structure montrée. Deux remarques s'imposent. Premièrement, on pourrait penser à première vue que les bords de cette ligne de structure ne sont pas réguliers comme le sont normalement ceux des traits réalisés par impression, mais il s'agit en fait d'une impression trompeuse due aux déformations de la ligne par les impacts des clous imprimés près d'elle, comme je l'expliquerai dans la section sur la temporalité ci-après. Deuxièmement, on pourrait se demander si la courbure apparaissant sur la photographie n'est pas seulement une illusion due à l'incurvation de la face de la tablette, mais cette dernière est en fait presque plane, de sorte qu'il est assez peu probable que la déviation observée soit entièrement imputable à sa forme.

II.2.1.4. Instruments et techniques utilisés pour réaliser des dessins sur l'argile

Outre les gestes employés pour tracer des lignes de structure, il peut être intéressant, avant de chercher à reconstituer la manière dont ont été produits les diagrammes mathématiques, de se renseigner sur les techniques utilisées pour réaliser d'autres types de dessins sur l'argile. En effet, quelques dizaines de tablettes cunéiformes scolaires, administratives et savantes, datant du début du troisième millénaire à la fin du premier millénaire avant notre ère, comportent un ou plusieurs dessins ne rentrant pas dans la catégorie des « dessins géométriques » que j'ai définie dans le premier chapitre et pouvant ainsi constituer un point de comparaison utile avec cette dernière.²⁰⁸

Allant de petits croquis rudimentaires à des productions graphiques bien plus grandes et élaborées, ces dessins, qui peuvent apparaître soit sur les faces soit sur les tranches des tablettes, et qui semblent avoir été réalisés dans certains cas en lien direct avec le texte auprès duquel ils apparaissent et dans d'autres par simple divertissement, représentent des sujets aussi variés que des motifs non figuratifs, des personnages humains, des animaux, des plantes, des objets du quotidien ou divers éléments liés à la divination.²⁰⁹

La figure II.47 sur la page suivante montre les quatre exemples de tels dessins non techniques datés de l'époque paléo-babylonienne dont j'ai trouvé des images, qui permettent de se faire une première idée rapide de leur aspect afin de pouvoir ensuite le comparer à celui des diagrammes mathématiques.²¹⁰

208. Voir pour ces informations les références données dans la note suivante.

209. Un tour d'horizon global des dessins apparaissant sur des tablettes d'argile est proposé dans l'article de référence [FINKEL2011] et dans l'article de synthèse [MANDER2017]. Des présentations plus détaillées, avec des listes de tablettes et souvent des copies et/ou photographies, sont fournies dans [BIGGS1974] pour quelques tablettes archaïques d'Abu-Salabikh comportant des motifs géométriques (en particulier pages 30-31 et planches 27 et 34), dans [WILSON2008] pour deux tablettes scolaires paléo-babyloniennes comportant des dessins figuratifs au dos d'exercices (en particulier pages 161 et 180), dans [ZAWADZKI&JURSA2001] pour des tablettes administratives néo-babyloniennes de Sippar comportant des croquis d'animaux ou d'objets souvent liés à leur contenu (en particulier page 363), dans [JANKOVIĆ2004] pour un ensemble disparate de tablettes du premier millénaire faisant apparaître des dessins d'oiseaux (*passim*), dans [GESCHE2001] pour les rares exemples de tablettes scolaires du premier millénaire comportant des dessins au revers (en particulier pages 263 et 591), dans [WEIDNER1967] pour deux grandes tablettes d'époque séleucide comportant des dessins symbolisant des constellations (en particulier planches 1, 5 et 9-10), ainsi que dans plusieurs autres publications que je n'ai pas eu l'opportunité de consulter mais qui sont citées dans les deux premières références mentionnées. Il me semble utile de préciser que je n'aborde pas dans cette section la question des modèles de foies utilisés pour l'extispicine, qui étaient des objets modelés pour lesquels la forme donnée à l'argile était aussi importante que les tracés et marques portés dessus et qui ne peuvent donc pas être considérés comme de « simples » dessins ; les lecteurs intéressés pourront par exemple trouver une photographie de l'un de ces modèles les plus célèbres, BM 92668, dans la base de données du British Museum (lien direct <https://www.britishmuseum.org/collection/object/W_1889-0426-238>, dernier accès le 10 février 2024) et des copies et éditions de plusieurs autres dans l'article [RUTTEN1938]. Par ailleurs, des remarques plus précises sur la fonction des dessins sont proposées dans [MANDER2017] page 244, [FINKEL2011] page 340, [ZAWADZKI&JURSA2001] page 359, [JANKOVIĆ2004] page 194 et [GESCHE2001] page 11. Enfin, il me paraît intéressant de mentionner dès à présent, en prévision de questions que j'aborderai dans le chapitre suivant, que P. Gesche considère que les tracés observables au revers d'une tablette scolaire du premier millénaire, la tablette BM 36472 éditée dans [GESCHE2001] (page 263), doivent être compris comme quatre étapes successives du dessin d'une étoile montrant chacune un stade de la réalisation comportant un élément de plus que le précédent.

210. Des photographies de dessins non géométriques d'autres époques accessibles sur Internet permettent de se faire une idée plus globale de ces éléments, par exemple celles de dessins d'arbre, de chien, d'oiseau et de récipient sur les tablettes administratives néo-babyloniennes et babyloniennes tardives BM 83400, BM 131186, BM 131205 et BM 63869 dans la base de données du British Museum (liens directs <https://www.britishmuseum.org/collection/object/W_1883-0121-563>, <https://www.britishmuseum.org/collection/object/W_1953-0411-21>, <https://www.britishmuseum.org/collection/object/W_1953-0411-40> et <https://www.britishmuseum.org/collection/object/W_1882-0918-3837>, dernier accès le 10 février 2024), ou celles de dessins d'une figurine de soins utilisée pour les rituels d'exorcisme et de créatures symbolisant des constellations sur

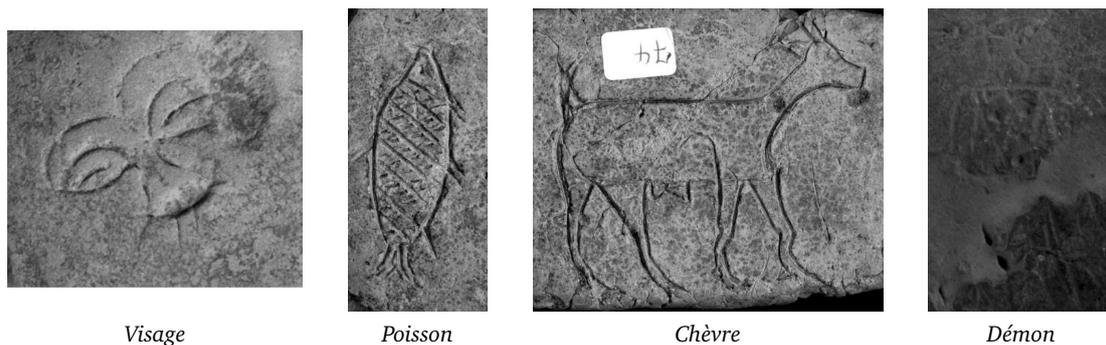


FIGURE II.47. Exemples de dessins réalisés sur des tablettes paléo-babyloniennes²¹¹

Aucune étude réellement approfondie des techniques de production de ces dessins n'a malheureusement été entreprise à ma connaissance, mais quelques tendances semblent néanmoins se dégager. Il a été constaté, de manière générale, que les traits les constituant présentent presque systématiquement des courbures, sont continus, sont la plupart du temps assez fins, mais sont en revanche tantôt assez profonds et tantôt plus superficiels.²¹² Ces observations entraînent, même si cette conclusion n'est jamais énoncée de manière explicite dans les publications que j'ai consultées et n'y transparait qu'indirectement à travers la manière dont les descriptions sont formulées, qu'ils ont dû être produits par incision.²¹³ Il a de plus été identifié que les incisions en question paraissent avoir été réalisées dans certains cas au moyen d'un calame en roseau et dans d'autres au moyen d'un instrument doté d'une pointe plus fine.²¹⁴

L'habileté d'exécution des dessins varie considérablement de l'un à l'autre, certains consistant en des formes approximatives au tracé hésitant tandis que d'autres offrent des représentations remarquablement proportionnées et détaillées.²¹⁵ Les plus réussis laissent penser qu'au moins certains scribes avaient un véritable entraînement dans ce domaine, et il a en conséquence été suggéré que l'apprentissage du dessin ait tenu une place dans la formation scribale même si les sources connues à l'heure actuelle ne permettent pas de l'assurer.²¹⁶

les tablettes savantes babyloniennes tardives BM 47817, VAT 7847 et VAT 7851 dans les bases de données du British Museum et du Vorderasiatisches Museum (liens directs <https://www.britishmuseum.org/collection/object/W_1881-1103-524>, <<https://id.smb.museum/object/1742977>> et <<https://id.smb.museum/object/1973695>>, dernier accès le 10 février 2024).

211. La première image est un gros plan sur une photographie du revers de la tablette scolaire paléo-babylonienne SC 1, 011 accessible dans la base de données du CDLI, à l'adresse <<https://cdli.mpiwg-berlin.mpg.de/artifacts/388295>> (dernier accès le 10 février 2024). La deuxième et la troisième sont des gros plans sur une photographie du revers de la tablette scolaire paléo-babylonienne PARS 12/01, 074 également accessible dans la base de données du CDLI, à l'adresse <<https://cdli.mpiwg-berlin.mpg.de/artifacts/273831>> (dernier accès le 10 février 2024). La quatrième est un gros plan sur une photographie du revers de la tablette d'incantations paléo-babylonienne BM 92669 accessible sur le site du British Museum, à l'adresse <https://www.britishmuseum.org/collection/object/W_1888-0512-Bu-41> (dernier accès le 22 mars 2024).

212. Voir notamment [FINKEL2011] *passim* et [MANDER2017] page 245. On trouvera en outre dans [FINKEL2011] page 342 une remise en question, sur la base de ces observations, de l'hypothèse assez généralement admise selon laquelle les pictogrammes archaïques présentant des arrondis auraient évolué vers les signes cunéiformes uniquement constitués de clous en raison d'une impossibilité à tracer des courbes propres sur l'argile.

213. Voir notamment [FINKEL2011] page 337.

214. Voir [FINKEL2011] *passim* pour le deuxième cas, qui est généralement considéré comme de loin le plus courant et semble se produire même dans des situations où il est pourtant clair que le dessin a été réalisé par le scribe qui a écrit le texte, et [BAKER2003] page 245 pour le premier, qui n'était probablement pas aussi rare que certains auteurs le pensent.

215. Voir [FINKEL2011] page 339 et *passim*.

216. Voir [FINKEL2011] pages 337-338 et 341. Il est notamment rapporté dans cet article que S. J. Lieberman croit avoir identifié un « maître de dessin » dans un texte d'époque paléo-babylonienne.

II.2.1.5. Application à la reconstitution de l'instrument et des techniques utilisés pour tracer des diagrammes mathématiques sur l'argile

Maintenant que nous disposons d'autant d'éléments que possible au sujet des instruments et techniques employés pour écrire en cunéiforme sur l'argile, pour créer des lignes de structure sur les tablettes et pour y réaliser des dessins de diverses natures, nous pouvons appliquer ces connaissances à la reconstitution du tracé des diagrammes mathématiques.²¹⁷

Il s'avère que les diagrammes mathématiques étaient produits avec des techniques de tracé beaucoup plus variées que les dessins non géométriques présentés dans la section précédente, puisque j'ai pu constater que trois des quatre manières de réaliser des lignes de structure mentionnées dans la section II.2.1.3, à savoir l'impression simple, l'impression avec traînée et l'incision, sont attestées dans mon corpus.

La figure II.48 ci-dessous montre trois exemples de diagrammes sur lesquels on voit clairement que les lignes composant le dessin, qui présentent des marques de tête de clou très visibles, qui ont un profil évasé avec des bords nets se rapprochant l'un de l'autre de manière régulière, et qui sont parfaitement rectilignes, ont été tracées par impression simple.



FIGURE II.48. Exemples de diagrammes du corpus tracés par impression simple²¹⁸

La figure II.49 ci-dessous montre cette fois deux exemples de diagrammes sur lesquels on voit que les lignes composant le dessin, qui présentent également les principales caractéristiques des impressions mais ont pour certaines une trajectoire légèrement incurvée, ont vraisemblablement été tracées par impression avec traînée.

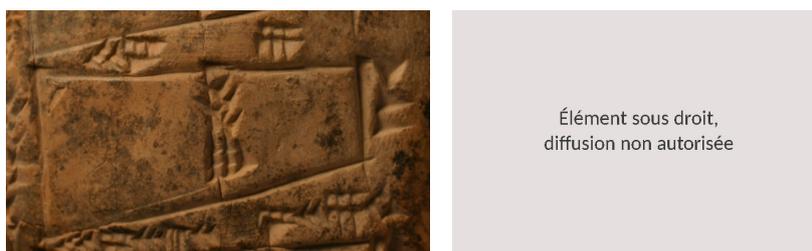


FIGURE II.49. Exemples de diagrammes du corpus tracés par impression avec traînée²¹⁹

217. La seule indication donnée à ce sujet dans les publications d'histoire des mathématiques cunéiformes que j'ai consultées est une phrase de J. Høyrup stipulant qu'ils étaient obtenus par impression du calame dans l'argile (voir [HØYRUP2002] page 105), une affirmation qui est sans aucun doute à prendre comme une description très générale et ne donne aucune information précise sur les techniques de tracé effectives.

218. La première image est un gros plan sur une photographie de la face de la tablette YBC 7290 réalisée par C. Proust au Yale Peabody Museum of Natural History. La deuxième est un gros plan sur une photographie de la face de la tablette YBC 7359 également réalisée par C. Proust au Yale Peabody of Natural History. La troisième est un gros plan sur une photographie du revers de la tablette VAT 6598 réalisée par C. Proust au Vorderasiatisches Museum.

Enfin, la figure II.50 ci-dessous montre quatre exemples de diagrammes sur lesquels on voit que les lignes composant le dessin, qui ne présentent pas ou presque pas de têtes de clous, qui ont un profil beaucoup moins évasé, qui ont une largeur et une profondeur variables, et dont certaines ont des trajectoires irrégulières, ont très probablement été tracées par incision.



FIGURE II.50. Exemples de diagrammes du corpus tracés par incision²²⁰

Il est de plus intéressant de constater que certains diagrammes ont été produits en utilisant une combinaison d'impressions et d'incisions. La figure II.51 sur la page suivante en montre trois exemples assez différents les uns des autres. Sur l'exemple en haut à gauche, on remarque que les deux plus longs côtés du trapèze semblent avoir été tracés par incision tandis que la seule base visible et les trois transversales, qui sont beaucoup plus courtes, l'ont clairement été par impression simple. Sur l'exemple en bas à gauche, on observe cette fois que tous les côtés du trapèze ont initialement été tracés par impression, mais que la première partie du côté du bas semble ensuite avoir été effacée et maladroitement retracée par incision suite à cet effacement. Enfin, sur l'exemple de droite, on voit qu'au moins certaines des lignes principales de la configuration géométrique ont été tracées par impression, mais que les trois petits morceaux de ligne joignant les sommets du triangle intérieur à des points du triangle extérieur ont pour leur part été tracés par incision indépendamment du tracé des côtés dans le prolongement desquels ils se situent.²²¹

219. La première image est un gros plan sur une photographie de la face de la tablette Ist Si 269 réalisée par C. Proust au Musée Archéologique d'Istanbul. La deuxième est un gros plan sur une photographie de la face de la tablette MS 2985 accessible dans la base de données du CDLI, à l'adresse <<https://cdli.mpiwg-berlin.mpg.de/artifacts/252014>> (dernier accès le 19 mars 2024).

220. La première image est un gros plan sur une photographie de la face de la tablette MS 3042 accessible dans la base de données du CDLI, à l'adresse <<https://cdli.mpiwg-berlin.mpg.de/artifacts/252052>> (dernier accès le 19 mars 2024). La deuxième est un gros plan sur une photographie de la face de la tablette MS 2107 également accessible dans la base de données du CDLI, à l'adresse <<https://cdli.mpiwg-berlin.mpg.de/artifacts/250831>> (dernier accès le 19 mars 2024). La troisième est un gros plan sur une photographie de la face de la tablette Sb 13087 accessible dans la base de données [ATLAS], à l'adresse <<https://collections.louvre.fr/ark:/53355/cl010185651>> (dernier accès le 19 mars 2024). La quatrième est un gros plan sur une photographie du revers de la tablette Sb 13088 réalisée par C. Proust au Musée du Louvre.

221. Des raisons pouvant expliquer ces différentes situations seront données dans le cadre d'une discussion plus



FIGURE II.51. Exemples de diagrammes du corpus tracés en combinant différentes techniques²²²

J'ai en revanche constaté que la pratique consistant à tracer une ligne relativement longue en procédant à plusieurs impressions simples successives les unes dans le prolongement des autres, qui a été observée par certains assyriologues pour la réalisation de lignes de structure sur les tablettes comme je l'ai indiqué dans la section II.2.1.3, n'était pas utilisée dans le cas des diagrammes mathématiques. J'en ai relevé une unique occurrence, reproduite par la figure II.52 ci-dessous, et celle-ci, qui apparaît sur un diagramme assez clairement produit par un élève peu expérimenté et présentant plusieurs « défauts », doit probablement être considérée comme une maladresse.²²³ Il est vraisemblable que le recours à ce procédé ait été évité pour des raisons de lisibilité des dessins obtenus.

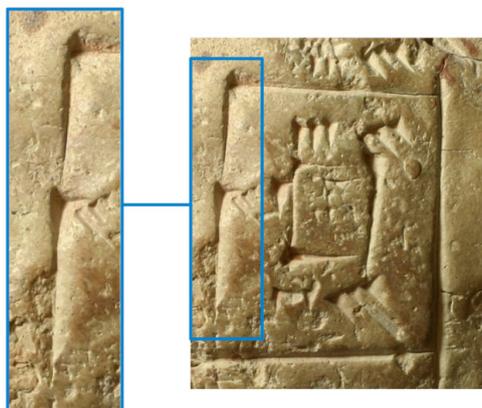


FIGURE II.52. Cas unique de diagramme tracé avec une succession d'impressions simples²²⁴

générale un peu plus loin dans cette même section. Je fournirai par ailleurs des précisions sur les effacements dans la troisième partie du chapitre.

222. L'image qui se trouve en haut à gauche est un gros plan sur une photographie de la face de la tablette MS 3908 accessible dans la base de données du CDLI, à l'adresse <<https://cdli.mpiwg-berlin.mpg.de/artifacts/252990>> (dernier accès le 19 mars 2024). Celle qui se trouve en bas à gauche est un gros plan sur une photographie de la face de la tablette VAT 7621 réalisée par mes soins au Vorderasiatisches Museum. Celle qui se trouve à droite est un gros plan sur une photographie de la face de la tablette MS 2192 accessible dans la base de données du CDLI, à l'adresse <<https://cdli.mpiwg-berlin.mpg.de/artifacts/250945>> (dernier accès le 19 mars 2024).

223. Ce diagramme, et notamment les raisons pour lesquelles on peut penser qu'il s'agit d'un exercice réalisé par un étudiant peu expérimenté, seront discutés dans le chapitre suivant.

224. L'image est un montage composé d'un gros plan sur une photographie du revers de la tablette YBC 7359

En ce qui concerne les instruments employés, il est assez clair que les tracés par impression, qu'elle soit simple ou avec traînée, devaient être réalisés au moyen d'un calame semblable à celui utilisé pour écrire – qui a alors toutes les chances d'avoir été, pour des raisons de commodité évidentes, le calame utilisé pour écrire lui-même.²²⁵ Les tracés par incision semblent pour leur part avoir été réalisés tantôt avec un tel calame, comme c'est peut-être le cas dans le dernier exemple de la figure II.50 ci-dessus, et tantôt avec un outil présentant une pointe plus fine, comme dans les trois premiers exemples de cette même figure.

Il ne m'a pas été possible pour le moment de préciser ces premières observations par une étude quantitative exhaustive des techniques de tracé des diagrammes mathématiques paléobabyloniens de mon corpus, d'une part à cause de la difficulté à trouver des photographies de qualité satisfaisante pour certaines tablettes et d'autre part en raison du fait que ma base de données n'est pas encore utilisable. Toutefois, sans qu'il ne soit possible de chiffrer ces tendances, il apparaît d'ores et déjà que les techniques citées étaient toutes trois relativement courantes, avec peut-être une légère prépondérance des impressions sur les incisions.

Une première raison pouvant expliquer que ces trois techniques de tracé aient coexisté, et aient même parfois été combinées pour la réalisation d'un même diagramme, est vraisemblablement à chercher dans le fait que, comme cela ressort indirectement des descriptions précédentes, elles présentent chacune des avantages et des inconvénients propres qui les rendent plus ou moins adaptées en fonction de la nature des formes à dessiner et de l'apparence du résultat souhaité.²²⁶

Les tracés par impression simple présentent comme avantages d'être nets, réguliers, parfaitement rectilignes, très rapides à produire et réalisables avec le même outil que celui employé pour écrire, mais présentent en revanche comme inconvénients d'être assez larges, d'avoir une longueur limitée par celle du calame, de présenter une tête de clou marquée à l'une de leurs extrémités, de ne pouvoir avoir aucune courbure et d'être difficiles à arrêter précisément aux endroits voulus.²²⁷ Ils sont donc particulièrement adaptés pour réaliser efficacement des dessins géométriques qui montrent une forme polygonale de manière claire et fonctionnelle mais un peu schématique.

À l'inverse, les tracés par incision présentent comme avantages de pouvoir être plus fins, de ne pas avoir de marques particulières à leurs extrémités, de pouvoir être aussi longs que nécessaire, de pouvoir suivre des trajectoires courbes si besoin et de pouvoir commencer et se terminer précisément aux endroits voulus, mais présentent en revanche les inconvénients d'avoir souvent des bords et des sillons moins nets, d'avoir généralement une profondeur et une largeur irrégulières, d'être difficilement rectilignes en l'absence d'outil auxiliaire, d'être

réalisée par C. Proust au Yale Peabody Museum of Natural History et d'un agrandissement d'une partie de ce gros plan.

225. Je ne suis pas parvenue à distinguer sur les photographies à ma disposition de lignes composant un diagramme qui présentent les caractéristiques du « motif de Messerschmidt » décrit dans la section II.2.1.2, et il serait intéressant de rechercher de telles traces sur les tablettes elles-mêmes.

226. On trouve dans [DEYOUNG2009], pages 324-325, une discussion d'un type similaire à celle qui suit mais portant sur les diagrammes mathématiques d'Égypte antique, dans laquelle G. de Young tente d'identifier les formes qu'il était le plus difficile de dessiner sur des papyrus en utilisant des joncs. De manière générale, tous les supports et outils ont des répercussions plus ou moins importantes sur l'aspect des diagrammes tracés sur ou au moyen d'eux, et en conséquence sur les manières dont ces diagrammes pouvaient être utilisés, et il est essentiel pour les historiens d'être conscients de ces limitations techniques.

227. Voir pour certains de ces aspects [MESSERSCHMIDT1907] pages 14-18, [EDZARD1980] page 546, [GLASSNER2000] pages 158-159 et [TAYLOR2011] page 13. Notons que le fait qu'une ligne dépasse d'un point où il semblerait qu'elle ait été destinée à s'arrêter peut constituer, réciproquement, un indice supplémentaire tendant à indiquer qu'elle a été tracée par impression.

plus longs à réaliser, et de nécessiter – au moins pour ceux produits avec une pointe fine qui permet d’obtenir les meilleurs résultats vis à vis des avantages listés – de changer d’outil par rapport à l’écriture du texte et des inscriptions.²²⁸ Ils sont donc particulièrement adaptés pour réaliser des dessins géométriques, aussi bien polygonaux que faisant intervenir des courbes, qui ont une apparence plus précise et soignée par certains aspects, mais au prix de davantage de temps et d’efforts et souvent d’une perte de netteté du rendu.

Entre les deux, les tracés par impression avec traînée présentent globalement les mêmes avantages et inconvénients que ceux par impression simple, aux différences près qu’il est plus difficile de contrôler leur rectilinéarité mais qu’ils peuvent en contrepartie servir à produire des lignes avec des courbures faibles et dont la longueur n’est pas limitée par celle du calame. Ils peuvent donc constituer dans certaines situations un compromis intéressant.²²⁹

À ces considérations viennent de plus s’ajouter, d’après des expériences relatées par L. Messerschmidt, des questions de temporalité. En effet, il semblerait que les tracés par impression n’aient pu être réalisés que dans de l’argile fraîche tandis que ceux par incision aient pu être réalisés également – voire préférentiellement – dans de l’argile ayant commencé à sécher, ce qui pouvait offrir des possibilités intéressantes selon le moment auquel le scribe cherchait à réaliser les diagrammes par rapport à l’écriture des textes.²³⁰ C’est d’ailleurs peut-être justement en raison de cette propriété que la ligne retracée après effacement et les prolongements de côtés ajoutés indépendamment des tracés initiaux, dans les exemples discutés plus haut et montrés par la figure II.51, ont été réalisés par incision alors que le reste du diagramme avait été tracé par impression.

Enfin, outre ces différences propres aux techniques elles-mêmes, on peut aisément imaginer que des facteurs tels que le contexte de production, l’habileté du scribe et ses objectifs aient joué un rôle dans le choix de l’une ou l’autre d’entre elles. Je n’ai pour l’instant pas repéré de corrélation générale claire entre les techniques employées et, par exemple, des zones géographiques, des sous-périodes à l’intérieur de l’époque paléo-babylonienne, des types de tablettes, des genres de textes, ou des manières d’utiliser les diagrammes, mais l’éventualité qu’il puisse en exister me semble mériter d’être approfondie dans un travail ultérieur.²³¹

II.2.1.6. Instruments auxiliaires spécifiques aux diagrammes mathématiques

En plus de l’instrument principal utilisé pour réaliser les tracés constituant les diagrammes mathématiques, qui, comme nous l’avons vu, était probablement dans certains cas le calame utilisé pour écrire et dans d’autres un instrument muni d’une pointe plus fine semblable à ceux utilisés pour dessiner sur l’argile, deux instruments auxiliaires plus spécifiques semblent avoir été employés dans certaines situations.

Tout d’abord, et bien qu’il n’y en ait aucune trace directe sur les tablettes, la parfaite rectilinéarité d’un certain nombre de traits pourtant visiblement produits par incision, tels que ceux

228. Voir pour certains de ces aspects [MESSERSCHMIDT1907] pages 14-18 et 42-51, [FALKENSTEIN1936] pages 49-51, [EDZARD1980] pages 545-546, [CHARPIN1989] page 57 et [TAYLOR2011] page 13. Il peut toutefois être intéressant de comparer avec l’opinion exprimée dans [TAYLOR2011] pages 18-19.

229. Voir [MESSERSCHMIDT1907] pages 14-18.

230. Voir [MESSERSCHMIDT1907] pages 42-44. La temporalité de réalisation des diagrammes, que je ne fais qu’évoquer rapidement ici, est l’objet de la sous-partie suivante.

231. Procéder à la recherche de telles corrélations est l’une des applications que pourra avoir la base de données présentée dans l’annexe E lorsqu’elle sera opérationnelle.

reproduits par la figure II.53 ci-dessous, laisse penser qu'une sorte de règle devait parfois être utilisée pour guider l'instrument de tracé lors de la réalisation des lignes droites.²³²

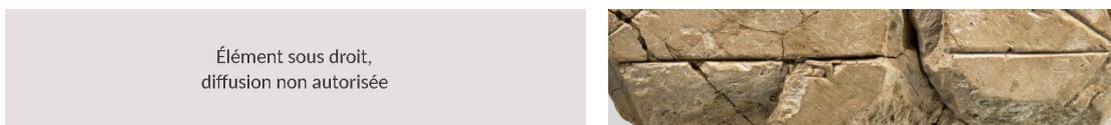
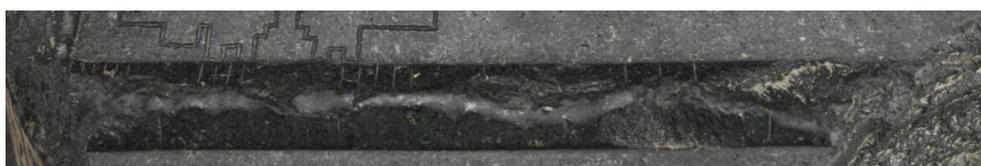


FIGURE II.53. Exemples de diagrammes du corpus qui semblent avoir été tracés avec une règle²³³

Une telle hypothèse est d'ailleurs d'autant plus raisonnable que deux des statues néo-sumériennes du prince Gudea de Lagaš, la statue B dite « de l'architecte au plan » et la statue F dite « de l'architecte à la règle », dont les détails qui nous concernent sont reproduits en gros plan sur les photographies de la figure II.54 ci-dessous, montrent le souverain assis portant sur ses genoux une grande tablette faisant apparaître un plan (pour la première) ou probablement destinée à en faire apparaître un (pour la deuxième) et sur laquelle sont posés un instrument de tracé à pointe fine et une règle graduée – des attestations qui, bien qu'elles soient un peu plus anciennes que les documents de mon corpus et s'inscrivent dans un contexte différent, révèlent qu'un tel outil existait bel et bien dans le Proche-Orient ancien.²³⁴



Règle de la statue de Gudea B, dite « de l'architecte au plan »



Règle de la statue de Gudea F, dite « de l'architecte à la règle »

FIGURE II.54. Gros plans sur les règles apparaissant sur les statues du prince néo-sumérien Gudea²³⁵

232. L'utilisation d'une règle lors de la réalisation de certains diagrammes mathématiques est évoquée dans [HØYRUP2002] page 265. Par ailleurs, son utilisation lors de la réalisation de certains plans de bâtiments est envisagée dans [ABRAHAMI2016] §3. À titre de comparaison, l'emploi de cet outil semble avoir été courant lors de la production des diagrammes des sources grecques, comme rapporté dans [NETZ1999] page 17, mais n'est en revanche pas attesté dans la documentation égyptienne, comme signalé dans [DEYOUNG2009] pages 330-331.

233. La première image est un gros plan sur une photographie du revers de la tablette MS 1938/2 accessible dans la base de données du CDLI, à l'adresse <<https://cdli.mpiwg-berlin.mpg.de/artifacts/250600>> (dernier accès le 19 mars 2024). La deuxième est un gros plan sur une photographie de la face de la tablette Sb 13087 accessible dans la base de données [ATLAS] du Musée du Louvre, à l'adresse <<https://collections.louvre.fr/ark:/53355/cl010185651>> (dernier accès le 19 mars 2024).

234. Voir [MILLARD1987] pages 109-110. Les deux statues mentionnées sont actuellement conservées au Musée du Louvre sous les numéros d'inventaire AO 2 et AO 3, et toutes deux exposées dans les salles accessibles au public. Les informations de base à leur sujet, accompagnées de nombreuses photographies, peuvent être consultées dans la base de données [ATLAS], aux adresses <<https://collections.louvre.fr/en/ark:/53355/cl010119540>> et <<https://collections.louvre.fr/ark:/53355/cl010119542>> (dernier accès le 21 février 2024).

235. Les deux images sont des gros plans sur des photographies des statues de Gudea accessibles dans la base de données [ATLAS], aux adresses indiquées dans la note précédente.

En revanche, si une règle semble clairement avoir été employée pour tracer certaines lignes de certains diagrammes, il est évident que son usage n'était pas systématique, comme on le voit par exemple dans les deux cas reproduits par la figure II.55 ci-dessous.



FIGURE II.55. Exemples de diagrammes du corpus qui ont clairement été tracés sans règle²³⁶

Cette différence de manière de procéder pour tracer les lignes droites pouvait évidemment tenir au matériel que le scribe avait à sa disposition au moment où il réalisait le diagramme, mais probablement aussi à l'objectif qu'il poursuivait ce faisant, un diagramme figurant sur une tablette d'érudition destinée à être conservée ayant plus de raisons d'être tracé avec application qu'un diagramme servant de base à un exercice scolaire éphémère, un diagramme dessiné pour faire ressortir visuellement les propriétés d'une figure géométrique ayant plus de raisons d'être tracé avec application qu'un diagramme griffonné comme support de réflexion, etc.²³⁷

Par ailleurs, et de manière encore plus spécifique aux tablettes mathématiques, il apparaît que les cercles étaient dans certains cas tracés au moyen d'une sorte de compas.²³⁸ Cela peut être repéré d'une part au fait que certains dessins de cercles sont parfaitement circulaires, avec un diamètre parfaitement constant et une courbure parfaitement régulière, ce qui est quasiment impossible à réaliser à main levée, comme on le voit sur les quatre photographies de la figure II.56 sur la page suivante, et d'autre part au fait que plusieurs d'entre eux présentent de plus en leur centre un trou ou une marque qui montre qu'un objet a été posé à cet endroit, comme on le voit sur les trois photographies de la figure II.57 sur la page suivante.

236. La première image est un gros plan sur une photographie de la face de la tablette MS 1938/2 accessible dans la base de données du CDLI, à l'adresse <<https://cdli.mpiwg-berlin.mpg.de/artifacts/250600>> (dernier accès le 19 mars 2024). La deuxième est un gros plan sur une photographie de la face de la tablette MS 3042 également accessible dans la base de données du CDLI, à l'adresse <<https://cdli.mpiwg-berlin.mpg.de/artifacts/252052>> (dernier accès le 19 mars 2024).

237. Ces distinctions, que je ne fais ici qu'évoquer, seront discutées de manière plus substantielle dans le chapitre suivant. Par ailleurs, l'idée selon laquelle le fait de recourir ou non à certains outils auxiliaires pouvait être entre autres déterminé par les besoins que le diagramme visait à satisfaire a notamment été proposée par A. Keller, qui suggère que la grande imprécision des diagrammes que l'on rencontre dans certains commentaires mathématiques en sanskrit s'explique en partie par le fait que les copistes de ces textes, qui n'utilisaient pas les diagrammes comme objets de travail comme pouvaient le faire les auteurs des textes originaux, n'avaient tout simplement pas besoin d'être précis dans leur tracé (voir [KELLER2005] pages 290-291).

238. L'utilisation d'un compas pour produire certains cercles des diagrammes mathématiques paléo-babyloniens a déjà été signalée à plusieurs reprises dans la littérature, notamment dans [ROBSON1999] pages 47, 189 et 208, [HØYRUP2002] pages 105 et 265, [FRIBERG2007a] pages 207 et 216, et [ROBSON2008a] page 66. À titre de comparaison, l'emploi d'un compas semble avoir été courant lors de la réalisation des diagrammes des sources grecques, comme rapporté dans [NETZ1999] page 17, est évoqué dans certains textes mathématiques en sanskrit sans pour autant correspondre à ce que l'on observe réellement dans les sources, comme expliqué dans [KELLER2005] pages 286-288 et 299, et n'est pas du tout attesté dans la documentation égyptienne, comme signalé dans [DEYOUNG2009] pages 330-331.

239. La première image est un gros plan sur une photographie de la face de la tablette AUAM 73.2841 accessible dans la base de données du CDLI, à l'adresse <<https://cdli.mpiwg-berlin.mpg.de/artifacts/249366>> (dernier accès le 20 mars 2024). La deuxième est un gros plan sur une photographie de la face de la tablette MS 3049 également accessible dans la base de données du CDLI, à l'adresse <<https://cdli.mpiwg-berlin.mpg.de/artifacts/252061>> (dernier accès le 20 mars 2024). La troisième est un gros plan sur une photographie de la face de la tablette LB 1821 anciennement accessible dans la base de données du CDLI (téléchargée le 4 mai 2018). La quatrième est un gros plan sur une photographie de la face de la tablette Sb 13087 accessible dans la base de données [ATLAS] du

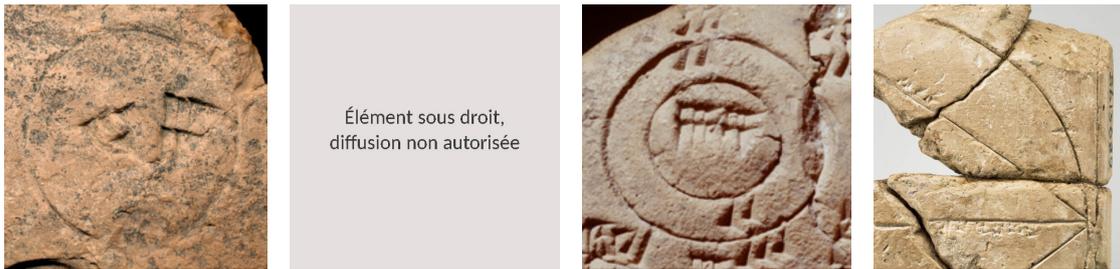


FIGURE II.56. Exemples de diagrammes du corpus montrant des cercles parfaitement circulaires²³⁹



FIGURE II.57. Exemples de diagrammes du corpus montrant des cercles avec une marque au centre²⁴⁰

Nous ne disposons à ma connaissance d'aucune information sur l'allure de ce compas, aucune source archéologique, iconographique ou textuelle ne nous renseignant à ce sujet. Nous en sommes ainsi réduits à envisager, de manière très vague, les deux principales formes possibles pour ce type d'outil, à savoir deux branches plus ou moins pointues dont l'une serait destinée à être plantée dans – ou au moins posée sur – l'argile et l'autre à inciser la surface de la tablette en tournant autour de la première, et qui seraient soit solidaires l'une de l'autre (le diamètre du cercle étant alors choisi en réglant l'angle entre les deux branches, comme avec nos compas actuels) soit reliées entre elles par une ficelle maintenue constamment tendue au cours du tracé (le diamètre du cercle étant alors choisi en réglant la longueur de la ficelle).²⁴¹ Mais, quelle qu'ait été leur allure générale, il est clair que les compas utilisés à l'époque paléo-babylonienne n'étaient pas tous faits de la même façon et qu'au moins certaines de leurs caractéristiques variaient de l'un à l'autre. En effet, la marque centrale consiste parfois en un trou étroit et profond qui n'a pu être produit que par une première branche se présentant sous la forme d'une pointe fine, comme dans le premier exemple de la figure II.57 ci-dessus, et parfois en une marque beaucoup plus large et superficielle qui semble alors plutôt avoir été laissée par le frottement de la section transversale d'une première branche se présentant sous la forme d'un bâtonnet plus large ou possiblement d'un calame, comme dans les deux

Musée du Louvre, à l'adresse <<https://collections.louvre.fr/ark:/53355/cl010185651>> (dernier accès le 20 mars 2024).

240. La première image est un gros plan sur une photographie de la face de la tablette BM 15285 accessible dans la base de données du British Museum, à l'adresse <https://www.britishmuseum.org/collection/object/W_1896-0410-11> (dernier accès le 20 mars 2024). La deuxième est un gros plan sur une photographie de la face de la tablette BM 85194 également accessible dans la base de données du British Museum, à l'adresse <https://www.britishmuseum.org/collection/object/W_1899-0415-1> (dernier accès le 20 mars 2024). La troisième est un gros plan sur une photographie de la face de la tablette MS 3041 accessible dans la base de données du CDLI, à l'adresse <<https://cdli.mpiwg-berlin.mpg.de/artifacts/252051>> (dernier accès le 20 mars 2024).

241. Aucune des publications mentionnées dans la note 238 ne propose de description de la forme possible du compas. La deuxième hypothèse évoquée peut paraître plus probable dans la mesure où un tel outil est plus facile à fabriquer, mais cet argument isolé me semble insuffisant pour en tirer la moindre conclusion.

derniers exemples de la figure II.57. De même, le contour obtenu est parfois fin avec des bords droits, ce qui tend à indiquer qu'il a été réalisé au moyen d'une seconde branche se terminant par une pointe fine, comme dans les trois derniers exemples de la figure II.56 ci-dessus et le premier exemple de la figure II.57, et parfois plus large avec des bords plus évasés, voire même parcouru de traces de fibres, ce qui tend alors à indiquer qu'il a été produit par une seconde branche ayant un aspect beaucoup plus proche de – ou identique à – celui du calame utilisé pour écrire, comme dans le premier exemple de la figure II.56 et les deux derniers exemples de la figure II.57.

Bien qu'elle soit clairement attestée dans certains cas, l'utilisation du compas lors de la réalisation des diagrammes mathématiques n'était, tout comme celle de la règle, pas systématique. On rencontre en effet également dans le corpus plusieurs formes qui s'apparentent à des cercles ou des arcs de cercle – et doivent visiblement être comprises comme tels – mais ne sont pas vraiment circulaires et ont donc clairement été dessinées à main levée. C'est notamment le cas des quatre exemples reproduits par la figure II.58 ci-dessous.

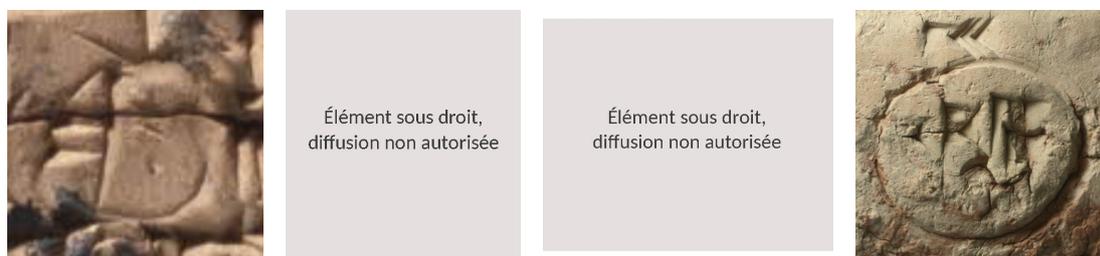


FIGURE II.58. Exemples de diagrammes du corpus clairement tracés sans compas²⁴²

On peut à nouveau envisager, comme raisons derrière le choix d'utiliser ou non cet outil, le matériel dont disposait le scribe au moment de réaliser le tracé – d'autant plus qu'un objet faisant office de compas s'improvise moins facilement qu'un objet faisant office de règle –, ainsi que ses intentions en produisant le diagramme – d'autant plus qu'il existe au moins une tablette sur laquelle certains des cercles ont été tracés avec un compas et d'autres non.²⁴³ Mais il me semble qu'il est ici en outre possible, en plus de ces raisons générales, qu'un tel choix ait également dépendu de deux autres facteurs plus spécifiques. Tout d'abord, il pouvait peut-être dépendre, plus fortement que les autres aspects, de la région et du contexte dans lesquels se trouvait le scribe, puisque les compas pouvaient tout à fait être plus répandus dans certaines

242. La première image est un gros plan sur une photographie du revers de la tablette BM 85194 accessible dans la base de données du British Museum, à l'adresse <https://www.britishmuseum.org/collection/object/W_1899-0415-1> (dernier accès le 20 mars 2024). La deuxième est un gros plan sur une photographie de la face de la tablette MS 2985 accessible dans la base de données du CDLI, à l'adresse <<https://cdli.mpiwg-berlin.mpg.de/artifacts/252014>> (dernier accès le 20 mars 2024). La troisième est un gros plan sur une photographie de la face de la tablette CUNES 52-02-043 également accessible dans la base de données du CDLI, à l'adresse <<https://cdli.mpiwg-berlin.mpg.de/artifacts/411561>> (dernier accès le 20 mars 2024). La quatrième est un gros plan sur une photographie de la face de la tablette YBC 11120 réalisée par C. Proust au Yale Peabody Museum of Natural History.

243. La tablette mentionnée est la tablette BM 85194, dont les cercles tracés au compas sont reproduits par la deuxième photographie de la figure II.57 ci-dessus et l'un des cercles tracés sans compas est reproduit par la première photographie de la figure II.58 ci-dessus. On peut par ailleurs noter qu'il existe une tablette scolaire paléobabylonienne, la tablette YBC 7359, sur laquelle, si l'on en croit l'interprétation qui prévaut à l'heure actuelle, des cercles concentriques auraient été dessinés sous la forme de rectangles concentriques, aussi bien par un maître que par son élève, comme suggéré dans [FRIBERG2007a] pages 212-213, ce qui pourrait par exemple résulter du fait qu'ils ne disposaient pas de l'outil adéquat pour tracer des cercles propres à ce moment-là ou bien qu'ils jugeaient inutile de le faire.

régions du Proche-Orient ancien et certains contextes sribaux que dans d'autres.²⁴⁴ Ensuite, il dépendait très probablement du niveau de maîtrise que le scribe avait de cet instrument, un certain apprentissage et un certain entraînement ayant vraisemblablement été nécessaires pour parvenir à le manipuler correctement, comme on le remarque notamment à la présence sur quelques tablettes de cercles lors du tracé desquels le scribe a visiblement rencontré des difficultés de manipulation du compas, ainsi que l'on peut le voir sur les deux exemples de la figure II.59 ci-dessous, qui montrent des cercles tracés au compas dont l'un se referme mal sur lui-même et l'autre présente une irrégularité à un endroit de son tracé.²⁴⁵

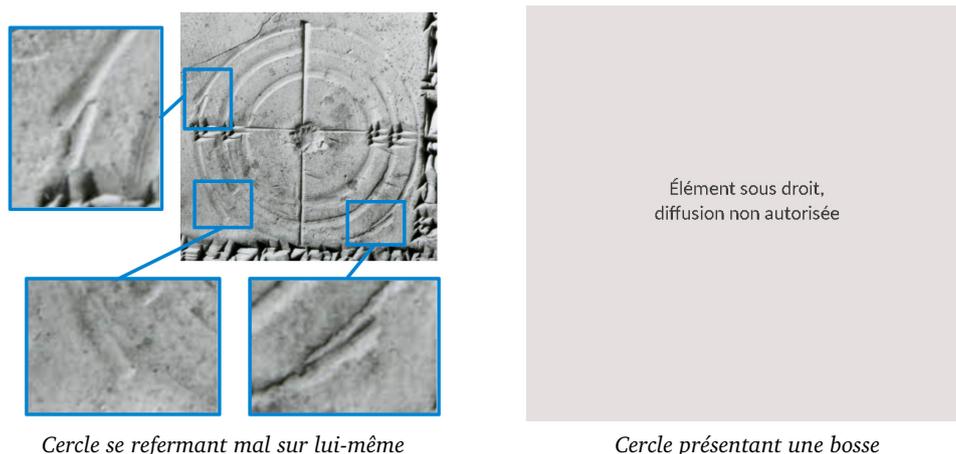


FIGURE II.59. Exemples de diagrammes du corpus tracés au compas mais avec difficulté²⁴⁶

Il est par ailleurs intéressant de noter que le scribe semble dans certains cas avoir délibérément masqué la trace centrale laissée par le compas au centre des cercles en plaçant une inscription exactement à l'endroit où elle se trouvait, comme dans le cas des trois premiers diagrammes de la figure II.56 ci-dessus, et plus particulièrement du deuxième, pour lequel le choix du positionnement de l'inscription est vraiment flagrant. De tels cas de figure tendent à indiquer que cette trace centrale était parfois considérée comme indésirable.²⁴⁷

Enfin, on constate que le compas pouvait être utilisé non seulement pour réaliser des cercles appartenant aux configurations géométriques montrées par les diagrammes mais également, au moins dans la ville élamite de Suse, pour produire des traits de construction ne faisant pas eux-mêmes partie de ces configurations géométriques et permettant seulement de les tracer de manière plus précise, comme on le voit sur l'exemple reproduit dans la figure II.60 ci-dessous.

244. Une étude statistique visant à établir une corrélation entre l'utilisation d'un compas et des régions ou des contextes sribaux pourrait être particulièrement intéressante, mais est malheureusement impossible en raison du trop faible nombre de diagrammes montrant des cercles que nous connaissons à l'heure actuelle.

245. L'idée que les outils utilisés pour produire les diagrammes puissent dépendre de l'expertise du scribe qui les réalisait a par exemple été proposée, à propos des commentaires mathématiques sanskrits, dans [KELLER2005] pages 289-291.

246. La première image est un montage composé d'un gros plan sur une photographie de la face de la tablette BM 85194 accessible dans la base de données du CDLI, à l'adresse <https://www.britishmuseum.org/collection/object/W_1899-0415-1> (dernier accès le 20 mars 2024) et d'un agrandissement d'une partie de ce gros plan. La deuxième image est quant à elle un montage composé d'un gros plan sur une photographie de la face de la tablette MS 3041 accessible dans la base de données du CDLI, à l'adresse <<https://cdli.mpiwg-berlin.mpg.de/artifacts/252051>> (dernier accès le 20 mars 2024), et d'un agrandissement d'une partie de ce gros plan.

247. On pourrait également envisager que la marque centrale ait parfois été effacée, comme je l'évoque juste après pour les tracés de construction, mais je n'ai pas identifié de cas clair attestant d'une telle pratique.

Certains de ces tracés de construction au compas s'avèrent de plus avoir été volontairement effacés puisqu'ils ne faisaient pas partie du dessin géométrique final souhaité, comme on le distingue assez clairement sur le même exemple.²⁴⁸

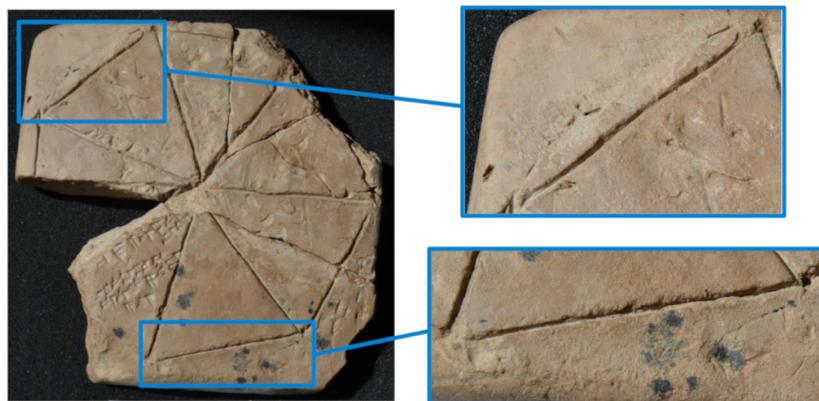


FIGURE II.60. Exemple de tracés de construction réalisés au compas puis effacés²⁴⁹

Pour conclure, une comparaison de l'apparence des dessins géométriques composant les diagrammes mathématiques avec celle, déjà analysée par les assyriologues, des clous constituant l'écriture cunéiforme, des lignes de structure permettant d'organiser l'espace sur les tablettes, et des dessins non techniques présents sur certains documents, nous a permis de reconstituer de manière relativement complète les instruments et techniques employés pour produire ces dessins géométriques. Nous avons tout d'abord constaté qu'ils pouvaient être tracés, selon notamment l'apparence du résultat et la simplicité d'exécution souhaitées, en employant trois gestes différents, que j'ai respectivement qualifiés d'« impression simple », d'« impression avec traînée » et d'« incision ». Nous avons ensuite identifié que les deux premiers gestes de cette liste étaient systématiquement accomplis au moyen d'un calame similaire à, ou même confondu avec, celui utilisé pour écrire, et que le troisième était pour sa part accompli selon les situations soit avec ce même calame soit avec un instrument présentant une pointe plus fine. Enfin, nous avons mis en évidence le recours assez fréquent mais non systématique à des règles permettant d'assurer la rectilinéarité des lignes droites produites et des compas permettant d'obtenir des cercles réellement circulaires.

II.2.2. Temporalité des tracés

Maintenant que nous savons avec quels instruments et quelles techniques les diagrammes mathématiques d'époque paléo-babylonienne étaient réalisés, nous pouvons nous intéresser à la temporalité de leur production, c'est-à-dire d'une part à l'ordre dans lequel les différents traits formant les dessins dont ils sont constitués étaient tracés et d'autre part au moment auquel la réalisation de ces dessins intervenait par rapport à l'écriture de l'éventuel corps de texte de la tablette, au tracé d'éventuelles lignes de délimitation et à l'écriture d'éventuelles inscriptions. Tout comme pour la reconstitution des techniques de tracé, nous pouvons, pour ce

248. Ce point a déjà été mis en évidence dans [FRIBERG2007a] page 216. Par ailleurs, ainsi que je l'ai signalé plus haut, la question des effacements pratiqués en lien avec les diagrammes mathématiques sera discutée de manière beaucoup plus détaillée dans la troisième partie de ce chapitre.

249. L'image est un montage composé d'une photographie du revers de la tablette Sb 13088 réalisée par mes soins au Musée du Louvre et de deux gros plans sur cette même photographie.

faire, nous appuyer sur des travaux approfondis qui ont été menés par plusieurs assyriologues au sujet de la temporalité de l'écriture des signes cunéiformes.

II.2.2.1. Indices permettant de déterminer l'ordre de tracé

Lors de l'impression d'un clou ou d'une ligne sur une tablette, l'argile de cette tablette se comprime et se déplace légèrement. Grâce à ce phénomène, il est possible dans certains cas de reconstituer au moins en partie l'ordre des impressions formant les signes cunéiformes, et donc également les diagrammes mathématiques, en observant la manière dont elles s'intersectent, se chevauchent ou se déforment les unes les autres.²⁵⁰ Cependant, une simple observation naïve est souvent trompeuse à cet égard, et il est indispensable, pour procéder à une telle reconstitution, d'être bien renseigné et de se baser exclusivement sur des indices dont la validité a été confirmée par des recoupements de données et des confrontations à des expériences.²⁵¹ Dans cette section, j'expose ainsi en détail les différents indices qui peuvent être utilisés, en rapportant les explications et mises en garde formulées par les différentes personnes ayant travaillé sur la question et en reproduisant certaines de leurs illustrations afin de fournir des cas de référence auxquels pourront être comparées les occurrences de mon corpus.

Un cas courant et facile à traiter est celui dans lequel deux impressions se chevauchent au niveau de leurs têtes de clous. En effet, dans cette situation, étant donnée la quantité d'argile relativement importante qui est déplacée, l'une des deux têtes de clous est en général assez clairement masquée par l'autre, et il est alors possible de déduire sans grand risque d'erreur que l'impression correspondante a été réalisée la première, comme illustré par les deux schémas de la figure II.61 ci-dessous.²⁵²



FIGURE II.61. Croquis de W. Sallaberger représentant des intersections de têtes de clous²⁵³

Un autre cas courant est celui dans lequel deux impressions s'intersectent au niveau de leurs queues de clous, mais celui-ci est beaucoup plus délicat à traiter dans la mesure où, contrairement à ce que ce l'on pourrait croire de prime abord, ce n'est pas systématiquement celle des deux impressions qui paraît être interrompue par l'autre qui a été réalisée la première. Plus précisément, une telle déduction naïve est valable uniquement dans le cas où les

250. Voir, pour ce principe général, [MESSERSCHMIDT1907] page 40, [EDZARD1980] page 546, [DANIELS1995] pages 84-85, [SALLABERGER1996] pages 61-63, [CAMMAROSANO&al2014] pages 16-17, [TAYLOR2015] page 2 et [BRAMANTI2015b] page 35. Notons qu'il est également possible dans certains cas d'étudier l'ordre dans lequel ont été réalisés des éléments de diagrammes tracés à l'encre. G. de Young utilise ainsi par exemple des indices tels que l'épaisseur des lignes (qui sont plus larges au début des tracés, lorsque le scribe vient de tremper son jonc dans l'encre) ou l'arrondi de certains angles des formes géométriques (qui peut indiquer que le scribe n'a pas levé la pointe de son jonc entre deux traits) pour tenter de reconstituer la temporalité de réalisation des diagrammes apparaissant sur les papyrus mathématiques d'Égypte antique (voir [DEYOUNG2009] pages 341, 352 et 358).

251. Voir en particulier [BRAMANTI2015b] pages 35-37, où l'auteur explique qu'il a produit lui-même un échantillon de signes sur des tablettes, en adoptant des ordres de clous variables, afin de constituer un petit corpus de référence auquel puissent être comparées les situations rencontrées dans les documents originaux.

252. Voir [TAYLOR2015] page 13 et [SALLABERGER1996] page 61.

253. Les deux croquis sont tirés de [SALLABERGER1996] pages 62-63.

deux impressions sont de profondeurs comparables, et il a été mis en évidence au travers d'expériences qu'il faut absolument se garder de tirer une conclusion similaire dans le cas où les deux clous sont de profondeurs différentes, le plus superficiel des deux paraissant alors toujours être interrompu par le plus profond, qu'il ait été formé avant ou après lui, comme on le voit sur les photographies de signes expérimentaux dues à A. Bramanti et reproduites dans la figure II.62 ci-dessous.²⁵⁴ Néanmoins, A. Bramanti est parvenu à identifier quelques indices plus subtils pouvant permettre de reconstituer malgré tout l'ordre de tracé dans ce dernier cas. Premièrement, lorsqu'une face de l'un des clous présente une petite bosse d'argile saillant dans le prolongement d'une partie du deuxième clou, à l'endroit où ils s'intersectent, comme sur la première photographie de la figure II.63 ci-dessous, alors il est possible d'affirmer que le clou sur la face duquel apparaît cette bosse d'argile a été tracé avant l'autre. Deuxièmement, lorsque le bord de la queue de l'un des clous n'est plus tout à fait rectiligne, mais au contraire déformé avec une sorte d'arrondi au niveau de son intersection avec le deuxième clou, et que l'argile déplacée obstrue partiellement son sillon, comme sur la deuxième photographie de la figure II.63, alors il est possible d'affirmer que le clou ainsi déformé a été tracé avant l'autre. Enfin, troisièmement, lorsque les deux parties d'un même clou ne sont plus parfaitement alignées l'une avec l'autre, mais présentent au contraire un léger décalage au niveau de leur intersection avec le deuxième clou, comme sur la troisième photographie de la figure II.63, alors il est possible d'affirmer que le clou ainsi déstructuré a été tracé avant l'autre.²⁵⁵



Clou horizontal en dernier dans tous les cas, malgré les apparences

FIGURE II.62. Photographies de signes expérimentaux d'A. Bramanti montrant que les intersections de queues de clous peuvent être trompeuses²⁵⁶



*Petite bosse d'argile
(clou horizontal en dernier)*

*Bord déformé
(clou vertical en dernier)*

*Portions de clou non alignées
(clou vertical en dernier)*

FIGURE II.63. Photographies de signes expérimentaux d'A. Bramanti montrant différents indices pour étudier les intersections de queues de clous²⁵⁷

254. Voir [SALLABERGER1996] page 61, [TAYLOR2015] page 13 et [BRAMANTI2015b] page 35. Cette affirmation, désormais assez largement acceptée, aurait de plus été illustrée et corroborée dans un article en ligne de A. Livingstone, qui est cité à plusieurs reprises dans la littérature sur le sujet mais n'est désormais plus accessible.

255. Voir pour ces trois indices [BRAMANTI2015b] pages 35-39, où l'on trouvera notamment d'autres images les illustrant, en plus de celles reproduites ici.

256. Les quatre photographies sont tirées de [BRAMANTI2015b] page 36.

257. Les trois photographies sont tirées de [BRAMANTI2015b] page 37.

Un cas particulier d'intersections de queues de clous est celui dans lequel un nombre important de petits clous parallèles les uns aux autres croisent un unique grand clou d'une autre direction. Dans ce cas, l'ordre de tracé est relativement aisé à déterminer : soit le clou unique est particulièrement heurté et voit à plusieurs reprises son orientation localement modifiée par les impacts de la série de petits clous, comme sur la première photographie de la figure II.64 ci-dessous, ce qui permet de déduire qu'il a été tracé avant ces derniers, soit il reste parfaitement rectiligne et régulier, comme sur la deuxième photographie de la figure II.64, ce qui permet de déduire qu'il a été tracé après eux.²⁵⁸



Clous verticaux en dernier



Clou horizontal en dernier

FIGURE II.64. Photographies de signes expérimentaux d'A. Bramanti montrant deux cas d'intersection d'un grand clou avec une série de petits clous parallèles entre eux²⁵⁹

Un autre cas que l'on rencontre fréquemment est celui dans lequel la tête d'un clou part d'un endroit situé sur la queue d'un autre clou. Dans ce cas, qui n'est pas toujours évident à traiter dans la mesure où la tête du premier est généralement plus profonde que la queue du deuxième, ce qui nous ramène à l'écueil signalé à propos des intersections de queues de clous, une situation au moins permet de conclure : si la queue du deuxième clou se trouve en quelque sorte « amincie » à l'endroit d'où part la tête du premier clou, comme illustré par le premier schéma de la figure II.65 sur la page suivante, alors le deuxième clou a été tracé avant le premier.²⁶⁰

Le cas inverse de celui que nous venons d'envisager est celui dans lequel la fin d'une queue de clou arrive à un endroit situé sur la queue d'un autre clou. Dans ce cas, qui n'est de même pas toujours évident à traiter dans la mesure où la fin de la queue du premier clou est souvent moins profonde que l'endroit de la queue du deuxième où elle le rejoint, au moins deux situations permettant de reconstituer l'ordre de tracé ont été identifiées. Si la fin de la queue du premier clou est coupée de manière très nette par la queue du deuxième clou, qui reste pour sa part parfaitement régulière – ce qui se repère entre autres particulièrement bien lorsque la fin de queue n'est pas isolée mais appartient à une série de plusieurs fins de queues parallèles –, alors c'est le premier clou qui a été tracé avant le deuxième. Si, au contraire, la face du deuxième clou sur laquelle arrive la fin de la queue du premier porte une trace de ce dernier, ou est rendue localement irrégulière par l'impact de ce dernier, ou est localement plus fine à l'endroit où arrive ce dernier, comme illustré par les deux derniers schémas de la figure II.65 sur la page suivante, alors c'est cette fois le deuxième clou qui a été tracé avant le premier.²⁶¹

Les cas dans lesquels les deux impressions dont on cherche à reconstituer l'ordre relatif de tracé se croisent ou se touchent semblent a priori être les seuls où cette recherche est

258. Voir [BRAMANTI2015b] page 37.

259. Les deux photographies sont tirées de [BRAMANTI2015b] page 38.

260. Voir [SALLABERGER1996] pages 62-63.

261. Voir [SALLABERGER1996] pages 62-63.

262. Les trois croquis sont tirés de [SALLABERGER1996] pages 62-63.



Clous horizontaux en dernier dans tous les cas

FIGURE II.65. Croquis de W. Sallaberger montrant différents cas de clous partant de ou arrivant sur un autre clou²⁶²

susceptible d'aboutir, mais il s'avère en fait qu'il est souvent également possible de tirer des conclusions relativement assurées dans certains cas où deux impressions sont proches l'une de l'autre sans se toucher. En effet, le déplacement d'argile induit par l'enfoncement du calame dans la tablette déforme ou écrase en général légèrement tous les tracés précédemment réalisés à proximité immédiate, ce qui peut alors nous fournir des indices exploitables. Plus précisément, lorsqu'une tête de clou est en partie occultée ou bien amincie par un déplacement d'argile provenant d'une impression voisine, ou que la queue d'un clou est incurvée par un tel déplacement, cela nous permet d'établir que le clou en question a été réalisé en premier même s'il ne touche pas les autres impressions. De manière encore plus subtile, il arrive parfois que l'on soit en mesure d'identifier la direction dans laquelle l'argile s'est comprimée, ce qui nous permet alors de déterminer que les clous situés du côté du début de son mouvement ont été produits après ceux situés du côté de la fin de son mouvement.²⁶³

II.2.2.2. Quelques résultats sur la dynamique de l'écriture cunéiforme

Maintenant que nous connaissons les divers indices qui peuvent nous renseigner sur l'ordre relatif de tracé de différents clous ou lignes, et avant de les appliquer aux diagrammes mathématiques de mon corpus, il me semble intéressant de présenter rapidement quelques résultats que ces indices ont permis aux assyriologues d'obtenir au sujet de la dynamique de l'écriture cunéiforme, qui n'ont certes pas de lien direct avec mon propre travail mais pourront nous donner des idées de questions à nous poser au sujet de la production des diagrammes et constituer un point de comparaison intéressant avec ceux-ci.

Il a été mis en évidence que l'ordre de réalisation des différents clous constituant un même signe cunéiforme est, de manière générale, stable sur une même tablette, et n'est en particulier pas affecté par des éléments extérieurs à ce signe tels que l'orientation du dernier clou du signe précédant une occurrence ou du premier clou du signe la suivant.²⁶⁴

Mais J. Taylor a constaté que l'ordre de production des clous dans les signes était en fait relativement stable à une beaucoup plus grande échelle, avec des variations assez rares et souvent mineures, et surtout un très grand nombre de séquences imaginables jamais attestées. Il aurait ainsi selon lui existé, au moins aux deuxième et premier millénaires avant notre ère, aussi bien en Babylonie qu'en Assyrie, et pour tous les genres de textes, un ordre standard d'impression des clous à l'intérieur des signes, qu'il appelle « Standard Mesopotamian Wedge Order » (en acronyme « SMWO ») et qui était vraisemblablement enseigné aux jeunes scribes

263. Voir [MESSERSCHMIDT1907] page 40, [BIGGS1973] pages 40-41, [SALLABERGER1996] pages 62-63, [FINKEL&TAYLOR2015] page 78 et [BRAMANTI2015b] pages 38-40.

264. Voir [TAYLOR2015] page 13.

lors de leur apprentissage de l'écriture cunéiforme.²⁶⁵ Les principes généraux les plus visibles qui régissent cet ordre standard sont les suivants.²⁶⁶ Premièrement, les clous sont globalement réalisés selon une progression horizontale de la gauche vers la droite, qui correspond au sens d'ensemble de l'écriture cunéiforme.²⁶⁷ Deuxièmement, les empilements de clous verticaux sont réalisés selon une progression verticale du haut vers le bas, tandis que les empilements de clous d'autres types sont réalisés selon une progression verticale du bas vers le haut.²⁶⁸ Troisièmement, il n'y a pas de règle générale donnant la priorité aux clous horizontaux ou verticaux par rapport aux autres, mais, dans les signes de forme globale approximativement carrée, les clous verticaux sont plutôt réalisés avant les clous horizontaux, tandis que dans les signes de forme globale plus allongée, les clous horizontaux sont plutôt réalisés avant les clous verticaux.²⁶⁹ Quatrièmement, lorsque des clous obliques de directions différentes se croisent, ceux qui montent sont réalisés avant ceux qui descendent.²⁷⁰ Cinquièmement, de manière générale, les clous extérieurs sont tous réalisés avant les clous intérieurs.²⁷¹ Sixièmement, dans les signes complexes, les clous « majeurs » conférant au signe sa structure sont réalisés avant les clous « mineurs » ayant une fonction plus décorative.²⁷² Septièmement, les séries de clous parallèles de même longueur sont réalisées en une seule fois, entre deux étapes de la séquence globale.²⁷³ Enfin, huitièmement, les clous qui traversent une grande partie d'un signe à sa base sont tracés en dernier.²⁷⁴

Ces principes généraux ne sont pas systématiquement respectés à la lettre sur toutes les tablettes, et un certain nombre de déviations ont été relevées. Celles-ci peuvent notamment être dues à la date d'écriture (notamment pour les tablettes antérieures au deuxième millénaire), à la pratique spécifique d'une école scribale, à l'idiosyncrasie d'un scribe ou à une volonté d'économie de mouvement, ou encore être un simple cas particulier isolé.²⁷⁵ Néanmoins, ils

265. Voir [TAYLOR2015] pages 1-2, 18-19 et 22 pour cette thèse, ainsi que [SALLABERGER1996] page 63, [BRAMANTI2015b] pages 44-45 et [FINKEL&TAYLOR2015] page 78 pour quelques points de détail complémentaires. Il semblerait qu'un certain nombre de principes généraux de la séquence de production des clous constituant les signes cunéiformes aient été déjà partiellement vérifiés sous forme de tendances non systématiques dès la période dynastique archaïque, puis que les variations encore observables à cette époque aient peu à peu disparu sous l'effet des processus de standardisation des empires paléo-akkadien et d'Ur III, et que l'ordre standard, résultant ainsi d'une série de développements continus sur plusieurs siècles, ait finalement été totalement établi dès le début du deuxième millénaire avant notre ère.

266. La liste que je donne ici est basée sur les conclusions auxquelles J. Taylor a abouti dans l'article [TAYLOR2015] ainsi que des échos à ses observations trouvés dans d'autres publications. Au moment où il a publié ce premier article, J. Taylor avait le projet d'en écrire un deuxième, plus approfondi, sur ces mêmes questions, qui aurait été intitulé « Wedge order and the character-forming rules of Neo-Assyrian cuneiform » et que j'aurais aimé consulter, mais celui-ci ne semble pas être paru au moment où je termine la rédaction de cette thèse.

267. Voir [TAYLOR2015] pages 19-20, [BRAMANTI2015b] pages 39-40 et [DANIELS1995] pages 84-85.

268. Voir [TAYLOR2015] pages 19-20, [BRAMANTI2015b] page 43 et [DANIELS1995] pages 84-85. A. Bramanti note à ce sujet que, si les tablettes étaient bel et bien tenues penchées avec leur coin supérieur gauche dirigé vers le haut, comme on l'imagine souvent, cette progression du bas vers le haut pour les empilements de clous non verticaux relève en fait du même schéma spatial que la progression de la gauche vers la droite signalée dans le point précédent.

269. Voir [TAYLOR2015] pages 19-21, [BIGGS1973] pages 40-41 et [DANIELS1995] pages 84-85. Ces deux principes font toutefois moins l'unanimité que les autres.

270. Voir [TAYLOR2015] pages 19-20.

271. Voir [TAYLOR2015] pages 19-20 et [BRAMANTI2015b] pages 40-41.

272. Voir [TAYLOR2015] pages 19-20.

273. Voir [TAYLOR2015] pages 19-20.

274. Voir [TAYLOR2015] pages 19-20.

275. Voir [MESSERSCHMIDT1907] page 40, [SALLABERGER1996] page 63, [TAYLOR2015] page 19 et [BRAMANTI2015b] pages 33, 37 et 41-43. Il est possible que certains signes, en particulier ceux qui présentent une forte symétrie, aient été davantage sujets à des variations que d'autres. Il a par ailleurs été constaté que des dynamiques d'écriture différentes donnent lieu à des signes finaux d'aspects différents, et que certains signes de

montrent l'existence d'une tendance générale à une progression spatiale fixe dans l'écriture du cunéiforme qu'il peut être intéressant pour nous de garder à l'esprit pour la suite.

II.2.2.3. Reconstitution des séquences de tracé des dessins géométriques

Les indices mis en évidence par les assyriologues pour déterminer l'ordre de réalisation relatif des clous d'un signe cunéiforme présentés dans la section II.2.2.1 sont tout à fait transposables à l'étude de l'ordre de réalisation relatif de lignes produites par impression, et peuvent donc dans certains cas nous permettre de reconstituer au moins en partie la séquence de tracé des dessins géométriques composant les diagrammes mathématiques.

Voici deux exemples rapides et partiels tirés de mon corpus, qui permettent de commencer à illustrer cette application avant que je ne présente des tentatives de reconstitution plus complètes et plus approfondies dans les études de cas de la deuxième grande partie.

Considérons tout d'abord l'intersection en haut à droite d'un des rectangles apparaissant sur la tablette BM 96957 + VAT 6598, reproduit par la figure II.66 ci-dessous. On observe que la queue de l'impression horizontale est coupée net par le bord de l'impression verticale, et que la face gauche de cette dernière ne présente aucune petite bosse ou autre marque d'impact à l'endroit où elles se rencontrent. Il est ainsi possible de déduire que l'impression horizontale a été réalisée avant l'impression verticale, autrement dit que le côté supérieur du rectangle a été tracé avant son côté droit.

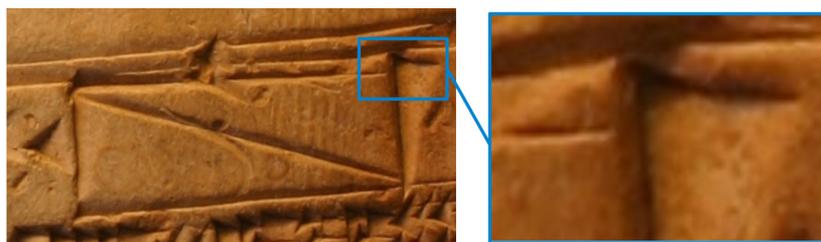


FIGURE II.66. Premier exemple de reconstitution de l'ordre relatif de tracé de deux lignes du dessin géométrique d'un diagramme du corpus²⁷⁶

Considérons maintenant l'intersection en bas à gauche d'un des rectangles apparaissant sur la tablette YBC 7359, reproduit par la figure II.67 sur la page suivante. On observe que c'est cette fois l'impression verticale qui paraît coupée net par l'impression horizontale, et que cette dernière ne présente aucune déformation au niveau de leur intersection. On peut ainsi déduire que l'impression verticale a été réalisée avant l'impression horizontale, autrement dit que le côté gauche du rectangle a été tracé avant son côté inférieur.

Aux indices généraux inspirés de l'étude de la temporalité de l'écriture cunéiforme viennent parfois s'ajouter les indices spécifiques aux lignes plus longues que sont la manière dont leurs extrémités s'arrêtent exactement ou au contraire dépassent des intersections auxquelles elles

silhouettes très proches peuvent dans certains cas se distinguer par l'ordre dans lequel leurs clous ont été imprimés.
276. L'image est un montage composé d'un gros plan sur une photographie du revers de la tablette VAT 6598 réalisée par C. Proust au Vorderasiatisches Museum et d'un agrandissement d'une partie de ce gros plan.

277. L'image est un montage composé d'un gros plan sur une photographie de la face de la tablette YBC 7359 réalisée par C. Proust au Yale Peabody Museum of Natural History et d'un agrandissement d'une partie de ce gros plan.

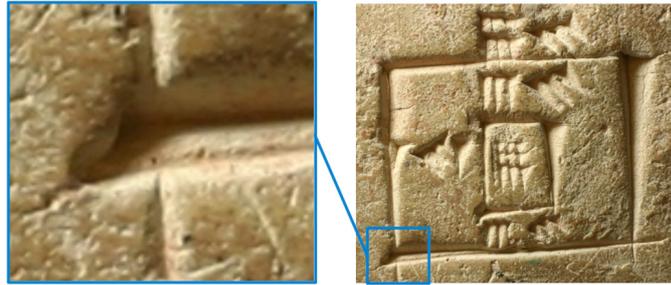


FIGURE II.67. Deuxième exemple de reconstitution de l'ordre relatif de tracé de deux lignes du dessin géométrique d'un diagramme du corpus²⁷⁷

paraissent avoir été destinées à s'arrêter. Il faut être extrêmement prudents avec ce type d'indice, et aucun principe général systématiquement applicable ne me semble pouvoir être dégagé à cet égard, une même situation étant souvent a priori susceptible de s'expliquer à la fois par un ordre de réalisation et son contraire, mais il arrive néanmoins qu'il soit possible, dans un diagramme particulier, de procéder à quelques déductions *ad hoc* en les prenant en considération.

Bien sûr, il est extrêmement rare que l'on parvienne à reconstituer la séquence de tracé complète d'un dessin géométrique. Tout d'abord, les indices que j'ai présentés s'appliquent pour la plupart seulement aux lignes tracées par impression, et beaucoup moins d'éléments sont susceptibles de nous renseigner sur la temporalité des lignes tracées par incision, ce qui réduit d'emblée notablement le nombre de diagrammes pour lesquels il est envisageable de mener une telle reconstitution à bien. Ensuite, les observations auxquelles il faut procéder à cette fin ne peuvent se faire qu'à partir de la tablette elle-même ou d'une photographie d'excellente qualité (voire, idéalement, d'un ensemble de photographies d'excellente qualité prises avec différents éclairages), ce qui exclut à l'heure actuelle de mener une telle étude sur certains diagrammes de mon corpus pourtant tracés par impression. Enfin, la configuration des lignes constituant les dessins géométriques fait parfois que certaines sont trop éloignées les unes des autres pour que le tracé de l'une ait pu avoir un impact sur l'autre, et, même lorsque toutes les conditions sont a priori réunies, il arrive fréquemment que les détails que l'on repère ne soient pas suffisamment clairs pour être exploités et rattachés aux indices présentés, ce qui réduit encore considérablement le nombre de diagrammes pour lesquels une reconstitution complète de la séquence de tracé peut aboutir.²⁷⁸

Cependant, dans les cas où il est possible d'y procéder au moins partiellement, cette reconstitution nous permet de nous poser des questions particulièrement intéressantes pour avancer dans notre compréhension des diagrammes mathématiques, leurs liens avec les autres éléments de la culture cunéiforme et la vision des objets géométriques dont ils témoignent. Observe-t-on, à l'instar de ce qui a été mis en évidence pour l'écriture des signes cunéiformes, un ordre de réalisation des lignes constant entre les différents dessins géométriques de formes comparables apparaissant sur une même tablette ? Semble-t-il plus généralement, et toujours à l'instar de ce qui a été mis en évidence pour l'écriture cunéiforme, avoir existé un ordre standard dans lequel étaient immuablement réalisées les différentes lignes des dessins montrant

278. La même remarque a été faite par J. Taylor à propos de la reconstitution de l'ordre de tracé des clous dans les signes cunéiformes. Sa mise en garde dans [TAYLOR2015] page 2, qui prévient que « *it is by no means possible to determine wedge order from every tablet, or even every sign on a tablet where order is sometimes visible, and neither is it always possible to determine the order of every wedge in a given sign* », montre à quel point la possibilité de procéder à de telles reconstitutions est loin d'être systématique.

une même configuration géométrique ? Si oui, cet ordre standard suit-il les mêmes principes que ceux régissant le « Standard Mesopotamian Wedge Order » décrit par J. Taylor ? Si non, peut-on identifier des raisons expliquant qu'une même configuration géométrique soit tracée dans certains cas en commençant par certaines lignes et d'autres d'autres cas en commençant par d'autres lignes ? Tous ces éléments nous donnent-ils des indications sur la manière dont les configurations géométriques étaient envisagées d'un point de vue mathématique, ou bien sur la manière dont les diagrammes s'articulaient aux éventuels textes auprès desquels ils apparaissent et aux raisonnements dans le cadre desquels ils étaient produits ?

Il m'est malheureusement impossible d'apporter des réponses générales à ces questions dans l'immédiat, l'étude de la séquence de tracé d'un dessin géométrique et des conclusions qui peuvent en être tirées nécessitant de se plonger dans une analyse individuelle approfondie du diagramme concerné et des éléments qui l'entourent, mais elles me semblent importantes pour la compréhension de mon objet d'étude et je m'efforce ainsi de les discuter, autant que faire se peut, dans les études de cas détaillées de la deuxième grande partie.

II.2.2.4. Reconstitution des étapes de production d'un diagramme

Au delà de la séquence de tracé des seuls dessins géométriques, nous pouvons nous intéresser plus généralement à la séquence de production globale des diagrammes mathématiques complets et au moment auquel intervenait leur réalisation, en cherchant à reconstituer dans quel ordre étaient produits, les uns par rapport aux autres, les dessins géométriques les constituant, les éventuelles inscriptions y figurant, les éventuelles lignes de délimitation les entourant, et les éventuels textes (ou autres éléments) apparaissant à proximité.²⁷⁹

Il s'avère que plusieurs indices décrits dans la section II.2.2.1 peuvent à nouveau être mobilisés pour étudier cet aspect, même s'il est, là encore, très rare que l'on puisse déterminer la séquence complète. Voici de nouveaux exemples qui illustrent leur application dans ce cadre.

Les cinq gros plans montrés par la figure II.68 sur la page suivante illustrent tout d'abord des cas dans lesquels il est possible de repérer, à différents détails, qu'une inscription a été portée sur un dessin géométrique après que la ligne de ce dessin près de laquelle elle se trouve a été tracée. Sur le premier exemple, on voit clairement que l'inscription a été réalisée par-dessus la ligne en question et la masque complètement à cet endroit, sans que des impacts de la ligne ne soient visibles sur les bords de son premier signe. Sur le deuxième et le troisième exemples, on distingue une déformation de la ligne due au déplacement d'argile induit par l'ajout de l'inscription, dans un cas avec sa trajectoire déviée au niveau de l'inscription, et dans l'autre avec sa trajectoire inchangée mais son bord repoussé et son sillon en partie obstrué au niveau de l'inscription. Sur le quatrième exemple, on voit qu'un petit trait très fin parallèle à la ligne principale du diagramme, qui pourrait s'expliquer par le fait que l'instrument utilisé pour tracer le cercle était endommagé – comme cela se produit parfois lors de l'écriture de signes cunéiformes, ainsi que je l'ai mentionné plus haut –, est complètement masqué par les inscriptions réalisées par-dessus lui. Enfin, sur le cinquième exemple, on peut voir, grâce aux

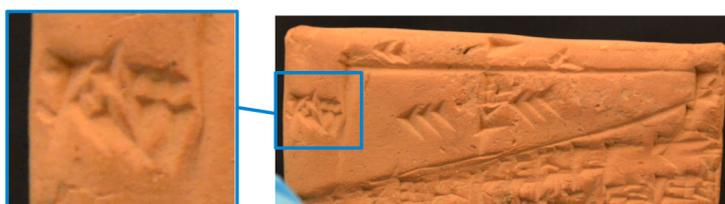
279. Ces aspects, et notamment le moment de réalisation des diagrammes par rapport à l'écriture des textes, ont déjà été assez largement étudiés dans divers contextes de manuscrits médiévaux. Il a par exemple été mis en évidence que certains de ces manuscrits présentent des espaces vides qui étaient de toute évidence destinés à recevoir une copie d'un diagramme postérieurement à la copie du texte mais n'ont jamais été remplis, comme signalé par exemple dans [CROZET1999] pages 151-152 et [DEYOUNG2012] pages 23-24. Il a également été observé que certains diagrammes de ces manuscrits sont totalement inadaptés à l'espace qui leur est réservé, ce qui semble indiquer qu'ils ont été réalisés après que le texte a été écrit, tandis que d'autres voient le texte s'enrouler tout autour d'eux, ce qui semble au contraire indiquer qu'ils ont été réalisés avant que le texte soit écrit, comme expliqué par exemple dans [DEYOUNG2012] pages 23-24.

mêmes indices que dans différents exemples précédents, qu'une inscription a été réalisée à la fois après l'une des lignes du dessin géométrique auquel elle se rapporte (en-dessous d'elle) et l'une des lignes du dessin géométrique du diagramme précédent (au-dessus d'elle).



Inscription écrite par-dessus la ligne

Bord de la ligne déformé par l'ajout de l'inscription



Trajectoire de la ligne déviée par l'ajout de l'inscription



Trait fin masqué par l'ajout de l'inscription

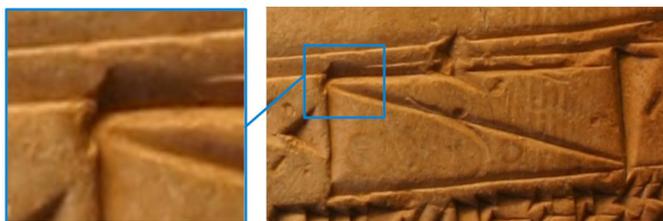
Inscription ajoutée après les lignes de deux diagrammes

FIGURE II.68. Exemples de cas dans lesquels on peut déterminer qu'une inscription figurant sur un diagramme a été ajoutée après qu'une ligne du diagramme près de laquelle elle se trouve a été tracée²⁸⁰

Les deux gros plans montrés par la figure II.69 sur la page suivante illustrent cette fois des cas dans lesquels il est possible de déterminer l'ordre relatif de tracé d'une ligne appartenant à un dessin géométrique et d'une ligne de délimitation tracée sur l'un des côtés du diagramme correspondant. Sur le premier exemple, il semble probable, au vu de la manière dont la ligne horizontale située au-dessus du diagramme est masquée par la tête de clou de l'impression appartenant au dessin géométrique – même s'il existe un léger doute dans la mesure où il y a peut-être une petite bosse d'argile sur la gauche de la tête de clou de cette impression – que

280. La première image est un montage composé d'un gros plan sur une photographie de la face de la tablette AO 10642 réalisée par C. Proust au Musée du Louvre et d'un agrandissement d'une partie de ce même gros plan. La deuxième image est un montage composé d'un gros plan sur une photographie de la face de la tablette YBC 7359 réalisée par C. Proust au Yale Peabody Museum of Natural History et d'un agrandissement d'une partie de ce même gros plan. La troisième image est un montage composé d'un gros plan sur une photographie de la face de la tablette VAT 7621 réalisée par mes soins au Vorderasiatisches Museum et d'un agrandissement d'une partie de ce même gros plan. La quatrième image est un montage composé d'une photographie de la face de la tablette YBC 11120 également réalisée par C. Proust au Yale Peabody Museum of Natural History et d'un agrandissement d'une partie de ce même gros plan. La cinquième image est un montage composé d'un gros plan sur une photographie de la face de la tablette Ist Si 269 réalisée par C. Proust au Musée Archéologique d'Istanbul et d'un agrandissement d'une partie de ce même gros plan.

le côté supérieur du rectangle ait été tracé après la ligne de délimitation située au-dessus du diagramme. À l'inverse, sur le deuxième exemple, on remarque, au léger décalage des deux parties du trait vertical de part et d'autre de la ligne horizontale qui le coupe dans le coin en bas à droite du dessin, que le côté droit du trapèze a vraisemblablement été tracé avant la ligne de délimitation située en-dessous du diagramme.



Ligne appartenant au diagramme tracée après la ligne de délimitation située au-dessus de ce diagramme



Ligne appartenant au diagramme tracée avant la ligne de délimitation située en-dessous de ce diagramme

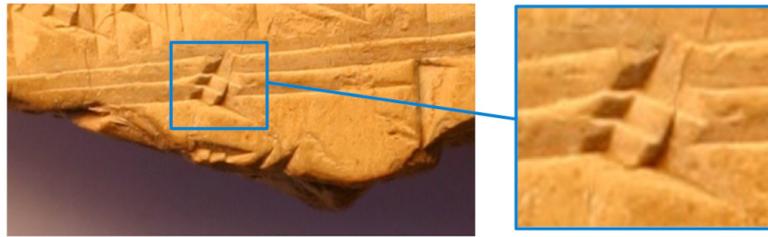
FIGURE II.69. Exemples de cas dans lesquels on peut déterminer l'ordre relatif de tracé d'une ligne appartenant à un diagramme et d'une ligne de délimitation tracée autour de ce diagramme²⁸¹

Pour finir, les deux gros plans montrés par la figure II.70 sur la page suivante illustrent des cas dans lesquels il est possible d'étudier l'ordre de réalisation relatif d'une inscription appartenant à un diagramme et d'une ligne de délimitation tracée sur l'un des côtés de ce diagramme. Sur le premier exemple, on voit, toujours grâce aux mêmes indices, que l'inscription a été ajoutée, ainsi que l'on pouvait s'y attendre, après que la ligne de délimitation apparaissant au-dessus du diagramme a été tracée. Sur le deuxième exemple, on voit, à la manière dont le bord de la ligne horizontale en bas de l'image est déformé par les impacts des clous des signes cunéiformes apparaissant au-dessus d'elle, que les différentes inscriptions ont, de manière beaucoup moins naturelle, également été ajoutées après que la ligne de délimitation apparaissant sous le diagramme a été tracée.

Toutes ces observations sont elles aussi intéressantes car elles nous fournissent cette fois l'occasion de réfléchir à un certain nombre de questions importantes relatives à la manière dont la production des diagrammes était intégrée à la rédaction des tablettes mathématiques

281. La première image est un montage composé d'un gros plan sur une photographie du revers de la tablette VAT 6598 réalisée par C. Proust au Vorderasiatisches Museum et d'un agrandissement d'une partie de ce même gros plan. La deuxième image est un montage composé d'un gros plan sur une photographie de la face de la tablette MS 3052 accessible dans la base de données du CDLI, à l'adresse <<https://cdli.mpiwg-berlin.mpg.de/artifacts/252064>> (dernier accès le 23 mars 2023), et d'un agrandissement d'une partie de ce même gros plan.

282. La première image est un montage composé d'un gros plan sur une photographie du revers de la tablette VAT 6598 réalisée par C. Proust au Vorderasiatisches Museum et d'un agrandissement d'une partie de ce même gros plan. La deuxième image est un montage composé d'un gros plan sur une photographie de la face de la tablette MS 2792 accessible dans la base de données du CDLI, à l'adresse <<https://cdli.mpiwg-berlin.mpg.de/artifacts/251838>> (dernier accès le 23 mars 2023), et d'un agrandissement d'une partie de ce même gros plan.



Inscription ajoutée après la ligne de délimitation située au-dessus du diagramme

Élément sous droit,
diffusion non autorisée

Inscription ajoutée après la ligne de délimitation située en-dessous du diagramme

FIGURE II.70. Exemples de cas dans lesquels on peut déterminer l'ordre de réalisation relatif d'une inscription appartenant à un diagramme et d'une ligne de délimitation tracée autour de ce diagramme²⁸²

dans leur ensemble. Les diagrammes étaient-ils généralement réalisés plutôt avant que le texte soit écrit autour, ou bien plutôt après que le texte a été écrit en laissant un espace vide destiné à les accueillir ? Les diagrammes étaient-ils d'ailleurs produits en une seule fois, que ce soit avant ou après l'inscription du texte, ou bien étaient-ils parfois réalisés en plusieurs phases en parallèle de l'inscription du texte ? Pour ce qui est des diagrammes eux-mêmes, les inscriptions étaient-elles portées sur les dessins géométriques immédiatement dans la foulée de leur réalisation ou bien pouvaient-elles être parfois ajoutées plus tard ou même en plusieurs temps ? Les dessins géométriques étaient-ils d'ailleurs intégralement réalisés avant que des inscriptions n'y soient portées ou bien pouvaient-ils être seulement commencés dans un premier temps puis complétés par la suite alors que des inscriptions y apparaissaient déjà ? Que pouvons-nous déduire de ces différentes informations quant à la place dévolue aux diagrammes lors de la mise en forme des textes mathématiques, et, au delà, quant à la manière dont ils s'intégraient dans les différentes activités mathématiques ayant donné lieu à la production de ces documents ?

Encore une fois, je ne suis pas en mesure d'apporter de réponses générales à ces questions dans l'immédiat, mais elles me paraissent d'une importance capitale et je m'efforce en conséquence de les discuter au cas par cas dans les études de textes de la deuxième partie.

Pour conclure, nous avons ainsi identifié dans cette partie un certain nombre d'indices mis en évidence par les assyriologues pour déterminer l'ordre de réalisation relatif des clous formant les signes cunéiformes qui peuvent être réinvestis de manière directe pour tenter de reconstituer la séquence de tracé des dessins géométriques ainsi que de manière un peu plus indirecte pour tenter de reconstituer l'ensemble des étapes de la production des diagrammes mathématiques sur une tablette, puis nous avons vu que de telles reconstitutions étaient susceptibles, lorsqu'elles étaient au moins en partie possibles, de nous fournir des éléments de réponse à un certain nombre de questions essentielles sur divers aspects de l'utilisation de diagrammes dans les activités mathématiques du Proche-Orient ancien.

II.3. Effacements pratiqués en lien avec les diagrammes

En plus de celles déjà exploitées dans ce qui précède, une des caractéristiques de l'argile comme support d'écriture qui s'avère particulièrement intéressante dans le cadre de mes recherches est la relative facilité qu'elle offre à effacer, tant qu'elle n'a pas séché, des signes qui y ont été inscrits ou des lignes qui y ont été tracées.²⁸³ Dans cette troisième partie, je me concentre ainsi spécifiquement sur les traces d'effacement que l'on peut repérer sur les tablettes de mon corpus, en décrivant les indices qui nous permettent de repérer qu'un scribe a procédé à un effacement à un endroit donné puis en tentant d'analyser, dans un certain nombre de cas qui me paraissent représentatifs, les intentions mathématiques que ce geste semble révéler.

II.3.1. Indices permettant de détecter qu'un effacement a été pratiqué

Les effacements pouvaient se pratiquer pendant un court laps de temps sur l'argile encore fraîche en pressant et frottant légèrement l'endroit voulu de la tablette avec un doigt, une face du calame ou un autre objet tel qu'une sorte de spatule, éventuellement en ajoutant un peu d'eau afin de rendre la surface plus malléable si elle avait commencé à durcir.²⁸⁴ Cependant, malgré l'apparente simplicité de ce procédé, il était quasiment impossible de faire disparaître un signe ou un tracé de manière parfaitement invisible, et les effacements laissaient ainsi presque toujours sur la surface des tablettes des traces, parfois discrètes et parfois beaucoup moins, qui nous permettent aujourd'hui de savoir à quels endroits ils ont eu lieu.²⁸⁵ Je présente donc dans cette section les six principaux indices permettant de détecter des effacements que j'ai dégagés au travers de remarques faites – souvent à demi-mot – dans des articles d'assyriologie ainsi que de ma propre expérience avec les tablettes, en faisant suivre pour chacun une brève description générale de plusieurs illustrations commentées tirées de mon corpus.

II.3.1.1. Traces de frottement

Tout d'abord, l'objet utilisé pour réaliser un effacement, quel qu'il ait été, laissait généralement des traces de frottement visibles sur la surface de la tablette, d'ailleurs clairement identifiables dans certains cas comme ayant été produites soit par un calame soit par un doigt.²⁸⁶

La figure II.71 sur la page suivante montre trois exemples tirés de mon corpus qui illustrent ce premier indice : deux dans lesquels on repère des traces de frottement sans qu'il ne soit vraiment possible d'identifier l'objet utilisé pour réaliser l'effacement, et un troisième dans lequel il est clair que le scribe a tout simplement passé son doigt sur la surface de la tablette.

283. Voir [CHARPIN1989] page 59, ainsi que les différentes références mentionnées plus loin dans la partie. Notons que R. Netz signale que les différents supports utilisés pour réaliser les diagrammes mathématiques dans le monde grec antique se prêtaient au contraire assez mal aux effacements, ce qui pouvait rendre difficiles voire impossibles certaines de leurs utilisations potentielles (voir [NETZ1999] pages 14-16).

284. Voir [MESSERSCHMIDT1907] page 37, [CHARPIN1989] page 59, [FAIVRE1995] pages 61-62 et [TAYLOR&CARTWRIGHT2011] pages 311-312. Les auteurs des deux premières publications estiment que c'était le calame qui était utilisé pour procéder aux effacements, mais il me semble pour ma part que le recours aux doigts, mentionné uniquement dans la troisième, est à la fois plus naturel, plus efficace, et davantage en accord avec certaines traces trouvées sur des tablettes de mon corpus. Par ailleurs, les auteurs de la dernière publication affirment que les tablettes n'étaient pas ré-humidifiées pour être effacées, ce qui est vraisemblablement correct dans la plupart des cas mais semble néanmoins contredit au moins occasionnellement par des traces observables sur certaines tablettes de mon corpus.

285. Voir de manière générale, en plus des références sur des points plus précis citées dans chacune des sections ci-dessous, [TAYLOR2011] page 19 et [TAYLOR&CARTWRIGHT2011] page 313.

286. Aucune des publications que j'ai consultées n'attire explicitement l'attention sur ce premier indice, mais le fait que de telles traces aient pu être laissées se déduit naturellement de la manière dont les effacements étaient réalisés et est amplement confirmé par les occurrences trouvées dans mon corpus.



FIGURE II.71. Exemples de traces de frottement permettant de repérer qu'un effacement a été pratiqué²⁸⁷

II.3.1.2. Surface enfoncée ou bosselée

Ensuite, même lorsque le scribe parvenait à éviter de laisser des traces de frottement claires, la surface de la tablette était généralement légèrement déformée par la pression exercée lors de l'effacement et présente en conséquence actuellement des traces de compression, un léger enfoncement, voire un aspect bosselé.²⁸⁸ Dans les cas où l'effacement a été pratiqué sur une zone assez importante, il est également possible que toute une partie de la tablette soit devenue plus fine en raison de la quantité d'argile déplacée, ou même enlevée, à cette occasion²⁸⁹

La figure II.72 ci-dessous montre trois exemples de mon corpus qui illustrent ce deuxième indice : deux dans lesquels on repère un enfoncement local de la surface, et un troisième dans lequel une zone près d'un bord a été tellement déformée qu'elle est devenue beaucoup plus fine que le reste de la tablette.

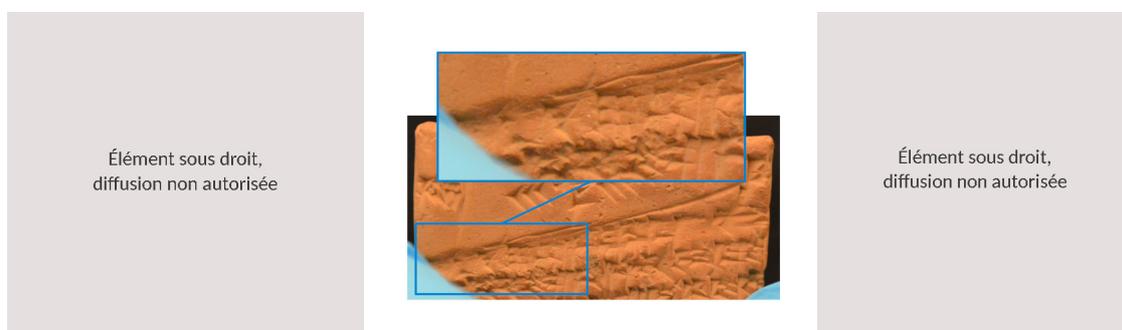


FIGURE II.72. Exemples de déformations ou d'affinements de la surface de la tablette permettant de repérer qu'un effacement a été pratiqué²⁹⁰

287. La première image est un montage composé d'une photographie du revers de la tablette Sb 13087 réalisée par mes soins au Musée du Louvre et d'un gros plan sur cette même photographie. La deuxième image est un montage composé d'une photographie de la face de la tablette MS 3050, accessible dans la base de données du CDLI, à l'adresse <<https://cdli.mpiwg-berlin.mpg.de/artifacts/252062>> (dernier accès le 24 mars 2024), et d'un gros plan sur cette même photographie. La troisième image est un montage composé d'une photographie du revers de la tablette YBC 4675 qui a été réalisée et m'a été envoyée par K. Wagensonner de la Yale Babylonian Collection, et d'un gros plan sur cette même photographie.

288. Voir [MESSERSCHMIDT1907] page 37 et [FINKEL&TAYLOR2015] page 80.

289. Ce phénomène est particulièrement visible dans le cas des tablettes scolaires de type II, dont la première colonne, dans laquelle le maître avait inscrit un modèle, restait en place tandis que la deuxième, dans laquelle l'apprenti scribe s'entraînait à le recopier, était effacée de manière répétée et finissait ainsi par être beaucoup plus fine ou même se briser, comme expliqué dans [FAIVRE1995] page 60, [TAYLOR2011] page 19 et [TAYLOR&CARTWRIGHT2011] pages 310-313.

II.3.1.3. Clous ou signes résiduels

Dans un autre registre, il était fréquent que le scribe ne parcoure pas correctement l'ensemble de la zone qu'il souhaitait effacer et manque certains clous ou signes, voire parfois des séquences de plusieurs signes, qui apparaissent alors actuellement sur la tablette de manière isolée, sans aucune connexion sémantique ni même spatiale avec son contenu actuel.²⁹¹

La figure II.73 montre trois exemples de mon corpus qui illustrent ce troisième indice : un premier dans lequel on observe un clou isolé sur une tranche de la tablette, un deuxième dans lequel on observe quelques clous isolés à proximité d'un texte mais n'appartenant pas à celui-ci, et un troisième dans lequel on observe un clou qui est non seulement isolé mais de plus orienté d'une façon différente du contenu actuel.



FIGURE II.73. Exemples de clous résiduels permettant de repérer qu'un effacement a été pratiqué²⁹²

Il est intéressant de noter que, dans les cas où des signes ou clous résiduels tels que ceux décrits ci-dessus sont présents en assez grand nombre, ils peuvent parfois nous permettre de reconstituer au moins partiellement ce qui figurait sur la tablette avant qu'elle ne soit effacée, une information qui, comme je l'évoquerai plus loin, peut s'avérer particulièrement intéressante pour comprendre les contextes dans lesquels les diagrammes étaient produits.²⁹³ Les clous apparaissant dans les trois exemples ci-dessus sont toutefois trop isolés pour qu'il soit possible d'identifier la nature de la strate de contenu dont ils relèvent.

290. La première image est un montage composé d'une photographie de la face de la tablette MS 2107 accessible dans la base de données du CDLI, à l'adresse <<https://cdli.mpiwg-berlin.mpg.de/artifacts/250831>> (dernier accès le 24 mars 2024), et d'un gros plan sur cette même photographie. La deuxième image est un montage composé d'un gros plan sur une photographie de la face de la tablette VAT 7621 réalisée par mes soins au Vorderasiatisches Museum et d'un agrandissement d'une partie de ce gros plan. La troisième image est un montage composé d'une photographie de la face de la tablette MS 1938/2 accessible dans la base de données du CDLI, à l'adresse <<https://cdli.mpiwg-berlin.mpg.de/artifacts/250600>> (dernier accès le 24 mars 2024), et d'un gros plan sur cette même photographie.

291. Voir [TAYLOR&CARTWRIGHT2011] pages 310-312. Bien sûr, tous les signes isolés apparaissant sur une tablette ne sont pas forcément des restes d'un effacement imparfait, et il faut ainsi notamment prendre en compte l'endroit de la tablette où on les repère, des clous sans connexion apparente avec le contenu actuel ne s'interprétant par exemple pas de la même façon au milieu du texte ou dans une marge.

292. La première image est un montage composé d'une photographie de la tranche inférieure de la tablette MS 3042 accessible dans la base de données du CDLI, à l'adresse <<https://cdli.mpiwg-berlin.mpg.de/artifacts/252052>> (dernier accès le 24 mars 2024), et d'un gros plan sur cette même photographie. La deuxième image est un montage composé d'une photographie du revers de la tablette Sb 13087 réalisée par mes soins au Musée du Louvre et d'un gros plan sur cette même photographie. La troisième image est un montage composé d'une photographie de la face de la tablette UM 29-15-709 accessible dans la base de données du CDLI, à l'adresse <<https://cdli.mpiwg-berlin.mpg.de/artifacts/256427>> (dernier accès le 24 mars 2024), et d'un gros plan sur cette même photographie.

293. Voir par exemple [CHARPIN1989] page 59.

II.3.1.4. Restes de fonds de clous

Même lorsque son geste passait bien sur tous les clous, il était par ailleurs assez fréquent que le scribe, soit par manque d'application soit au contraire par volonté de ne pas déformer excessivement la surface de la tablette, ne presse pas l'argile suffisamment profondément pour faire totalement disparaître les parties des impressions les plus éloignées de la surface, laissant alors à l'endroit de l'effacement des « fonds de clous » caractéristiques.²⁹⁴

La figure II.74 ci-dessous montre trois exemples de mon corpus qui illustrent ce quatrième indice : un premier où l'on discerne des fonds de clous effacés sur la tranche inférieure d'une tablette, un deuxième où l'on en discerne en bas du revers de la tablette, et un troisième où l'on en discerne sur la face de la tablette, directement sous le contenu actuel.

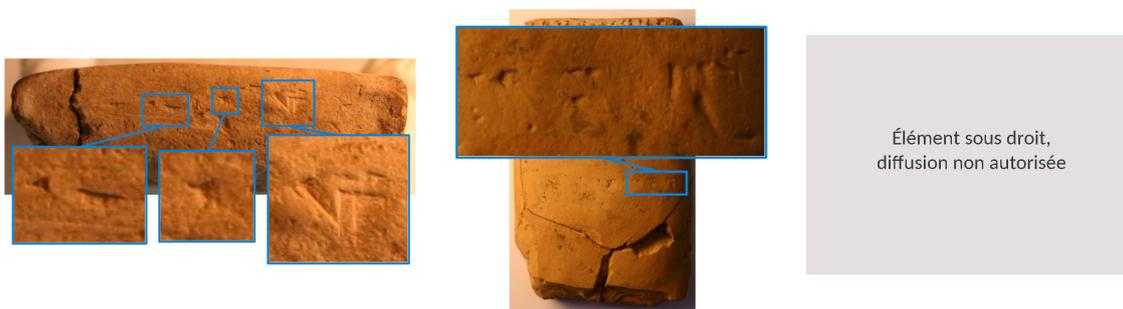


FIGURE II.74. Exemples de « fonds de clous » permettant de repérer qu'un effacement a été pratiqué²⁹⁵

La figure II.75 ci-dessous montre en complément deux autres exemples de mon corpus dans lesquels on repère non pas des « fonds de clous » à proprement parler mais, selon le même principe, des « fonds de traits », c'est-à-dire des restes de traits qui ont été effacés et sont ainsi beaucoup moins visibles que ceux actuellement présents sur la tablette mais dont on distingue néanmoins encore le fond du sillon.



FIGURE II.75. Exemples de « fonds de traits » permettant de repérer qu'un effacement a été pratiqué²⁹⁶

294. Voir les allusions dans [MESSERSCHMIDT1907] page 37 et [CHARPIN1989] page 59, et des descriptions un peu plus claires dans [TAYLOR&CARTWRIGHT2011] page 313 et [FINKEL&TAYLOR2015] page 80.

295. La première image est un montage composé d'une photographie de la tranche inférieure de la tablette MAH 16055 réalisée par C. Proust au Musée d'Art et d'Histoire de Genève et de trois gros plans sur cette même photographie. La deuxième image est un montage composé d'une photographie du revers de la tablette VAT 7532 réalisée par C. Proust au Vorderasiatisches Museum et d'un gros plan sur cette même photographie. La troisième image est un montage composé d'une photographie de la face de la tablette MS 3908 accessible dans la base de données du CDLI, à l'adresse <<https://cdli.mpiwg-berlin.mpg.de/artifacts/252990>> (dernier accès le 24 mars 2024), et d'un gros plan sur cette même tablette.

Tout comme les signes résiduels, de tels restes de « fonds de clous » ou de « fonds de traits » dans les zones effacées peuvent, bien qu'ils ne soient pas toujours faciles à interpréter, nous fournir des indications précieuses sur ce qui apparaissait sur la tablette avant qu'elle ne soit effacée. Ainsi, sur les exemples de la figure II.74, quelques nombres, probablement en notation sexagésimale positionnelle flottante, peuvent être devinés aux endroits montrés, et il est alors possible de se demander quel sens ceux-ci pouvaient avoir vis-à-vis du contenu actuel de la tablette. Sur le premier exemple de la figure II.75, on peut déduire des traces que l'on discerne, qu'un autre dessin géométrique avait probablement été réalisé sur cette même face de la tablette avant celui que l'on y voit désormais. Enfin, sur le deuxième exemple de la figure II.75, on comprend qu'un cercle était initialement présent autour de l'heptagone, avant d'être effacé, ce qui nous amène à l'idée de tracés de construction présentée dans la section II.2.1.6.

II.3.1.5. Signes ou traits déformés

Par ailleurs, lorsqu'il effaçait un élément près d'autres éléments qu'il souhaitait pour leur part conserver, le scribe avait souvent du mal à totalement préserver ces derniers, et l'on repère ainsi dans certains cas des signes ou des traits qui ont été déformés ou même partiellement masqués par la compression ou le déplacement d'argile à proximité immédiate.²⁹⁷

La figure II.76 ci-dessous montre un exemple de mon corpus illustrant ce cinquième indice.

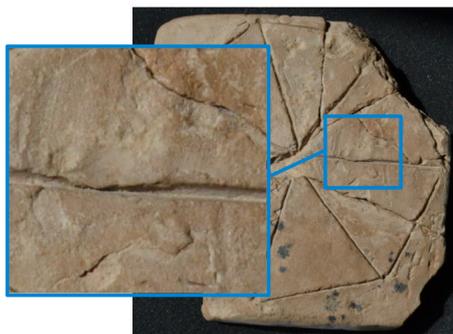


FIGURE II.76. Exemple de trait déformé permettant de repérer qu'un effacement a été pratiqué²⁹⁸

II.3.1.6. Ré-humidification ou application de barbotine

Enfin, bien que cette éventualité ait été rejetée par certains assyriologues, il semble que le scribe ait parfois ré-humidifié une zone afin de pouvoir l'effacer plus aisément, ou bien y ait appliqué de la barbotine, ce qui peut se reconnaître à l'heure actuelle au fait que la surface de la tablette a alors à cet endroit un aspect plus brillant que d'ordinaire et que les éventuelles inscriptions qui y apparaissent ont un aspect légèrement « baveux ». Contrairement

296. La première image est un montage composé d'une photographie de la face de la tablette IM 43996 tirée de [BRUINS1964] planche 2 et d'un gros plan sur cette même photographie. La deuxième image est un montage composé d'une photographie du revers de la tablette Sb 13088 réalisée par mes soins au Musée du Louvre et de deux gros plans sur cette même photographie.

297. Comme pour le premier indice, en-dehors d'une allusion au risque d'effacer autre chose que ce qui est souhaité dans [FINKEL&TAYLOR2015] page 80, aucune des publications que j'ai consultées ne mentionne explicitement cet aspect, mais le fait que de telles déformations aient pu être induites s'envisage naturellement lorsque l'on a à l'esprit toutes les explications que j'ai données sur la reconstitution de l'ordre de production des tracés dans la partie précédente et est, là encore, corroboré par plusieurs exemples de mon corpus.

298. L'image est un montage composé d'une photographie du revers de la tablette Sb 13088 réalisée par mes soins au Musée du Louvre et d'un gros plan sur cette même photographie.

aux autres détails que j'ai cités dans cette partie, de telles traces de ré-humidification ne sont pas caractéristiques des effacements, et peuvent s'expliquer par d'autres raisons, telles que la nécessité d'inscrire quelque chose sur une surface qui avait déjà commencé à sécher, comme je l'ai déjà expliqué dans la section II.1.1.4, mais il me semble malgré tout s'agir d'un indice supplémentaire qui mérite d'être pris en compte dans les situations où au moins l'un de ceux décrits précédemment est déjà présent.²⁹⁹

La figure II.77 ci-dessous montre un exemple de mon corpus qui illustre ce sixième et dernier indice. Il s'agit du même exemple que celui que j'avais présenté dans la section II.1.1.4 comme potentiel cas de ré-humidification de la surface d'une tablette qui avait commencé à sécher, mais qui s'avère, après une observation plus attentive, et notamment en raison de la présence de fonds de clous et de fonds de traits associée à cette ré-humidification, résulter plus probablement d'un effacement avec apport d'eau.



FIGURE II.77. Exemple de ré-humidification tendant à indiquer qu'un effacement a été pratiqué³⁰⁰

II.3.1.7. Limites de ces indices

Dans la pratique, les six indices que je viens de lister ne sont pas toujours faciles à repérer, et il est parfois délicat de déterminer si certaines particularités à la surface d'une tablette en relèvent ou bien ne sont au contraire que de simples irrégularités dues à la manière dont celle-ci a été façonnée ou manipulée ou encore de simples dommages intervenus ultérieurement – en particulier lorsque l'on travaille à partir de photographies sans avoir accès à l'objet lui-même.

De plus, il est parfois difficile de distinguer des cas d'effacement de l'ensemble de la surface des tablettes de cas de remodelage complet de ces dernières, tel que décrits dans la section II.1.3.2, certains des éléments présentés ci-dessus, au premier rang desquels la présence de signes résiduels, pouvant résulter aussi bien de l'une de ces deux actions que de l'autre.³⁰¹ En particulier, si le remodelage de la tablette montrée par la figure II.37, dans la première partie du chapitre, avait été achevé, il est probable que des clous résiduels auraient encore pu être observés malgré les manipulations nécessaires au modelage et auraient alors pu nous faire penser à tort à un effacement.

299. Voir la discussion dans la section II.1.1.4 de la première partie du chapitre.

300. L'image est un montage composé d'une photographie de la face de la tablette MS 2985 accessible dans la base de données du CDLI, à l'adresse <<https://cdli.mpiwg-berlin.mpg.de/artifacts/252014>> (dernier accès le 24 mars 2024) et de quatre gros plans sur cette même photographie.

301. Voir [FAIVRE1995] pages 60-61 et [TAYLOR2011] page 21.

Par ailleurs, il est probable que certains effacements parmi ceux que l'on repère, même s'ils sont beaucoup plus rares que les « vrais » effacements, ne soient pas le résultat d'une action délibérée du scribe mais plutôt d'un frottement accidentel pendant la manipulation et l'inscription de la tablette.

Ces quelques limites ont pour conséquence qu'il faut rester attentifs, au cas par cas, aux détails propres à chaque tablette, et se garder de conclure trop rapidement à un effacement volontaire interprétable dès lors que l'on croit détecter l'un des éléments présentés.

II.3.2. Aperçu des traces d'effacement dans mon corpus

Néanmoins, même s'il existe un certain nombre de cas dans lesquels des doutes demeurent, les six indices listés constituent une base fort utile pour parcourir efficacement un ensemble de tablettes à la recherche de traces d'effacement et identifier des zones dans lesquelles il est clair qu'un scribe a volontairement fait disparaître des inscriptions.

II.3.2.1. Fréquence et contexte des effacements sur les tablettes mathématiques comportant des diagrammes

J'ai ainsi effectué au printemps 2019, en me basant sur ces indices, une recherche systématique des traces d'effacement apparaissant sur la cinquantaine de tablettes de mon corpus pour lesquelles je disposais à ce moment-là de photographies de qualité suffisante. Cette recherche m'a permis de repérer des effacements clairs sur vingt-trois de ces tablettes, et des traces un peu plus ambiguës mais pouvant également correspondre à des effacements sur dix tablettes supplémentaires. En conséquence, sans qu'il me soit possible d'avancer de chiffre précis en raison du caractère incomplet de mon étude et des incertitudes qui subsistent dans certains cas, il me semble raisonnable d'estimer que des effacements ont été pratiqués sur un peu plus de la moitié des tablettes mathématiques paléo-babyloniennes comportant des diagrammes connues à l'heure actuelle.³⁰²

Les tablettes du corpus sur lesquelles ces effacements ont été réalisés ne forment pas un groupe homogène mais ont au contraire des provenances variées et des caractéristiques très différentes les unes des autres. Si un peu plus de la moitié d'entre elles sont des tablettes scolaires lenticulaires contenant des exercices, elles sont loin de toutes relever de cette catégorie de documents, et au moins une dizaine d'entre elles ont des formats plus grands (type S, type M, type n'appartenant pas à la classification standard) et présentent des contenus plus élaborés (problèmes résolus, énoncés, séries de diagrammes, figures).

En outre, il est intéressant de relever, relativement à mon objet d'étude, qu'un nombre assez important des effacements observés ont eu lieu précisément dans les zones des tablettes occupées par les diagrammes, ce qui montre que ces dernières pouvaient elles aussi être concernées de manière non exceptionnelle par la volonté du scribe de faire disparaître des éléments précédemment écrits ou tracés.

302. Il a été relevé à plusieurs reprises que les effacements étaient plutôt rares à l'échelle du corpus cunéiforme pris dans son ensemble, comme indiqué par exemple dans [TAYLOR2011] page 19 et [TAYLOR&CARTWRIGHT2011] page 313, mais beaucoup plus courants à l'échelle du sous-corpus formé des seules tablettes scolaires, où ils étaient notamment inhérents au mode d'utilisation des tablettes de type II que j'ai décrit dans la section II.1.2.3 de la première partie du chapitre, comme indiqué par exemple dans [FAIVRE1995] pages 59-60, [TAYLOR2011] page 19 et [TAYLOR&CARTWRIGHT2011] pages 310-312. Je n'ai cependant pas trouvé de données suffisamment précises pour pouvoir y comparer la proportion observée dans mon propre corpus.

II.3.2.2. Premières distinctions et questions pour l'étude de ces effacements

Lorsque l'on regarde ces effacements dans leur ensemble, il apparaît que leurs propriétés varient considérablement de l'un à l'autre. Deux grandes distinctions immédiates peuvent être introduites pour les appréhender, et de nombreuses autres questions plus précises peuvent être posées pour tenter de comprendre les raisons pour lesquelles ils ont été pratiqués.

Tout d'abord, certains de ces effacements sont « locaux », et portent uniquement sur un signe, un petit groupe de signes ou un tracé ponctuel à un endroit précis de la tablette, comme illustré par la première image de la figure II.78 ci-dessous, tandis que d'autres sont « globaux », et ont ainsi été appliqués à l'ensemble de la surface de la tablette ou du moins à une grande partie de celle-ci, comme illustré par la deuxième image de la figure II.78, ce qui révèle des intentions très différentes.³⁰³

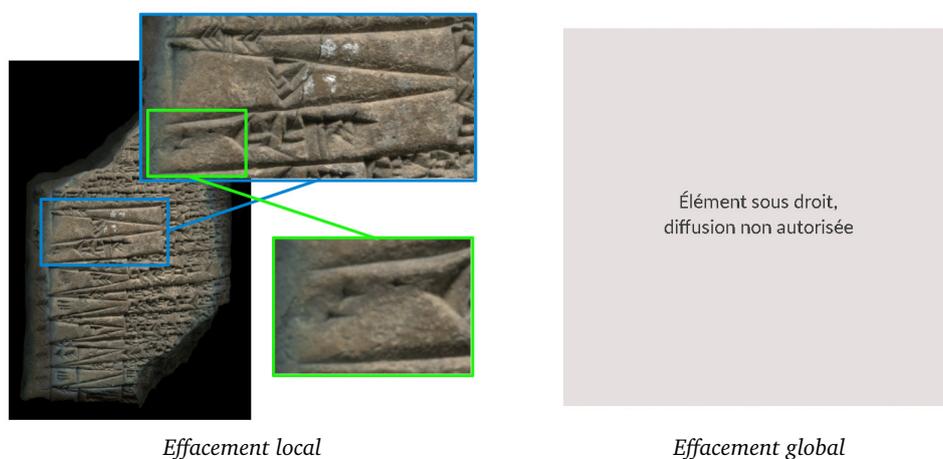


FIGURE II.78. Contraste entre des effacements locaux et des effacements globaux³⁰⁴

Notons d'ailleurs que ces deux types d'effacements ne s'excluent pas mutuellement, et qu'il existe quelques cas dans lesquels un effacement local a été pratiqué sur un élément appartenant à une strate de contenu qui apparaît dans une zone ayant été soumise plus tôt à un effacement global, comme on peut notamment le voir sur l'exemple de la figure II.79 sur la page suivante. La temporalité de telles situations est particulièrement intéressante à analyser.

303. Un premier exemple d'usage possible évident des effacements locaux est la réalisation de petites corrections immédiates sur les tablettes ; il a toutefois été relevé par certains assyriologues que cette pratique était plutôt rare dans l'ensemble du corpus cunéiforme, comme mentionné par exemple dans [TAYLOR2011] page 19, probablement en raison du fait que de telles corrections n'étaient jamais parfaitement invisibles et avaient toujours des répercussions sur les éléments apparaissant juste à côté d'elles. Un premier exemple d'usage possible évident des effacements globaux est la réutilisation de tablettes devenues inutilisées déjà évoquée dans la section II.1.3.2 ; il a été observé par des assyriologues que cette pratique était courante dans le contexte scolaire mais rare dans le reste de la documentation cunéiforme, comme indiqué dans [TAYLOR2011] page 19 et [TAYLOR&CARTWRIGHT2011] pages 310-313, probablement parce qu'elle ne produisait jamais de documents finaux parfaitement nets et qu'il n'était pas plus difficile de remodeler la tablette ou d'en fabriquer une nouvelle à la place. Je discuterai ces deux cas plus en détail dans le chapitre suivant, et j'en présenterai d'autres qui sont un peu moins évidents.

304. La première image est un montage composé d'une photographie du revers de la tablette BNUS 364 accessible dans la base de données du CDLI, à l'adresse <<https://cdli.mpiwg-berlin.mpg.de/artifacts/414661>> (dernier accès le 24 mars 2024), d'un gros plan sur cette photographie, et d'un agrandissement d'une partie de ce gros plan. La deuxième image est quant à elle une photographie de la face de la tablette MS 3051 également accessible dans la base de données du CDLI, à l'adresse <<https://cdli.mpiwg-berlin.mpg.de/artifacts/252063>> (dernier accès le 24 mars 2024).



FIGURE II.79. Exemple d'effacement local d'une inscription réalisée par-dessus un effacement global³⁰⁵

Par ailleurs, certains de ces effacements ont été suivis de l'inscription d'un nouveau contenu à l'endroit effacé, comme on peut par exemple le voir sur la première image de la figure II.80 ci-dessous, tandis que d'autres n'ont servi qu'à faire disparaître des éléments sans que ceux-ci ne soient remplacés, comme on peut par exemple le voir sur la deuxième image de la figure II.80, ce qui, là encore, révèle des intentions très différentes.³⁰⁶

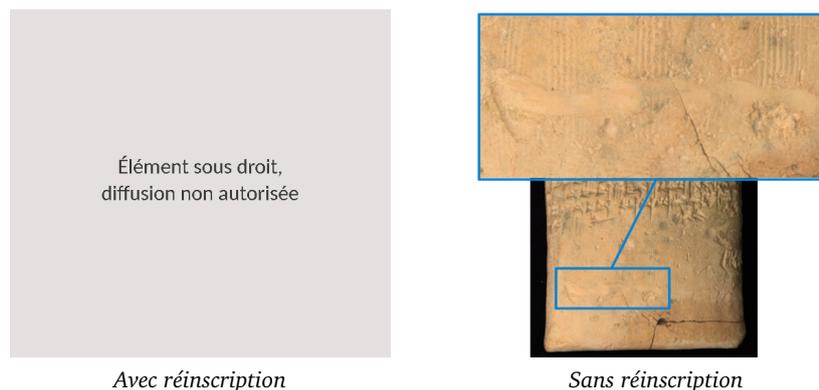


FIGURE II.80. Contraste entre des effacements suivis et non suivis d'une réinscription³⁰⁷

Au delà de ces deux premières grandes distinctions, plusieurs aspects plus précis méritent d'être observés. Il est tout d'abord utile de repérer à quels endroits des tablettes les effacements étaient pratiqués, et en particulier s'ils apparaissent sur une face ou une tranche, au milieu ou sur un bord, dans une zone inscrite ou dans une zone essentiellement vierge, etc. Il est ensuite essentiel de se demander sur quels types d'éléments les effacements portaient ; j'ai déjà signalé un peu plus haut que ceux-ci pouvaient être effectués aussi bien dans des zones de texte que dans des zones occupées par des diagrammes, mais on peut ensuite raffiner la question, en

305. L'image est un montage composé d'une photographie de la face de la tablette IM 43996 tirée de [BRUINS1964] planche 2 et d'un gros plan sur cette même photographie.

306. Voir notamment [CHARPIN1989] page 59 et [TAYLOR&CARTWRIGHT2011] page 312.

307. La première image est un montage composé d'une photographie de la face de la tablette MS 2107 accessible dans la base de données du CDLI, à l'adresse <<https://cdli.mpiwg-berlin.mpg.de/artifacts/250831>> (dernier accès le 24 mars 2024), et d'un gros plan sur cette même photographie. La deuxième image est quant à elle un montage composé d'une photographie du revers de la tablette YBC 4675 qui a été réalisée et m'a été envoyée par K. Wagensonner de la Yale Babylonian Collection, et d'un gros plan sur cette même photographie.

se demandant notamment, dans le deuxième cas qui est le plus directement lié à mon sujet, s'ils portaient sur des tracés, sur des inscriptions ou sur les deux, et dans quelles circonstances. Il est également important, bien que difficile, de tenter de distinguer les effacements uniques des effacements récurrents pratiqués plusieurs fois de suite à un même endroit. Dans un autre registre, il est intéressant d'observer de quelle manière les effacements étaient réalisés, et si cette manière de faire semble avoir été stable à l'intérieur de chaque tablette puis au sein de groupes de documents plus larges. On peut en outre tenter d'identifier plus précisément la direction dans laquelle les effacements étaient pratiqués, et se demander s'il est possible d'en déduire des informations sur la temporalité dans laquelle ils s'inscrivaient. On peut par ailleurs se demander s'il existe des indices nous permettant de déterminer si les effacements étaient tous pratiqués par les scribes qui inscrivaient les tablettes eux-mêmes ou bien pouvaient également l'être par d'autres personnes.

Lorsque l'on analyse en détail l'ensemble des effacements présents sur les tablettes de mon corpus en s'interrogeant sur les différents aspects que je viens de citer, il apparaît peu à peu que ceux-ci ont été pratiqués avec des intentions très variables, qu'il semble parfois possible de cerner de manière relativement précise et dont l'identification est susceptible de nous apporter un éclairage très intéressant sur l'utilisation qui était faite des diagrammes. Néanmoins, il est nécessaire pour comprendre ces intentions de mettre en relation les observations matérielles décrites ici avec le contenu mathématique des tablettes concernées, ce qui me contraint à laisser provisoirement cette discussion en suspens avant de pouvoir la reprendre de manière plus complète dans le prochain chapitre.

II.3.3. Synthèse et perspectives

Pour conclure, je me suis attachée dans ce deuxième chapitre à proposer une étude aussi complète et documentée que possible des différents aspects matériels directement ou indirectement liés aux diagrammes mathématiques paléo-babyloniens et une discussion des informations auxquelles la prise en compte de tels éléments peut nous permettre d'accéder.

II.3.3.1. Synthèse de l'étude matérielle menée dans le chapitre

J'ai tout d'abord décrit en détail un grand nombre de propriétés matérielles générales des tablettes sur lesquelles apparaissent les diagrammes de mon corpus, concernant notamment leur fabrication, leur inscription, leur forme et leurs dimensions, la manière dont le texte y est disposé ou encore leur altération au cours du temps. J'ai ce faisant mis en évidence de premiers résultats portant directement sur les diagrammes, tels que le fait que l'on en rencontre sur des tablettes de formes et de mises en page très variées, le fait que ceux qui accompagnent un texte sont presque toujours situés en haut ou en haut à gauche de la section à laquelle ils se rapportent, le fait que la zone dans laquelle ils se trouvent pouvait dans certains cas faire l'objet d'un traitement différent du reste de la tablette, ou encore le fait qu'ils devaient globalement être produits au même moment que les autres éléments inscrits sur les tablettes. J'ai également, en parallèle, expliqué que l'observation de ces différentes caractéristiques générales des tablettes, même quand elle ne débouche pas sur des résultats directement liés aux diagrammes tels que ceux que je viens de citer, peut, au moins dans la perspective d'une recherche sur le long terme, nous fournir des clés permettant, indirectement, de mieux cerner les différents contextes dans lesquels ces éléments étaient produits.

J'ai ensuite montré comment une comparaison de l'aspect des traits constituant les dessins géométriques à celui d'autres éléments mieux connus, tels que les clous cunéiformes ou les lignes de structure apparaissant sur les tablettes, pouvait nous permettre de reconstituer en

grande partie les instruments et les techniques de tracé employés pour réaliser les diagrammes du corpus. Je suis ainsi arrivée à la conclusion que ceux-ci étaient tracés tantôt avec le calame utilisé pour écrire et tantôt avec un outil muni d'une pointe plus fine, au moyen de trois gestes différents entre lesquels le choix semble s'être fait en fonction des circonstances et du résultat souhaité, et parfois avec l'aide supplémentaire d'une règle et/ou d'un compas. J'ai de plus décrit en détail des indices établis par des assyriologues qui peuvent être adaptés à la reconstitution de la séquence de tracé des dessins géométriques et plus généralement de la séquence de production des diagrammes mathématiques complets, et j'ai expliqué en quoi accéder à ce type d'informations pouvait s'avérer particulièrement utile.

Enfin, j'ai présenté un certain nombre d'indices pouvant nous permettre de repérer des zones des tablettes du corpus dans lesquelles des effacements ont été pratiqués, puis j'ai mis en œuvre ces indices pour observer que les effacements liés aux diagrammes mathématiques étaient relativement courants, et j'ai dégagé de premiers éléments permettant de se rendre compte que ces effacements pouvaient être effectués avec des intentions très variables.

II.3.3.2. Perspectives de prolongements

Il apparaît en outre que, au delà de ce qu'elle nous apprend en elle-même, qui constitue déjà en soi un ensemble de résultats intéressants, cette étude des propriétés matérielles des diagrammes mathématiques paléo-babyloniens laisse entrevoir un certain nombre de retombées plus générales sur l'analyse des rôles joués par ces objets. Toutefois, pour pouvoir exploiter pleinement dans cette optique les données que j'ai commencé à rassembler, plusieurs prolongements au travail présenté dans les pages qui précèdent sont nécessaires.

Tout d'abord, il faudrait reprendre certains des aspects que j'ai discutés de manière plus systématique que ce que j'ai pu faire jusqu'à présent, afin d'obtenir des résultats plus exhaustifs, et, surtout, de pouvoir rechercher des corrélations entre les aspects en question et divers caractéristiques ou éléments de contexte des tablettes. Cela constitue une perspective d'application très utile que pourra avoir, lorsqu'elle sera opérationnelle, la base de données que je suis en train d'élaborer et que je décris dans la section I.3.1. et l'annexe E.

Ensuite, il me semble incontournable, en complément du panorama général dressé ici, de s'attacher à examiner l'ensemble des propriétés matérielles, que j'ai pour l'instant seulement évoquées aspect par aspect, de manière plus cohérente pour certaines tablettes. En effet, le morcellement thématique de l'étude que j'ai proposé en première approche, s'il permet de mettre en lumière de nombreuses tendances générales qu'il est précieux de connaître, ne permet pas d'analyser les cas individuels de manière complète, et il est probable que différents points que je n'ai pas eu l'occasion de mettre en relation les uns avec les autres à l'échelle du corpus dans son ensemble puissent en fait s'éclairer mutuellement et faire émerger des résultats plus précis et plus assurés lorsque l'on prend la peine de tous les examiner en détail et en contexte pour un même document. Je m'efforcerai ainsi de proposer dans la deuxième grande partie de la thèse quelques premiers exemples de telles discussions complètes et approfondies des propriétés matérielles d'une sélection de tablettes.

Enfin, ainsi que je l'ai évoqué à plusieurs reprises à des moments où l'étude matérielle seule atteignait ses limites, les différentes propriétés que j'ai relevées dans ce chapitre, qui sont en elles-mêmes essentiellement descriptives, ne peuvent prendre tout leur sens et révéler toute leur portée qu'en étant mises en relation avec la « teneur » et les fonctions des diagrammes relativement auxquels on les observe. C'est pourquoi je me propose maintenant, dans le troisième et dernier chapitre de cette première grande partie, d'aborder les diagrammes de mon corpus non plus seulement comme de simples objets matériels, ainsi que je l'ai fait dans un premier temps, mais véritablement comme des objets mathématiques à part entière.

Chapitre III

Les diagrammes mathématiques paléo-babyloniens vus comme objets mathématiques

En envisageant, dans le chapitre précédent, les diagrammes mathématiques d'époque paléo-babylonienne sous l'angle de leur matérialité, nous avons mis en lumière des informations importantes sur les documents au sein desquels ils apparaissaient, la manière dont ils étaient réalisés et certaines opérations textuelles qui étaient effectuées en lien avec eux. Néanmoins, il s'est avéré qu'une telle étude permettait d'accéder à une connaissance essentiellement descriptive de ces aspects et qu'il était nécessaire, à la fois pour exploiter pleinement les données ainsi rassemblées et pour avancer plus généralement vers une meilleure compréhension de l'utilisation de ces diagrammes, de considérer ces derniers, de manière plus complète, comme les objets mathématiques, ayant un sens mathématique et s'inscrivant dans le cadre d'activités mathématiques, qu'ils sont réellement.

Ce nouveau point de vue donne lieu à de nombreuses questions, essentielles, dont les principales peuvent en première approche être formulées de la manière suivante : Dans le cadre de quels types d'activités mathématiques les diagrammes de mon corpus étaient-ils utilisés ? Que représentaient-ils, et de quelle manière le représentaient-ils ? Quelles informations véhiculaient-ils ? Grâce à quels dispositifs parvenaient-ils à faire passer ces messages d'une manière compréhensible par un éventuel lecteur ou observateur ? De quelle manière ceux qui apparaissent en relation avec des textes discursifs interagissaient-ils avec ces textes ? Comment leur temporalité s'articulait-elle à celle de ces textes ? Quels rôles jouaient-ils dans l'élaboration et/ou la formulation des raisonnements mathématiques ? Étaient-ils liés d'une manière ou d'une autre aux configurations géométriques impliquées dans les raisonnements figuratifs au moyen desquels J. Høyrup propose de rendre compte de nombreuses procédures de résolution de problèmes mathématiques ? Étaient-ils associés à des pratiques n'ayant pas laissé de traces écrites telles que des récitations orales ou des manipulations d'objets extérieurs aux tablettes ? Plus généralement, en quoi leur étude est-elle susceptible d'apporter de nouveaux éclairages sur les pratiques mathématiques dont attestent les sources cunéiformes ?

Pour identifier ces différentes grandes questions ainsi que de nombreuses questions plus précises qui en découlent, puis pour développer des réflexions plus étoffées autour de chacune d'entre elles, je me suis fondée d'une part sur les remarques faites par de précédents historiens des mathématiques cunéiformes dans quelques brèves discussions consacrées à ces éléments ou au fil de travaux portant sur de tout autres sujets, qui soulignent de premières particularités intéressantes bien qu'elles restent relativement superficielles, et d'autre part sur une sélection d'une vingtaine d'articles et de nombreux exposés d'histoire et philosophie des sciences portant sur les diagrammes rencontrés dans d'autres documentations mathématiques anciennes, qui sont incomparablement plus riches et montrent comment il est possible d'élaborer des études approfondies de ces objets et de les utiliser comme fenêtres sur les raisonnements et pratiques mathématiques de manière plus générale.¹

1. J'ai recherché de manière aussi systématique que possible les discussions consacrées aux diagrammes dans des travaux d'histoire des mathématiques cunéiformes, qui constituent l'état de l'art de mon sujet au sens le plus strict ; celles-ci consistent essentiellement en quelques colonnes dans l'entrée « Mathematik » du *Reallexikon der Assyriologie* ([FRIBERG1987] pages 565-568), une sous-partie de quelques pages intitulée « Drawings? Manifest or mental geometry? » dans le principal livre de J. Høyrup ([HØYRUP2002] pages 103-107), une partie de quelques pages intitulée « Greek lettered diagrams vs. OB metric algebra diagrams » dans un

Cependant, les recherches appelées par ces différentes questions dépassent de loin ce qui est réalisable dans une thèse, et il convient ainsi de signaler d'emblée que ce chapitre, très différent des deux premiers, consiste plutôt – hormis sur quelques rares points – en une ébauche de projet de recherche, contextualisée et argumentée sur la base de mes lectures et de premières observations générales, qu'en une présentation de recherches déjà effectuées. Une telle approche, sur des questions qui sont au cœur même de mon sujet, peut paraître surprenante. Toutefois, elle s'est peu à peu imposée à moi au cours de mon travail, pour deux raisons principales. Tout d'abord, je me suis rapidement rendu compte que les perspectives ouvertes par les premières lectures sur les diagrammes mathématiques apparaissant dans d'autres documentations anciennes que j'ai faites durant la préparation de mon mémoire de master et les premiers mois de ma thèse, aussi prometteuses qu'elles soient, étaient difficilement transposables à la documentation que j'étudie, et que je ne pourrais en mesurer la pleine portée et les exploiter réellement dans le cadre de mon propre travail qu'une fois que je j'aurais, forte des premières idées que j'en avais tirées, acquis une connaissance d'ensemble beaucoup plus fine de mon propre corpus. Or, la recherche d'une telle connaissance, qui m'a conduite à diversifier les points de vue sur mon objet d'étude et a entre autres donné lieu à tous les autres chapitres de cette thèse, m'a accaparée plusieurs années durant – et est évidemment encore en cours – et ne m'a guère laissé le temps de procéder, une fois mieux outillée, à de nouvelles lectures et des réflexions d'ensemble sur les questions initiales. De plus, et sur un plan encore plus fondamental, ma conviction personnelle, issue des résultats préliminaires mis au jour dans mon mémoire de master, est que, contrairement à celles abordées dans les deux premiers chapitres, qui pouvaient au moins en première intention être traitées à l'échelle du corpus dans son ensemble, les questions ayant trait à la teneur et aux fonctions mathématiques des diagrammes appellent une prise en compte beaucoup trop fine de leurs particularités individuelles et du contenu des documents dans lesquels ils apparaissent pour qu'il soit possible de les aborder sérieusement dans un autre cadre que celui d'études de cas détaillées.²

Dans les pages qui suivent, je présente ainsi les questionnements que je suis en train de construire en confrontant mes lectures sur les diagrammes d'autres documentations mathématiques anciennes aux particularités des diagrammes paléo-babyloniens, ainsi que quelques premiers résultats provisoires qui ont déjà été suggérés ou qu'il me semble malgré tout possible d'énoncer prudemment dès à présent en réponse à certaines de ces questions. Je regroupe pour cela les aspects abordés en deux grands groupes. Dans une première partie, je développe

livre plus tardif de J. Friberg ([FRIBERG2007b] pages 2-6), et des remarques éparées dans diverses publications, que je mentionnerai au cas par cas dans la suite. Les principaux travaux portant sur – ou traitant entre autres de – diagrammes dans d'autres documentations mathématiques que j'ai étudiés, et qui forment une sélection permettant de représenter des contextes relativement variés, sont, par ordre alphabétique de leurs auteurs, [CHARETTE2012], [CHEMLA2005], [CHEMLA2010], [CHEMLA2018], [CROZET1999], [DEYOUNG2009], [DEYOUNG2011], [DEYOUNG2012], [GIAQUINTO2015], [KELLER2005], [KELLER2012], [NETZ1999], [NETZ2004], [NETZ2012], [RAYNAUD2014], [SAITO2013], [SAITO&SIDOLI2012], [SHIN&al2013] et [ZHOU2018]. J'ai bien conscience que cette sélection est très partielle, et qu'il existe de nombreux autres articles, notamment plus récents, portant sur des périodes moins anciennes, traitant de disciplines connexes aux mathématiques, ou adoptant des points de vue plus philosophiques ou inspirés des sciences cognitives, dont la lecture aurait également pu être très profitable à mon travail, mais que je n'ai pas eu le temps de consulter pour les raisons exposées plus loin ; on peut par exemple citer parmi ces travaux, toujours par ordre alphabétique, ceux de F. Acerbi, C. Carman, J. Carter, S. De Toffoli, M. G. Dondero, V. Giardino, M. W. Johansen, J. C. Kennedy, E. Lee, P. Mancosu, D. Manolova, J. Mumma, M. Panza, L. Safran et D. Waszek, qu'il sera intéressant de prendre en compte pour poursuivre les recherches commencées ici. Enfin, les exposés auxquels je fais référence sont principalement des communications données dans des séminaires de recherche du laboratoire SPHère et dans quelques colloques internationaux, qu'il m'est impossible de tous citer et de rattacher précisément dans la suite aux idées qu'ils ont pu m'inspirer, mais qui ont contribué de manière non négligeable à nourrir ma réflexion en complément des lectures.

2. Voir [REYNAUD2016], ainsi que l'introduction générale et l'introduction du chapitre IV de cette thèse.

les différentes questions liées aux informations véhiculées par les diagrammes mathématiques de mon corpus, en m'interrogeant notamment sur la nature de ces informations et la manière dont celles-ci sont transmises à d'éventuels lecteurs ou observateurs. Puis, dans une deuxième partie, je développe des questions plus générales ayant trait à la place de ces diagrammes dans les pratiques mathématiques, en m'interrogeant notamment sur la nature des activités dans le cadre desquelles ils ont été produits, les rôles qu'ils jouaient dans les raisonnements et la manière dont ils s'articulaient aux éventuels textes discursifs présents à leurs côtés.

III.1. Informations véhiculées par les diagrammes mathématiques

Les diagrammes mathématiques, qu'ils aient été destinés à des lecteurs ou observateurs ou simplement à l'usage personnel de ceux qui les ont produits, renferment et peuvent transmettre un certain nombre d'informations. Dans cette première partie, je développe des questions liées à la nature des informations véhiculées par les diagrammes de mon corpus et à la manière dont ils parviennent à les véhiculer, en considérant tour à tour plusieurs aspects que j'ai commencé à mentionner mais n'ai analysés que de manière très partielle dans le premier chapitre, à savoir les objets qu'ils représentent, le contenu et la position de leurs inscriptions, leurs caractéristiques métriques et géométriques, et enfin leur orientation.

III.1.1. Objets montrés et objets représentés par les diagrammes

Avec le vocabulaire que j'ai défini dans la section I.1.1., les diagrammes mathématiques, qui sont constitués d'un *dessin géométrique* et d'*inscriptions* portées sur ce dessin, *montrent des configurations géométriques* composées de *formes géométriques (élémentaires)* et de *lignes intérieures*, et *représentent des objets* qui peuvent être concrets ou abstraits. Les premières questions qui se posent quant aux informations qu'ils véhiculent sont ainsi celles des configurations géométriques qu'ils montrent, des objets qu'ils représentent à travers ces configurations géométriques, et de la façon dont ils représentent ces objets.

III.1.1.1. Configurations géométriques montrées par les diagrammes

J'ai déjà traité de manière relativement complète dans le premier chapitre la première de ces trois questions, à savoir celle des configurations géométriques montrées par les diagrammes. Sans reprendre tous les détails des résultats que j'ai obtenus à cette occasion, qui peuvent principalement être retrouvés dans les sections I.2.2.1 et I.3.4.1, il me semble utile d'en rappeler brièvement les grandes lignes afin de les avoir présentes à l'esprit pour la suite de la discussion.

J'ai établi que les configurations géométriques montrées par les diagrammes mathématiques paléo-babyloniens étaient dans la très grande majorité des cas – au moins étant donnée la manière dont j'ai choisi de délimiter mon corpus, qui conditionne fortement cet aspect – des configurations géométriques relativement simples. En effet, en dehors des diagrammes de la tablette particulière BM 15285 et de quelques diagrammes provenant de régions voisines de la Babylonie, celles-ci font intervenir seulement six formes géométriques élémentaires différentes (des trapèzes, des triangles, des cercles, des rectangles, des carrés et des segments de cercle), isolées ou dans quelques rares cas assemblées en étant placées les unes à l'intérieur des autres, et souvent munies de lignes intérieures prises parmi seulement quelques types différents (transversales, longitudinales, diagonales, diamètres, cordes).

III.1.1.2. Objets représentés par les diagrammes

Dans les cas où les diagrammes sont accompagnés d'un texte discursif, qui consiste alors systématiquement en un problème résolu ou un énoncé de problème, celui-ci commence généralement par une sorte de « mot-clé » qui indique sur quel objet porte le problème, et il apparaît souvent que l'objet désigné par ce « mot-clé » doit également correspondre à l'objet représenté par le diagramme.³

Parmi les 92 diagrammes de mon corpus qui apparaissent sur une tablette comportant également du texte discursif, il y en a 79 pour lesquels il me semble possible d'identifier assez clairement de cette manière l'objet représenté à travers la configuration géométrique montrée, ou du moins 52 si l'on exclut toujours ceux de la tablette particulière BM 15285 qui relèvent clairement d'une intention différente des autres et modifient assez considérablement l'image d'ensemble en raison de leur nombre très important. Il s'avère que, sur ces 52 diagrammes, 29, soit un peu plus de la moitié, représentent simplement un objet géométrique abstrait, qui est le plus souvent la forme géométrique « principale » de la configuration géométrique qu'ils montrent, mais que 23 d'entre eux, soit un peu moins de la moitié, représentent en fait un objet concret.

Les objets concrets ainsi représentés sont, par ordre décroissant de fréquence, des murs ou des terre-pleins (pour six diagrammes apparaissant sur deux tablettes différentes), des portes (pour cinq diagrammes apparaissant sur une même tablette), des rampes (pour trois diagrammes apparaissant sur une même tablette), des canaux (pour deux diagrammes apparaissant sur deux tablettes différentes), une ville (probablement pour deux diagrammes apparaissant sur deux tablettes différentes), une digue (pour un unique diagramme), un éperon fluvial (pour un unique diagramme), un abreuvoir (pour un unique diagramme), un cèdre (pour un unique diagramme), et possiblement un champ (pour un unique diagramme).

Lorsque l'on regarde les diagrammes représentant ces objets concrets, dont j'ai rassemblé une sélection représentative dans la figure III.1 sur la page suivante, on constate que ceux-ci sont visuellement très similaires à ceux représentant des objets géométriques abstraits. Par exemple, les diagrammes représentant des portes ont simplement l'apparence d'un dessin de rectangle avec une diagonale, les diagrammes représentant des murs de terre ont simplement l'apparence de trapèzes ou de triangles avec une ou plusieurs transversales, l'un des diagrammes représentant un canal a simplement l'apparence d'un rectangle avec des longitudinales, l'un des diagrammes représentant une ville a simplement l'apparence de cercles concentriques, etc.

3. L'affirmation selon laquelle l'objet représenté par le mot-clé est bien l'objet représenté par le diagramme peut mériter d'être davantage discutée dans certains cas. J'y reviendrai à plusieurs reprises au cours de ce chapitre, et je m'attarderai également sur ce point de manière plus argumentée dans les études de cas de la deuxième grande partie, notamment celle de la tablette MS 3052 dans le chapitre VI.

4. Les trois premières images sont des gros plans sur des photographies de la face (pour la première) et du revers (pour les deux suivantes) de la tablette BM 85196 accessibles dans la base de données du British Museum, à l'adresse <https://www.britishmuseum.org/collection/object/W_1899-0415-3> (dernier accès le 18 août 2023). La quatrième est un gros plan sur une photographie du revers de la tablette VAT 6598 qui a été réalisée et m'a été envoyée par O. M. Teßmer du Vorderasiatisches Museum. La cinquième est un gros plan sur une photographie de la face de la tablette LB 1821 accessible dans la base de données du CDLI, à l'adresse <<https://cdli.mpiwg-berlin.mpg.de/artifacts/368700>> (dernier accès le 18 août 2023). La sixième est un gros plan sur une photographie de la face de la tablette MS 3052 également accessible dans la base de données du CDLI, à l'adresse <<https://cdli.mpiwg-berlin.mpg.de/artifacts/252064>> (dernier accès le 18 août 2023). Notons en outre qu'il m'a semblé pertinent de pivoter les diagrammes d'un quart de tour vers la droite sur cette illustration, pour des raisons que j'exposerai dans la section III.1.4. ci-après.

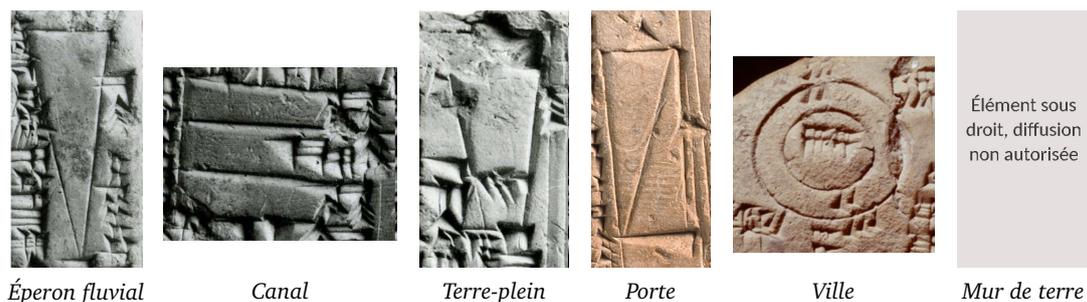


FIGURE III.1. Exemples de diagrammes du corpus représentant des objets concrets⁴

En particulier, il apparaît que les scribes ne recouraient à aucune technique picturale visant à rendre les objets concrets représentés par les diagrammes mathématiques reconnaissables en l'absence de texte, ni même à distinguer plus basiquement les dessins géométriques représentant des objets concrets de ceux représentant des objets géométriques abstraits.⁵ Cette situation peut notamment être visualisée de manière très claire à travers les trois images de la figure III.2 ci-dessous, qui montrent respectivement un diagramme mathématique représentant un trapèze (à gauche), un diagramme mathématique représentant un cèdre (au milieu) et un dessin représentant un arbre trouvé sur une tablette administrative contenant un inventaire de denrées (à droite) : il est frappant de constater que le dessin géométrique du diagramme représentant le cèdre est en tous points identique à celui du diagramme représentant le trapèze et n'a en revanche absolument rien en commun avec le dessin d'arbre.

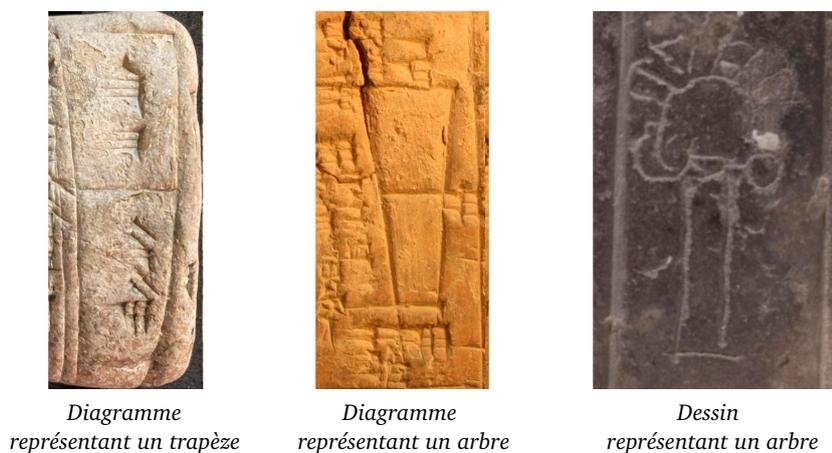


FIGURE III.2. Allure d'un diagramme du corpus représentant un arbre⁶

5. Sur les techniques picturales employées dans le cadre des dessins réalisés sur les tablettes d'argile cunéiformes, voir la section II.2.1.4 du chapitre précédent.

6. La première image est un gros plan sur une photographie de la tablette BNUS 367 qui a été réalisée par J. Jawdat à la Bibliothèque Nationale et Universitaire de Strasbourg. La deuxième est un gros plan sur une photographie de la face de la tablette VAT 8522 qui a été réalisée par C. Proust au Vorderasiatisches Museum. La troisième est un gros plan sur une photographie de la tablette BM 83400 accessible dans la base de données du British Museum, à l'adresse <https://www.britishmuseum.org/collection/object/W_1883-0121-563> (dernier accès le 2 avril 2024). Notons en outre qu'il m'a semblé pertinent de pivoter pour cette comparaison les deux premières images d'un quart de tour vers la droite, pour des raisons que j'exposerai dans la section III.1.4. ci-après. Par ailleurs, il est vrai que le dessin d'arbre trouvé sur la tablette administrative est beaucoup plus récent que les deux diagrammes mathématiques, puisqu'il date de la fin du premier millénaire avant notre ère, mais il me semble que c'est réellement la différence de genre de texte et non de date qui est à l'origine de la différence ob-

Cette observation a plusieurs conséquences importantes.

Tout d'abord, elle montre qu'il existe, même lorsque les objets représentés sont les mêmes, une différence fondamentale entre les diagrammes apparaissant sur les tablettes mathématiques et des dessins apparaissant sur des tablettes d'autres types, et cette différence constitue un premier élément tendant à indiquer que les diagrammes mathématiques paléo-babyloniens sont à considérer, en un sens qui reste encore à préciser, comme des « dessins techniques ». ⁷

Ensuite, elle entraîne qu'il est impossible, dans le cas des diagrammes mathématiques non accompagnés de texte, de déterminer l'objet représenté à travers la configuration géométrique montrée. Il est possible que certains d'entre eux aient été produits dans le cadre d'exercices, oraux par exemples, qui portaient sur des objets concrets, sans que nous n'ayons de moyen de le percevoir à l'heure actuelle.

Par ailleurs, elle fait apparaître que les diagrammes mathématiques paléo-babyloniens sont, sur ce point, différents des diagrammes mathématiques presque contemporains d'Égypte antique, puisque G. de Young a montré que ceux d'entre eux qui représentaient des pyramides se présentaient sous la forme de triangles qui, contrairement aux autres triangles dessinés sur les mêmes papyrus, étaient posés sur une base en forme de rectangle (probablement destinée à évoquer les fondations de pierre sur lesquelles les pyramides étaient généralement construites), présentaient une petite zone noircie à leur sommet supérieur (probablement destinée à évoquer le pyramidion qui couvrait ordinairement la pointe des pyramides), et avaient parfois des contours dédoublés. ⁸

Enfin, elle me semble révélatrice de certains rôles que jouaient et ne jouaient pas les diagrammes mathématiques paléo-babyloniens, comme j'aurai l'occasion de le discuter plus loin dans ce chapitre.

III.1.1.3. Cas particulier des objets tridimensionnels

Parmi les objets concrets représentés par les diagrammes mathématiques de mon corpus – et seulement parmi eux, d'ailleurs, et non parmi les objets géométriques abstraits –, un certain nombre sont des objets tridimensionnels. ⁹ On peut alors se demander de quelle manière ces objets tridimensionnels étaient représentés, et en quoi cette manière différait de celle dont étaient représentés les objets bidimensionnels.

servée, comme on le voit d'ailleurs en partie aux exemples de diagrammes mathématiques postérieurs à l'époque paléo-babylonienne montrés par la figure I.29 du premier chapitre et comme le confirmera probablement davantage l'édition de nouveaux diagrammes mathématiques d'époque babylonienne tardive sur laquelle est en train de travailler M. Ossendrijver.

7. Voir la section II.2.1.4 du chapitre précédent pour une présentation succincte des dessins « non techniques » apparaissant sur diverses tablettes cunéiformes et des références à ce sujet.

8. Voir [DEYOUNG2009] *passim*, et notamment page 328 où l'on trouve une photographie de tels diagrammes mathématiques représentant des pyramides sur le papyrus mathématique de Rhind. Notons que G. de Young mentionne en outre une différence d'orientation, mais sur laquelle je ne m'attarde pas ici dans la mesure où elle fait plutôt écho à des propriétés que j'aborderai plus loin.

9. On peut s'interroger sur les raisons pour lesquelles on trouve des représentations d'objets tridimensionnels seulement parmi les objets concrets et pas parmi les objets géométriques abstraits. J. Friberg suggère que cette manière de voir les choses soit en fait biaisée, et que l'étude des objets géométriques tridimensionnels ait toujours été présentée sous l'angle de l'étude d'objets concrets ayant la forme correspondante car les objets géométriques tridimensionnels ne disposaient pas de noms abstraits génériques comme en avaient les objets géométriques plans : « *Plane geometric figures (...) in cuneiform mathematical texts (...) tend (...) to have neutral names describing only the appearance of the figure. Solid objects, on the other hand, do not have such neutral names, and they are practically never considered as abstract mathematical constructions. Instead, they are studied in their roles as 'bricks', 'excavations', 'containers', 'reed bundles', etc.* » (voir [FRIBERG1987] page 566).

Il a été relevé par J. Friberg et G. de Young que les représentations d'objets tridimensionnels d'époque paléo-babylonienne ne recouraient à aucune forme de perspective, et ne semblaient plus généralement pas chercher à rendre visuellement l'idée de volume. Le premier a ainsi par exemple écrit à ce sujet que « *The drawings (of three-dimensional objects) are, at best, simple projections without perspective.* », et le second que « *Neither the Mesopotamian nor the Egyptian geometrical tradition produced diagrams that attempt to present three dimensions. The scribes (...) made no effort to produce anything other than two-dimensional schematic representations.* ».¹⁰ On remarque effectivement, si l'on se reporte à la figure III.1 ci-dessus, que, de la même manière que les dessins géométriques représentant des objets concrets sont indistinguables de ceux représentant des objets abstraits en l'absence d'indications fournies par le texte les accompagnant, les dessins géométriques représentant des objets tridimensionnels sont en eux-mêmes indistinguables de ceux représentant des objets bidimensionnels.

La façon dont les diagrammes mathématiques paléo-babyloniens représentent les objets tridimensionnels n'en est pas moins intéressante à étudier, et il semble, même si cette première liste est très imprécise et que des études plus poussées de toutes les tablettes concernées seraient nécessaires pour pouvoir analyser cet aspect de manière réellement satisfaisante et percevoir toutes les subtilités de chacun des cas mentionnés, que les approches adoptées pour ce faire aient été particulièrement variées. Certains des diagrammes représentant des objets tridimensionnels correspondent à des « vues de dessus » des objets considérés, comme par exemple celui qui représente une ville et son agrandissement en montrant deux cercles concentriques sur la tablette LB 1821, celui qui représente un canal avec des écluses en montrant un rectangle muni de transversales sur la tablette Erm 15073, ou encore celui qui représente un éperon fluvial en montrant un triangle sur la tablette BM 85196.¹¹ D'autres diagrammes correspondent à des « vues de côté » ou des « vues en coupe » faisant apparaître une face ou une section de ces objets, comme ceux qui représentent des murs de terre en montrant des trapèzes ou triangles munis de transversales sur la tablette MS 3052 ou celui qui représente une digue en montrant un triangle sur la tablette Erm 15073.¹² Par ailleurs, au moins un diagramme, à savoir celui qui représente un terre-plein en montrant un trapèze muni de deux transversales sur la tablette BM 85196, correspond à une sorte de « vue composite » de cet objet faisant apparaître simultanément des faces qui ne peuvent normalement pas être vues en même temps, un peu comme s'il s'agissait d'un patron partiel déplié et schématisé.¹³ Enfin, au moins un diagramme, à savoir celui qui « représente » un canal et son agrandissement en montrant un rectangle avec deux longitudinales sur la tablette BM 85196, ne semble correspondre à aucune vue réelle de cet objet et simplement consister en un arrangement spatial cohérent mais non figuratif des valeurs numériques impliquées dans le problème associé.¹⁴

On constate d'ailleurs que plusieurs de ces manières de faire peuvent avoir été mobilisées pour les différents diagrammes d'une même tablette, comme c'est notamment le cas de la tablette BM 85196 que j'ai citée à trois reprises dans les exemples ci-dessus, ce qui montre que d'éventuelles limitations techniques ou picturales ne sauraient expliquer à elles seules la façon dont les scribes représentaient les objets tridimensionnels dans le cadre des problèmes

10. Les citations sont tirées de [FRIBERG1987] page 567 et [DEYOUNG2009] page 337.

11. Voir [LEEMANS&BRUINS1951] et [FRIBERG&AL-RAWI2016] pages 373-375 pour le premier exemple, [FRIBERG1987] page 567 pour le deuxième, et [NEUGEBAUER1935b] pages 43-59, [FRIBERG1987] page 567 et [ROBSON2008a] page 351 (note 33) pour le troisième.

12. Voir [FRIBERG2007a] pages 254-278 et tout le chapitre VI de la thèse pour le premier exemple, et [FRIBERG1987] page 567 pour le deuxième.

13. Voir [NEUGEBAUER1935b] pages 43-59 et [ROBSON2008a] page 351 (note 33) pour cet exemple.

14. Voir [NEUGEBAUER1935b] pages 43-59 et [ROBSON2008a] page 351 (note 33) pour cet exemple.

mathématiques et que celle-ci procédait vraisemblablement au moins en partie d'un choix délibéré répondant à des objectifs et/ou des contraintes qui n'étaient pas toujours les mêmes.

III.1.1.4. Pistes d'étude du corpus ouvertes par cette discussion

Toute la discussion présentée dans cette section nous invite à étudier de manière plus systématique et plus précise, à propos des différents diagrammes du corpus, les questions suivantes : Quelle est la configuration géométrique montrée par le diagramme ? Appartient-elle au répertoire standard identifié dans le premier chapitre, et, si non, en quoi s'en distingue-t-elle ? Est-il possible d'identifier l'objet représenté à travers cette configuration géométrique ? Si oui, s'agit-il d'un objet géométrique abstrait ou d'un objet concret ? Dans le cas où il s'agit d'un objet concret, comment celui-ci est-il représenté ? Le scribe a-t-il eu recours à des techniques picturales pour qu'il soit reconnaissable, et, si oui, lesquelles ? Y a-t-il d'autres éléments qui distinguent ce diagramme de ce qu'il aurait été s'il avait simplement représenté un objet géométrique abstrait ? Si l'objet représenté est de plus tridimensionnel, quel mode de représentation le scribe en a-t-il choisi ? Comment ce mode de représentation semble-t-il avoir exactement fonctionné ? Quels sont ses avantages et ses inconvénients ? Est-il possible d'identifier pourquoi le scribe l'a choisi plutôt qu'un autre dans cette situation ?

Afin d'apporter de premiers éléments de réponse à ces questions, en approfondissant davantage que ce qu'il m'est possible de faire dans cette description d'ensemble, j'étudierai en détail dans le chapitre VI de la deuxième grande partie les diagrammes de la tablette MS 3052, qui représentent des murs de terre, et je discuterai alors de manière réellement contextualisée et argumentée la manière dont les diagrammes sont liés à l'objet auxquels ils renvoient.

III.1.2. Inscriptions présentes sur les diagrammes

Une fois que l'on sait ce que les dessins géométriques composant les diagrammes du corpus sont destinés à représenter, il est naturel de se demander en quoi consistent les inscriptions qui apparaissent sur ces dessins géométriques, quelles informations ces inscriptions transmettent, et de quelle manière elles les transmettent.

III.1.2.1. Nature des inscriptions

Tout comme pour les configurations géométriques montrées, j'ai déjà abordé dans le premier chapitre de la thèse, de manière indissociable de la délimitation de mon corpus, la question de la nature des inscriptions qui apparaissent sur les dessins géométriques composant les diagrammes mathématiques paléo-babyloniens. Sans répéter les détails des résultats mis en évidence à cette occasion, qui sont principalement exposés dans les sections I.2.2.3 et I.3.4.3, il me semble utile d'en rappeler brièvement les principales tendances, qu'il sera profitable d'avoir à l'esprit pour la suite du présent chapitre.

J'ai tout d'abord observé que presque tous les diagrammes de mon corpus comportent des inscriptions, au sens que j'ai donné à ce terme dans la section I.1.1.3. J'ai de plus montré que ces inscriptions consistent le plus souvent en des nombres seuls et dans les autres cas en des nombres accompagnés de groupes nominaux.¹⁵ Enfin, j'ai plus précisément établi que les nombres qu'elles font intervenir sont presque systématiquement exprimés dans le système de numération sexagésimal positionnel flottant, et très rarement sous forme non positionnelle

15. J'ai relevé un unique cas dans lequel une inscription consiste en un mot seul, sans valeur numérique, mais ce cas est très marginal et a un contenu vraiment particulier qui sera discuté dans la section III.2.2.1 ci-après.

ou sous forme de mesure complète, et que, pour celles qui sont concernées, les groupes nominaux qu'elles font intervenir consistent généralement en des termes techniques du vocabulaire mathématique écrits sous la forme de sumérogrammes.

Il me semble de plus utile d'insister sur le fait que, contrairement à ce à quoi un observateur moderne pourrait s'attendre spontanément, les inscriptions décrites ici sont vraiment les seules choses attestées sur les diagrammes de mon corpus en plus des dessins géométriques, et que l'on ne trouve en particulier jamais sur ces diagrammes d'éléments tels que des signes cunéiformes utilisés seulement comme labels, des symboles, des marques volontaires, ou, plus anachroniquement, des lignes en pointillés, des hachures, des accolades, des flèches, des couleurs, etc.¹⁶

III.1.2.2. Signification des inscriptions

Ayant ainsi constaté que la grande majorité des inscriptions qui apparaissent sur les diagrammes consistent en des nombres seuls, qui ne donnent en eux-mêmes aucun renseignement sur ce à quoi ils se rapportent, il est naturel de se demander à quoi elles font référence. Il s'agit là d'une question qui nécessite d'analyser un minimum en détail chaque diagramme, en le mettant en relation avec le texte qui l'accompagne ou au moins en essayant de rentrer dans sa logique interne, et à laquelle je ne peux en conséquence pas apporter de réponse complète. Il semblerait toutefois que la plupart des inscriptions fournissent des indications relatives à la longueur de certaines lignes ou à l'aire de certaines surfaces des configurations géométriques montrées, mais que ce ne soit pas une règle absolue et que d'autres, bien que moins fréquentes, fournissent des indications portant sur des dimensions des objets représentés qui ne sont pas visibles sur les dessins, sur des données plus complexes relatives à ces objets, ou encore sur des constantes générales utiles dans la situation considérée.¹⁷

III.1.2.3. Conventions de placement des inscriptions

Une fois que l'on sait à quoi les différentes inscriptions font référence, on constate rapidement que leur placement sur les dessins géométriques n'a pas été fait au hasard mais suit certains schémas réguliers, qui avaient déjà été relevés par J. Friberg et que j'ai pu confirmer dans un certain nombre de cas que j'ai examinés.¹⁸ Les inscriptions indiquant la longueur d'une ligne directement visible sur le dessin géométrique sont généralement placées le long de cette ligne, parfois en étant écrites de bas en haut ou en oblique afin de suivre sa direction, assez proches d'elle ou parfois même en s'appuyant sur elle ou en la chevauchant, et le plus souvent à l'extérieur des formes géométriques. Celles indiquant l'aire d'une surface directement visible sur le dessin géométrique sont au contraire généralement placées à l'intérieur de la forme géométrique correspondante, presque systématiquement horizontalement, et souvent aussi loin que possible des lignes situées autour.

La régularité avec laquelle ces manières de positionner les inscriptions relatives à des longueurs de lignes ou des aires de surfaces visibles sur les dessins géométriques semblent être respectées – même si ce point mériterait de faire l'objet d'une étude plus systématique – suggère l'existence de « conventions de placement », au moins implicites ou même inconscientes,

16. Cet aspect a déjà été en partie souligné par J. Friberg, dans [FRIBERG1987] pages 565.

17. Sur le fait que certaines inscriptions apparaissant sur les diagrammes font référence à des constantes générales, voir plusieurs remarques dans les travaux d'E. Robson, notamment dans [ROBSON1999] page 185, [ROBSON2004] page 19 et [ROBSON2008a] page 110.

18. Voir [FRIBERG2007a] page 189 et [FRIBERG2007b] page 4. J. Friberg indique de plus que cette manière de placer les inscriptions est semblable à celle que l'on rencontre dans les diagrammes des papyrus mathématiques égyptiens et grecs de certaines époques.

qui auraient permis aux scribes de faire comprendre à un lecteur familier de la documentation, facilement et sans recours à des éléments extérieurs, à quoi les différents nombres portés sur les dessins géométriques se rapportaient.¹⁹ Elles nous permettent d'ailleurs également, à l'heure actuelle, de comprendre à quoi correspondent les valeurs numériques figurant sur de nombreux diagrammes du corpus qui ne sont pas accompagnés d'un texte discursif susceptible de nous éclairer sur ce point – bien que cela ne suffise pas toujours, par exemple dans les cas de certains diagrammes d'exercices scolaires particulièrement brouillons, de diagrammes comportant un nombre particulièrement important d'inscriptions ou encore de diagrammes présentant des situations particulièrement complexes.

III.1.2.4. Quelques exceptions intéressantes

Il est alors intéressant de revenir, en ayant conscience de ces conventions de placement, aux inscriptions qui ne consistent pas comme la plupart en des nombres seuls. En effet, il s'avère que les inscriptions, relativement rares, qui comportent un groupe nominal, se rapportent très souvent à un élément qui n'est pas directement visible sur le dessin géométrique, tel que le volume d'un objet tridimensionnel (ajout après le nombre en question du terme « SAḤAR » qui désigne le volume), une longueur de la troisième dimension d'un objet tridimensionnel dont seule est montrée une section (ajout après le nombre en question d'un terme comme « UŠ » qui désigne le flanc), une donnée plus complexe telle que la différence entre deux longueurs (ajout après le nombre en question du terme « DIRIG » qui désigne l'excédent), etc.

Il est ainsi raisonnable d'avancer – même si une étude plus exhaustive serait ici encore souhaitable – que les groupes nominaux présents dans ces inscriptions ont été ajoutés par le scribe précisément dans le but de rendre claire la signification des valeurs numériques associées en dépit du fait que celle-ci ne puisse pas être indiquée par leur seul placement comme dans les cas communs décrits dans la section précédente. Le recours à de tels groupes nominaux apparaît d'ailleurs comme l'une des seules solutions à sa disposition pour ce faire étant donné que, aucun élément auxiliaire non textuel n'étant jamais employé dans les diagrammes, comme je l'ai signalé plus haut, les seules ressources qui pouvaient être mobilisées afin de faire comprendre à quoi se rapportait une inscription donnée étaient sa position sur le dessin et son contenu lui-même.

III.1.2.5. Pistes d'étude du corpus ouvertes par cette discussion

Les premières tendances décrites dans cette section nous encouragent à nous poser de manière systématique, à propos de chaque inscription de chaque diagramme du corpus, les questions suivantes : L'inscription apparaît-elle à l'intérieur ou à l'extérieur du dessin ? À quel endroit précisément ? Comment est-elle orientée ? Est-ce l'une des orientations standard identifiées dans le premier chapitre ? Se trouve-t-elle près de, ou le long d'une ligne en particulier ? Si oui, touche-t-elle, s'appuie-t-elle sur, ou chevauche-t-elle cette ligne ? Par ailleurs, en quoi son contenu consiste-t-il ? Relève-t-il d'un des types de contenus standard identifiés dans le premier chapitre ? Peut-on identifier à quoi il fait référence ? Si oui, s'agit-il d'une longueur, d'une aire ou d'une donnée moins courante ? Peut-on mettre en relation l'information que délivre l'inscription avec la manière dont elle est positionnée sur le dessin ? Enfin, si certaines de ses caractéristiques ne sont pas habituelles, peut-on en comprendre les raisons ?

Les différentes études de cas que je propose dans la deuxième grande partie, et en particulier celle de la tablette MS 3052 dont les diagrammes comportent plusieurs inscriptions

19. Une estimation précise de la régularité avec laquelle les placements décrits sont respectés, accompagnée d'un recensement complet des exceptions, serait utile pour préciser et nuancer cette ébauche d'analyse.

dont le contenu n'est pas standard, me fourniront une occasion de commencer à approfondir la réflexion autour de ces questions que j'ai esquissée ici.

III.1.3. Inexactitude métrique et géométrique des diagrammes

Maintenant que nous savons quelles informations véhiculent les inscriptions présentes sur les diagrammes, nous pouvons les confronter à celles que véhiculent ou semblent à première vue véhiculer les dessins géométriques en nous penchant plus en détail sur les propriétés de ces derniers.

III.1.3.1. Des dessins au tracé peu précis

Une première propriété que l'on peut remarquer est que les dessins géométriques constituant les diagrammes mathématiques paléo-babyloniens sont le plus souvent peu précis. En effet, il est entre autres courant que des lignes théoriquement droites correspondant à des côtés de polygones y soient tracées avec une certaine courbure (au delà de l'impression qui nous est donnée par le fait que les tablettes sont souvent bombées), que ces lignes ne s'intersectent pas exactement aux sommets des formes géométriques, ou bien qu'elles soient au contraire prolongées au delà des points auxquels on peut penser qu'elles étaient supposées s'arrêter.

Cette situation pourrait être qualifiée d'« indifférence à la précision visuelle », une expression formée sur le modèle de celles proposées par des historiens des mathématiques grecques pour faire référence à d'autres caractéristiques des diagrammes, que je mentionnerai plus loin.

Il n'y a aucune raison de penser que ces particularités que nous pourrions être tentés de voir comme des « imperfections » sont dues à une incapacité des scribes à réaliser des dessins plus soignés, puisqu'il existe plusieurs tablettes, telles que les tablettes Sb 13087 et Sb 13088 de Suse ou la tablette BM 15285 de Babylonie, qui présentent des diagrammes beaucoup plus précis vis à vis des différents points mentionnés.

III.1.3.2. Des dessins qui ne sont pas à l'échelle

Une deuxième propriété qui apparaît de manière assez flagrante dans un certain nombre de cas, qui a été constatée et soulignée par de nombreux commentateurs, est que les dessins géométriques composant les diagrammes mathématiques paléo-babyloniens n'étaient le plus souvent pas du tout à l'échelle, c'est-à-dire que leurs proportions ne respectaient pas du tout celles suggérées par les inscriptions figurant auprès d'eux. On trouve cette propriété mentionnée dès 1934 par O. Neugebauer, qui a signalé à propos d'une tablette que « *Der Vergleich mit dem Text zeigt, daß die Zeichnung des Textes maßstäblich absolut falsch ist, eine Beobachtung, die wir auch sonst immer an den Figuren der Texte machen können.* », puis par la plupart des historiens des mathématiques cunéiformes suivants, par exemple par E. Robson, qui a indiqué de manière générale que « *We should not expect, and do not find, accurate scale drawings.* »²⁰

Cette propriété se retrouve d'ailleurs dans les diagrammes mathématiques de nombreuses autres documentations anciennes, telles que les documentations égyptienne, grecque, sanskrite et arabe, et a été qualifiée par les historiens des mathématiques grecques d'« indifférence à l'exactitude métrique » (en anglais « *indifference to metrical accuracy* »).²¹

20. Voir [NEUGEBAUER1934] page 176 pour la première citation et [ROBSON2008a] page 67 pour la seconde. J. Høyrup et J. Friberg ont également souligné cette propriété, par exemple dans [HØYRUP2002] page 103 et [FRIBERG1987] page 565.

21. Voir notamment [DEYOUNG2009] page 331 pour la documentation égyptienne, [SAITO&SIDOLI2012] pages 143-151 et [NETZ2012] pages 165-169 pour la documentation grecque, [KELLER2005] page 283 pour la documentation sanskrite et [CROZET1999] pages 144-145 pour la documentation arabe.

Tout comme pour l'indifférence à la précision visuelle, il n'y a aucune raison de penser que cette manière de faire est liée à une incapacité des scribes à réaliser des dessins plus fidèles. Quelques exceptions montrent d'ailleurs qu'ils pouvaient le faire dans certaines occasions : J. Friberg remarque par exemple que « *Just like the drawing on MS 3051 of an equilateral triangle inscribed in a circle, so the drawing of a symmetric triangle inscribed in a circle on TMS 1 (Sb 13087) is amazingly accurate. It is also made to scale so that the proportions are correct.* », et J. Høyrup déduit de ces occurrences que le fait que la plupart des dessins ne soient pas à l'échelle « *does not mean that the Babylonians were not able to distinguish an oblong rectangle from a square or an angle of 20° from one of 65°* ». ²² Il s'agit donc probablement d'un choix délibéré, que l'on peut tenter d'expliquer et sur lequel je reviendrai dans la section III.1.3.4.

Il faudrait de plus approfondir davantage la question en observant plus précisément si, bien que les proportions globales des formes géométriques ne soient pas respectées, certaines relations plus spécifiques comme les égalités de longueurs et d'aires ou les partages de longueurs et d'aires en deux parties égales le sont au moins dans certains cas – un point qu'il n'est pas possible de traiter rapidement à l'échelle du corpus complet mais sur lequel il me semble intéressant de s'interroger dans les études de cas.

III.1.3.3. Des dessins qui respectent plus ou moins la forme géométrique

Devant cette indifférence à la fois à la précision visuelle et à l'exactitude métrique, on peut se demander si les dessins géométriques composant les diagrammes mathématiques paléobabyloniens respectent au moins la forme d'ensemble des objets qu'ils représentent ou s'ils montrent au contraire, comme un certain nombre de diagrammes de la documentation grecque, une « indifférence à la forme géométrique » (« indifference to geometric shape » en anglais). ²³ La réponse générale qui semble pouvoir être faite à partir d'un survol du corpus, mais qui appelle vraisemblablement un examen beaucoup plus approfondi, est qu'ils respectent effectivement dans les grandes lignes ces formes géométriques. En dehors de quelques cas très particuliers qui mériteraient d'être analysés en détail, comme par exemple celui de la tablette YBC 7359 dans lequel il est possible que des cercles aient été représentés par des dessins montrant des rectangles, et en faisant abstraction du fait déjà signalé que les lignes droites peuvent apparaître sous la forme de lignes légèrement courbes, les entités géométriques envisagées sont globalement bien représentées par des dessins montrant des entités géométriques de même nature. ²⁴

En revanche, il est possible que certains diagrammes présentent ce que les historiens des mathématiques grecques qualifient de « sur-spécification » (« overspecification » en anglais), c'est-à-dire que les objets géométriques qu'ils représentent le soient à travers des dessins qui ont plus de régularités que ce qu'eux-mêmes sont supposés avoir, ou peut-être parfois à l'inverse une « sous-spécification », c'est-à-dire que ces objets géométriques soient représentés à travers des dessins qui ont moins de régularités que ce qu'eux-mêmes sont supposés avoir. ²⁵

22. Voir [FRIBERG2007a] page 210 pour la première citation et [HØYRUP2002] page 105 pour la seconde.

23. Voir [SAITO&SIDOLI2012] pages 143-148 ; des exemples rencontrés dans le cas des diagrammes grecs sont les arcs de parabole représentés par des dessins de cercles ou les segments représentés par des dessins de courbes (à comprendre comme de « vraies » courbes, et pas seulement comme des lignes essentiellement droites présentant une courbure que j'ai mentionnées dans la section précédente).

24. Voir, au sujet de la tablette YBC 7359, [FRIBERG2007a] pages 212-213.

25. Voir [SAITO&SIDOLI2012] pages 140-143 ; des exemples fréquents dans le cas des diagrammes grecs sont les parallélogrammes représentés par des dessins de rectangles ou les triangles quelconques représentés par des dessins de triangles isocèles. Cette même particularité a également été relevée pour certains diagrammes égyptiens, comme mentionné dans [DEYOUNG2009] page 331.

La facette la plus importante de cette caractéristique concerne le rendu des angles droits. J. Høyrup estime que, contrairement aux autres angles, les angles droits dont le caractère droit est utile dans les raisonnements apparaissent effectivement sur les dessins avec leur ouverture correcte.²⁶ Néanmoins, ce point me semble soulever beaucoup plus de difficultés que ce que cette affirmation peut laisser penser.

Une première difficulté est celle de savoir quel sens pouvait avoir la notion d'« angle droit » dans le contexte paléo-babylonien. On ne rencontre en effet jamais dans les textes d'éléments pouvant laisser penser qu'une notion générale d'angle était conçue par les scribes de cette époque, et, s'il est probable qu'une distinction ait en revanche été perçue entre les angles droits – qui sont notamment liés à la forme du rectangle, aux calculs d'aires et à l'utilisation de la « règle de la diagonale » – et les autres, les contours exacts de cette distinction restent assez flous.²⁷

Une deuxième difficulté, même en admettant l'idée vraisemblable que les scribes faisaient bien le lien entre la forme visuelle d'angle droit et la possibilité de calculer des aires par multiplication, vient du fait qu'il est très compliqué de cerner dans quelle mesure ils considéraient que cette condition devait être remplie ou dans quelle mesure ils considéraient qu'il était acceptable de procéder de la même manière quand elle ne l'était pas.

Enfin, une troisième difficulté vient du fait qu'il est très difficile pour les historiens de percevoir précisément les informations véhiculées par le vocabulaire technique et donc de mettre en relation ce que l'on observe sur les dessins et ce qui semble avoir été envisagé.

Je pense, à titre personnel, que toutes ces questions tournant autour des angles droits touchent à l'un des aspects des mathématiques paléo-babyloniennes dont les nuances et les implications exactes sont les moins bien comprises à l'heure actuelle – et sur lequel l'étude des diagrammes pourrait peut-être, à terme, apporter un éclairage instructif – et que la plus grande prudence s'impose donc vis à vis de ce sujet. Malgré tout, au moins une remarque générale très intéressante peut être faite : sur certaines tablettes présentant des séries de diagrammes semblables les uns aux autres et que rien, dans les inscriptions qui y sont portées et les calculs qui semblent avoir été effectués en lien avec eux, ne permet de distinguer les uns des autres (notamment des séries de trapèzes divisés en bandes par des transversales et portant aux mêmes endroits des inscriptions de contenu similaire, comme illustré par la figure III.3 sur la page suivante), il arrive que l'allure des formes géométriques montrées varie, et que celles-ci aient l'air tantôt rectangles et tantôt non rectangles sans que cela ne semble procéder d'une intention de les montrer spécifiquement comme telles. Cela tend à indiquer que la présence d'un angle qui paraît droit ou ne paraît pas droit sur un dessin géométrique n'est pas toujours significative, et donc que certains diagrammes pourraient bel et bien être sur-spécifiés ou sous-spécifiés sur ce point.

26. Voir [HØYRUP2002] page 103 ; le passage en question traite de plans de terrain et non pas de diagrammes mathématiques, mais l'auteur explique par la suite que les diagrammes mathématiques présentent selon lui les mêmes caractéristiques.

27. Voir [ROBSON1997] et [ROBSON2008a] page 351 (note 34), où l'on lit que « *Some ideas relating to angles were in use, however. Gradients measured the external slope of walls and ramps in formulations like (...). There was also a rough distinction made between right angles and what we might call 'wrong angles', with probably a 10°-15° leeway.* ». Ce que j'appelle ici, comme de nombreux historiens des mathématiques anciennes, la « règle de la diagonale », correspond au résultat connu à l'heure actuelle sous le nom de « théorème de Pythagore ».

28. Les quatre images sont des schémas représentant dans les grandes lignes les tracés et les inscriptions de quatre des diagrammes apparaissant sur la tablette Ist Si 269, réalisés à l'aide du logiciel GeoGebra à partir de photographies de cette tablette prises par C. Proust au Musée Archéologique d'Istanbul. Il ne s'agit pas d'éditions de ces diagrammes telles que je les présenterai dans la section IV2.4.2.

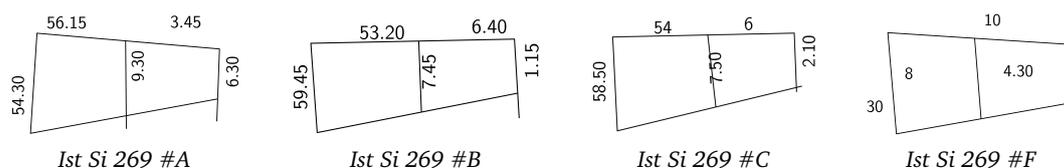


FIGURE III.3. Formes des dessins de trapèzes dans une série de diagrammes²⁸

III.1.3.4. Des « schémas de structure » ?

Suite au constat que les diagrammes mathématiques paléo-babyloniens étaient généralement constitués de dessins géométriques aux tracés imprécis et ne respectaient presque jamais les proportions suggérées par leurs inscriptions mais que cette situation n'était visiblement pas due à une maîtrise insuffisante et que la présence d'angles droits était peut-être un peu plus souvent rendue fidèlement que les autres aspects, il se pose la question de savoir pourquoi les scribes procédaient de cette manière.

J. Høyrup répond à cette question en proposant de voir dans ces diagrammes des « diagrammes de structure », c'est-à-dire des représentations schématiques des situations étudiées qui ont pour fonction de faire apparaître certaines informations utiles, sans pour autant s'attacher à montrer tous les aspects, afin de fournir un support pour la pensée. Il écrit ainsi, à propos d'un plan de terrain de l'époque d'Ur III qu'il compare ensuite aux diagrammes mathématiques, que « *What we find on the tablet is thus no real map in our sense, no metrically faithful rendering of the geometry of the terrain ; it is a structure diagram whose main function is to identify and summarize the role of measured segments in the area calculation. This kind of diagram is hence what an Old Babylonian surveyor would need as drawn support for his geometrical thought. That it was also sufficient for the user of the mathematical texts is clear from some of the drawings that illustrate statements (...)* » et un peu plus loin que « *What it implies is exactly what was stated : the Old Babylonian calculator did not need this degree of metrical fidelity for thinking about areas and their mutual "relations. He will have had no difficulty in seeing the configuration (...) as if it were the configuration (...), and thus have had no need for redrawing (...)* ». ²⁹

Cette manière d'envisager les choses fait écho à la suggestion de K. Saito et N. Sidoli pour expliquer l'indifférence à la forme géométrique et l'indifférence à l'exactitude métrique des diagrammes mathématiques grecs, à propos desquels ils écrivent : « *This means that they do not serve to convey a sense of the overall spacial relationships obtaining among the objects, but rather to convey specific mathematical relationships that are essential to the argument.* » ³⁰

Il serait intéressant d'étudier dans quelle mesure cette première idée pourrait être affinée dans le cadre de mon corpus par celles, complémentaires, avancées par R. Netz dans le cas des diagrammes mathématiques de la documentation grecque. L'une d'entre elles, qui se rapporte à l'indifférence à l'exactitude métrique, est que les diagrammes des manuscrits grecs représentent souvent égaux (mais on pourrait dire, plus généralement, dans des proportions clairement fausses) des éléments entre lesquels on connaît une relation de taille qui indique qu'ils ne le sont pas afin d'éviter que les lecteurs ne prennent l'habitude de considérer les diagrammes comme métriques et n'interprètent alors ensuite des choix arbitraires faits pour représenter des éléments entre lesquels on ne connaîtrait cette fois pas la relation de taille comme porteurs d'informations de cette nature. L'autre, qui concerne plutôt l'indifférence à la forme géométrique ou à la précision visuelle, est que les représentations d'objets géométriques

29. Les deux citations sont tirées de [HØYRUP2002] page 105.

30. La citation est tirée de [SAITO&SIDOLI2012] pages 148-149.

par des tracés qui n'ont pas ou pas exactement les propriétés attendues pourrait dans certains cas avoir pour objectif de rendre les diagrammes plus lisibles.³¹

Il serait par ailleurs intéressant de se demander si la manière dont K. Saito et N. Sidoli rendent compte des cas de sur-spécification dans les diagrammes mathématiques grecs semble s'appliquer aux potentiels cas apparentés rencontrés dans mon propre corpus. Leur proposition est que l'ajout de régularités non indispensables ne perturbait pas l'utilisation des diagrammes dans les raisonnements dans la mesure où les savants grecs ne faisaient tout simplement pas la même association que nous entre irrégularité et généralité, ces deux concepts n'ayant d'ailleurs selon eux aucune raison d'être reliés ainsi à part peut-être d'un point de vue statistique.³²

Pour terminer, il me semble important de noter que d'autres raisons plus pragmatiques peuvent toutefois, à la place ou en plus de cet état d'esprit cherchant à produire des « schémas de structure » et des éventuelles autres considérations conceptuelles mentionnées ci-dessus, expliquer les proportions déformées que présentent certains diagrammes. Parmi toutes celles que l'on peut imaginer, deux au moins ont déjà été suggérées dans la littérature à propos d'un cas précis et me paraissent susceptibles de rendre compte d'autres cas : certains diagrammes semblent avoir été dessinés avec les proportions qui leur permettent de s'adapter au mieux à l'espace disponible sur une tablette, et d'autres avec les proportions qui leur permettent d'accueillir au mieux les inscriptions, parfois assez longues, qui doivent y figurer.³³

III.1.3.5. Des formes de communication à la fois visuelles et textuelles

Il peut être utile à ce stade d'ouvrir une petite parenthèse sur les formes de communication que sont les diagrammes mathématiques paléo-babyloniens.³⁴ Ces éléments sont à première vue des formes de communication visuelles, puisqu'ils consistent principalement en des dessins géométriques. Cependant, il s'avère que ces dessins ne transmettent pas à eux seuls toutes les informations véhiculées par les diagrammes, ni même ne transmettent toutes celles qu'ils pourraient a priori parvenir à transmettre, et qu'un certain nombre de ces informations sont en fait transmises par les inscriptions insérées sur les dessins, qui complètent les informations que l'on peut tirer de l'observation des dessins eux-mêmes ou vont même dans certains cas à l'encontre des informations que l'on pourrait être tenté d'en tirer. Cela montre que ces diagrammes mathématiques sont une forme de communication visuelle qui comporte malgré tout une composante textuelle essentielle. Si l'on approfondit encore, on remarque en outre que cette composante textuelle ne l'est en fait pas purement, et qu'elle incorpore elle-même une part visuelle, puisqu'elle ne renferme pas la totalité des éléments permettant de comprendre les données qu'elle délivre mais se base en partie pour cela sur la position des inscriptions relativement aux dessins géométriques. On peut ainsi conclure que les diagrammes mathématiques de mon corpus sont des formes de communication qui reposent sur des ressources issues de la communication visuelle et des ressources issues de la communication textuelle, étroitement associées les unes aux autres pour véhiculer des messages.³⁵

31. Voir [NETZ2012] pages 165-169 et 172-175.

32. Voir [SAITO&SIDOLI2012] page 143. Notons que la question de l'articulation entre diagrammes et généralité est également abordée, bien qu'avec un point de vue différent, dans l'article [CHEMLA2005].

33. Voir [HØYRUP2002] page 103 pour un exemple du premier type (qui porte certes sur un plan de terrain, comme mentionné plus haut, mais concerne très probablement aussi certains diagrammes mathématiques) et [FRIBERG2007a] page 201 pour un exemple du second.

34. Je parle ici de « formes de communication » en supposant que ces diagrammes étaient destinés à être consultés, sans que l'on soit sûr que c'était bien le cas. J'aborderai cette question délicate dans la section III.2.1.3.

35. L'article [REYNAUDÂP] fournit une brève présentation de mon corpus sous l'angle des formes de communication visuelles et de leur articulation avec les formes de communication textuelles.

E. Robson a d'ailleurs exprimé dans son livre de 2008 une idée similaire, mais tournée différemment et précisant davantage la répartition des informations entre la composante visuelle et la composante textuelle : « *When interpreting visual artefacts such as surveyors' plans or learners' exercises, not only do words and numbers matter as much as lines, but the spatial relationship between text and image is important too. (...) Both mathematical diagrams and surveyors' maps and plans are topological; that is, they* (ou plus précisément les dessins dont ils sont constitués – ajout de ma part) *show qualitative spatial relationships but depend on accompanying text* (comprenant dans ce cas entre autres les inscriptions portées sur les dessins – ajout de ma part) *to bear all quantitative information.* ».³⁶

III.1.3.6. Pistes d'étude du corpus ouvertes par cette discussion

Toute la discussion proposée dans cette section soulève des questions qu'il serait intéressant de pouvoir étudier de manière plus approfondie sur des exemples de diagrammes de mon corpus : Le dessin géométrique composant le diagramme a-t-il été tracé avec précision ? En particulier, les côtés des formes géométriques polygonales sont-ils bien rectilignes, les lignes s'intersectent-elles vraiment aux sommets, et s'arrêtent-elles exactement à ces sommets ? Si ce n'est pas le cas, cette situation semble-t-elle être due à un manque d'expérience ou d'habileté de la part du scribe ? Le dessin géométrique est-il à l'échelle ? Si oui, avec quel niveau de précision ? Si non, peut-on identifier des contraintes pratiques qui auraient pu conduire à ne pas le dessiner à l'échelle ? Y a-t-il néanmoins quelques caractéristiques, telles que des égalités ou des moitiés, qui sont pour leur part rendues fidèlement ? Le dessin fait-il apparaître des angles droits à des endroits où ils semblent être volontaires, des angles droits à des endroits où l'on ne les attend pas particulièrement, ou des angles non droits à des endroits où l'on attend des angles droits ? Comment cet aspect s'articule-t-il précisément avec ce qu'il est possible de percevoir de la situation ? Plus généralement, est-il possible, en prenant en compte le contexte complet du diagramme, de comprendre pourquoi certains aspects sont rendus fidèlement et d'autres pas ? Enfin, de quelle manière les ressources de la communication visuelle et de la communication textuelle semblent-elles être combinées par ce diagramme ?

Je m'attacherai à aborder ces différentes questions dans les études de cas de la deuxième grande partie, et notamment celle, particulièrement délicate et importante, relative aux angles droits, qui réapparaîtra de manière récurrente dans chacune des tablettes que je présenterai.

III.1.4. Orientation des diagrammes

Enfin, un dernier point qu'il est indispensable d'évoquer concernant les liens entre les diagrammes mathématiques paléo-babyloniens et les objets qu'ils représentent est l'orientation avec laquelle ces diagrammes apparaissent sur les tablettes.

III.1.4.1. Une orientation presque invariable

J'ai mis en évidence dans le premier chapitre que la plupart des formes géométriques élémentaires attestées apparaissaient dans les diagrammes de mon corpus avec une orientation quasiment invariable. Plus précisément, et sans reprendre tous les détails qui peuvent être retrouvés dans les sections I.2.2.2 et I.3.4.2, j'ai établi que les triangles, les trapèzes et les rectangles apparaissaient presque toujours couchés, que les triangles et les trapèzes apparaissaient plus précisément presque toujours avec leur « pointe » dirigée vers la droite, et que ceux

36. La citation est tirée de [ROBSON2008a] pages 66-67.

des triangles et des trapèzes qui semblent dessinés comme rectangles avaient le plus souvent leurs angles droits en haut.³⁷

III.1.4.2. Une orientation en décalage avec la terminologie

Néanmoins, ainsi que cela a déjà été relevé par plusieurs commentateurs, certaines des orientations standard que je viens de mentionner présentent un décalage frappant avec la terminologie relative aux figures géométriques et dans certains cas avec les objets représentés par les diagrammes.

Le premier plan sur lequel ce décalage se manifeste est celui des noms employés pour désigner les formes géométriques. En effet, les trapèzes sont appelés « SAG.KI.GU₄ » en sumérien et « *pūt alpim* » en akkadien, deux groupes nominaux qui signifient mot à mot « tête de bœuf », et les triangles sont appelés en akkadien « *santakkum* », un terme qui désigne par ailleurs le clou cunéiforme. Or, dans un cas comme dans l'autre, l'image véhiculée par le sens littéral du nom est celle de la forme géométrique apparaissant dressée avec sa pointe dirigée vers le bas, c'est-à-dire de la forme géométrique pivotée d'un quart de tour vers la droite par rapport à l'orientation avec laquelle elle apparaît sur les tablettes.³⁸

Le deuxième plan sur lequel ce décalage se manifeste est celui des noms employés pour désigner certains côtés d'au moins l'une de ces formes géométriques. Ainsi que je l'explique plus en détail dans les entrées dédiées des glossaires de l'annexe D, les deux bases des trapèzes sont appelées « SAG » en sumérien et « *pūtum* » en akkadien, que je traduis par « front », tandis que leurs deux autres côtés sont appelés « UŠ » en sumérien et « *šiddum* » en akkadien, que je traduis par « flanc ». Lorsque les deux bases ont besoin d'être distinguées, la grande base est appelée « SAG.AN.NA », qui signifie « le front du ciel » ou « le front supérieur », tandis que la petite base est appelée « SAG.KI » ou « SAG.KI.TA », qui signifie « le front de la terre » ou « le front inférieur ». De manière similaire, lorsqu'un trapèze est partagé en deux bandes trapézoïdales par une transversale parallèle à ses bases et que les côtés non parallèles des deux bandes doivent être distingués, ceux de la bande se trouvant du côté de la grande base reçoivent la dénomination de « UŠ.AN.NA », qui signifie « flanc du ciel » ou « flanc supérieur », tandis que ceux de la bande se trouvant du côté de la petite base reçoivent la dénomination de « UŠ.KI » ou « UŠ.KI.TA », qui signifie « flanc de la terre » ou « flanc inférieur ». Or, dans un cas comme dans l'autre, les relations spatiales auxquelles ces expressions renvoient sont à nouveau celles des configurations géométriques dans lesquelles les trapèzes sont dressés et pointent vers le bas, c'est-à-dire pivotés d'un quart de tour par rapport à l'orientation avec laquelle ils apparaissent sur les tablettes.³⁹

Une réserve cruciale que l'on pourrait être tenté d'émettre face à cette situation est que les groupes nominaux mentionnés pourraient être des expressions techniques qui, si elles puisaient leur origine dans une certaine relation spatiale, n'y faisaient plus concrètement référence à l'époque paléo-babylonienne. Cependant, on se rend compte grâce à quelques rares situations dans lesquelles les mêmes expressions sont utilisées à propos d'objets tridimensionnels ayant une orientation naturelle qui ne coïncide pas avec l'orientation standard des formes géométriques, que ce n'est pas le cas et qu'elles ont bel et bien une vraie signification spatiale.⁴⁰

37. Cette situation a déjà été en partie signalée ça et là, par exemple dans [THUREAU-DANGIN1938a] page xvii, [FRIBERG1987] pages 565-566 et [FRIBERG2007a] pages 201, 207 et 268. Notons en outre que J. Friberg mentionne, dans [FRIBERG2007b] page 135, que l'orientation de certaines formes géométriques aurait évolué selon les périodes, un aspect que je n'ai pour ma part pas du tout étudié.

38. Voir notamment [THUREAU-DANGIN1938a] page xvii.

39. Voir [NEUGEBAUER1934] page 176, [NEUGEBAUER&SACHS1945] pages 42 et 49 et [FRIBERG1987] page 565.

40. Voir notamment la discussion dans l'étude de la tablette MS 3052, dans le chapitre VI de la deuxième grande

Enfin, le troisième plan sur lequel ce décalage se manifeste est celui de la représentation des objets concrets. En effet, comme cela ressort de l'observation de la figure III.1, sur laquelle j'ai volontairement tourné tous les dessins pour les rendre plus parlants, les diagrammes représentant des objets concrets ne font apparaître ces derniers avec l'orientation qu'ils ont dans le monde réel que lorsqu'ils sont pivotés d'un quart de tour vers la droite.⁴¹

Pour toutes ces raisons, les historiens des mathématiques cunéiformes considèrent généralement que les diagrammes mathématiques paléo-babyloniens doivent être pivotés d'un quart de tour vers la droite par rapport à l'orientation avec laquelle ils apparaissent sur les tablettes pour être vus comme les voyaient ou les pensaient les scribes qui les ont produits.⁴² C'est notamment le point de vue qu'a retenu F. Thureau-Dangin, qui indique : « *Notons que les figures, qui accompagnent parfois les textes mathématiques, doivent, pour être vues dans leur sens vrai, subir une conversion d'un quart de cercle sur la droite.* ».⁴³

III.1.4.3. Lien avec le changement de direction de l'écriture cunéiforme

Il est naturel de se demander d'où pourrait provenir un tel décalage d'orientation entre ce qui apparaît réellement sur les tablettes et ce qui semble avoir été considéré par les scribes au vu de la terminologie et des liens entre les diagrammes et ce qu'ils représentent. Cette situation a été mise en relation, par les historiens des mathématiques cunéiformes qui l'ont étudiée, avec un changement de direction de l'écriture cunéiforme.

Il est désormais assez largement accepté que l'écriture cunéiforme a subi une rotation de 90 degrés dans le sens antihoraire à un certain moment de son histoire, puisque l'orientation des inscriptions sur les objets ayant une position aisément déterminable est clairement verticale au moins dans les cas les plus anciens et clairement horizontale au moins dans les cas les plus récents.⁴⁴ Ce changement de direction aurait entre autres pu être motivé par des raisons ergonomiques, une progression horizontale étant moins contraignante pour le bras et le poignet du scribe qu'une progression verticale, ou bien par des influences étrangères.⁴⁵ En revanche, si le fait qu'il a eu lieu fait globalement consensus, le moment auquel il a eu lieu est très débattu, et certains assyriologues défendent que cela a dû se produire assez tôt au cours du troisième millénaire avant notre ère tandis que d'autres soutiennent que ce n'était pas avant le milieu du deuxième millénaire.⁴⁶ L'article le plus récent et le mieux argumenté que j'ai trouvé sur ce sujet, [STUDEVENT-HICKMAN2007], reprend les éléments avancés dans la littérature antérieure et leur ajoute de nouveaux indices convaincants pour arriver à la conclusion que le changement de direction de l'écriture, au moins à grande échelle, a en fait dû avoir lieu à l'époque sargonique, dans la deuxième moitié du troisième millénaire avant notre ère.⁴⁷ Si l'on s'en tient à ce point de vue, cela signifie qu'il avait déjà eu lieu à l'époque paléo-babylonienne, et

partie. La terminologie liée aux formes géométriques et à leurs côtés mériterait selon moi de faire l'objet d'études systématiques actualisées.

41. Voir [NEUGEBAUER1934] page 34 et [FRIBERG2007a] page 258.

42. La signification exacte des verbes « voir » et « penser » dans ce contexte nécessiterait d'être précisée, mais l'identifier précisément nécessite une compréhension de nuances qu'il ne m'a pas été possible d'analyser en détail pour l'instant.

43. La citation est tirée de [THUREAU-DANGIN1938a] page xvii. Voir également [NEUGEBAUER1934] page 176 et [NEUGEBAUER&SACHS1945] page 49.

44. Voir notamment [STUDEVENT-HICKMAN2007] page 485. La liste complète des articles que j'ai consultés au sujet de ce changement de direction de l'écriture comprend également [POWELL1981], [PICCHIONI1984], [WALKER1987] et [FITZGERALD2003].

45. Voir [POWELL1981] page 425, [WALKER1987] page 14, [FITZGERALD2003] §2 et [STUDEVENT-HICKMAN2007] pages 487 et 501.

46. Voir, pour un aperçu complet des débats, l'ensemble des articles mentionnés dans la note 44 ci-dessus.

47. Voir l'ensemble de l'article [STUDEVENT-HICKMAN2007], et plus particulièrement sa conclusion. Les nou-

que les tablettes de mon corpus étaient effectivement lues avec l'orientation à laquelle nous sommes habitués et que je leur donne sur toutes les reproductions.⁴⁸

Ce changement de direction de l'écriture s'est accompagné d'une rotation des signes cunéiformes, qui se sont retrouvés tournés de 90 degrés en sens antihoraire par rapport à leur orientation initiale héritée de leur origine pictographique, de manière à ce qu'ils restent dans la même relation spatiale qu'avant les uns par rapport aux autres et que le texte inscrit sur les tablettes conserve exactement le même aspect qu'avant en dehors du fait qu'il est globalement pivoté. Il est alors probable que les diagrammes mathématiques aient eux aussi subi cette rotation de 90 degrés en sens antihoraire, de manière à ce qu'ils restent eux aussi dans la même relation spatiale qu'avant relativement au texte et que l'ensemble de tous les éléments présents sur les tablettes continue à avoir exactement le même aspect qu'avant en dehors du fait qu'ils sont globalement pivotés.⁴⁹

Une petite remarque supplémentaire me semble utile pour finir sur ce sujet : les historiens se focalisent sur l'évolution de la direction de l'écriture comme s'il s'agissait d'un changement radical, mais celle-ci a probablement été perçue comme beaucoup moins importante par les acteurs dans la mesure où les scribes, qui tenaient leurs tablettes dans la main pour les inscrire, étaient vraisemblablement habitués à voir l'écriture sous différents angles.⁵⁰ Cela pourrait expliquer que le fait de conserver une terminologie mathématique héritée d'une orientation qui n'était plus d'actualité n'ait pas été perçu comme gênant.

veaux arguments avancés par B. Studevent-Hickman consistent en l'observation attentive de l'orientation de petites marques signalant le début des entrées dans des tablettes lexicales et de symboles permettant d'indiquer des nombres d'objets dans des textes légaux et administratifs.

48. Si le changement de direction de l'écriture n'a au contraire eu lieu qu'à l'époque cassite, au milieu du deuxième millénaire avant notre ère, comme le défend notamment S. A. Picchioni, alors cela signifie que les tablettes paléo-babyloniennes de mon corpus étaient tenues tournées d'un quart de tour vers la droite par rapport à la manière dont nous avons l'habitude de les étudier, et supprime alors le décalage signalé dans la section précédente, rendant alors cette discussion inutile dans le présent contexte.

49. Cette idée, ou des idées apparentées avec quelques variantes dans la manière exacte d'envisager les choses, sont exposées avec plus ou moins de détails dans différentes publications consacrées aux mathématiques cunéiformes. On lit par exemple dans [NEUGEBAUER1934] page 52 : « *Wir haben schon oben bemerkt, daß die ursprünglichen Bildzeichen eine Drehung um 90° (im entgegengesetzten Sinne des Uhrzeigers) erfahren haben (...). Dies kommt daher, daß die ursprünglich mit Bildzeichen geschriebenen Texte in Vertikalzeilen von rechts nach links beschrieben wurden, wobei dann die einzelnen Bildzeichen sinngemäß aufrecht stehen (...). Das Beschreiben eines Textes in Vertikalzeilen, die also auf den Schreiber zulaufen, ist aber für die schreibende Hand sehr unbequem, so daß man den Text beim Schreiben so gedreht hielt, daß man in Wirklichkeit Horizontalzeilen von links nach rechts mit liegenden Bildern beschrieb. Diese Schreibrichtung wurde dann schließlich auch zur Lesrichtung der Texte, als der Bildcharakter der Einzelzeichen schon verloren war.* ». On lit dans [THUREAU-DANGIN1938a] page xvii : « *Leur position s'explique par l'histoire de l'écriture. De bonne heure les scribes ont pris l'habitude d'écrire et de lire en tournant la tablette d'un quart de cercle sur la gauche. Cet usage existait déjà de longue date au temps où nos tablettes ont été écrites, mais le souvenir du sens originnaire de l'écriture n'était pas encore effacé.* ». Enfin, on lit dans [FRIBERG2007a] page 189 : « *This is because the direction of writing had changed from top-to-bottom to left-to-right, and when this happened the orientation of illustrating figures changed in the same way.* ». Notons qu'à l'inverse plusieurs assyriologues ont proposé de considérer l'orientation des diagrammes mathématiques à l'époque paléo-babylonienne comme une preuve du fait que le changement de direction de l'écriture cunéiforme n'avait pas encore eu lieu à ce moment-là, ce qui n'est pas le point de vue que j'ai choisi d'exposer ici au vu des conclusions de B. Studevent-Hickman présentées plus haut.

50. Voir [WALKER1987] page 15.

III.1.4.4. Quelques exceptions intéressantes

Une fois identifiée l'orientation standard des configurations géométriques montrées par les diagrammes mathématiques et leur lien avec la manière dont elles semblent avoir été envisagées par les scribes, il est intéressant de se pencher sur les quelques cas dans lesquels des formes géométriques apparaissent avec une orientation différente de celle que l'on attend.

Souvent, si ce n'est toujours, ces exceptions se produisent dans des cas où l'objet représenté est un objet concret et où c'est alors son orientation en tant qu'objet concret qui a été privilégiée par rapport à l'orientation standard de la forme géométrique utilisée pour le représenter. Ces situations sont d'autant plus intéressantes à étudier en détail que nous avons par ailleurs relevé que les représentations d'objets concrets ne différaient à première vue en rien de celles d'objets géométriques abstraits... et qu'il existe également des cas dans lesquels l'orientation usuelle semble avoir été conservée en dépit de son incompatibilité avec celle de l'objet.⁵¹

III.1.4.5. Pistes d'étude du corpus ouvertes par cette discussion

Tous les éléments évoqués dans cette section nous montrent l'intérêt de nous attarder, en analysant les tablettes du corpus, sur des questions telles que : De quelle manière la configuration géométrique montrée par le diagramme est-elle orientée sur la tablette ? Si elle comporte des angles droits, de quel côté sont-ils placés ? Si elle comporte des lignes intérieures non symétriques, où sont-elles positionnées ? S'agit-il de l'orientation standard que j'ai identifiée dans le premier chapitre pour ce type de configuration géométrique ? Les adjectifs à connotation spatiale « inférieur » et « supérieur » sont-ils utilisés dans le texte qui accompagne le diagramme ? Si oui, que peut-on dire de la manière dont ils s'articulent à la configuration décrite et au diagramme ? De plus, si le diagramme représente un objet concret, l'orientation choisie est-elle celle de cet objet ou celle qui est standard pour la configuration géométrique à travers laquelle il est représenté ? Cela nous apprend-il quelque chose sur les intentions du scribe ?

L'étude de cas de la tablette BNUS 367 nous permettra de mieux voir à l'œuvre la terminologie technique en apparent décalage avec l'orientation des diagrammes, et celle de la tablette MS 3052, sur laquelle les diagrammes apparaissent avec l'orientation contraire à celle qu'ont d'ordinaire les configurations géométriques qu'ils montrent, nous permettra d'analyser des exemples de diagrammes faisant exception vis à vis de l'orientation.

III.2. Rôles des diagrammes dans les pratiques mathématiques

Tout en transmettant, ou bien en plus de transmettre, des informations de différentes manières, les diagrammes peuvent remplir diverses fonctions s'inscrivant dans le cadre de diverses pratiques mathématiques. Dans cette deuxième partie, je développe un certain nombre de questions à ce sujet, en commençant par identifier les lieux d'apparition des diagrammes dans la documentation mathématique paléo-babylonienne, en examinant les liens à la fois explicites et implicites qu'ils semblent avoir eus avec les textes, en m'interrogeant sur les rôles qu'ils pourraient avoir joués dans les raisonnements et les activités mathématiques qui leur étaient associés, et enfin en discutant ce que peut nous apprendre à cet égard l'étude des traces d'effacement repérées dans le chapitre précédent.

51. Un exemple de cas dans lequel l'orientation de l'objet concret représenté l'emporte sur celle de la configuration géométrique montrée pour le représenter, que je reprendrai moi-même en détail dans la deuxième grande partie, est mentionné dans [FRIBERG2007a] page 258.

III.2.1. Lieux d'apparition des diagrammes

Les premières questions qui se posent sont celles des endroits auxquels apparaissent les diagrammes mathématiques de mon corpus et de leur « situation d'énonciation ».

III.2.1.1. Genres de contenus faisant intervenir des diagrammes

Ainsi que je l'ai indiqué dans la section I.3.3.3 du premier chapitre, on trouve des diagrammes sur des tablettes mathématiques paléo-babyloniennes dont les contenus peuvent être classés en sept genres différents. Dans la mesure où le vocabulaire utilisé pour désigner les genres de contenus des productions mathématiques n'est pas standardisé à l'heure actuelle et où il n'y a pas de consensus parmi les historiens des mathématiques cunéiformes sur ce que recouvre chaque catégorie, il est nécessaire que je précise les noms que j'ai donnés à ces sept genres et la manière dont je définis chacun d'entre eux – tout particulièrement pour ceux faisant intervenir seulement des diagrammes, sur lesquels j'ai été amenée à réfléchir du fait de mon sujet et pour lesquels je propose un découpage et une terminologie un peu différents de ce que l'on trouve dans la littérature. C'est ce que récapitule le tableau III.1 ci-dessous.⁵²

GENRE	DESCRIPTION DES TABLETTES DONT LE CONTENU RELÈVE DE CE GENRE
Énoncés mathématiques	Énoncé ou collection d'énoncés de problèmes mathématiques dont chacun peut être suivi ou non de sa solution mais sans indication de la manière dont celle-ci est trouvée. Ce genre de contenu apparaît sur des tablettes de type S ou M.
Énoncés mathématiques avec calculs	Énoncé ou collection d'énoncés de problèmes mathématiques dont chacun est suivi d'un texte numérique présentant des calculs qui permettent de trouver sa solution mais sans texte discursif expliquant ces calculs. Ce genre de contenu apparaît sur des tablettes de type S ou M.
Problèmes résolus	Énoncé ou collection d'énoncés de problèmes mathématiques dont chacun est suivi d'un texte discursif présentant une procédure qui permet de trouver sa solution. Ce genre de contenu apparaît sur des tablettes de type S ou M, ou exceptionnellement de type L. ⁵³
Exercices mathématiques	Solution, sans explications rédigées, d'un ou plusieurs problèmes mathématiques scolaires relevant le plus souvent du niveau intermédiaire de la formation des scribes, dont l'énoncé peut être donné ou non. Ce genre de contenu apparaît généralement sur des tablettes de type IV. Il recouvre à la fois des tablettes comportant des textes sans diagrammes (qui ne nous concernent pas ici) et des tablettes comportant des diagrammes sans texte ou avec seulement un petit texte numérique (qui font partie de mon corpus). Certaines d'entre elles font apparaître d'un côté un modèle réalisé par un maître et de l'autre sa copie, restitution ou reconstitution par l'élève. ⁵⁴
Série de diagrammes	Contenu dont le statut mathématique est difficile à déterminer (exercices, exploration systématique d'un sujet, banques de données, etc) mais caractérisé par le fait qu'il est exprimé au moyen d'une succession de diagrammes similaires les uns aux autres et non accompagnés de texte. Ce genre de contenu apparaît sur des tablettes de type S ou M. ⁵⁵

52. Les genres de contenus indiqués ici sont en partie inspirés d'une liste complète de genres de textes mathématiques préparée par C. Proust, P. Chaigneau, C. Gonçalves et C. Michel pour la base de données du CDLI. Le découpage et les définitions proposés ne sont pas définitifs, et seront probablement amenés à évoluer dans le cadre de la finalisation de la base de données décrite dans l'annexe E.

Figures	Représentation ou ensemble de représentations de configurations géométriques dont l'expression graphique semble avoir constitué l'objet principal du document. Ce genre de contenu, rare, apparaît généralement sur des tablettes ne relevant d'aucun type de la classification standard.
Mixte	Contenu comprenant des parties relevant de plusieurs genres différents parmi ceux cités ci-dessus. Ce genre de contenu peut apparaître sur différents types de tablettes.

TABLEAU III.1. Genres de contenus des tablettes cunéiformes faisant intervenir des diagrammes

Ainsi que je l'ai mentionné dans le premier chapitre, un point intéressant à souligner relativement à cet aspect est que l'utilisation de diagrammes mathématiques n'était, à l'époque paléo-babylonienne, pas une pratique liée à un genre de contenu en particulier, mais plutôt un mode d'expression relativement courant qui pouvait être mobilisé en lien avec des genres de contenus variés recourant ou non à des textes en plus des diagrammes. J'ai déjà donné dans la section I.3.3.3 un aperçu de la répartition des tablettes comportant des diagrammes entre ces différents genres. On peut néanmoins se poser des questions supplémentaires : Quelle est inversement, pour chacun des genres mentionnés, la proportion de tablettes qui comportent des diagrammes ? Peut-on identifier, genre par genre, des raisons susceptibles d'expliquer pourquoi certaines tablettes comportent des diagrammes et d'autres pas ? Quels sont par ailleurs les genres de contenus de tablettes en lien avec lesquels on ne trouve jamais de diagrammes ? Peut-on expliquer pourquoi ?

III.2.1.2. Association des diagrammes aux unités de texte

Dans les cas où les diagrammes apparaissent sur des tablettes comportant également du texte, on peut observer plus précisément de quelle manière ils sont associés aux unités de texte.

Plusieurs historiens des mathématiques travaillant sur d'autres documentations ont soulevé des questions à cet égard, signalant que l'association simple d'un diagramme à une section de texte n'est pas systématique, et que la prise en considération des cas où un même diagramme se rapporte à plusieurs sections de texte, ou au contraire des cas où plusieurs diagrammes se rapportent à une même section de texte, peut livrer de précieuses informations sur la manière dont ceux-ci étaient conçus et utilisés. À titre d'exemple, K. Chemla a développé l'étude de diagrammes apparaissant dans des commentaires du troisième siècle de notre ère sur les *Canons Mathématiques de Chine ancienne*, dans lesquels une figure considérée comme fondamentale est montrée au début d'un livre ou d'un chapitre et sert ensuite d'appui à tous les algorithmes exposés dans ce livre ou chapitre, et cette observation lui permet de montrer d'une part que l'utilisation des diagrammes a évolué entre l'époque où ont été produits les *Canons* et celle où ont été rédigés leurs commentaires, et d'autre part que l'importance accordée à la valeur de généralité permet de rendre compte de ce changement.⁵⁶

En ce qui concerne mon corpus, la règle générale semble être que chaque diagramme est associé à une unité de texte. Je n'ai relevé aucun cas dans lequel plusieurs diagrammes seraient associés à une même section, et les cas dans lesquels un même diagramme serait inversement

53. Au sujet des problèmes résolus et de leur « format standard », voir [HØYRUP2002] pages 32-33.

54. Voir, pour des exemples de telles tablettes et quelques remarques à leur sujet, [ROBSON1999] page 190, [ROBSON2004] page 12 et [FRIBERG2007a] page 212.

55. J. Friberg parle pour ces tablettes de « tables de diagrammes » (voir par exemple [FRIBERG2007a] page 264).

56. Voir [CHEMLA2005].

associé à plusieurs sections de texte ne peuvent être totalement exclus mais sont dans tous les cas peu courants. Cependant, de telles situations ne sont pas toujours faciles à identifier, et il est ainsi intéressant de se poser les questions suivantes afin de pouvoir les étudier : Comment peut-on identifier les unités de texte dans les tablettes du corpus ? Dans le cas des tablettes comportant plusieurs unités de texte différentes, et quelle que soit leur nature, comment peut-on identifier à laquelle ou auxquelles de ces sections un diagramme donné est associé ? Arrive-t-il que l'on rencontre des cas différents de ceux où *un* diagramme est associé à *une* unité de texte ? Si oui, comment peut-on expliquer cette situation ? Que nous apprend-elle sur la manière dont les diagrammes étaient pensés ou utilisés dans le cas de la tablette considérée ?

III.2.1.3. Une « situation d'énonciation » souvent inconnue

Un point totalement différent me semble important à souligner avant de poursuivre : contrairement à ce à quoi les historiens travaillant sur des sources plus récentes sont souvent habitués, nous ne savons en général quasiment rien de la « situation d'énonciation » dans laquelle les tablettes, et donc a fortiori les diagrammes qui y apparaissent, étaient produits.

Tout d'abord, les tablettes mathématiques d'époque paléo-babylonienne n'étaient presque jamais signées, de sorte que nous ne connaissons que très rarement le nom de leur auteur et que nous ne sommes que très rarement capables de dire si d'autres tablettes ont été écrites par la même personne. Plus généralement, même au delà de leurs noms, il nous est très difficile de cerner qui étaient ces auteurs, et, souvent, les seuls éléments sur lesquels nous pouvons nous appuyer pour tenter de rassembler des renseignements à leur sujet sont les propriétés matérielles que j'ai décrites dans le chapitre précédent (format et mise en page de la tablette, soin apporté à sa confection, style d'écriture) ainsi que quelques détails liés au contenu (complexité du texte, manière dont il est rédigé, présence d'erreurs, etc). En conséquence, si nous parvenons en général à estimer si l'auteur d'une tablette donnée du corpus était plutôt un scribe accompli ou un scribe débutant, il est la plupart du temps difficile d'être plus précis. Cette situation se répercute évidemment sur les diagrammes. Si ceux-ci étaient produits par les personnes qui rédigeaient les textes, comme j'ai expliqué dans la section II.1.1.4 que c'était le plus probable, alors nous n'en savons pas plus sur leurs auteurs que sur ceux des tablettes. Et s'ils étaient produits par d'autres personnes, alors nous avons encore moins d'informations, puisque les éléments susceptibles de nous renseigner de manière indirecte sont encore plus limités à l'échelle d'un diagramme que d'une tablette complète.

Nous sommes également très mal renseignés sur la cible des tablettes mathématiques. En dehors de quelques rares cas, nous ne savons pas par qui les tablettes étaient destinées à être lues, ni même si elles étaient simplement destinées à être lues. En conséquence, nous ne savons en général pas si les diagrammes que nous étudions étaient destinés à être consultés/observés/lus/utilisés par quelqu'un après avoir été produits, et encore moins par qui et dans quel objectif ou contexte le cas échéant. Or, cela a un impact considérable sur la manière dont nous pouvons étudier ces objets, puisqu'un diagramme produit pour pouvoir être compris par une autre personne ne s'aborde pas du tout de la même manière qu'un diagramme produit pour le seul usage personnel de son auteur.

Enfin, dans un registre un peu différent, nous savons que les tablettes mathématiques pouvaient être, selon les cas, des productions originales, des copies, des restitutions de mémoire, des transcriptions sous dictée ou des compilations réalisées à partir de plusieurs autres documents, mais nous disposons rarement d'éléments tangibles nous permettant de déterminer lequel de ces modes de production a donné lieu à une tablette en particulier. En conséquence, nous ne savons en général pas non plus, à moins de parvenir à le déduire de leurs propriétés intrinsèques, si les diagrammes ont été créés au moment de la rédaction du texte, ou copiés

à partir de diagrammes observés sur d'autres documents, ou dessinés de mémoire à partir de diagrammes préalablement vus sur d'autres documents, ou réalisés à partir de consignes orales, etc. Le problème est d'autant plus complexe que l'on peut tout à fait imaginer que le statut des diagrammes n'ait pas toujours été le même que celui du texte apparaissant sur la même tablette : rien n'empêchait un scribe de copier – au moins en partie – un diagramme existant à côté d'un texte qu'il était en train de créer, ou inversement de créer un diagramme à faire apparaître à côté d'un texte qu'il était en train de copier, etc. Or, cet aspect a lui aussi un impact considérable sur la manière dont nous pouvons étudier ces objets, puisqu'un diagramme nouvellement créé à un moment donné dans un but précis n'a vraisemblablement pas les mêmes propriétés qu'un diagramme copié sur un autre sous une forme figée, ni qu'un diagramme partiellement copié mais en étant adapté à un nouveau contexte, ni qu'un diagramme restitué de mémoire, etc.

Le manque d'informations sur ces différents aspects nous limite considérablement dans notre étude des diagrammes. En fait, si l'on voulait être parfaitement rigoureux à cet égard, il serait même totalement paralysant : ne sachant ni par qui les diagrammes ont été produits, ni s'ils ont été créés en même temps que le texte ou seulement reproduits, ni même s'ils étaient destinés à être lus ou observés par une autre personne, par exemple, il est presque impossible d'avancer quoi que ce soit sur leurs fonctions ! C'est pourquoi, bien que je répugne à baser des analyses sur des suppositions infondées, et afin de pouvoir malgré tout procéder à des discussions qui font apparaître des éléments intéressants, je me placerai le plus souvent dans mes études de tablettes, sans le préciser systématiquement afin de ne pas alourdir exagérément les explications, plutôt dans l'hypothèse où ils sont des créations originales élaborées au cours d'un raisonnement et où ils sont destinés à pouvoir être consultés et compris par une personne extérieure – sans bien sûr exclure pour autant les autres ni oublier qu'elles existent.

Ces conditions d'étude étant évidemment loin d'être optimales, et nous limitant beaucoup, l'identification des « situations d'énonciation » des diagrammes mathématiques me semble mériter de faire l'objet d'une attention particulière, et je pense qu'il est utile de se poser, bien qu'en sachant qu'il est rare que l'on puisse y répondre, les différentes questions suivantes : Peut-on trouver des indices nous permettant de déterminer qui était l'auteur de la tablette et quel était son statut ? Peut-on trouver des indices nous permettant de déterminer si cette tablette était destinée à être lue par une personne extérieure après avoir été écrite ? Peut-on trouver des indices nous permettant de déterminer si cette tablette est une création originale, une copie, une restitution de mémoire, une transcription sous dictée, une compilation, ou encore un autre type de production ? Si certains éléments de contexte peuvent être reconstitués, qu'impliquent-ils pour le ou les diagrammes ? Quelles limites ceux de ces éléments de contexte que nous n'avons aucun moyen de connaître imposent-ils à l'étude des diagrammes ? Par ailleurs, au delà des indices présentés par les tablettes dans leur ensemble sur les différents aspects mentionnés, certaines caractéristiques des diagrammes eux-mêmes peuvent-elles nous éclairer sur leur contexte de production et leur « situation d'énonciation » ?

III.2.2. Nature des liens explicites entre les diagrammes et les textes

Maintenant que nous avons une première idée des endroits auxquels les diagrammes apparaissent dans la documentation mathématique paléo-babylonienne et des limites qu'a notre connaissance de leur contexte de production et d'utilisation, nous pouvons nous diriger progressivement vers l'étude des fonctions qu'ils remplissaient. Un premier pas pour cela peut être de s'interroger sur les liens explicites qui existaient entre ces diagrammes et les éventuels textes associés.

III.2.2.1. Nom donné aux diagrammes

Une première question basique qui se pose à cet égard est celle du nom ou des noms qui étaient donnés aux diagrammes et de ce que ces noms peuvent nous apprendre sur la manière dont les diagrammes étaient envisagés.

Des études visant à répondre à cette question ont été menées dans plusieurs documentations mathématiques anciennes et ont mis en évidence différentes informations susceptibles d'être tirées de l'analyse de ces termes. P. Crozet a ainsi montré qu'il existait deux mots arabes différents permettant de distinguer d'une part les formes ou configurations géométriques qui sont l'objet des propositions (*shakl*) et d'autre part les diagrammes qui représentent ces formes ou configurations géométriques dans les manuscrits (*sura*), et qu'il pouvait exister plusieurs *sura* différentes pour une même *shakl*.⁵⁷ A. Keller a pour sa part repéré que l'étymologie et le sens usuel des termes se rapportant aux diagrammes dans les textes mathématiques sanskrits pouvaient laisser entrevoir la manière dont ceux-ci étaient pensés et manipulés, au moins à leur origine : l'un des mots sanskrits désignant les diagrammes (*chedyaka*) signifie étymologiquement « ce qui doit être coupé » et peut être une allusion soit à l'allure divisée des formes géométriques une fois que leurs lignes intérieures ont été tracées soit à un vrai découpage concret, et le verbe utilisé pour l'action de les « dessiner » (*likh-*) signifie littéralement « creuser » ou « gratter » et est peut-être une allusion à la technique employée pour les tracer sur les feuilles de palmier.⁵⁸ R. Netz a par ailleurs déduit de l'utilisation du terme grec renvoyant initialement aux diagrammes (*diagramma*) pour désigner les propositions que les diagrammes des textes grecs jouaient le rôle de métonymes pour les propositions, une interprétation dont il tire par la suite de nombreuses conclusions.⁵⁹ Enfin, K. Chemla appelle l'attention sur le fait que ce que recouvre un terme désignant les diagrammes peut changer au cours du temps, ce qu'elle illustre en montrant que le terme chinois *tu*, qui désignait dans les commentaires du troisième siècle de notre ère des dispositifs visuels utilisés uniquement en géométrie plane et ne faisant pas partie des écrits, s'applique dans les textes du treizième siècle à des illustrations beaucoup plus variées, pouvant représenter aussi bien des configurations géométriques que des surfaces de calcul, et faisant désormais véritablement partie du texte.⁶⁰

Pour ce qui est de la documentation paléo-babylonienne qui m'intéresse ici, une seule apparition possible d'un terme ayant pu servir à désigner les diagrammes mathématiques est attestée. À côté de l'un des diagrammes de la tablette BM 96957 + VAT 6598, on trouve, verticalement, l'unique inscription de tout mon corpus qui consiste en un groupe nominal seul sans aucune valeur numérique. Ce groupe nominal, qui est de plus écrit en akkadien syllabique contrairement à la plupart de ceux intervenant dans les inscriptions, se lit « *it-ta-šu* », c'est-à-dire « son *ittum* ». Cette occurrence du substantif « *ittum* », qui peut entre autres signifier dans les autres contextes « marque (physique) », « caractéristique » ou « signe (omineux) », a dans un premier temps été traduite de manière vague « image » ou « esquisse » par O. Neugebauer, mais a finalement été plus spécifiquement considérée, dans le dictionnaire [CAD-IJ] puis dans la réédition de la tablette par E. Robson, comme le terme akkadien désignant les diagrammes mathématiques.⁶¹ Cette interprétation me semble tout à fait raisonnable, même s'il faudrait idéalement trouver d'autres occurrences comparables pour la confirmer.

57. Voir [CROZET1999] pages 132-138.

58. Voir [KELLER2005] pages 281-282.

59. Voir [NETZ1999] pages 35-38 (puis jusqu'à la page 43 pour l'interprétation des diagrammes en tant que métonymes des propositions et ses conséquences).

60. Voir [CHEMLA2010].

61. Voir [ROBSON1999] page 238.

Un certain nombre de questions sont soulevées par l'identification de ce nom : Est-il vraiment exclu que le terme « *ittum* » puisse avoir une autre signification à cet endroit ?⁶² Si oui, dans quelle mesure l'emploi de ce nom pour désigner les diagrammes relève-t-il d'un usage général ou constitue-t-il au contraire une idiosyncrasie propre à l'auteur de cette tablette ? Quel peut avoir été l'intérêt d'indiquer ce nom à côté du diagramme concerné, alors que cela n'est fait ni à côté des diagrammes précédents de la même tablette ni à côté d'aucun autre diagramme du corpus ? Quelles implications peut-on tirer, à partir des sens usuels de ce mot, sur la manière dont les diagrammes mathématiques étaient envisagés ?⁶³

III.2.2.2. Absence de références directes aux diagrammes

Nous pouvons par ailleurs nous demander si les textes qui sont associés à des diagrammes, ou peut-être d'autres textes, y font explicitement référence, et, si oui, ce qu'ils nous apprennent à leur sujet.

Force est de constater que, contrairement à ce qui a par exemple été relevé par A. Keller dans des commentaires mathématiques sanskrits où l'auteur mentionne directement les diagrammes à la fois pour décrire des techniques de construction de certaines formes géométriques et pour émettre des jugements à leur sujet, aucune référence explicite aux diagrammes n'est faite dans le corpus mathématique paléo-babylonien, comme l'a d'ailleurs déjà clairement relevé E. Robson qui indique : « *A diagram may be drawn above or to the left of the statement of the problem but is never referred to explicitly in the text.* ».⁶⁴ Plus précisément, les textes apparaissant à côté des diagrammes n'y font jamais directement référence, et on ne connaît aucun autre texte qui les évoque – une situation qui est d'ailleurs confirmée par le fait que le seul terme connu qui pourrait avoir servi à les désigner est, comme nous l'avons vu, attesté une seule fois et sur un diagramme lui-même.⁶⁵

Les seules références potentielles des textes aux diagrammes qui ont été identifiées dans le corpus paléo-babylonien se font par le biais de trois verbes. Le premier d'entre eux est le verbe « *nadûm* », qui a dans le langage courant de très nombreux sens tels que « placer », « déposer », « jeter », etc, et qui semble désigner dans les tablettes mathématiques l'inscription d'un nombre ou le tracé d'un dessin géométrique.⁶⁶ Le deuxième est le verbe « *šakānum* », avec l'équivalent sumérien « GAR », qui a dans le langage courant le sens général de « poser » avec de très nombreux sous-sens plus précis, et qui semble pouvoir désigner entre autres dans les tablettes mathématiques l'inscription d'une valeur sur un dessin.⁶⁷ Enfin, le troisième est

62. On peut noter à cet égard que J. Friberg propose une interprétation de ce terme différente de celle d'O. Neugebauer et E. Robson. Il écrit : « *In the drawing preceding the text of §6, the notation it-ta-šu next to the number 10 for the width of the gate may mean precisely that the width was the side of a square, although the correct translation of the phrase is not known. Note, however, that itû 'boundary, side' has the feminine plural itātu, so that the meaning of it-ta-šu may be 'its sides', referring to the sides of the square roof of a gate!* » (voir [FRIBERG2007a] page 306). Cette interprétation me semble étrange et moins convaincante que celle qui a été retenue par les autres commentateurs et les dictionnaires, mais pourrait néanmoins mériter d'être approfondie.

63. Un certain nombre d'idées peuvent venir spontanément à la lecture des traductions « marque » et « signe » que j'ai mentionnées plus haut, mais des réponses à cette question ne peuvent être avancées avant d'avoir examiné précisément le contexte et la signification exacte des occurrences de ce terme pour lesquelles elles ont été proposées.

64. Voir [KELLER2005] pages 286 et 289-291, et [ROBSON2008a] page 90.

65. Notons que J. Høyrup indique, dans [HØYRUP2002] page 99, pourquoi il n'était selon lui pas nécessaire de décrire la construction des diagrammes dans les mathématiques paléo-babyloniennes, mais qu'il parle en fait à cet endroit des « diagrammes mentaux » que j'évoquerai plus bas et non de ceux qui étaient réellement dessinés sur les tablettes.

66. Voir [THUREAU-DANGIN1938a] page 222, où ce verbe est traduit par « inscrire (un nombre) » ou « dessiner (une figure) », et [HØYRUP2002] page 40, où il est traduit par « lay down in writing or drawing ».

67. Voir [HØYRUP2002] pages 39 et *passim*, où ce verbe est traduit par « to posit ».

le verbe « *lapātum* », dont le sens premier est « toucher » et qui est utilisé dans un certain nombre de tablettes mathématiques pour indiquer qu'une valeur doit être enregistrée ou notée, avec des nuances qui semblent pouvoir inclure entre autres le fait d'inscrire une valeur sur un diagramme.⁶⁸ Cependant, il est difficile d'être certain qu'au moins certaines des occurrences de ces trois verbes polysémiques font bel et bien référence à un diagramme, comme nous le verrons dans la discussion de la tablette MS 3052 où apparaît le verbe « *lapātum* », et une étude approfondie de tous les contextes dans lesquels ils apparaissent dans la documentation mathématique serait nécessaire pour pouvoir cerner leur signification exacte. De plus, de telles occurrences sont, quoi qu'il en soit, très peu communes, et ne modifient donc dans tous les cas guère l'image d'ensemble selon laquelle les textes ne mentionnent pas les diagrammes.

Enfin, il existe bien sûr toute une terminologie dédiée aux configurations spatiales, mais celle-ci se rapporte aux formes et configurations géométriques de manière générale et pas spécifiquement à celles qui sont montrées par des diagrammes mathématiques.⁶⁹

Tout cela nous invite à creuser davantage les questions suivantes : Pourquoi les textes mathématiques, et au moins ceux qui sont accompagnés de diagrammes, ne contiennent-ils pas de références explicites à ces diagrammes ? Quel est le sens exact des verbes qui se rapportent peut-être à ces objets ? Que nous apprend leur emploi ? Une étude comparée de la terminologie relative aux configurations spatiales dans les situations liées à un diagramme et dans celles qui ne le sont pas peut-elle nous livrer des informations supplémentaires ?

III.2.2.3. Un lien par les valeurs numériques

À côté des termes désignant explicitement les diagrammes, il a été identifié dans plusieurs documentations mathématiques anciennes que les auteurs des textes mettaient en place des dispositifs leur permettant de se référer plus spécifiquement à certains éléments de ces diagrammes. A. Keller a ainsi par exemple montré comment les directions cardinales sont utilisées à cette fin dans certains commentaires mathématiques en sanskrit, tandis que R. Netz a décrit le système élaboré d'attribution de lettres utilisé par les mathématiciens grecs.⁷⁰

Cependant, de tels dispositifs ne semblent pas exister dans le corpus mathématique paléobabylonien, où les textes ne font pas davantage référence à des éléments des diagrammes qu'aux diagrammes dans leur ensemble, et où aucune forme de référence indirecte comparable aux « labels » sous forme de lettres observés dans les diagrammes grecs n'est employée.⁷¹

Finalement, il semble que les liens perceptibles entre les diagrammes et les textes qui les accompagnent, dans les cas où il y en a, se fassent essentiellement par les valeurs numériques, que l'on retrouve souvent en partie à l'identique dans les uns et les autres et qui permettent alors de mettre en relation certains des éléments des diagrammes avec certains des éléments mentionnés dans les textes.

68. Voir [HØYRUP2002] page 39-40, [ROBSON1999] page 30, ainsi que l'entrée dédiée dans le glossaire des termes akkadiens dans l'annexe D.

69. Voir [KILMER1990] et [ROBSON2008a] pages 47-49.

70. Voir [KELLER2005] pages 284-285, et [NETZ1999] pages 19-26, 43-51 et 68-88. R. Netz dégage notamment des régularités sur l'utilisation des lettres à cette fin, et parvient à faire sens des divergences observées par rapport à elles : il montre par exemple que les lettres sont presque toujours attribuées à des points, tandis que les segments et polygones sont désignés par la succession des lettres se rapportant à leurs sommets, et explique que les seuls éléments géométriques autres que des points qui sont désignés directement par une lettre sont ceux qui sont indépendants des autres (par exemple les surfaces) ; il met également en évidence la régularité avec laquelle les lettres sont attribuées dans l'ordre alphabétique, et suggère que les quelques ruptures avec cet ordre ont pour effet de marquer les points concernés.

71. Cette situation a déjà été en partie relevée par E. Robson dans [FRIBERG2007b] page 4 et [ROBSON2008a] page 281.

En conséquence, nous sommes amenés à nous concentrer dans les études de textes sur les questions suivantes : Certains termes employés dans le texte semblent-ils avoir eu pour fonction de faire référence à des éléments des diagrammes ? D'autres dispositifs semblent-ils avoir eu cette fonction ? Quels liens existe-t-il entre les valeurs numériques présentes sur les diagrammes et celles apparaissant dans les textes ? Peut-on y voir une forme de référence, peu perceptible, des textes aux diagrammes, ou inversement d'ailleurs ? D'autres éléments non envisagés pourraient-ils contribuer à créer des références difficilement perceptibles ?

III.2.3. Interactions implicites entre les textes et les diagrammes

Devant l'absence presque totale de références explicites des textes aux diagrammes ou à certains de leurs éléments, qui pourraient nous aider à appréhender l'utilisation des diagrammes en nous fournissant des points de vue d'acteurs à leur sujet, nous devons nous demander quelles interactions implicites semblent avoir existé entre ces deux objets.

III.2.3.1. Informations véhiculées par les diagrammes par rapport aux textes

Une première question que nous pouvons nous poser est celle de la répartition des informations entre les textes et les diagrammes : Les diagrammes véhiculent-ils toutes les informations transmises par les textes ? Si ce n'est pas le cas, lesquelles véhiculent-ils ? En particulier, dans le cas des problèmes résolus, s'agit-il plutôt d'informations se rapportant aux énoncés, aux procédures de résolution, aux résultats, ou encore à aucun de ces éléments ? Mélangent-ils des informations relevant de plusieurs de ces catégories ? Peut-on comprendre pourquoi ils véhiculent certaines de ces informations et pas les autres ? À l'inverse, les diagrammes transmettent-ils des informations supplémentaires par rapport aux textes ? Si oui, de quels types d'informations s'agit-il ? Pourquoi celles-ci sont-elles présentes sur les diagrammes et pas dans les textes ?

Des réponses contradictoires ont été apportées à l'une de ces questions par J. Høyrup et J. Friberg. Le premier énonce que « *All that occurs are diagrams that illustrate the statements of problems. With one atypical and partial exception [...], the texts never contain drawings that illustrate what goes on in the procedure.* », tandis que le deuxième estime que « *Another peculiarity of drawings associated with Old Babylonian mathematical exercises is that the numerical values indicated in the drawings are not always confined to the parameters given in the statement of the problem. They can include also values computed in the course of the solution procedure.* ».⁷²

Un premier survol rapide des diagrammes du corpus en lien avec les textes qu'ils accompagnent permet de se rendre compte que le point de vue de J. Friberg est plus juste, mais qu'il existe en fait une diversité encore plus grande que celle qu'il évoque : si de nombreuses inscriptions se rapportent effectivement à des données fournies par l'énoncé, il arrive également qu'elles renvoient plutôt à des valeurs déterminées au cours de la procédure de résolution, qu'elles indiquent les réponses aux problèmes, ou même encore qu'elles ne correspondent en apparence à aucun des nombres apparaissant dans le texte.⁷³ Il est de plus assez courant que plusieurs de ces inscriptions se trouvent dans différents cas parmi ceux cités soient rassemblées sur un même diagramme, et que les informations se rapportant à une même composante du texte ne soient que partiellement reprises par les inscriptions.

72. La première citation est tirée de [HØYRUP2002] page 103 et la seconde de [FRIBERG2007a] page 257. Il est à noter que J. Høyrup et J. Friberg mentionnent à propos de certaines tablettes particulières qu'ils étudient des éléments qui ne sont pas en accord avec ces descriptions générales.

73. Voir par exemple les tablettes BM 85194, YBC 4675 et YBC 8633 pour des cas où certaines inscriptions renvoient à des valeurs déterminées au cours de la procédure de résolution, la tablette MS 3052 pour un cas où certaines inscriptions indiquent les réponses aux problèmes, et les tablettes VAT 7532 et VAT 7535 pour des cas où certaines inscriptions ne correspondent en apparence à aucun des nombres apparaissant dans le texte.

Ces observations nous invitent à prendre réellement au sérieux les questions posées au début de la section lors des études de cas, et à tracer avec une grande minutie les informations véhiculées d'une part par les textes et d'autre part par les diagrammes pour tenter de repérer en finesse la manière dont elles sont réparties entre ces deux moyens d'expression et les raisons pour lesquelles cela semble avoir été fait de cette manière.

III.2.3.2. Forme des valeurs numériques entre les textes et les diagrammes

Un aspect lié à ces questions qui mérite d'être étudié tout particulièrement est celui des formes sous lesquelles se présentent les valeurs numériques dans les textes et les diagrammes, et de leurs circulations entre ces deux éléments. Dans certains cas, les textes et les diagrammes font tous deux apparaître uniquement des nombres écrits dans le système sexagésimal positionnel flottant. Cependant, dans d'autres cas, les problèmes résolus fournissent des valeurs numériques exprimées sous forme de mesures dans leur énoncé puis manipulent par la suite des nombres en notation sexagésimale positionnelle flottante dans leur procédure de résolution, et reviennent ensuite parfois aux mesures dans leur résultat final. Dans de tels cas, on constate presque systématiquement que la forme qui apparaît sur le diagramme associé est alors celle de la numération sexagésimale positionnelle flottante, c'est-à-dire celle de la procédure.⁷⁴ Bien que des analyses plus approfondies d'exemples précis soient nécessaires pour bien cerner la manière dont cela s'articule, cette observation est intéressante puisqu'elle montre que les diagrammes, même quand ils font apparaître des informations présentes dans les énoncés des problèmes, peuvent le faire sous une forme qui a déjà été modifiée pour correspondre à celle qui sera utilisée au cours de la procédure, et être ainsi, en un sens, déjà un pas plus avancé dans la résolution que l'énoncé lui-même.

Ces quelques considérations nous invitent à comparer en détail dans les études de cas les formes sous lesquelles les nombres apparaissent d'une part dans les textes et d'autre part sur les diagrammes, en nous demandant ce qu'impliquent les éventuelles différences relevées. Je m'attacherai d'ailleurs particulièrement à cette question dans l'étude de la tablette MS 3052 dans la deuxième grande partie.

III.2.3.3. Forme des objets considérés dans les textes et les diagrammes

Un autre aspect, un peu différent, qui mérite également d'être étudié précisément dans le même ordre d'idées est celui de la forme sous laquelle se présentent les objets considérés d'une part dans les textes et d'autre part dans les diagrammes. Dans certains cas, les problèmes mentionnent dès le début de l'énoncé une configuration géométrique et celle-ci est montrée par le diagramme telle qu'elle est évoquée dans le texte. Dans d'autres cas, la configuration géométrique montrée par le diagramme correspond certes globalement à la forme géométrique principale indiquée par le texte mais en s'y raccrochant de manière un peu moins évidente. Enfin, il y a également des cas dans lesquels les problèmes introduisent seulement un objet concret, sans aucune indication relative à la manière dont il est traité mathématiquement dans la procédure de résolution, et le diagramme montre alors directement la modélisation géométrique qui en est retenue. Et ce dernier cas est particulièrement intéressant, puisqu'il montre une nouvelle fois qu'un diagramme, même s'il transmet par ailleurs des données relatives à l'énoncé d'un problème, peut en fait se trouver déjà un pas plus en avant que lui vers la résolution.

74. Un exemple a été relevé par J. Friberg dans [FRIBERG2007a] page 262. D'autres seront discutés dans l'étude de la tablette MS 3052 dans la deuxième grande partie.

Tout comme dans le cas des formes des valeurs numériques, ces quelques considérations nous invitent à comparer en détail dans les études de cas les formes sous lesquelles les objets considérés sont décrits dans les textes et celles sous lesquelles ils sont montrés par les diagrammes, en nous demandant ce qu'impliquent les éventuelles différences relevées. Là encore, je m'attacherai particulièrement à cette question dans l'étude de la tablette MS 3052 dans la deuxième grande partie.

III.2.3.4. Interdépendance des textes et des diagrammes

Une autre question importante, qui intéresse beaucoup les historiens des mathématiques travaillant sur d'autres documentations anciennes, ainsi d'ailleurs que les philosophes des mathématiques, est celle de la possible interdépendance des textes et des diagrammes.

D'une part, les textes accompagnés de diagrammes peuvent s'avérer dépendants de ces diagrammes à plusieurs niveaux. Cette dépendance peut tout d'abord se manifester au niveau de l'introduction des données, et R. Netz explique par exemple comment les diagrammes des textes grecs jouent un rôle indispensable dans le processus de fixation des références en montrant clairement quelle lettre est rattachée à quel objet alors que le texte ne le mentionne parfois qu'évasivement.⁷⁵ Ensuite, elle peut se manifester de plusieurs manières différentes dans le déroulement des démonstrations : les diagrammes peuvent remplacer des descriptions qui ne sont pas formulées discursivement, ils peuvent permettre de suivre des successions d'opérations sur des configurations géométriques qui ne seraient pas compréhensibles sans support visuel, indiquer comment départager deux interprétations possibles du texte, ou encore, dans le cas de propositions se démontrant par la considération de cas asymétriques, de savoir lequel l'auteur est en train de traiter.⁷⁶ Enfin, comme l'explique R. Netz, les diagrammes des mathématiques grecques instaurent pour les textes un monde de références fini, en réduisant l'ensemble continu de points impliqués dans une proposition à l'ensemble fini et limité de ceux qui sont marqués et nécessitent l'attention de l'auteur et du lecteur.⁷⁷

D'autre part, les diagrammes peuvent inversement s'avérer eux aussi dépendants du texte dans certains cas. En effet, ils ne nous renseignent en général pas sur le contenu du problème ou de la proposition qu'ils accompagnent, ce que précise alors le texte.⁷⁸ Mais surtout, dans plusieurs documentations, puisque les diagrammes ne spécifient pas la nature des objets qu'ils contiennent et en proposent parfois des représentations très peu ressemblantes (notamment en géométrie solide où rien dans les dessins n'indique qu'il ne s'agit pas d'objets plans), seul le texte peut faire comprendre au lecteur ce qui est représenté.⁷⁹

Enfin, un dernier exemple soulignant fortement l'interdépendance des textes et des diagrammes dans certaines documentations est celui, développé par R. Netz, de leurs rôles conjoints dans les déductions. Selon lui, beaucoup d'assertions dans les démonstrations des traités grecs dérivent d'une combinaison d'éléments provenant du texte et du diagramme, de la manière suivante : après que le texte a apporté avec certitude certaines informations que le diagramme seul ne peut pas contenir et certaines déductions qu'il ne peut pas prouver, le diagramme les encode et les met ensemble à disposition du lecteur, qui peut ensuite aisément les synthétiser pour en tirer de nouveaux faits que le texte affirme alors sans en détailler les raisons.⁸⁰

75. Voir [NETZ1999] pages 20-26.

76. Voir [CROZET1999] page 148 (pour le premier point), [SAITO&SIDOLI2012] page 141 (pour le deuxième point) et [NETZ1999] pages 29-30 (pour les deux derniers points).

77. Voir [NETZ1999] pages 34-35.

78. Voir [NETZ1999] page 25.

79. Voir [NETZ1999] page 25, [SAITO&SIDOLI2012] page 150 et [DEYOUNG2009] page 334.

80. Voir [NETZ1999] pages 26-29.

Toutes ces réflexions menées dans les autres documentations montrent l'intérêt de se poser, à propos du corpus cunéiforme également, les questions suivantes : Certains aspects des textes semblent-ils ne pas pouvoir être compris sans l'appui des diagrammes qui les accompagnent, et, si oui, de quelle manière les diagrammes comblent-ils cette « lacune » ? Inversement, certains aspects des diagrammes semblent-ils ne pas pouvoir être compris sans l'appui des textes présents à leur côté, et, si oui, de quelle manière les textes comblent-ils cette « lacune » ? Certains des aspects relevés concernant l'un ou l'autre de ces cas de figure concernent-ils l'exposition des raisonnements ?

Néanmoins, mon expérience avec le corpus paléo-babylonien m'a montré qu'il fallait être extrêmement prudent pour traiter ce type de questions dans la mesure où, souvent, des informations que l'on croit être absentes des textes sont en fait probablement véhiculées par ceux-ci mais d'une manière qui est difficilement perceptible pour les lecteurs modernes (propriétés impliquées par la terminologie technique, propriétés implicites de certains objets géométriques, etc). J'illustrerai ce fait dans les études de cas de la deuxième grande partie.

III.2.3.5. Impact de la présence de diagrammes sur les textes, et réciproquement

Un aspect supplémentaire qui transparaît indirectement à travers certains des points soulevés dans la section précédente et mérite d'être questionné plus spécifiquement concerne l'impact que peut avoir la présence de diagrammes sur la manière dont les textes sont rédigés, comme cela a par exemple été mis en évidence par K. Chemla dans certains textes mathématiques de Chine ancienne.⁸¹ Plus précisément, la principale question que l'on peut se poser à ce sujet est : Le fait que des diagrammes soient associés à certains des textes paraît-il avoir eu une influence sur la structure et/ou la formulation de ces textes ? Un cas particulièrement favorable pour étudier ce point est celui des collections de problèmes dans lesquelles chaque problème ou certains des problèmes sont accompagnés d'un diagramme, comme nous le verrons dans l'étude de la tablette MS 3052 dans la deuxième grande partie.

Inversement, il peut être intéressant de se demander également si la présence d'un texte associé à un diagramme a un impact sur les propriétés de celui-ci, en comparant attentivement les diagrammes qui sont associés à des textes et ceux qui ne le sont pas.

III.2.3.6. Temporalités comparées des textes et des diagrammes

Enfin, un dernier aspect sur lequel nous pouvons nous interroger concernant les relations entre les textes et les diagrammes est celui de l'articulation de leurs temporalités respectives. En effet, les textes ont une temporalité linéaire, de sorte que leur lecture et leur écriture se font de manière progressive dans un ordre essentiellement imposé. En revanche, la temporalité des diagrammes n'est pas linéaire, de sorte que leur production se fait de manière progressive dans un ordre non imposé et leur lecture peut se faire soit de manière progressive dans un ordre non imposé soit dans une certaine mesure de manière simultanée.

III.2.4. Rôles joués par les diagrammes

Avec ces premières questions et ces premiers éléments de réponse en toile de fond, nous pouvons maintenant nous attaquer à la question plus large des activités dans le cadre desquelles des diagrammes mathématiques semblent avoir été produits et/ou utilisés à l'époque paléo-babylonienne et des rôles qu'ils semblent avoir joué en lien avec ces activités.

81. Voir [CHEMLA2010] pages 321-322.

III.2.4.1. Nature des activités mathématiques impliquant des diagrammes

Tout comme les auteurs, les cibles et les statuts des tablettes et des diagrammes discutés dans la section III.2.1.3, les activités mathématiques ayant donné lieu à la production des documents mathématiques qui nous sont parvenus ne peuvent être reconstituées qu'à travers les propriétés matérielles et le contenu de ces documents, ce qui fait que nous les connaissons assez mal.

Les cas les plus faciles à identifier sont en général ceux des activités s'inscrivant dans le cadre de la formation scolaire de niveau élémentaire et intermédiaire, puisque les documents produits dans ce cadre sont en général assez aisément reconnaissable à leur forme, leur contenu et parfois leur maladresse. Ces cas semblent être assez nombreux dans mon corpus, et témoigner de différents types d'activités différents dans ce cadre. Par exemple, certaines tablettes semblent clairement présenter sur une face un modèle de diagramme réalisé par un maître et au revers le même diagramme reproduit, peut-être de mémoire ou par copie, ou bien reconstitué par un élève, tandis que d'autres font apparaître un seul diagramme en dessous duquel ont vraisemblablement été posés des calculs liés à la détermination des valeurs à y indiquer, etc. La section III.2.5. nous permettra d'entrevoir quelques exemples précis de ces activités.

À côté de ces activités liées à l'enseignement de niveau élémentaire ou intermédiaire, un certain nombre de tablettes de mon corpus semblent au contraire s'être inscrites dans le cadre d'activités relevant davantage d'un enseignement avancé ou même d'une pratique d'érudition, qui sont très difficiles à distinguer et au sujet desquels nous sommes très mal renseignés. Ces pratiques peuvent, comme je l'ai évoqué au sujet du statut des textes, notamment consister en la copie d'anciens textes, en la compilation d'unités de texte initialement réparties sur différents supports, en l'élaboration de nouveaux contenus, dans un cas comme dans l'autre soit à des fins exploratoires soit à des fins de transmission, mais ce que nous pouvons en reconstituer est extrêmement limité.

Une question supplémentaire qui se pose est celle des éventuelles pratiques inhérentes à ces diverses activités qui n'ont pas laissé de traces sur les tablettes, telles qu'une part de récitation ou d'échanges oraux ou encore des manipulations d'objets. Il est ainsi important de se demander en étudiant les textes, même s'il est très rare de pouvoir y répondre, si certains éléments peuvent évoquer des composantes orales ou instrumentales qui auraient tenu une place dans les activités ayant donné lieu à la production des diagrammes ou d'autres activités ayant tourné autour des diagrammes.

III.2.4.2. De nombreux rôles possibles

Dans chacune de ces activités, et bien que nous soyons rarement capables de les décrire précisément, les diagrammes peuvent avoir joué différents rôles, qu'il est particulièrement intéressant de chercher à identifier.

J. Høyrup a balayé cette question en affirmant que l'on trouvait dans la documentation paléo-babylonienne uniquement des diagrammes qui illustraient ou éventuellement éclairaient les énoncés des problèmes : « *The Babylonian texts contain no drawings apart from such as are used to illustrate problem statements.* » ou encore « *The rare drawings we find only serve to elucidate the meaning of the statement.* ». ⁸² Toutefois, un certain nombre d'éléments que je viens de décrire, ainsi que les premières conclusions auxquelles j'ai abouti dans mon mémoire

82. Les citations sont tirées de [HØYRUP2002] pages 37 et 103.

de master, montrent que cette vision des choses est beaucoup trop restrictive et que le sujet mérite d'être reconsidéré.

Afin de nous aider dans cette recherche, nous pouvons nous inspirer des très nombreux rôles joués par les diagrammes qui ont été identifiés par des historiens des mathématiques travaillant sur d'autres documentations anciennes, bien qu'il soit clair que tous ne puissent pas s'appliquer à la documentation cunéiforme. Il a tout d'abord été signalé que les diagrammes pouvaient, certes, avoir pour fonction d'illustrer la situation décrite par l'énoncé d'un problème.⁸³ Il a également été identifié qu'ils pouvaient être utilisés pour spécifier une définition géométrique, soit en représentant de nouvelles formes introduites par le texte, soit en invalidant certaines formes que l'on pourrait croire désignées par une terminologie trompeuse.⁸⁴ Un autre de leurs rôles possibles consiste à rendre les configurations géométriques perceptibles par les sens pour aider les mathématiciens à mettre à jour des propriétés et élaborer des démonstrations.⁸⁵ Ils servent par ailleurs fréquemment dans certaines documentations à illustrer ou expliquer un algorithme en fournissant une aide visuelle permettant d'en interpréter géométriquement les étapes successives.⁸⁶ Ils peuvent également avoir pour rôle de prouver une procédure, en venant parfois s'insérer au moment crucial des démonstrations, à l'endroit où le lecteur moderne attendrait plutôt un argument discursif.⁸⁷ Ils peuvent aussi permettre d'écarter les questions ontologiques en fournissant un univers au discours mathématique : quand les mathématiciens parlent de leurs diagrammes, les preuves s'effectuent au niveau de l'objet et les problèmes d'existence n'ont pas besoin d'être discutés.⁸⁸ Enfin, ils peuvent servir de « faire-croire » (« make-believe » en anglais) dans des démonstrations par l'absurde en faisant survivre pendant toute la durée de la preuve (par exemple en appelant cercle ce qui est dessiné comme un ovale) la situation dont on veut montrer l'impossibilité, et probablement plus généralement dans d'autres situations.⁸⁹

Les remarques faites sur certains diagrammes dans des publications d'histoire des mathématiques cunéiformes ainsi que les premières conclusions auxquelles j'ai abouti dans le cadre de mon mémoire de master m'ont permis de constater que, même si tous ces rôles ne sont pas pertinents dans le contexte paléo-babylonien, plusieurs d'entre eux, ainsi que beaucoup d'autres qui ne figurent pas dans cette liste, semblent s'y rencontrer. On peut ainsi par exemple se demander si un diagramme donné semble avoir illustré l'énoncé d'un problème, expliciter cet énoncé, montrer des étapes d'un raisonnement, faire apparaître des arguments qui ne sont pas donnés dans le texte, rassembler des données qu'il est utile d'avoir à disposition, servir de support de réflexion, permettre de mémoriser une démarche, aider à la conception d'un problème, etc. Nous verrons apparaître certains de ces rôles, et les discuterons alors plus en détail, dans les études de cas de la deuxième grande partie.

III.2.4.3. Liens avec les raisonnements figuratifs reconstitués par J. Høyrup

En parallèle de tous ces rôles relativement généraux qui peuvent être envisagés, une question importante spécifique au cas des diagrammes mathématiques est celle des liens entre

83. Voir [DEYOUNG2009] page 354 et [CHEMLA2010] page 322.

84. Voir [KELLER2005] pages 291-294.

85. Voir [CROZET1999] pages 141 et 143. Remarquons que, de manière assez exceptionnelle, ce rôle est décrit par le mathématicien persan Al-Siğzī lui-même.

86. Voir [KELLER2005] pages 295-297 et [CHEMLA2010] page 322. A. Keller signale à ce propos que la frontière entre un diagramme illustratif et un diagramme explicatif est presque impossible à tracer.

87. Voir [KELLER2005] pages 297-299 et [CHARETTE2012] page 280.

88. Voir [NETZ1999] pages 56-57.

89. Voir [NETZ1999] pages 54-56.

les raisonnements figuratifs introduits par J. Høyrup pour rendre compte des procédures de résolution des problèmes et les diagrammes présents aux côtés de certains de ces problèmes.

Quelques explications s'imposent pour situer cette question. Dans son livre *Lengths, widths, surfaces*, paru en 2002, l'historien des mathématiques cunéiformes J. Høyrup propose une nouvelle interprétation des procédures de résolution des problèmes mathématiques babyloniens à caractère « algébrique », basée sur une lecture des textes qu'il qualifie de « *close reading* ». Il suggère, à partir d'un examen minutieux de la terminologie technique, qu'un certain nombre de verbes doivent être compris comme désignant non pas seulement des opérations numériques mais en même temps des opérations géométriques. Cela le conduit à rendre compte des raisonnements mathématiques décrits par les procédures au moyen de modifications successives de figures qui permettent de passer progressivement de la situation initiale connue dans l'énoncé à une situation finale dans laquelle apparaît le résultat cherché.⁹⁰

Un exemple rapide aidera à comprendre plus concrètement comment se présentent ces raisonnements en vue de la discussion qui suit – et également à préparer les lecteurs non habitués aux textes mathématiques cunéiformes aux études de cas de la deuxième grande partie. La figure III.4 ci-dessous fournit une traduction du premier problème de la tablette BM 13901, qui est le premier exemple introduit par J. Høyrup dans son livre, ainsi qu'un certain nombre de schémas que j'ai réalisés à partir des siens pour permettre de suivre les explications qu'il propose.⁹¹

J'ai additionné la surface et le côté (de mon carré) : c'est 45. Tu poses 1, la saillie. Tu brises la moitié de 1. Tu croises 30 et 30. Tu ajoutes 15 à 45 : auprès de 1, 1 est égal. Tu retranches 30, que tu as croisé, de l'intérieur de 1 : le côté est 30.

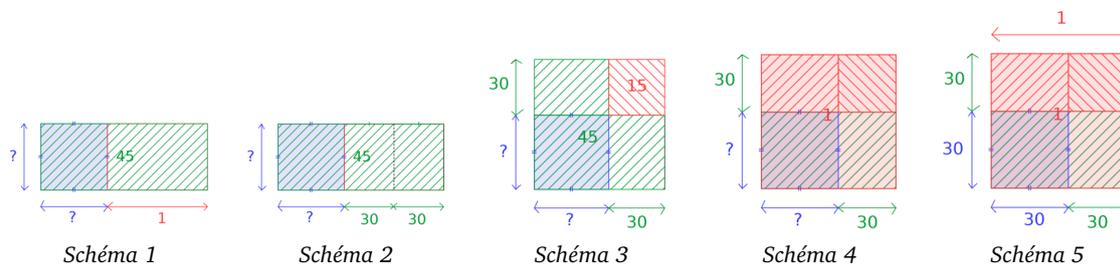


FIGURE III.4. Exemple de raisonnement figuratif reconstitué par J. Høyrup (premier problème de la tablette BM 13901)

Dans ce problème, on considère un carré dont on connaît la somme de la longueur du côté et de l'aire, qui est dite valoir 45, et dont on cherche à déterminer la longueur du côté. La première opération décrite, qui consiste à poser une « saillie » de 1, correspond à la construction d'un rectangle accolé au carré, qui a pour largeur le côté du carré et pour longueur 1 ; l'aire de ce rectangle est alors égale à la longueur du côté du carré, et l'aire du grand rectangle

90. Il s'agit là d'une description très rapide du travail que J. Høyrup expose dans [HØYRUP2002]. Pour une caractérisation plus détaillée de sa démarche et ses conclusions, voir le livre lui-même, ou au moins en première approche les passages pages 13-15 (« *We may say that...* » à « *... used their work* »), 18-31 (« *Mathematical operations* ») et 33-37 (« *Standard names and standard representation* »).

91. Voir [HØYRUP2002] pages 50-52 pour le traitement de cet exemple par J. Høyrup lui-même. La traduction que je propose ici est basée sur celle qu'il donne en anglais, mais adaptée de manière à être cohérente avec mes autres traductions et les glossaires de l'annexe D.

formé par ce rectangle-ci et le carré donne un sens géométrique à la valeur de 45 fournie par l'énoncé, comme illustré par le premier schéma ci-dessus. L'opération suivante consiste à « briser la moitié » de 1 ; elle peut se traduire sur la figure que nous avons créée par un partage du rectangle de longueur 1 en deux rectangles ayant la même largeur que celui de départ mais une longueur moitié, qui vaut alors 30 dans le système sexagésimal positionnel flottant, comme illustré par le deuxième schéma.⁹² Ensuite, la procédure nous invite à « croiser » 30 avec lui-même, c'est-à-dire de placer deux lignes de longueur 30 perpendiculairement l'une à l'autre pour former un carré ; sur la figure, cela peut se faire en déplaçant la deuxième partie du rectangle que nous venons de couper en deux pour venir la placer contre un côté du carré adjacent à celui contre lequel se trouve la première partie, et obtenir alors entre ces deux parties un carré dont l'aire vaut 30 fois 30, ce qui donne 15, comme illustré par le troisième schéma. Puis, la procédure nous invite à « ajouter » 15, qui est l'aire de ce petit carré, à 45, qui est l'aire du grand rectangle de la première étape et donc également du gnomon formé en découpant et recollant ce rectangle ; sur la figure à laquelle nous avons abouti, le résultat, qui vaut 1, correspond à l'aire totale du grand carré formé par ces deux surfaces rassemblées, comme illustré par le quatrième schéma. Suite à cela, la procédure nous invite à déterminer « auprès de quoi 1 est égal », c'est-à-dire quel est le côté d'un carré d'aire 1 ; sur la figure, le résultat 1 correspond au côté du grand carré considéré à l'étape précédente. Enfin, la dernière étape consiste à retrancher 30, qui est explicitement rappelé être le côté du petit carré que nous avons formé plus tôt, de 1, qui est le côté du grand carré que nous venons d'obtenir ; le résultat, 30, se trouve alors être le côté du carré de départ, comme illustré par le cinquième schéma.

Ce type d'explications des procédures de résolution de problèmes, en faveur duquel J. Høyrup donne des arguments vraiment convaincants et qui s'avère fonctionner très bien dans de nombreuses situations, a peu à peu été adopté par les autres historiens des mathématiques cunéiformes – y compris par moi-même, comme cela apparaîtra dans mes études de cas – et a fini par s'imposer comme la manière la plus satisfaisante que nous ayons à l'heure actuelle de rendre compte des raisonnements sous-tendant ces procédures.

À la lecture de ces explications, et devant l'utilisation courante de ce point de vue dans les commentaires, une question essentielle se pose toutefois : celle de savoir si l'on trouve sur certaines tablettes des diagrammes montrant les configurations géométriques que les historiens reconstituent ainsi à partir du vocabulaire. Or, force est de constater que ce n'est pas le cas. Certains des problèmes résolus que nous pouvons expliquer de cette manière sont accompagnés d'un diagramme et d'autres non, mais, même pour ceux qui le sont, le diagramme est alors très différent de ceux qui correspondraient aux manipulations que nous imaginons, comme l'a signalé J. Høyrup lui-même en écrivant : « *A geometrical representation seems to presuppose space and drawings. How does this fit the textual evidence? Are the transformations as shown in (...) to be found on the tablets? (...) They are not found on the tablets. (...) With one atypical and partial exception (YBC 8633), the texts never contain drawings that illustrate what goes on in the procedure. (...) It turns out that "procedure diagrams" are absent not only from the "algebraic texts" but also from properly geometric texts where we may be quite certain that the calculations correspond to transformations of a geometric configuration* ». ⁹³

Indiquer que les diagrammes que l'on rencontre en lien avec les problèmes résolus sont très différents de ceux qui correspondraient aux manipulations de configurations géométriques que

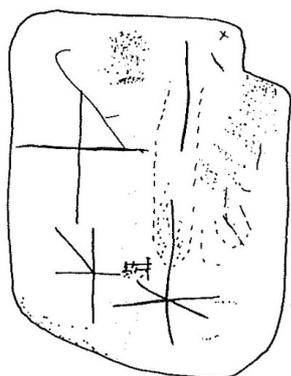
92. Le fonctionnement de ce système de numération est présenté dans l'annexe B.

93. La citation est tirée de [HØYRUP2002] pages 103-105.

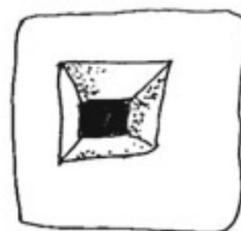
nous reconstituons me semble impliquer plusieurs aspects assez différents les uns des autres, qui n'ont jamais été explicités mais méritent d'être précisés.

Premièrement, pour autant que j'aie pu l'observer, on ne trouve jamais, sous aucune forme, de séries de diagrammes montrant plusieurs stades successifs d'une même configuration géométrique qui serait transformée entre chaque stade. Il existe une tablette scolaire non mathématique du premier millénaire, la tablette BM 36472 dont la copie est reproduite par la figure III.5 ci-dessous, au revers de laquelle apparaissent des tracés que P. Gesche propose d'interpréter comme quatre étapes successives du dessin d'une étoile rudimentaire qui montreraient chacune un stade de la réalisation comportant un élément de plus que le précédent, mais rien de semblable n'a été repéré dans le corpus mathématique paléo-babylonien.⁹⁴

Deuxièmement, on ne trouve jamais de diagrammes qui suggèrent d'une manière ou d'une autre une idée de transformation, de découpage ou de déplacement. Ainsi que je l'ai signalé plus haut, il n'y a jamais d'éléments tels que des flèches, des pointillés, des hachures ou d'autres symboles qui pourraient permettre de faire passer une telle idée de manière purement visuelle. On pourrait toutefois s'attendre à ce que certaines inscriptions comportent des mots, voire même des phrases complètes comme dans les textes chinois étudiés dans [ZHOU2018], qui donneraient de telles indications de manière textuelle, et cela non plus ne se produit pas.



Un dessin par étapes successives ?



Un dessin de carrés concentriques

FIGURE III.5. À la recherche des raisonnements figuratifs reconstitués par J. Høyrup⁹⁵

Enfin, troisièmement, même en oubliant l'idée de transformation, on ne trouve jamais, au vu de la liste que j'ai établie dans le premier chapitre, de diagrammes montrant les configurations géométriques qui reviennent de manière récurrente dans les raisonnements reconstitués par J. Høyrup, à savoir principalement des gnomons (éventuellement complétés en carrés comme nous l'avons vu dans l'exemple ci-dessus) et des carrés concentriques avec leurs diagonales.⁹⁶ Une tablette scolaire de la vallée de la Diyala, la tablette Haddad 3657 que j'ai déjà évoquée dans la section I.2.4.2 du premier chapitre et qui est reproduite par la figure III.5 ci-dessus, contient sur la face un bref extrait de table de multiplication et comporte au revers un croquis que l'on peut décrire comme deux carrés concentriques dont le petit est un peu

94. Voir [GESCHE2001] page 263.

95. La première image est une copie du revers de la tablette BM 36472 tirée de [GESCHE2001] page 263. La deuxième est une copie du revers de la tablette Haddad 3657 tirée de [FRIBERG&AL-RAWI2016] page 266.

96. Quelques rares diagrammes montrent des carrés ou rectangles concentriques, mais sans diagonales et sur des tablettes qui ne contiennent pas de problèmes résolus.

creusé et dont les sommets sont reliés deux à deux par les portions de diagonales correspondantes.⁹⁷ Il s'agit d'un cas particulièrement intéressant car il reflète, même si ce n'est qu'indirectement à travers une sorte de gribouillage vraisemblablement réalisé par un apprenti scribe pour se divertir, que cette configuration géométrique était effectivement conçue à l'époque paléo-babylonienne – et peut-être, si l'on s'autorise une suggestion plus hasardeuse qui corroborerait en partie les reconstitutions de J. Høyrup, que les apprentis scribes y étaient effectivement confrontés dans leurs apprentissages et qu'elle y occupait une place suffisamment importante pour leur venir spontanément lorsqu'ils griffonnaient. Mais ce petit croquis, que j'ai d'ailleurs décidé dans la section I.2.4.2 de ne pas inclure dans mon corpus des diagrammes mathématiques, n'apparaît pas en relation avec un problème résolu et n'est pas suffisamment explicite pour qu'il soit possible d'en tirer des conclusions.

Les configurations géométriques impliquées par ses explications n'étant jamais dessinées sur les tablettes, J. Høyrup formule l'hypothèse qu'elles étaient construites et manipulées mentalement par les scribes, qui, une fois qu'ils avaient pris l'habitude de ce type de raisonnements, étaient vraisemblablement capables de les visualiser et d'opérer dessus sans avoir besoin de les dessiner réellement, c'est-à-dire en quelque sorte de faire de la « géométrie mentale » comme nous faisons du calcul mental : « *Much may have been made as "mental geometry" : after some amount of work with the cut-and-paste methods and appurtenant scalings one is able to imagine the underlying configurations well enough to be able to perform the calculational steps without making an actual drawing, or with the support of only a most rudimentary sketch. Calculators with a minimum of training will probably have had no need to perform the actual cuttings and displacements of (...) - a mere drawing of the rectangle itself will have been sufficient.* ».⁹⁸ J. Høyrup se montre cependant insatisfait de cette première suggestion seule dans la mesure où, pour acquérir cette capacité à pratiquer la géométrie mentale, il était selon lui indispensable de passer au moins au début par de vrais dessins. Il émet alors l'hypothèse complémentaire que les dessins géométriques correspondants étaient réalisés sur des surfaces de travail plus éphémères, comme je l'ai évoqué dans la section I.2.4.4 du premier chapitre.⁹⁹

Il n'en reste pas moins étonnant que ces configurations, si elles jouaient effectivement un rôle clé dans un si grand nombre de raisonnements, n'aient, à part peut-être par l'écolier de la vallée de la Diyala, pas été dessinées une seule fois sur l'argile – un problème qui reste ouvert à l'heure actuelle et nous incite à continuer d'étudier cette question de manière poussée.

III.2.5. Intentions révélées par les effacements pratiqués en lien avec les diagrammes

Sur toutes les questions que j'ai abordées dans cette partie, il est souvent difficile, étant donné le peu d'éléments de contexte dont nous disposons et l'absence totale de métadiscours sur lequel nous pourrions nous fonder, d'apporter des réponses précises et argumentées, et les résultats restent en conséquence souvent un peu spéculatifs. Néanmoins, dans certains cas, une prise en compte minutieuse des propriétés matérielles que j'ai étudiées dans le deuxième chapitre permet d'apporter des éléments de réflexion plus tangibles qui peuvent être croisés avec ceux tirés de l'analyse textuelle et mathématique et s'avèrent essentiels pour en comprendre les enjeux. C'est ce que je souhaite montrer dans cette section, en revenant sur les traces d'effacement qui apparaissent sur un certain nombre de tablettes du corpus, que j'avais décrites mais peu analysées dans le deuxième chapitre, et en les mettant cette fois en relation

97. Voir [FRIBERG&AL-RAWI2016] pages 266-267.

98. La citation est tirée de [HØYRUP2002] pages 105-106.

99. Voir [HØYRUP2002] pages 106-107.

avec le contenu des textes et le sens mathématique des diagrammes, afin de faire apparaître que ces effacements semblent avoir été pratiqués avec des intentions très différentes les unes des autres qui nous renseignent d'une part sur les activités dans le cadre desquelles les diagrammes étaient produits et d'autre part sur la manière dont les diagrammes concernés étaient utilisés.

Dans ce qui suit, je présente ainsi cinq types d'intentions mathématiques différentes qui me semblent pouvoir être identifiées derrière les effacements pratiques sur les tablettes de mon corpus comportant des diagrammes. Il convient de signaler que les quelques exemples que je présente ci-dessous sont simplement destinés à faire ressortir une démarche et de grandes idées. Ils portent sur des tablettes que je n'ai pas étudiées de manière approfondie et en proposent une présentation essentiellement basée sur les analyses qui en ont été faites par de précédents commentateurs, que je n'ai pas révisées en détail.

III.2.5.1. Effacer d'anciennes inscriptions afin de réutiliser la tablette

Considérons pour commencer la tablette MS 2985, une petite tablette rectangulaire à l'écriture mal assurée dont la face est reproduite par la figure III.6 ci-dessous.¹⁰⁰



FIGURE III.6. Un premier exemple d'intention révélée par des traces d'effacement : MS 2985¹⁰¹

Les tranches et le revers de cette tablette sont vierges, et sa face fait apparaître un diagramme peu soigné portant un certain nombre d'inscriptions, sans texte discursif associé. Il est probable qu'il s'agisse d'un exercice scolaire de niveau intermédiaire, qui répondait peut-être à un énoncé donné oralement.¹⁰²

Ainsi que je l'ai mentionné dans le chapitre II, et comme cela apparaît sur les gros plans de la figure II.12, le fait que la surface de cette tablette ait clairement été entièrement et abondamment ré-humidifiée, associée à la présence de nombreux restes d'anciens signes et d'anciennes lignes à différents endroits, révèlent que cette tablette a été soumise à un effacement global de l'ensemble de sa face, peut-être même plusieurs fois de suite, avant que son contenu actuel n'y soit inscrit.

100. Voir au sujet de cette tablette [FRIBERG2007a] pages 212-216.

101. L'image est un montage composé d'une photographie de la tablette MS 2985 accessible dans la base de données du CDLI, à l'adresse <<https://cdli.mpiwg-berlin.mpg.de/artifacts/252014>> (dernier accès le 25 mars 2024) et de quatre gros plans sur cette même photographie.

102. Le but de l'exercice en question importe peu pour la présente discussion, et les lecteurs souhaitant en savoir plus pourront se reporter à la référence donnée dans la note 100 ci-dessus.

En combinant ces différents éléments, nous comprenons que cette tablette doit être une sorte de « brouillon d'écolier », sur lequel un apprenti scribe a réalisé plusieurs exercices les uns à la suite des autres. De plus, la présence de lignes parmi les restes d'éléments effacés encore détectables nous laisse penser qu'au moins l'un des exercices précédant celui que nous voyons à l'heure actuelle faisait lui aussi intervenir un diagramme. Une situation similaire peut être repérée sur plusieurs autres tablettes de mon corpus, en particulier les tablettes MS 3042 et Ashm 1922.168.

Bien sûr, le fait que les tablettes scolaires aient pu être entièrement effacées pour laisser la place à un nouveau contenu une fois un exercice terminé n'est pas nouveau, et a déjà été documenté par plusieurs assyriologues.¹⁰³ Néanmoins, nous apprenons ici que cette pratique concernait également des exercices faisant intervenir des diagrammes, et que les apprentis scribes pouvaient ainsi en tracer plusieurs à la suite sur une même surface.

III.2.5.2. Effacer une surface de travail afin de faire disparaître des inscriptions qui ne relèvent pas du contenu principal de la tablette

Considérons maintenant la tablette YBC 7290, une autre petite tablette rectangulaire, dont la face est reproduite par la figure III.7 ci-dessous.¹⁰⁴

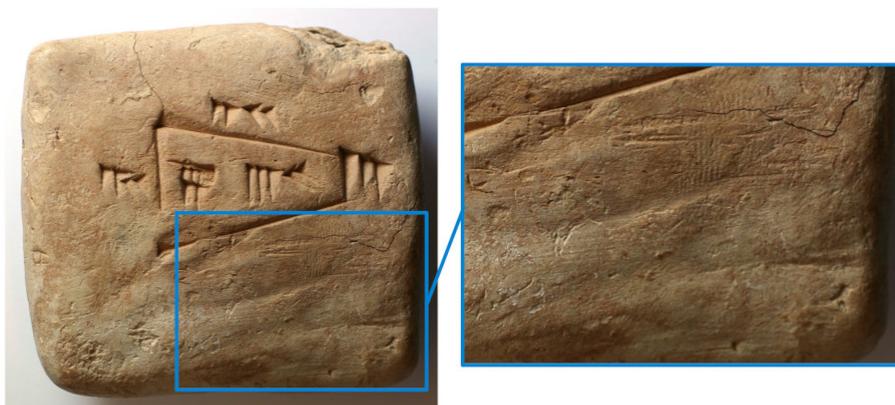


FIGURE III.7. Un deuxième exemple d'intention révélée par des traces d'effacement : YBC 7290¹⁰⁵

Cette tablette est inscrite recto-verso. Sa face fait apparaître un diagramme montrant un trapèze avec plusieurs inscriptions indiquant assez clairement les longueurs de ses côtés ainsi que son aire, et son revers comporte un diagramme montrant un trapèze similaire mais sans aucune inscription.

Contrairement à la précédente, cette tablette ne semble pas avoir fait l'objet d'un effacement d'ensemble de l'un de ses côtés. Cependant, on repère dans la zone en bas de la face, juste en-dessous du diagramme, des traces de frottement associées à une légère déformation de la surface, et le trait du bas du diagramme est déformé à un endroit, avec son sillon ponctuellement obstrué par de l'argile qui y a été poussée. Il est donc probable que cette tablette ait subi un effacement local relativement large portant sur toute cette zone.

103. Voir les références données dans la dernière partie du chapitre précédent.

104. Voir au sujet de cette tablette [NEUGEBAUER&SACHS1945] page 44, [NEMET-NEJAT2002] page 260 et [FRIBERG2007a] page 194.

105. L'image est un montage composé d'une photographie de la face de la tablette YBC 7290 réalisée par C. Proust au Yale Peabody Museum of Natural History et d'un gros plan sur cette même photographie.

Dans la mesure où rien ne peut être lu dans la zone qui a été effacée, l'intention derrière l'effacement est un peu plus difficile à cerner que dans le cas précédent. Néanmoins, des exemples qui partagent des points communs avec celui-ci tout en étant très différents peuvent nous aider à l'identifier.

Considérons ainsi en complément les tablettes VAT 7532 et MAH 16055 montrées par la figure III.8 ci-dessous.¹⁰⁶



FIGURE III.8. Autres exemples comparables : VAT 7532 et MAH 16055¹⁰⁷

La première de ces deux tablettes contient un problème résolu portant sur la mesure d'un champ au moyen d'un roseau accompagné d'un diagramme très endommagé qui montrait probablement un trapèze, et présente au revers, dans une zone vierge après la fin de son texte, des « fonds de clous » qui révèlent qu'un effacement local a été pratiqué à cet endroit. La deuxième contient une série de diagrammes montrant des trapèzes divisés en bandes par des transversales sur lesquels sont portées diverses inscriptions, et présente cette fois sur sa tranche inférieure des « fonds de clous » permettant d'identifier qu'un effacement y a été pratiqué. De plus, les restes de clous discernables dans ces deux zones laissent penser que ce qui y figurait avant l'effacement pouvait être des nombres.

En comparant tous ces cas, il semble que l'on voie se dégager un schéma commun, à savoir celui d'une zone, située à côté du contenu « principal » de la tablette, où ont été effacés des éléments qui pourraient notamment avoir été des nombres. Une telle situation évoque une « zone de travail » ou « zone de brouillon », c'est-à-dire une petite zone qui aurait été utilisée pour prendre des notes ou effectuer des calculs pendant la rédaction puis aurait été effacée ensuite afin de faire disparaître ces éléments qui n'avaient pas lieu d'être dans la production finale.

Là encore, la présence de « zones de travail » sur les tablettes cunéiformes n'est pas un résultat nouveau. Néanmoins, il est intéressant de constater que cela pouvait être pratiqué

106. Au sujet de la tablette VAT 7532, voir [NEUGEBAUER1935a] pages 294-303 et [HØYRUP2002] pages 209-213. Au sujet de la tablette MAH 16055, voir [VAIMAN1961] pages 193-195 et [FRIBERG2007b] pages 264-267.

107. La première image est un montage composé d'une photographie du revers de la tablette VAT 7532 réalisée par C. Proust au Vorderasiatisches Museum et d'un gros plan sur cette même photographie. La deuxième image est composée d'une photographie de la face et une photographie de la tranche inférieure de la tablette MAH 16055 réalisées par C. Proust au Musée d'Art et d'Histoire de Genève.

dans le cas des tablettes mathématiques comportant des diagrammes, en particulier de celles comportant uniquement des diagrammes, et plusieurs informations semblent de plus pouvoir être tirées de l'observation d'une telle situation. Premièrement, les tablettes qui comportent de telles « zones de travail » sont probablement des productions originales, ou éventuellement des restitutions de mémoire, puisque les scribes n'avaient guère de raisons d'avoir besoin de prendre des notes lorsqu'ils recopiaient d'anciens documents ou écrivaient sous dictée. Deuxièmement, dans le cas où il s'agit plus spécifiquement d'exercices scolaires dont la trace écrite se limite à un diagramme, comme pour la tablette YBC 7290 ci-dessus ou par exemple la tablette MS 2107 que je n'ai pas présentée, elles tendent à indiquer que l'exercice en question consistait en un calcul (qui est probablement celui de l'aire du trapèze à partir des longueurs de ses côtés pour ce qui concerne la tablette YBC 7290. Enfin, troisièmement, le fait que ces « zones de travail » aient été effacées révèle que les tablettes en question étaient vraisemblablement destinées à être montrées, par exemple au maître dans le cas des exercices scolaires, ou peut-être même conservées et consultées ultérieurement, puisque faire disparaître des éléments marginaux n'aurait présenté aucun intérêt particulier dans le cas de documents seulement destinés à un usage personnel éphémère.

III.2.5.3. Effacer une erreur ponctuelle afin de la corriger

Considérons maintenant l'exemple de la tablette BNUS 364 montrée par la figure III.9 ci-dessous.¹⁰⁸

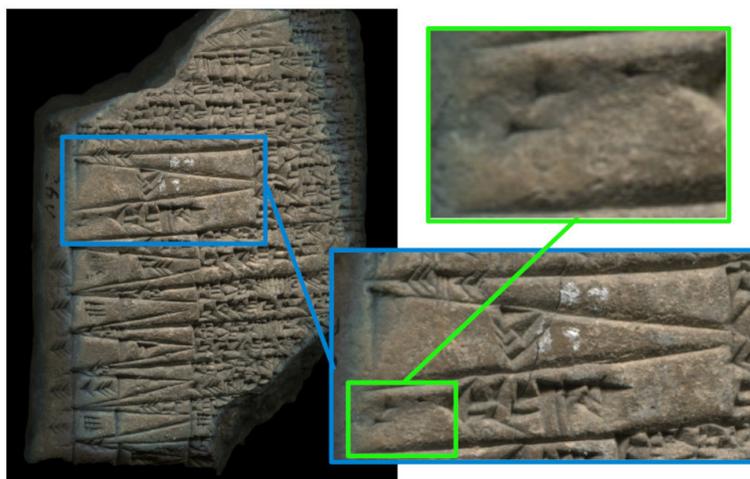


FIGURE III.9. Un troisième exemple d'intention révélée par des traces d'effacement : BNUS 364¹⁰⁹

Il s'agit cette fois d'une tablette contenant une collection d'énoncés de problèmes mathématiques sans résolution, sur laquelle chaque énoncé est accompagné d'un diagramme montrant un triangle partagé en bandes par des transversales.

Cette tablette ne comporte, pour autant que je puisse en juger à partir de la photographie dont je dispose, aucune trace d'effacement, à part à un endroit très précis : sur l'un des

108. Voir au sujet de cette tablette [NEUGEBAUER1935a] pages 248-256 et [FRIBERG2007b] pages 244-255.

109. L'image est un montage composé d'une photographie du revers de la tablette BNUS 364 accessible dans la base de données du CDLI, à l'adresse <<https://cdli.mpiwg-berlin.mpg.de/artifacts/414661>> (dernier accès le 25 mars 2024), d'un gros plan sur cette photographie et d'un agrandissement d'une partie de ce gros plan.

diagrammes du revers, juste avant le premier signe d'une inscription placée en-dessous du triangle, on repère un petit creux de forme ovale au fond duquel apparaissent les restes de deux clous horizontaux.

Cette trace d'effacement très localisée fait clairement penser à la correction d'une erreur : le scribe se serait trompé en commençant à écrire l'inscription, et aurait alors effacé le signe qu'il venait d'imprimer en pressant l'argile avec son doigt, avant d'écrire l'inscription correcte juste à côté. Le contenu de l'inscription actuelle et ce que l'on distingue des signes effacés corrobore d'ailleurs cette hypothèse, puisque ce qui a été effacé semble être le début du signe « 2(EŠE₃) » qui correspond au deuxième signe de l'inscription actuelle : le scribe semble avoir oublié le premier signe de l'inscription et avoir commencé directement par le deuxième, puis, s'en rendant immédiatement compte, avoir effacé ce signe erroné et écrit juste à côté l'inscription complète.

Cet exemple est intéressant dans la mesure où il montre que corriger des erreurs en effaçant des signes fautifs, qui est bien sûr une pratique attestée par ailleurs, pouvait également être fait sur des inscriptions de diagrammes mathématiques.

III.2.5.4. Effacer la solution d'un exercice afin de la faire rechercher à un étudiant

Une intention complètement différente peut être détectée sur la tablette IM 43996 dont la face et le revers sont tous deux montrés par la figure III.10 ci-dessous.¹¹⁰

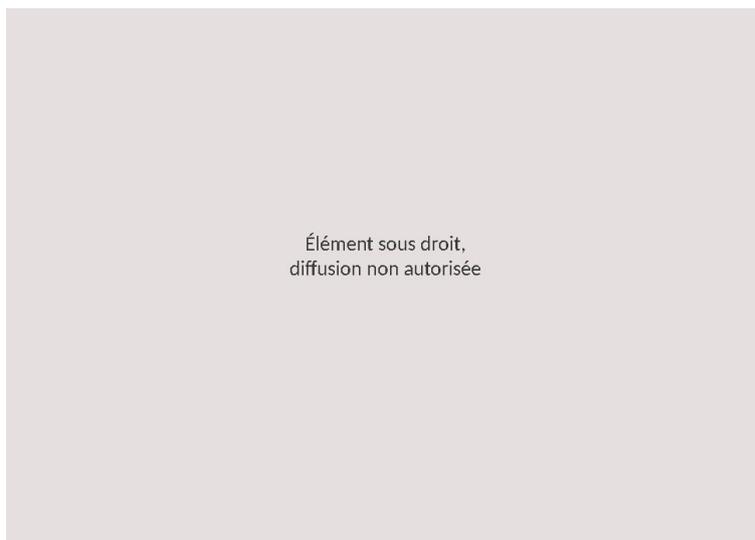


FIGURE III.10. Un quatrième exemple d'intention révélée par des traces d'effacement : IM 43996¹¹¹

Il s'agit d'une petite tablette approximativement carrée qui semble à nouveau avoir contenu un exercice scolaire dont la seule trace écrite consiste en des diagrammes. Plus précisément, on y trouve sur la face un dessin de triangle partagé en bandes par des transversales sur lequel on voit plusieurs inscriptions consistant en des nombres, et au revers un dessin de triangle similaire mais beaucoup plus maladroit sur lequel on voit presque les mêmes inscriptions.

110. Voir au sujet de cette tablette [BRUINS1953] pages 255-256, [FRIBERG2005] pages 49-50, [FRIBERG2007a] pages 198-199 et [FRIBERG2007b] pages 267-268.

111. L'image est un montage composé de photographies de la face et du revers de la tablette IM 43996 tirées de [BRUINS1964] et d'un gros plan sur la première d'entre elles.

On remarque tout d'abord que cette tablette a une surface très déformée, comporte des traces de frottement et fait apparaître plusieurs signes résiduels et fonds de lignes à différents endroits, ce qui suggère qu'elle a fait l'objet d'un effacement global, probablement dans le cadre du processus d'effacement d'exercices scolaires pour en réaliser de nouveaux à la place que j'ai mis en évidence à travers l'exemple de la section III.2.5.1. Mais je souhaite ici appeler l'attention sur un autre point : sur la face, juste au-dessus du triangle, on remarque une marque très enfoncée qui fait penser à un doigt passé dans l'argile sur une petite distance. Celle-ci semble révéler qu'un effacement supplémentaire, différent de l'effacement global, a été pratiqué localement à cet endroit-là.

Pour tenter de le comprendre, il nous faut regarder les deux diagrammes un peu plus en détail. En dehors du fait que celui du revers est plus maladroit que celui de la face par divers aspects, la seule différence entre les deux est que celui du revers comporte deux inscriptions de plus que celui de la face. Or, les deux inscriptions en question se trouvent juste au-dessus du dessin, exactement à l'endroit où l'on observe sur la face la trace d'effacement. Tous ces éléments permettent de reconstituer avec une assez bonne probabilité la situation ayant donné lieu à cette tablette. Le diagramme apparaissant sur la face semble être un modèle réalisé par un maître et celui du revers sa reproduction par un élève. De plus, la trace d'effacement repérée sur la face semble résulter de la volonté du maître de faire disparaître deux des inscriptions, peut-être après avoir expliqué l'exercice à son élève, afin que ce dernier retrouve leur contenu pour pouvoir le faire figurer sur son propre diagramme.

Cette situation nous apprend plusieurs choses intéressantes.

Premièrement, elle apporte un éclairage plus précis sur les activités mathématiques scolaires ayant donné lieu à la production de diagrammes, en montrant qu'ici, la version de l'élève, dont une partie a peut-être été réalisée par copie ou restitution de mémoire du modèle du maître, impliquait de sa part un autre exercice que celui de simplement dessiner un diagramme, à savoir réaliser des calculs permettant de déterminer des valeurs manquantes.

Deuxièmement, elle nous montre qu'il est tout à fait possible d'observer sur une même tablette des traces d'effacement relevant de strates et d'intentions différentes. En effet, on comprend que la tablette considérée a dû, comme nous l'avons déjà vu, servir à plusieurs exercices successifs séparés par des effacements globaux. En plus de ces effacement globaux, on repère que la zone située en-dessous du diagramme de la face est encore plus enfoncée et déformée que les autres, et semble même un peu brillante. Cela suggère qu'elle ait pu être utilisée comme « zone de travail », de la manière décrite dans la section III.2.5.2. Enfin, en sus des effacements globaux et de ce possible effacement local assez large, un effacement local plus ponctuel a été pratiqué sur la dernière strate de contenu dans un but bien précis.

Troisièmement, elle nous permet de remarquer que les effacements n'étaient pas toujours réalisés de la même manière et que cette manière pouvait dépendre de l'intention avec laquelle ils étaient pratiqués. En effet, l'effacement des deux inscriptions sur la face a été réalisé avec beaucoup plus d'insistance que les effacements locaux sur la même tablette et même que presque tous les autres effacements que j'ai repérés dans mon corpus, comme si le scribe avait réellement creusé l'argile avec son doigt plutôt que de simplement passer celui-ci sur la surface. Or, cette différence peut avoir une explication, puisque nous avons vu que les effacements ordinaires laissaient souvent des traces de fonds de clous qui pouvaient permettre de distinguer ce qui était écrit auparavant, et que le maître a peut-être voulu éviter cette situation afin de ne pas gâcher l'exercice.

III.2.5.5. Effacer des éléments d'un diagramme afin de « l'améliorer »

Enfin, un cas d'effacement encore totalement différent apparaît sur la tablette Sb 13088 reproduite par la figure III.11 ci-dessous.¹¹²

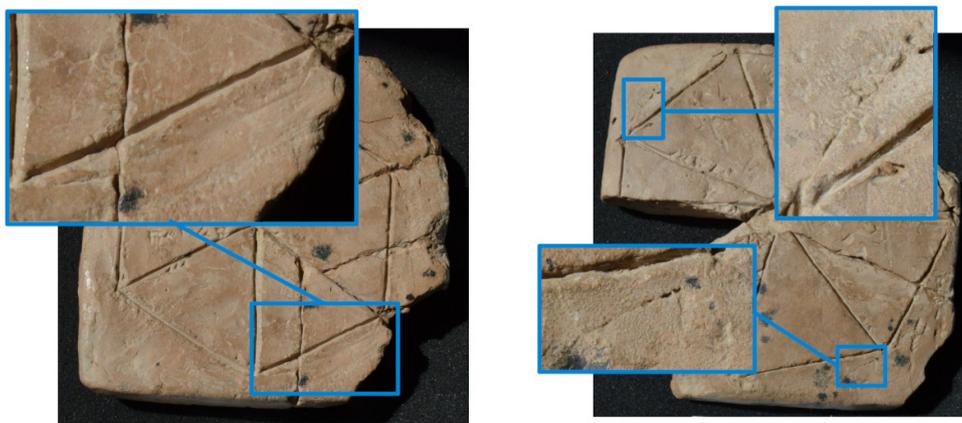


FIGURE III.11. Un cinquième exemple d'intention révélée par des traces d'effacement : Sb 13088¹¹³

Cette tablette, qui provient de la ville de Suse en Élam, est l'une des rares dont le contenu relève du genre « figures » que j'ai défini dans la section III.2.1.1. On y voit sur le côté qui pourrait être la face un diagramme montrant un hexagone régulier divisé en six triangles par des lignes joignant son centre à ses sommets, et sur celui qui pourrait être le revers un diagramme montrant un heptagone régulier divisé en sept triangles selon le même principe. Ces deux diagrammes montrent ainsi des configurations géométriques dont ils sont l'unique attestation dans mon corpus, et ont de plus été réalisés avec un soin beaucoup plus grand que la plupart de ceux de mon corpus.

À la fois sur la face et sur le revers de cette tablette, on repère, tout près de certains côtés des polygones dessinés, de très légères traces de frottement et/ou d'enfoncement de la surface, dans certains cas associées au fond d'un arc de cercle à peine discernable. Ces traces indiquent ainsi qu'un cercle avait initialement été tracé, probablement pour aider le scribe à réaliser ses constructions géométriques de manière précise, puis qu'il a été soigneusement effacé à la fin dans la mesure où il n'était qu'un auxiliaire de construction et ne faisait pas partie du diagramme souhaité.

Un tel cas est intéressant d'une part parce qu'il montre que certains effacements portaient sur les lignes des diagrammes et pas seulement leurs inscriptions et d'autre part parce qu'il montre qu'ils pouvaient être pratiqués dans un but directement lié au tracé du diagramme. De plus, l'application avec laquelle ces cercles ont été effacés montre, lorsqu'on la met en relation avec toutes les autres remarques que l'on peut faire au sujet des propriétés matérielles de cette tablette, que l'objectif du scribe était, contrairement ce que l'on observe pour presque tous les diagrammes de Babylonie, de produire un dessin soigné des configurations géomé-

112. Voir au sujet de cette tablette [BRUINS&RUTTEN1961] pages 23-244, [ROBSON1999] pages 48-50, [FRIBERG2007a] pages 218-219 et [FRIBERG2007b] pages 162-163.

113. La première image est un montage composé d'une photographie de la face de la tablette Sb 13088 réalisée par mes soins au Musée du Louvre et d'un gros plan sur cette même photographie. La deuxième image est un montage composé d'une photographie du revers de la tablette Sb 13088 réalisée par mes soins au Musée du Louvre et de deux gros plans sur cette même photographie.

triques considérées, ce qui est un but très différent de ceux qui étaient visiblement recherchés la plupart du temps.

III.2.5.6. Des intentions mathématiques très différentes les unes des autres

Pour conclure, nous avons vu à travers cette discussion associant l'étude des contenus à celle des propriétés matérielles que la combinaison de ces deux approches pouvait permettre d'aboutir à des conclusions sur leur production et leur utilisation qui sont beaucoup plus riches et beaucoup moins spéculatives que celles que permet d'obtenir l'analyse du contenu seule.

Plus précisément, nous avons identifié qu'au moins cinq intentions mathématiques différentes pouvaient conduire un scribe à procéder à un effacement en lien avec un diagramme mathématique : faire disparaître un ancien exercice (pouvant faire intervenir un diagramme) pour réutiliser la tablette et en réaliser un nouveau à la place (pouvant également faire intervenir un diagramme), effacer une surface de travail utilisée pour prendre des notes ou effectuer des calculs (parfois directement liés aux inscriptions à faire figurer sur le diagramme) pendant l'écriture d'une tablette de façon à ce que son contenu ne se voie plus sur la production finale, effacer une erreur (pouvant notamment se trouver au niveau d'une inscription d'un diagramme) pour la corriger, faire disparaître des valeurs numériques (pouvant avoir initialement figuré comme inscriptions sur un diagramme) afin de les faire rechercher à un étudiant (qui pouvait alors avoir pour tâche de les replacer lui-même sur un diagramme), ou encore faire disparaître des tracés de construction utilisés pour construire un dessin géométrique (ce qui est complètement spécifique aux diagrammes mathématiques).

Nous avons également souligné qu'identifier ces intentions nous permettait dans certains cas d'accéder à des éléments de contexte souvent difficiles à identifier, tels que la nature des activités dans le cadre desquelles les diagrammes étaient produits, la probabilité qu'ils aient été destinés à être montrés à une autre personne, ou encore la manière dont ils étaient utilisés.

III.2.6. Synthèse et perspectives

Ce chapitre, différent des deux précédents, et construit, étant donnée l'étendue des sujets qu'il évoque, davantage comme une première ébauche d'étude et un projet de recherche pour l'avenir que comme une synthèse de travaux aboutis, nous a permis d'identifier quelques premières tendances relatives à la manière dont les diagrammes mathématiques paléo-babyloniens transmettaient des informations et aux rôles qu'ils semblent avoir joués.

III.2.6.1. Synthèse des résultats obtenus

Dans un premier temps, je me suis penchée sur les informations véhiculées par les diagrammes de mon corpus. J'ai décrit les objets qu'ils représentaient, et mis en évidence d'une part le fait que rien ne différenciait les représentations d'objets concrets de celles d'objets géométriques abstraits et d'autre part le fait que les objets tridimensionnels pouvaient être abordés de différentes manières. J'ai ensuite indiqué qu'il semble avoir existé des conventions de placement au moins inconscientes qui dictaient la manière dont les inscriptions étaient positionnées sur les diagrammes et leur permettaient ainsi de faire passer leurs messages aussi clairement que possible aux personnes familières de cette documentation. J'ai par ailleurs signalé que la plupart de ces diagrammes présentaient une « indifférence à la précision visuelle » et une « indifférence à l'exactitude métrique », qu'il est possible que certains d'entre eux aient également présenté une « sur-spécification » ou une « sous-spécification », et j'ai mis ces éléments en relation avec le fait qu'ils pourraient avoir été conçus comme des « schémas de structure ». J'ai également discuté de l'orientation des diagrammes sur les tablettes, en expliquant que celle-ci

présentait un décalage avec la terminologie et que celui-ci était probablement lié à un changement de direction de l'écriture cunéiforme. Enfin, j'ai ouvert une réflexion sur la manière dont les diagrammes combinent des ressources relevant de la communication visuelle et des ressources issues de la communication textuelle pour faire passer des informations.

Dans un deuxième temps, je me suis intéressée aux fonctions que les diagrammes de mon corpus semblent avoir remplies. J'ai identifié leurs lieux d'apparition et appelé l'attention sur les limites que la connaissance que nous avons de leur « situation d'énonciation » impose à leur étude. J'ai abordé la question de leurs liens explicites avec les textes, en signalant qu'il semble avoir existé un terme les désignant mais qu'aucune référence directe ne leur était jamais faite et que les seuls liens semblent avoir consisté en les nombres présents à la fois sur les diagrammes et dans les textes. Je me suis ensuite interrogée sur les interactions implicites entre textes et diagrammes, en soulevant notamment des questions relatives à la répartition des informations entre eux, à la forme sous laquelle différents éléments sont présentés dans les uns et dans les autres, à leur éventuelle interdépendance et à l'articulation de leurs temporalités respectives. J'ai également abordé le sujet des activités dans lesquelles ils s'inscrivaient et des rôles qu'ils pouvaient y jouer, et j'ai exposé à cette occasion le problème que pose aux historiens l'absence de diagrammes reflétant les raisonnements figuratifs au moyen desquels ils rendent compte des procédures. Enfin, j'ai montré comment la prise en compte d'aspects matériels, en l'occurrence les traces d'effacement, pouvait permettre d'obtenir des résultats mieux fondés sur des sujets sur lesquels ils restent sinon souvent spéculatifs.

III.2.6.2. Limites et nécessité d'approfondissement

Ces différentes observations et analyses sont toutefois à considérer uniquement comme une première approche, pour deux raisons principales que j'ai déjà évoquées en introduction.

Tout d'abord, l'exploration présentée ici s'appuie seulement sur une petite partie de l'abondante littérature historique et philosophique consacrée aux diagrammes mathématiques. Or, si la prise en compte des remarques faites par les précédents historiens des mathématiques cunéiformes sur les diagrammes du Proche-Orient ancien et la lecture d'une sélection d'une vingtaine de publications portant sur les diagrammes d'autres documentations, sur lesquelles je me suis fondée, étaient suffisantes au début de mon travail pour me permettre d'identifier de premières pistes à explorer et de premières méthodes d'analyse, il serait souhaitable, maintenant que j'ai acquis une bien meilleure connaissance de mon corpus et de ses spécificités, d'étendre ces lectures pour approfondir ma réflexion et l'ouvrir sur d'autres horizons.

Par ailleurs, en dehors des quelques résultats généraux, qui sont d'ailleurs probablement eux-mêmes à affiner, ce chapitre a surtout permis d'ouvrir un grand nombre de questions auxquelles il est impossible de répondre de manière argumentée et nuancée à l'échelle du corpus dans son ensemble. C'est pourquoi il me semble nécessaire à ce stade, pour continuer à avancer vers une meilleure compréhension des diagrammes mathématiques paléo-babyloniens, de quitter le point de vue global que nous avons adopté jusqu'à présent pour nous consacrer à l'analyse beaucoup plus approfondie d'un petit échantillon de tablettes et tenter d'apporter, au moins pour celles-ci, des éléments de réponse à ces différentes questions.

DEUXIÈME PARTIE
ÉTUDES DE CAS DÉTAILLÉES

Chapitre IV

Documents sélectionnés et méthodes de travail

Ainsi que je l'ai souligné à plusieurs reprises et tout particulièrement dans le troisième chapitre, les résultats rassemblés dans la première grande partie de la thèse, bien qu'ils soient absolument essentiels en ce qu'ils permettent de dresser un panorama d'ensemble des diagrammes mathématiques d'époque paléo-babylonienne et d'identifier un certain nombre de leurs caractéristiques générales, ne sauraient constituer à eux seuls une étude complète et satisfaisante de ces objets : de nombreux éléments qui permettent d'appréhender la spécificité des diagrammes du Proche-Orient ancien par rapport à ceux d'autres documentations mathématiques, de nombreuses subtilités qui révèlent la richesse de leurs rôles au sein des raisonnements, de nombreuses interrogations qui élargissent les perspectives et ouvrent de nouvelles pistes de recherche pour l'avenir, ne peuvent être perçus lors d'un survol du corpus à grande échelle et ne se dévoilent qu'au terme d'un travail minutieux de plusieurs semaines voire plusieurs mois sur une même tablette. Cette deuxième grande partie vient ainsi compléter l'image d'ensemble dépeinte jusqu'à présent au travers de quelques études de cas approfondies – chacune consacrée à une tablette ou un petit groupe de tablettes parmi celles cataloguées – qui se donnent pour objectif d'affiner notre compréhension de la production et de l'utilisation des diagrammes mathématiques paléo-babyloniens en combinant des approches issues des diverses disciplines concernées et en prenant le temps d'accorder une attention accrue à tous les détails susceptibles de nous éclairer.

Afin de faciliter la lecture et l'utilisation de ma thèse par des personnes qui ne seraient intéressées que par certains aspects ou passages sans avoir le temps de prendre connaissance de l'ensemble, j'ai conçu les deux grandes parties qui la constituent de sorte à ce qu'elles puissent être consultées de manière relativement indépendante l'une de l'autre. Néanmoins, il me semble essentiel de rappeler, comme expliqué dans l'introduction générale, qu'elles ont été développées conjointement et indissociablement dans ma réflexion, pour apporter des points de vue complémentaires sur les mêmes problématiques de départ, et que chacune se nourrit des idées exposées dans l'autre tout en venant réciproquement les enrichir. Ainsi, la partie qui s'ouvre ici ne doit pas être considérée comme arrivant après celle présentée en premier, comme la nécessaire linéarité de l'exposition pourrait le laisser penser, mais plutôt comme étant concomitante et étroitement entrelacée avec elle. De nombreuses notes de bas de page renvoient de l'une à l'autre pour tenter de restituer, au moins en partie, les liens très forts que je vois entre elles, et je pense qu'il est souhaitable de naviguer dans le manuscrit au gré de ces renvois pour percevoir dans sa globalité la manière dont s'est construit mon travail.

Dans le présent chapitre, qui ne contient pas encore d'étude de tablette mais constitue une sorte de présentation introductive commune à toutes celles qui vont suivre, je donne un aperçu d'ensemble des groupes de documents auxquels j'ai choisi de consacrer des analyses approfondies puis je décris les méthodes et outils que j'ai mis en place pour ce faire.

IV.1. Groupes de tablettes sélectionnés

J'avais initialement retenu cinq petits groupes de tablettes sur lesquels procéder à des études de cas détaillées, que j'avais sélectionnés non seulement pour leur intérêt propre mais aussi pour la façon dont ils permettaient, ensemble, de fournir un panorama d'exemples as-

sez représentatif des diagrammes d'époque paléo-babylonienne. Cependant, j'ai finalement été contrainte, devant l'ampleur du travail que le type d'analyses minutieuses que je réalise demande, de réduire mon projet immédiat à seulement trois d'entre eux. Dans cette section, je propose une rapide présentation de ces trois groupes de tablettes, expliquant ce qui m'intéresse particulièrement dans chacun d'eux et la manière dont ils s'articulent les uns aux autres, ainsi qu'une brève évocation des deux groupes dont j'ai dû reporter l'examen complet à plus tard, précisant ce qu'ils auraient apporté et les raisons pour lesquelles ce sont eux que j'ai décidé d'écarter provisoirement.

IV.1.1. Exemples de diagrammes mathématiques paléo-babyloniens de Babylonie

Les deux premiers chapitres d'analyses détaillées, ainsi qu'un troisième que j'avais initialement prévu mais ai finalement dû abandonner, sont consacrés à des diagrammes mathématiques qui ont été produits en Babylonie durant l'époque paléo-babylonienne et s'inscrivent dans la tradition relativement homogène par certains aspects que j'ai mise en évidence dans le premier chapitre de la thèse.

IV.1.1.1. Le cas « le plus simple » de diagrammes associés à du texte

Dans le chapitre V, j'ai choisi de m'intéresser pour commencer au cas que l'on peut considérer comme le plus « favorable » ou le plus « simple » pour identifier de premières propriétés de ces diagrammes et débiter l'analyse des rôles qu'ils jouent dans les raisonnements mathématiques : celui, relativement courant, des tablettes contenant un unique problème résolu rédigé accompagné d'un unique diagramme. Étant donnée la grande diversité des modes d'interaction entre textes et diagrammes au sein de la documentation qui m'intéresse, que nous avons entrevue dans le chapitre III, il m'a paru souhaitable de traiter ce premier cas important sur la base d'un petit groupe de documents plutôt que d'un seul document. Afin que le groupe retenu conserve une certaine cohérence malgré la variété qu'il vise à mettre en lumière, j'ai sélectionné pour le constituer deux tablettes qui, en plus d'avoir en commun de contenir un unique problème résolu accompagné d'un unique diagramme, proviennent vraisemblablement toutes les deux du Sud de la Babylonie et présentent toutes les deux des situations mathématiques que l'on peut en un certain sens considérer comme « fictives ». Il s'agit des tablettes BNUS 367, dans laquelle le diagramme se rapporte à un raisonnement apparenté à une méthode de fausse position, et YBC 8633, dans laquelle le diagramme illustre une construction géométrique impossible réalisée afin de résoudre un problème. J'avais initialement prévu d'inclure dans le même groupe la tablette YBC 4675, dans laquelle le diagramme semble représenter une configuration géométrique qui ne peut exister, mais ai dû renoncer à mettre son étude en forme pour des raisons de délais.

L'analyse de ces deux tablettes nous donnera l'occasion de nous poser de premières questions générales sur les propriétés des diagrammes mathématiques paléo-babyloniens de Babylonie et la manière dont ceux-ci s'articulent aux textes qu'ils accompagnent, et notamment, pour ne citer que quelques exemples : Quels renseignements peut-on tirer de l'étude matérielle de ces diagrammes ? Quelles sont les propriétés qualitatives et métriques des dessins qui les constituent ? Quelle est la nature des inscriptions qu'ils portent ? Comment ces inscriptions sont-elles positionnées, en particulier en fonction de ce à quoi elles font référence ? Quelles informations les diagrammes véhiculent-ils par rapport aux textes en relation avec lesquels ils apparaissent ? Quelles fonctions semblent-ils remplir au sein des raisonnements associés ? Etc.

IV.1.1.2. Un cas « plus élaboré » de diagrammes associés à du texte

Sur la base de ces premières observations, j'ai choisi de me confronter dans le chapitre VI à un autre cas de diagrammes accompagnés de texte, un peu plus complexe que le précédent : celui des tablettes contenant une collection de problèmes résolus liés les uns aux autres et dont plusieurs sont pourvus d'un diagramme. Dans la mesure où l'étude d'une telle tablette est par nature extrêmement longue et dense, puisqu'elle nécessite d'analyser en détail plusieurs problèmes différents ainsi que les relations qui existent entre eux, je me suis limitée pour ce deuxième cas à un seul document, dont je ne fais d'ailleurs qu'entamer l'analyse. Celui que j'ai retenu est la tablette MS 3052, une tablette assez peu étudiée jusqu'à présent qui rassemble entre autres cinq problèmes illustrés portant sur des murs de terre et qui offre l'occasion d'observer un certain nombre de points particulièrement intéressants.

Puisqu'elle comporte des diagrammes qui présentent quelques propriétés inhabituelles et représentent des objets d'un type différent de ceux rencontrés dans les exemples précédents, cette tablette constituera un exemple sur la base duquel nous poser des questions telles que : Peut-on relever des divergences significatives entre les diagrammes représentant des objets du monde réel et ceux représentant des objets géométriques abstraits ? De quelle manière les scribes procédaient-ils pour représenter des objets tridimensionnels, et en quoi ces manières de faire sont-elles adaptées aux objectifs qu'ils poursuivaient ? Peut-on trouver des explications au fait que certains diagrammes présentent une orientation différente de celle que l'on observe de manière presque systématique et comportent des inscriptions ayant un contenu différent de celui que l'on rencontre dans la grande majorité des cas ? Etc.

Par ailleurs, du fait de l'organisation de son contenu, cette tablette donnera, au moins à terme, lorsque j'aurai pu en poursuivre l'analyse commencée ici, l'occasion de nous interroger sur de nouveaux aspects, liés à l'enchaînement sur un même support matériel de plusieurs unités de texte successives associées à des diagrammes, par exemple : Les diagrammes apparaissant en groupe sur une même tablette présentent-ils des caractéristiques différentes de celles relevées pour les diagrammes uniques ? Comment les diagrammes évoluent-ils à l'intérieur d'une collection de problèmes portant sur un même sujet ? Peut-on établir des liens entre d'une part des variations repérables d'un diagramme à l'autre et d'autre part des variations repérables d'un énoncé ou d'une procédure de résolution à l'autre ? Etc.

IV.1.1.3. Le cas des diagrammes non accompagnés de texte

Fort de la compréhension des diagrammes mathématiques paléo-babyloniens de Babylone associés à des textes issue de l'analyse des deux premiers groupes de documents, j'avais prévu de me tourner dans le chapitre suivant vers un cas beaucoup plus délicat à aborder pour l'historien mais également très courant dans mon corpus : celui des diagrammes apparaissant seuls sur des tablettes, sans relation identifiable avec un quelconque texte écrit. Pour ce faire, et puisque relativement peu d'éléments assurés peuvent être présentés au sujet de telles situations, il m'avait semblé pertinent de considérer cette fois un groupe assez large de documents, que je souhaitais étudier dans leur ensemble et confronter les uns aux autres, plutôt que de me focaliser sur un document unique au sujet duquel j'aurais été réduite à émettre des hypothèses plus ou moins hasardeuses. N'ayant pas dans mon corpus de lot naturellement défini de tablettes du type voulu, qui partageraient par exemple un même contexte archéologique ou proviendraient au moins d'une même ville, j'avais sélectionné six tablettes qui forment un groupe un peu plus arbitraire mais ont néanmoins en commun d'être toutes des tablettes de type IV conservées à l'Université de Yale : les tablettes portant les numéros d'inventaire

YBC 3892, YBC 7290, YBC 7302, YBC 7359, YBC 11120 et YBC 11126.¹

En plus de nous fournir l'occasion de revenir encore une fois sur les propriétés intrinsèques des diagrammes, l'étude de ce groupe de tablettes très différentes des précédentes nous aurait permis d'aborder un certain nombre de nouvelles questions, liées à l'absence de textes associés aux diagrammes, par exemple : Les propriétés des diagrammes apparaissant seuls sur des tablettes semblent-elles comparables à celles des diagrammes réalisés en lien avec un texte rédigé, et quelles sont les différences éventuelles ? Notre connaissance des caractéristiques des diagrammes de la deuxième catégorie nous permet-elle d'identifier la signification et la fonction de ceux de la première en dépit de l'absence d'indications écrites susceptibles de nous renseigner ? Est-il possible de rassembler des indices sur le contexte dans lequel ces diagrammes « isolés » ont pu être produits et les rôles qu'ils pouvaient y jouer ? Etc.

Néanmoins, l'analyse de tablettes sur lesquelles les diagrammes sont accompagnés de texte me semblant être un préliminaire indispensable à l'analyse de celles sur lesquelles les diagrammes apparaissent seuls, et puisque qu'il m'était nécessaire de faire un choix, il m'a semblé que la meilleure option était de conserver dans cette thèse les deux chapitres décrits dans les sections IV.1.1.1 et IV.1.1.2 et de reporter à une occasion ultérieure l'examen du petit lot que je viens d'introduire, qui pourra assez facilement faire l'objet d'un travail indépendant.

IV.1.2. Comparaison avec d'autres diagrammes contemporains

Sans couvrir de manière exhaustive l'ensemble des situations rencontrées, qui sont trop diversifiées pour pouvoir toutes faire l'objet d'un traitement approfondi, les études de cas présentées dans la section précédente permettent de dresser un premier panorama relativement satisfaisant des principales caractéristiques des diagrammes mathématiques produits en Babylonie à l'époque paléo-babylonienne et de la façon dont ceux-ci s'articulent aux raisonnements en relation avec lesquels ils ont été réalisés. Il m'a alors semblé intéressant de compléter cette première sélection d'exemples par une étude de cas supplémentaire, ainsi qu'une deuxième que j'avais initialement prévue mais que j'ai dû abandonner, qui portent cette fois sur des diagrammes contemporains qui ne s'inscrivent pas dans la tradition commune identifiée dans le premier chapitre de la thèse et qui présentent ainsi entre autres l'intérêt de faire ressortir, par contraste, les spécificités de ceux qui en relèvent.

IV.1.2.1. Des diagrammes de Babylonie plus proches des pratiques administratives

Dans le chapitre VII, j'ai choisi de me pencher sur des diagrammes paléo-babyloniens qui proviennent également de Babylonie mais qui, tout en consistant à première vue eux aussi en des dessins géométriques portant des inscriptions numériques, s'avèrent très clairement ne pas relever de la même tradition mathématique que ceux considérés dans les deux premières études de cas et nous fournissent ainsi l'occasion d'illustrer et préciser la discussion sur la délimitation de la notion de diagramme mathématique dans le contexte du Proche-Orient ancien proposée dans le premier chapitre de la thèse. Les documents que j'ai sélectionnés dans cet objectif sont un lot de tablettes lenticulaires en grande partie inédites conservées au Musée archéologique d'Istanbul, qui ont toutes été exhumées lors de la même campagne de fouilles sur le site de Sippar dans le nord de la Babylonie, et en particulier la tablette Ist Si 181.

L'étude de ce lot de tablettes, dont nous comprendrons petit à petit qu'elles contiennent vraisemblablement des exercices de plans de terrains ou de bâtiments réalisés par des apprentis scribes et qu'elles se situent ainsi à la frontière des mathématiques et de l'administration, nous

1. Pour la définition des types de tablettes, voir la section II.1.2.3 dans la première partie.

amènera à nous poser des questions telles que : Quels détails, au niveau de leurs dessins et/ou de leurs inscriptions, nous permettent de constater que les diagrammes présents sur ces tablettes ne relèvent pas de la même tradition mathématique que ceux étudiés dans les trois chapitres précédents ? Quels sont les différences, mais aussi les éventuels points communs, que l'on peut identifier ? Dans quel cadre ces diagrammes semblent-ils avoir été produits, et à quoi semblent-ils avoir servi ? En quoi leur exemple peut-il nous aider à réfléchir à la définition de la notion de diagramme mathématique dans le contexte du Proche-Orient ancien ? Etc.

IV.1.2.2. Des diagrammes mathématiques d'une région voisine

Enfin, il m'aurait paru intéressant de terminer mes analyses d'exemples en confrontant, dans un dernier chapitre, les propriétés des diagrammes mathématiques paléo-babyloniens de Babylonie à celles de diagrammes mathématiques contemporains d'une région voisine. Parmi les deux principales options qui s'offraient à moi pour ce faire, j'avais choisi de me concentrer sur la ville de Suse, en Élam, et de me pencher en conséquence sur deux célèbres tablettes conservées au Musée du Louvre, Sb 13087 et Sb 13088, qui présentent des diagrammes dont l'apparence visuelle et la fonction sont très différentes de celles des diagrammes de Babylonie.²

Cette dernière étude de cas aurait notamment été l'occasion de nous poser les questions suivantes : Quelles différences peut-on relever entre les propriétés des diagrammes mathématiques produits à Suse et celles des diagrammes mathématiques contemporains de Babylonie, que ce soit au niveau de l'aspect général des dessins, des inscriptions apposées dessus ou encore des techniques de tracé ? En quoi ces différences semblent-elles être liées à des différences dans les fonctions assignées aux diagrammes ? En lien avec quels types de pratiques mathématiques les diagrammes de Suse semblent-ils avoir été produits ? Dans la mesure où elles peuvent être comparées, les différences entre les diagrammes mathématiques de Suse et de Babylonie sont-elles plus ou moins marquées que celles entre les diagrammes de Babylonie relevant de traditions mathématiques différentes ? Au vu de ces divers éléments, semble-t-il pertinent de parler d'une sous-culture mathématique liée aux diagrammes propre à la Babylonie paléo-babylonienne ? Etc.

Néanmoins, les tablettes mathématiques de Suse ont été éditées d'une manière qui est jugée très insatisfaisante par plusieurs historiens des mathématiques cunéiformes, et les analyser aurait nécessité un travail de réédition et une imprégnation dans le corpus mathématique de Suse dans son ensemble qui se sont avérés dépasser très largement le cadre de ce qu'il m'était possible d'accomplir dans cette thèse.³ Pour cette raison, j'ai fait le choix de ne pas présenter d'étude de ces tablettes dans l'immédiat, et leur examen, qui apportera probablement des éléments très intéressants à l'étude des diagrammes mathématiques paléo-babyloniens, constitue un projet pour l'avenir.

IV.2. Méthodes de travail

Malgré quelques petites variations dues à la diversité des documents analysés, les études de cas rassemblées dans les chapitres qui suivent sont globalement toutes construites selon

2. L'autre option aurait été de travailler sur les quatre tablettes mathématiques paléo-babyloniennes de la région de la Diyala comportant un diagramme. Une rapide présentation des régions du Proche-Orient ancien dont proviennent des tablettes mathématiques, accompagnée d'une carte permettant de les situer, peut être trouvée dans la section I.3.2.2.

3. C'est notamment l'avis d'E. Robson, qui a écrit à propos de ces tablettes qu'elles se trouvaient « *in desperate need of re-edition* » (voir [ROBSON2008a] page 156).

le même modèle et comportent chacune les sept éléments suivants : une présentation des ressources publiées ou non publiées qui peuvent être mobilisées pour étudier la tablette considérée, une discussion des différents éléments qui peuvent être rassemblés pour cerner son contexte, une description minutieuse de ses caractéristiques matérielles, un compte-rendu d'observation détaillé du ou des diagramme(s) que l'on y trouve, une proposition argumentée de lecture de l'éventuel texte qui y apparaît, une explication mathématique aussi complète que possible de son contenu, et enfin une analyse approfondie des rôles qu'y jouent son ou ses diagrammes. Dans cette section, je présente en détail, pour chacun des aspects mentionnés, les éventuels travaux antérieurs qui m'ont inspirée, les outils conceptuels et/ou techniques que j'ai été amenée à développer et la méthodologie que j'ai retenue.

IV.2.1. État de l'art

De manière absolument évidente, un préliminaire incontournable à l'étude de chaque tablette consiste à identifier les travaux publiés à son sujet par le passé ainsi que les ressources non publiées pouvant être utilisées en complément.

IV.2.1.1. Consultation des bases de données

Je commence systématiquement par rechercher la tablette à laquelle je m'intéresse dans les différentes bases de données assyriologiques où elle est susceptible d'apparaître.

La première d'entre elles est celle du CDLI, sigle pour « Cuneiform Digital Library Initiative », un projet international qui a catalogué à ce jour plus de 350 000 tablettes et fragments cunéiformes de tous les genres et toutes les époques.⁴ Cette base de données assigne à chaque tablette physique un numéro d'identification unique, rassemble les informations générales basiques à son sujet, donne les références de sa première édition et permet parfois de consulter directement sa translittération, sa copie et/ou sa photographie. En dépit de quelques erreurs et d'un manque d'homogénéité entre les notices dû à la nécessaire pluralité des contributeurs, elle est rapide à consulter et généralement considérée comme l'outil de référence pour commencer à se renseigner sur une tablette.

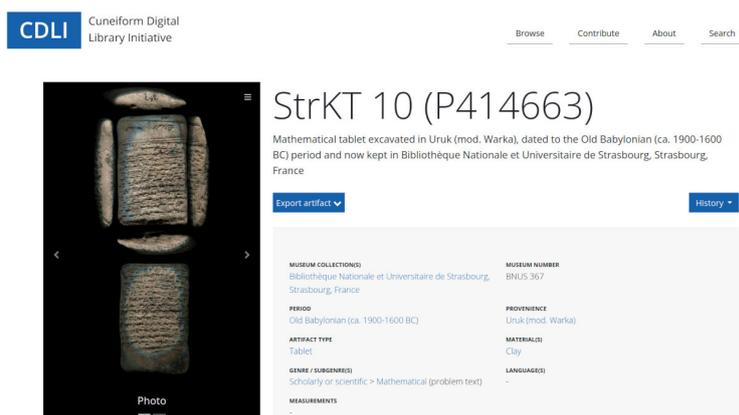


FIGURE IV.1. Fiche de la tablette BNUS 367 dans la base de données du CDLI⁵

4. Le CDLI est un projet qui a été lancé en 1998 sous la direction de R. K. Englund, de l'Université de Californie, et est actuellement porté conjointement par l'Université de Californie, l'Université d'Oxford et le Max Planck Institut für Wissenschaftsgeschichte. Sa base de données et ses autres réalisations (encyclopédie, journal, etc) peuvent être consultées à l'adresse <<https://cdli.mpiwg-berlin.mpg.de/>> (dernier accès le 3 avril 2024). Son histoire est résumée sur la page <<https://cdli.mpiwg-berlin.mpg.de/about>> et la liste complète de ses contributeurs actuels se trouve sur la page <<https://cdli.mpiwg-berlin.mpg.de/staff>> (dernier accès le 3 avril 2024).

Une autre base de données qui peut s'avérer utile, et qui est cette fois spécifiquement consacrée aux tablettes mathématiques, est le DCCMT, sigle pour « Digital Corpus of Cuneiform Mathematical Texts », qui s'inscrit dans le projet ORACC, acronyme de « Open Richly Annotated Cuneiform Corpus ». ⁶ Créée et alimentée exclusivement par E. Robson, cette base de données présente des translittérations et traductions révisées d'une sélection de textes et permet d'établir des liens terminologiques entre différentes tablettes. Bien que très incomplète et dépourvue de notes philologiques qui auraient permis de justifier les choix d'édition retenus, elle contient parfois des suggestions de lecture précieuses.

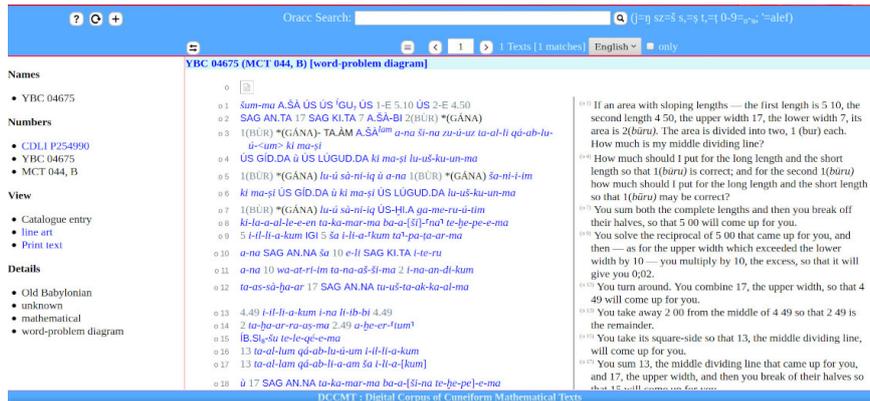
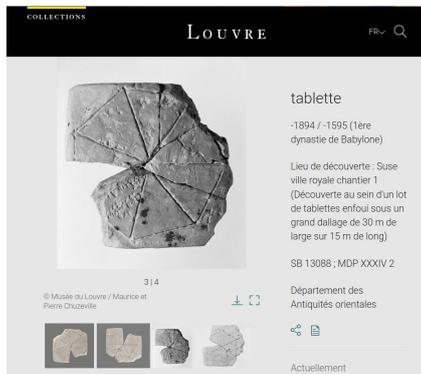
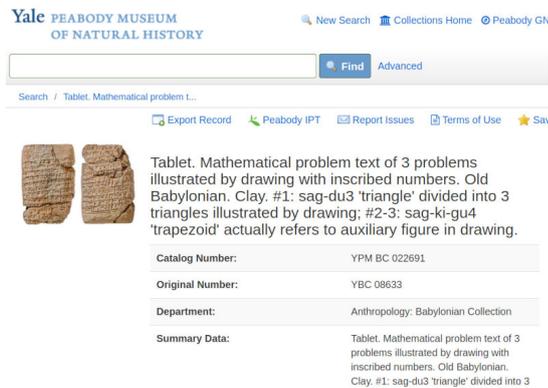


FIGURE IV.2. Fiche de la tablette YBC 4675 dans la base de données ORACC DCCMT⁷

Enfin, des informations et des images complémentaires peuvent dans certains cas être trouvées dans les bases de données internes des différentes collections de tablettes cunéiformes. Ces outils sont en constante amélioration, et déjà très bien documentés pour certains.



Sb 13088 dans la base du Musée du Louvre



YBC 8633 dans la base du Yale Peabody Museum

FIGURE IV.3. Fiches de tablettes dans des bases de données de collections⁸

5. Le lien direct vers la fiche montrée est <<https://cdli.mpiwg-berlin.mpg.de/artifacts/414663>> (dernier accès le 3 avril 2024).

6. Le projet ORACC a été lancé en 2014 par S. Tinney, de l'Université de Pennsylvanie, dans le but de proposer des éditions en ligne « interactives » de textes cunéiformes. Son site Web général se trouve à l'adresse <<http://oracc.museum.upenn.edu/>> (dernier accès le 16 août 2022). Il fédère à l'heure actuelle plusieurs dizaines de sous-projets, dont la liste peut être consultée sur la page <<http://oracc.museum.upenn.edu/projectlist.html>> (dernier accès le 16 août 2022). L'accès direct au sous-projet DCCMT est <<http://oracc.museum.upenn.edu/dccmt/>> (dernier accès le 16 août 2022).

7. Il n'y a pas de liens directs vers les fiches de tablettes dans le DCCMT.

IV.2.1.2. Recherches bibliographiques

Après avoir parcouru les bases de données susceptibles de contenir des informations utiles au sujet de la tablette qui m'intéresse, je recense toutes ses éditions ou rééditions, tous ses commentaires et toutes ses mentions dans les principaux ouvrages consacrés à des études de textes mathématiques cunéiformes. Ces ouvrages sont dans le cas général [FRIBERG2005], [FRIBERG2007a], [FRIBERG2007b], [FRIBERG&AL-RAWI2016] (souvent connu des spécialistes des mathématiques cunéiformes comme « NewMCT »), [HØYRUP2002] (souvent connu comme « LWS »), [NEUGEBAUER1935a], [NEUGEBAUER1935b] et [NEUGEBAUER1937] (souvent connus respectivement comme « MKT I », « MKT II » et « MKT III »), [NEUGEBAUER&SACHS1945] (souvent connu comme « MCT »), [ROBSON1999], et [THUREAU-DANGIN1938a] (souvent connu comme « TMB »), auxquels viennent s'ajouter dans certains cas particuliers des travaux plus spécifiques tels que [CLAY1915], [BRUINS&RUTTEN1961] ou [FRIBERG2000].⁹ J'enrichis ensuite cette première ébauche de bibliographie au moyen des références les plus pertinentes auxquelles renvoient les commentaires déjà identifiés, des références répertoriées dans les bases de données susmentionnées et des références listées dans le catalogue bibliographique de l'article [NEMET-NEJAT1989], de manière à disposer d'une vision aussi exhaustive que possible des contributions apportées par les principaux historiens des mathématiques cunéiformes au sujet du document sur lequel je m'appête à me pencher.

Par la suite, je complète ce recensement spécialisé au moyen d'une recherche bibliographique standard effectuée avec les moteurs de recherche généraux, en particulier celui de la Bibliothèque Universitaire de l'Université Paris Cité et Google Scholar. Cette étape permet rarement de découvrir de nouvelles études réellement approfondies de la tablette, mais met parfois en lumière des mentions qui en sont faites dans des articles d'histoire des mathématiques portant sur d'autres périodes ou des articles de vulgarisation, lesquelles peuvent dans certains cas introduire des points de vue intéressants.

IV.2.1.3. Identification des autres ressources mobilisables

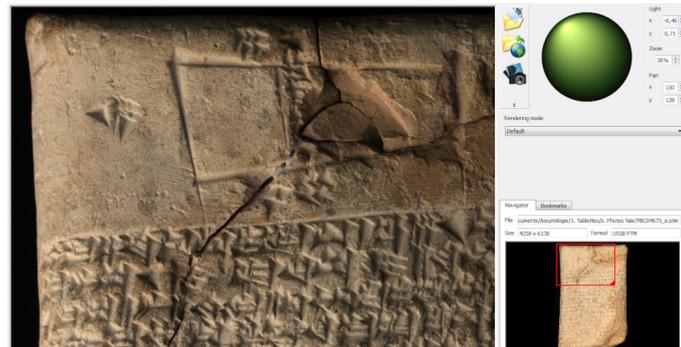
Enfin, après avoir identifié toutes les informations sur la tablette qui sont accessibles dans les bases de données et les publications papier, je m'attache à rassembler d'éventuelles ressources non publiées qui pourraient être mobilisées pour aider à son étude.

Ces ressources peuvent tout d'abord consister en des photographies de meilleure qualité que celles qui ont été imprimées dans les livres ou mises en ligne dans les bases de données. C. Proust, envers qui je suis très reconnaissante, a eu la générosité de mettre à ma disposition l'ensemble des photographies de tablettes mathématiques qu'elle a réalisées de par le monde tout au long de sa carrière, ce qui a considérablement enrichi le stock d'images exploitables sur lequel j'ai pu me baser pour étudier mon corpus et m'a notamment permis d'observer dans des conditions très satisfaisantes les tablettes inédites du musée d'Istanbul auxquelles est consacré le chapitre VII. Par ailleurs, certaines collections acceptent de réaliser gratuitement des clichés pour répondre à des besoins de recherche spécifiques et j'ai ainsi profité d'images en éclairage modifiable envoyées par l'Université de Yale, grâce auxquelles j'ai pu relire par moi-même le texte de la tablette YBC 8633 étudiée dans le chapitre V.

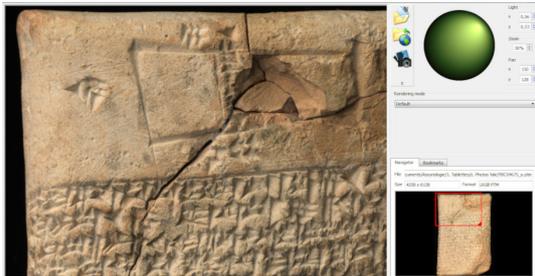
8. Les liens directs vers les fiches montrées sont <<https://collections.louvre.fr/ark:/53355/cl010185652>> et <<https://collections.peabody.yale.edu/search/Record/YPM-BC-022691>> (dernier accès le 16 août 2022).

9. Comme expliqué dans l'annexe A, j'ai fait le choix de limiter au maximum le nombre d'abréviations utilisées dans la thèse et de ne pas recourir aux noms bibliographiques abrégés qui n'évoquent rien pour les historiens des mathématiques ne travaillant pas sur la documentation cunéiforme.

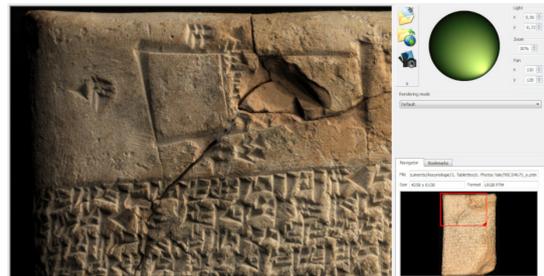
Les photographies de tablettes en éclairage modifiable, qui sont encore assez peu répandues, sont réalisées grâce à une technologie appelée « Reflectance Transforming Imaging » (en acronyme « RTI »), qui a été inventée au début des années 2000 et est notamment développée par l'organisation à but non lucratif « Cultural Heritage Imaging » (en acronyme « CHI »). Cette technologie consiste à produire des images dynamiques, dont l'utilisateur puisse régler l'éclairage à sa guise, en générant un modèle mathématique de l'objet voulu à partir de séries de prises de vue numériques effectuées sous un dôme avec différentes sources de lumière.¹⁰ Les photographies obtenues grâce à cette méthode peuvent être lues au moyen d'un logiciel libre spécifiquement dédié à cet effet, appelé « RTIviewer », dont des captures d'écran, montrant la même tablette avec différents éclairages, sont présentées par la figure IV.4 ci-dessous.¹¹



Lumière venant du « nord-ouest »



Lumière venant du « nord-est »



Lumière venant du « sud-est »

FIGURE IV.4. Visualisation de la tablette YBC 4675 avec le logiciel RTIviewer

Au delà des photographies, qui constituent un outil de travail formidable lorsqu'elles sont de qualité suffisante mais présentent malgré tout des limites pour l'observation des propriétés matérielles des diagrammes et la lecture des textes, le meilleur moyen d'améliorer l'étude d'une tablette est d'aller la voir dans le musée où elle est conservée. Il m'a été possible de le faire pour l'une des tablettes présentées ci-après, la tablette BNUS 367 analysée dans le chapitre V, que j'ai eu l'opportunité de consulter lors d'une séance exceptionnelle du groupe de lecture de textes mathématiques cunéiformes du laboratoire SPHère organisée à la Bibliothèque Nationale et Universitaire de Strasbourg au mois de juin 2022.¹²

10. Pour des détails sur le développement, le fonctionnement et les applications de cette technique, voir notamment [CHI] et [CAPELLE2017].

11. Le logiciel RTIviewer et sa documentation peuvent être téléchargés depuis le site [CHI].

12. J'ai également eu l'occasion de passer une journée face aux quatre tablettes de mon corpus conservées au Musée du Louvre (AO 10642, Sb 13087, Sb 13088 et Sb 13928) au mois de juin 2018 et deux journées face aux six tablettes de mon corpus conservées au Vorderasiatisches Museum de Berlin (VAT 6598, VAT 7532, VAT 7535,

Pour finir, des ressources non publiées d'un type complètement différent m'ont été signalées et fournies par P. Chaigneau, qui en avait réalisé la numérisation dans le cadre de sa thèse et m'a généreusement permis d'explorer de nouveaux aspects en les mettant entièrement à ma disposition. Il s'agit d'archives conservées à l'Institute for the Study of the Ancient World (ISAW) à New York et appelées « archives Aaboe-Britton », dans lesquelles se trouve, pour chaque tablette éditée par O. Neugebauer, un dossier réunissant des éléments tels que la photographie qu'il a utilisée, ses brouillons de déchiffrement, des courriers qu'il a échangés avec des collègues assyriologues et des épreuves qu'il a annotées.¹³ Bien que ces archives n'aient aucun lien direct avec le sujet principal de mon travail, leur lecture peut être très profitable pour réviser l'édition d'un texte et mieux comprendre les choix de lecture d'O. Neugebauer, et je les ai ainsi consultées pour les tablettes BNUS 367 et YBC 8633 présentées dans le chapitre V. La figure IV.5 ci-dessous montre deux exemples de documents qui peuvent être trouvés dans ces archives.



FIGURE IV.5. Éléments du dossier sur la tablette YBC 8633 dans les archives d'O. Neugebauer¹⁴

IV.2.1.4. Des tablettes étudiées de manière très inégale par le passé

Au terme de ce passage en revue des différentes ressources que je cherche à rassembler pour entamer chacune de mes analyses de documents, il me semble important de préciser que les tablettes auxquelles je me suis intéressée dans ce cadre avaient été étudiées de manière très

VAT 7621, VAT 8393 et VAT 8522) au mois de juin 2019, mais il se trouve qu'aucune d'entre elles ne fait partie de la sélection finale de documents pour mes études de cas.

13. Je donne quelques précisions supplémentaires au sujet de ces archives et de leur contenu dans la présentation des ressources utilisables pour l'étude de la tablette YBC 8633 dans le chapitre V. On pourra par ailleurs en trouver des présentations beaucoup plus complètes dans [CHAIGNEAU2019] pages 139-142 et dans [PROUST2016b].

14. Les deux documents montrés se trouvent dans le dossier consacré à la tablette YBC 8633 au sein des archives « Aaboe-Britton » conservées à ISAW (voir section V.2.1.2). Leur numérisation a été réalisée par P. Chaigneau dans le cadre de la préparation de sa thèse [CHAIGNEAU2019].

inégale par le passé. Ainsi que je l'ai signalé plus haut, le groupe de tablettes de Sippar conservées au Musée Archéologique d'Istanbul est constitué de documents dont certains n'avaient jamais été présentés dans une publication et dont les autres avaient simplement été copiés de façon très insatisfaisante, et est donc en grande partie inédit. Les autres tablettes sur lesquelles j'ai travaillé avaient pour leur part toutes déjà été éditées, mais il y a plus ou moins longtemps, et avaient ainsi été analysées à des degrés très variés : certaines, comme la tablette MS 3052 publiée il y a seulement une quinzaine d'années, n'avaient fait l'objet d'aucune étude postérieure à leur traduction et leur commentaire initiaux, tandis que d'autres, comme la tablette YBC 8633 publiée il y a plus de soixante-quinze ans, avaient acquis une certaine célébrité et avaient en conséquence déjà été discutées à de nombreuses reprises.

Bien entendu, selon les cas, l'objectif et l'intérêt de ma contribution au sujet de la tablette ne sont pas les mêmes. Pour les mieux éditées et les plus abondamment commentées, je ne peux généralement introduire que peu d'éléments nouveaux concernant la lecture du texte ou la compréhension du contenu mathématique, et mon apport se limite alors principalement à enrichir les études existantes de descriptions minutieuses des diagrammes et d'analyses approfondies de la manière dont ceux-ci s'intègrent dans les raisonnements. Pour les autres, j'essaie, dans la mesure du possible, de profiter de ce même travail sur les diagrammes pour tenter d'améliorer la lecture de passages problématiques et proposer de nouvelles idées sur les aspects mal compris des procédures mathématiques présentées. Enfin, pour l'une des tablettes de Sippar, la tablette Ist Si 181, je fournis une édition comprenant translittération, traduction et commentaire, avant de pouvoir réaliser l'analyse du diagramme.

IV.2.2. Discussion du contexte

Une fois au clair sur les différentes ressources à ma disposition pour travailler sur une tablette, je m'attache à réunir tous les éléments possibles sur son contexte, lesquels peuvent parfois nous permettre de mieux comprendre son contenu ou tout au moins d'éviter de grossiers contre-sens à son sujet.

IV.2.2.1. Un contexte rarement bien documenté

Les tablettes du dernier groupe que j'étudie dans cette deuxième grande partie, celles de Sippar, ont été exhumées lors de campagnes de fouilles officielles, ce qui implique que leur provenance est clairement établie et que certaines informations générales sur leur découverte peuvent être obtenues en consultant les rapports des expéditions correspondantes ou d'éventuelles publications postérieures. Néanmoins, les fouilles en question ayant été menées dans les toutes premières années du vingtième siècle et ne répondant ainsi pas du tout aux mêmes exigences scientifiques que les fouilles plus récentes, le contexte archéologique des objets mis au jour est loin d'être documenté aussi précisément que l'on pourrait l'espérer et un certain nombre de données basiques concernant leur emplacement exact, leur couche stratigraphique, ou encore les éventuels autres objets près desquels ils se trouvaient, n'ont pas été relevées et conservées.¹⁵

Les tablettes composant les deux premiers groupes que j'étudie sont quant à elles issues de pillages clandestins des sites archéologiques irakiens et ont été achetées par les collections européennes et américaines sur le marché des antiquités, de sorte que les informations dont nous disposons à leur sujet sont encore plus limitées : non seulement nous ne connaissons pas

15. Voir la section VII.1.2.1 pour plus de détails sur ces fouilles.

leur contexte archéologique précis, mais, souvent, nous ne savons même pas de quelle manière ni sur quel site du Proche-Orient elles ont été découvertes.¹⁶

Dans ces conditions, il est absolument nécessaire de chercher à détecter des indices nous renseignant de manière indirecte sur le contexte de rédaction des tablettes à partir de leurs propriétés intrinsèques. J'ai ainsi été amenée à me documenter, en parcourant des travaux d'assyriologie généraux, sur la façon dont des considérations basées sur l'histoire des collections, la mise en page des textes, la paléographie, l'orthographe, la terminologie, l'onomastique ou encore la prosopographie pouvaient nous aider à identifier le lieu, la date et/ou le cadre dans lesquels une tablette a été produite, et à essayer de mettre en œuvre ces méthodes dans mon propre travail.¹⁷ J'ai de plus été amenée à recourir plus particulièrement à un outil de ce type développé spécifiquement pour les textes mathématiques : les « groupes de Goetze ».

IV.2.2.2. Une utilisation prudente des « groupes de Goetze »

Ce que les historiens des mathématiques cunéiformes ont pris l'habitude de regrouper sous le nom générique de « critères de Goetze » ou de « groupes de Goetze » rassemble les résultats d'études linguistiques des textes mathématiques réalisées successivement par A. Goetze, J. Høyrup et J. Friberg dans l'objectif de donner des clés pour déterminer la provenance des tablettes mathématiques de contexte archéologique inconnu.

Le travail d'A. Goetze, publié dans [NEUGEBAUER&SACHS1945], présente d'une part des critères orthographiques basés sur l'ensemble du corpus cunéiforme connu en 1945 et permettant d'identifier si une tablette provient plutôt du Nord ou du Sud de la Babylonie et d'autre part une classification des tablettes mathématiques paléo-babyloniennes en six groupes fondés sur des propriétés orthographiques et supposés partager une même provenance.¹⁸ La contribution de J. Høyrup, initialement publiée dans [HØYRUP2000] et reprise dans [HØYRUP2002], complète la classification d'A. Goetze en y intégrant les tablettes mathématiques éditées dans la deuxième moitié du vingtième siècle et l'affine grâce à des relevés détaillés de la terminologie technique employée dans les textes.¹⁹ Enfin, la contribution de J. Friberg, publiée dans [FRIBERG2000], reprend cette même classification et l'enrichit cette fois de la prise en compte précise des sumérogrammes apparaissant dans les différents groupes.²⁰

Ainsi que je l'explique de manière argumentée dans l'annexe C de ce travail, où je tente d'en proposer une synthèse complète et facilement utilisable en pratique, le cumul de ces trois strates d'observations linguistiques débouche sur une vision de la structure du corpus mathématique cunéiforme et sur des outils d'identification de la provenance des tablettes qui sont à la fois solides de par l'ampleur du travail systématique de dépouillement des sources sur lequel ils se fondent et fragiles du fait de faiblesses méthodologiques cruciales dans la manière dont ils ont été constitués. En conséquence, il me semble qu'aussi bien rejeter en bloc les « groupes de Goetze » que les adopter sans réserve, comme le font certains commentateurs, serait une erreur. Je tente ainsi d'en faire dans mes études de cas une utilisation raisonnée et prudente, en prenant en compte les indications qu'ils peuvent fournir au sujet des tablettes qui

16. On pourra par exemple consulter [DESSAGNES2017] pour une description de la façon dont se sont constituées les collections cunéiformes des musées européens et américains à la fin du XIX^{ème} et au début du XX^{ème} siècles.

17. Je n'ai pas inclus dans ma thèse de synthèse complète de ces lectures, dont une grande partie ne concerne pas directement mon travail, mais les divers aspects que j'ai eu l'occasion de prendre en compte à un moment ou à un autre sont mentionnés aux endroits où je les utilise.

18. Voir le chapitre IV de [NEUGEBAUER&SACHS1945], pages 146-151.

19. Voir le chapitre IX de [HØYRUP2002], pages 317-361.

20. Voir la partie 7b de [FRIBERG2000], pages 159-175.

m'intéressent mais en signalant de manière systématique la fiabilité de chacun des éléments pris en compte et, à partir de là, la fiabilité des conclusions que l'on peut tirer.

IV.2.2.3. Un emploi rigoureux du vocabulaire indiquant les degrés de certitude

Cette discussion fait apparaître la nécessité de communiquer un certain nombre de renseignements relatifs au contexte des tablettes, au premier rang desquels leur provenance, en association avec le degré de certitude que l'on peut leur attribuer. En effet, puisqu'il est exclu de considérer comme faits établis des résultats basés sur des éléments incertains, mais qu'il n'est pas non plus souhaitable, au risque de ne plus avoir la moindre indication, d'ignorer des données incomplètement prouvées, il est selon moi indispensable d'apprendre à gérer dans les analyses de documents une certaine « incertitude contrôlée » et, pour ce faire, de s'astreindre à toujours indiquer à quel point ce que l'on déduit est assuré ou au contraire sujet à caution.

Dans un souci de clarté et de cohérence, et bien que cela puisse parfois donner lieu à des tournures de phrases qui manquent un peu de naturel, je me suis imposé la contrainte de caractériser les degrés de certitude des éléments et conclusions que je présente dans mes études de cas au moyen des mots-clés que j'ai retenus pour qualifier la fiabilité des informations dans ma base de données. Le tableau ci-dessous, que j'ai élaboré en même temps que la documentation de cette dernière, récapitule ces termes en donnant pour chacun d'entre eux une tentative de définition ainsi qu'un ou deux exemples de situations auxquelles il s'applique.

TERME	EMPLOI
« Certain »	Qualifie une information découlant de faits clairement établis. <i>Exemple : provenance d'une tablette issue de fouilles légales bien documentées.</i>
« Presque certain »	Qualifie un résultat en faveur duquel on dispose d'un argument très fort ou de plusieurs arguments de natures différentes qui convergent. <i>Exemple : attribution d'une tablette à une période large sur la base de critères paléographiques très bien connus et particulièrement caractéristiques.</i> <i>Exemple : provenance d'une tablette au sujet de laquelle on dispose d'indices muséologiques, onomastiques et terminologiques précis et concordants.</i>
« Probable »	Qualifie un résultat en faveur duquel on dispose d'au moins un argument jugé suffisamment convaincant. ²¹ <i>Exemple : provenance d'une tablette dans laquelle on trouve des expressions techniques attestées seulement dans une région.</i> <i>Exemple : contexte archéologique d'une tablette issue de fouilles pour lesquelles aucun inventaire précis n'est disponible mais dont les rapports relatent que la majorité des textes du type en question ont été trouvés à un certain endroit.</i>
« Possible »	Qualifie un résultat que des éléments permettent d'envisager mais que les données dont on dispose sont insuffisantes à valider ou invalider. <i>Exemple : provenance d'une tablette dont seuls le format et la mise en page font penser à un groupe de documents de provenance connue.</i>
« Douteux »	Qualifie une déclaration trouvée dans la littérature ou une base de données mais qu'il y a de bonnes raisons de remettre en question bien qu'il ne soit pas possible de l'invalider complètement. <i>Exemple : datation d'une tablette suggérée sans argument par un commentateur alors que son écriture ne semble pas relever de la période en question.</i> <i>Exemple : provenance d'une tablette suggérée sans argument convaincant par un commentateur alors que l'on en a par ailleurs identifié une autre provenance qui est au moins « probable » (avec le sens donné ci-dessus).</i>

« Exclu »	Qualifie une déclaration trouvée dans la littérature ou une base de données mais que l'on est en mesure d'invalider sur la base de faits clairement établis. <i>Exemple : provenance d'une tablette suggérée sur la base de critères paléographiques vagues mais incompatible avec l'histoire de l'objet retracée depuis.</i>
-----------	--

TABLEAU IV.1. Termes employés pour caractériser les degrés de certitude de la provenance et de la datation des tablettes

IV.2.3. Description matérielle

Après avoir cherché des informations générales sur le contexte des tablettes, j'accorde une grande importance à l'observation détaillée de leurs propriétés matérielles. En effet, comme je l'ai expliqué dans le chapitre II, nous avons la chance d'avoir à faire à des sources archéologiques qui nous sont parvenues presque telles qu'elles ont été produites dans l'Antiquité plutôt que par l'intermédiaire de nombreuses copies successives comme c'est le cas dans la plupart des autres documentations mathématiques anciennes, de sorte que les caractéristiques liées à leur matérialité constituent souvent des indicateurs précieux pour nous aider à cerner les situations dans lesquelles elles étaient produites et utilisées. Ces caractéristiques peuvent ainsi par exemple nous permettre de nous faire une idée du niveau d'expérience des scribes qui rédigeaient les documents, de la destination de ces derniers – en particulier s'ils étaient plutôt confectionnés et écrits rapidement pour un usage ponctuel ou avec soin pour être conservés – ou encore de la chronologie des « événements textuels » liés à leur production.

Il est vrai que les éléments glanés de cette manière sont rarement très précis ou très assurés, mais, en l'absence de données fiables sur un certain nombre d'aspects, les tendances qu'ils permettent d'esquisser peuvent néanmoins avoir un réel impact sur les analyses des tablettes. De plus, au delà de leur intérêt immédiat, il m'a semblé utile de contribuer par le biais de ces descriptions à fournir des ressources pour des études ultérieures de « diplomatique des textes », une branche qui s'est considérablement développée en assyriologie ces dernières années mais reste quasiment inexistante pour ce qui est du corpus mathématique.²²

IV.2.3.1. Une grille d'observation pour les propriétés matérielles des tablettes

Les descriptions matérielles de tablettes que je propose dans les études de cas qui suivent sont basées sur la lecture de la cinquantaine de livres et articles d'assyriologie entièrement ou partiellement dédiés à ce sujet dont j'ai présenté une synthèse dans le chapitre II. En complément des explications détaillées, des références précises point par point et des nombreux exemples issus de mon corpus que je donne dans ce chapitre, le tableau ci-dessous résume, à des fins pratiques, la grille d'observation que j'ai élaborée à partir de ce travail et que j'applique de manière systématique à chacune des tablettes sur lesquelles je me penche.²³

21. Soulignons que l'adjectif « probable » est employé ici avec son sens usuel relativement neutre de « qui peut être ; qui est plutôt vrai que faux » (définition du dictionnaire [ROBERT]). Il signifie donc que la conclusion qu'il qualifie a plus de chances d'être vraie que d'être fautive, mais il n'indique pas que la probabilité qu'elle soit vraie est particulièrement élevée. Lorsqu'il est utile d'indiquer que les chances qu'un résultat soit vrai sont particulièrement grandes sans que celui-ci ne puisse pour autant être présenté comme « presque certain », le superlatif « très probable » peut être utilisé.

22. Voir la note 64, page 142 du chapitre II, pour une présentation succincte de cette discipline.

23. Bien entendu, le fait que j'applique de manière systématique la grille d'observation complète à chacune des tablettes que j'étudie ne signifie pas que tous les points listés ci-dessous se retrouveront dans la section dédiée de

État actuel	État général
	<ul style="list-style-type: none"> • L'objet étudié est-il une tablette entière ou un fragment de tablette ? • Dans le cas où il s'agit d'une tablette entière, manque-t-il néanmoins de petites parties ? Si oui, où sont-elles situées ? Quel est l'aspect des cassures ; semblent-elles anciennes ou récentes ? • Dans le cas où il s'agit d'un fragment, à quelle proportion et quelle partie de la tablette d'origine semble-t-il correspondre ? Comporte-t-il des bords de la tablette d'origine ? Quel est l'aspect de ses autres bords ; les cassures semblent-elles anciennes ou récentes ? • Y a-t-il des fissures ? À quels endroits ? Sont-elles superficielles ou profondes, fines ou larges ? • Y a-t-il des zones où la surface de la tablette est endommagée ? Quel est son aspect aux endroits concernés ? Par quoi les dommages relevés semblent-ils avoir été causés ?
	Marques de conservation moderne (cf. section II.1.3.4)
Matériau et fabrication	<ul style="list-style-type: none"> • Un numéro d'inventaire a-t-il été inscrit sur la tablette ? Si oui, de quelle manière et à quel endroit ? • Des fragments de la tablette ont-ils été recollés ? Si oui, le recollement a-t-il été effectué avec précision ou semble-t-il avoir induit un léger décalage ? Par ailleurs, les fragments sont-ils parfaitement jointifs ou bien semble-t-il manquer un peu d'argile entre eux ? • D'autres marques liées à la conservation de la tablette dans les collections modernes, telles que des traces de polissage ou des marques de travail laissées par de précédents chercheurs, sont-elles à signaler ?
	Conséquences sur l'étude
	<ul style="list-style-type: none"> • Les éléments relevés nous empêchent-ils d'accéder à certains renseignements généraux sur l'aspect de la tablette considérée ? Lesquels ? • Les éléments relevés nous empêchent-ils de lire certains passages du texte ? À quels endroits, et de quelle longueur ? • Les éléments relevés nous empêchent-ils d'étudier certaines propriétés des diagrammes apparaissant sur la tablette ? Lesquelles ? • Les éléments relevés ont-ils d'autres conséquences sur la manière dont nous pouvons étudier la tablette considérée ? • À quel point cette situation est-elle gênante ?
	Aspect de l'argile utilisée (cf. section II.1.1.1)
	<ul style="list-style-type: none"> • Bien que cela ne soit généralement pas une information significative, quelle est la couleur de l'argile composant la tablette ? • Quelles semblent être la texture et la qualité de cette argile ? Paraît-elle plutôt fine et lisse ou au contraire plutôt grossière et irrégulière ? Y a-t-il des différences entre son aspect en surface et son aspect dans les éventuelles cassures ? • Voit-on de petites bulles d'air dans l'argile ?

chacune des études de cas : après avoir pris soin d'observer soigneusement tous les aspects, je ne conserve dans la rédaction que ceux qui soit présentent un intérêt direct pour mon travail soit semblent pouvoir présenter un intérêt plus général, et j'ometts ainsi ceux au sujet desquels il n'y a aucun élément significatif à mentionner.

	<ul style="list-style-type: none"> • Peut-on relever de petits éléments minéraux (tels que des cailloux ou du sable) ou organiques (tels que des coquilles, des végétaux, de l'os écrasé, des poils, ...) incrustés dans l'argile? De quelle nature? De quelle taille? À quels endroits? En quelle quantité? • Y a-t-il de petits trous dans l'argile? Si oui, semblent-ils pouvoir correspondre à des espaces occupés par d'anciennes incrustations végétales désormais décomposées? <p>Indices sur la technique de fabrication (cf. sections II.1.1.2 et II.1.1.3)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Au vu des éléments précédemment relevés, l'argile composant la tablette semble-t-elle avoir fait l'objet d'une préparation particulière? • Est-il possible d'identifier la technique employée pour modeler la tablette, en particulier si elle a été façonnée directement à la main, contre une surface plane, à l'aide d'un rouleau, à l'intérieur d'un cadre, autour d'un noyau, par assemblage de boules ou par pliage de fines bandes les unes sur les autres? • Voit-on des traces qui semblent témoigner de finitions apportées à la tablette après son modelage, notamment d'un lissage de ses bords et/ou de sa surface? Si oui, sous quelle forme se présentent-elles? Quelle est leur direction? Sont-elles régulières? En relève-t-on partout ou seulement à certains endroits? Dans le deuxième cas, peut-on trouver une explication à leur répartition? De quelle manière le lissage semble-t-il avoir été réalisé : avec les doigts, le côté lisse du calame, une spatule, un outil denté, une poignée de paille, etc? • De la barbotine semble-t-elle avoir été appliquée sur l'ensemble de la surface de la tablette afin de la rendre plus lisse ou plus esthétique? • De manière générale, les réponses aux questions ci-dessus donnent-elles plutôt l'impression que la tablette a été confectionnée avec un soin particulier, avec un niveau d'application standard, ou à la hâte?
<p>Utilisation et conservation</p>	<p>Indices sur la temporalité d'utilisation (cf. section II.1.1.4)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Trouve-t-on sur la tablette des ratures ou des corrections ponctuelles? Si oui, sous quelle forme se présentent-elles? • Certaines inscriptions particulièrement fines, superficielles, schématiques et/ou difficiles à lire semblent-elles avoir été réalisées avec difficulté alors que l'argile avait déjà commencé à sécher? À quels endroits apparaissent-elles? Quelles indications leur présence peut-elle nous donner sur la temporalité de rédaction de la tablette? • Y a-t-il sur la tablette des inscriptions à l'encre, ajoutées alors que l'argile était déjà complètement sèche? Que nous apprennent-elles sur la manière dont la tablette a été utilisée? • Certaines zones particulièrement brillantes et peu nettes (voire « ba-veuses ») de la surface de la tablette semblent-elles avoir été ré-humidifiées ou localement couvertes de barbotine? À quels endroits apparaissent-elles? Quelles indications leur présence peut-elle nous donner sur la temporalité de rédaction de la tablette? • Relève-t-on des traces d'effacement? Quels sont les indices permettant de les repérer? Semble-t-il s'agir d'un effacement global ou de petits effacements locaux? Peut-on encore distinguer en partie ce qui a été effacé? Quel semble avoir été le rôle de chaque effacement? <p><i>NB : Voir la grille de la section IV.2.3.2 pour les détails sur cet aspect.</i></p>

	<p>Indices sur d'éventuelles réutilisations (cf. section II.1.3.2)</p> <ul style="list-style-type: none"> • La tablette semble-t-elle avoir été remodelée? Si oui, à quels indices le remarque-t-on? Peut-on encore déceler en partie l'ancien contenu? Y a-t-il un lien entre l'ancien contenu et le contenu actuel? • De l'argile a-t-elle été prélevée de la tablette pour un autre usage avant qu'elle ne soit sèche? Si oui, à quels endroits? <p>Indices sur le mode de conservation ancien (cf. section II.1.3.1)</p> <ul style="list-style-type: none"> • La tablette a-t-elle été cuite? Si oui, peut-on dire si cette cuisson a été réalisée dans l'Antiquité ou bien dans les musées modernes (et quels sont les éléments nous permettant de le savoir ou le penser)? Dans le cas où la cuisson a été réalisée dans l'Antiquité, semble-t-elle avoir été intentionnelle ou accidentelle (et, à nouveau, quels sont les éléments nous permettant de le savoir ou le penser)? Y a-t-il des remarques à faire sur la manière dont la cuisson a été réalisée? • Relève-t-on sur la surface de la tablette des empreintes de tissus ou de feuilles de roseau? Des taches noires qui pourraient correspondre à des restes de roseau désormais carbonisé? Des dépôts blanchâtres de sels minéraux incrustés, ou bien d'autres dépôts? Des traces ou des trous laissés par des vers ou des insectes? • Quels renseignements ces divers éléments nous apportent-ils sur la manière dont la tablette a été conservée?
<p>Format</p>	<p>Forme (cf. section II.1.2.1)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Quelle est la forme des faces de la tablette? Sont-elles rectangulaires, carrées, rondes, ovales, etc? • Les faces sont-elles planes ou bombées? Le profil de la tablette est-il en conséquence « plano-convexe », « sphérique » ou « plat »? Dans le cas où les faces sont bombées, le sont-elles dans les deux directions ou bien surtout dans l'une d'entre elles? Leur courbure est-elle régulière? Est-elle symétrique? • Quelle est la forme des tranches? Sont-elles plates ou bombées? • Quelle est la forme des bords? Sont-ils droits ou arrondis? • Quelle est la forme des coins? Sont-ils droits, arrondis ou pincés? <p>Dimensions (cf. section II.1.2.1)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Quelles sont la longueur et largeur de la tablette, ainsi que le rapport entre les deux? Ou bien quel est son diamètre? • Ces mesures sont-elles les mêmes pour l'ensemble de la tablette, ce qui correspond à une forme correctement façonnée, ou au contraire variables, ce qui correspond à une forme plus irrégulière? • Quelle est l'épaisseur de la tablette? Dans le cas où la tablette est bombée, quelles sont ses épaisseurs minimale et maximale? Quel est le rapport entre la taille des faces et l'épaisseur? • Finalement, la tablette est-elle plutôt petite, moyenne ou grande? Pouvait-elle être tenue dans la main?
<p>Mise en page</p>	<p>Organisation de l'espace (cf. section II.1.2.2)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Le texte de la tablette est-il inscrit parallèlement à ses petits côtés (cas le plus courant) ou à ses longs côtés (cas plus rare)?

- La tablette est-elle inscrite à la fois sur la face et sur le revers ? Si oui, se retourne-t-elle selon un axe horizontal parallèle à la direction de l'écriture (cas le plus courant) ou bien selon un axe vertical perpendiculaire à la direction de l'écriture (cas plus rare) ?
- À quel(s) endroit(s) la ou les zone(s) de texte sont-elles positionnées sur la tablette ? Sont-elles entourées de marges de tous les côtés ou au moins sur certains d'entre eux ? Sont-elles délimitées par des traits, ou bien d'une autre manière ?
- Les tranches de la tablette sont-elles utilisées ? En particulier : La tranche inférieure est-elle utilisée entre le texte de la face et celui du revers, et, si oui, est-ce avec une interruption à l'endroit des bords ou bien avec un enroulement continu ? La tranche droite est-elle utilisée afin de terminer les lignes de texte trop longues pour pouvoir être intégralement inscrites sur les faces ? Les tranches supérieure et gauche sont-elles utilisées à la fin du texte, comme suite du revers ? Alternativement, la tranche supérieure a-t-elle été totalement ou partiellement utilisée au début du texte, avant la face ? Une ligne oubliée à un endroit du texte a-t-elle été rajoutée sur l'une des tranches ?
- La tablette est-elle entièrement inscrite ? L'espace nécessaire à l'écriture du contenu a-t-il été bien estimé ? Semble-t-il y avoir eu une adaptation de l'écriture ou de la mise en page à l'espace disponible, par exemple des signes qui deviennent plus petits ou des lignes qui deviennent plus serrées en approchant de la fin du texte ?
- Dans le cas où il reste un espace vide de texte à la fin de la tablette, celui-ci semble-t-il avoir été utilisé comme zone de brouillon durant la rédaction (effacée ou non) ou bien d'une autre manière ?

Disposition du texte (cf. section II.1.2.4)

- Le texte est-il disposé en colonnes ? Si oui, quel est leur nombre ? Dans quel ordre doivent-elles être parcourues ? Comment sont-elles séparées les unes des autres ? Dans le cas où elles sont délimitées par des lignes, celles de la face et du revers sont-elles indépendantes ou bien dans le prolongement les unes des autres ? Quelle est la largeur de l'espace inter-colonnes, et que contient-il ? Y a-t-il des sous-colonnes à l'intérieur de certaines colonnes, et, si oui, comment sont-elles matérialisées ?
- En conséquence de ce qui précède, la tablette relève-t-elle du type I, II, III, IV, S ou M de la classification standard ?
NB : Voir la section II.1.2.3 pour une présentation de ces types.
- La tablette comporte-t-elle des lignes de structure, en particulier des « lignes de paragraphes » et/ou des « lignes de fin » ? Sous quelle forme ces lignes se présentent-elles ? Sont-elles simples ou doubles ? S'étendent-elles sur toute la largeur de la zone concernée, sont-elles plus courtes ou bien la dépassent-elles au contraire ?
- Comment les lignes de texte sont-elles découpées ? Correspondent-elles à des unités de sens ? Rencontre-t-on des enjambements, c'est-à-dire des mots se rapportant à une ligne apparaissant de manière isolée à la fin de la ligne précédente ou au début de la ligne suivante ? Y a-t-il des cas où des unités de sens débordent sur la tranche de droite, voire de l'autre côté de la tablette ? Trouve-t-on dans certains cas des retours à la ligne explicitement signalés comme continuant la ligne précédente par un format de « double ligne », une indentation, un alignement à droite et/ou une taille de caractères plus petite ?

	<ul style="list-style-type: none"> • Les lignes de texte sont-elles entièrement remplies, de manière à ce que le texte soit « justifié » ? Remarque-t-on des signes qui ont été volontairement espacés des précédents pour atteindre la fin d'une ligne ? Relève-t-on, en fin de lignes, des traces de corrections consistant à replacer un signe plus à droite pour occuper tout l'espace disponible ? Repère-t-on des signes dont la graphie est particulièrement allongée pour combler un espace qui serait resté vide sinon ? • La tablette comporte-t-elle des parties de texte spécifiques et/ou des éléments non textuels ? Si oui, lesquels ? Comment sont-ils placés par rapport aux zones de texte principales ? Comment sont-ils orientés ? Comment sont-ils délimités ? <i>NB : Pour les diagrammes, voir la grille dédiée dans la section IV.2.4.1.</i>
<p style="text-align: center;">Écriture et tracés</p>	<p>Aspect des lignes de texte (cf. section II.1.2.4)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Les lignes de texte sont-elles guidées par des tracés auxiliaires ? Si oui, ceux-ci ont-ils un aspect semblable à celui des éventuels tracés de structure relevés précédemment ? • Les lignes de texte sont-elles parfaitement horizontales ou bien ont-elles tendance à monter ou à descendre en s'approchant du bord droit de la tablette ? Leur inclinaison est-elle régulière ? • Quel est le positionnement vertical des signes à l'intérieur des lignes de texte ? Lorsqu'il y a des tracés auxiliaires, les chevauchent-ils, s'appuient-ils dessus ou bien sont-ils placés avec une petite marge ?
	<p>Aspect de l'écriture (cf. section II.1.2.7)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Quelle est la taille moyenne des signes composant le texte ? Cette taille est-elle constante sur l'ensemble de la tablette ou bien varie-t-elle ? Dans les cas où elle n'est pas constante, y a-t-il des endroits spécifiques où elle est plus petite ou plus grosse qu'ailleurs ? • Les clous sont-ils imprimés profondément ? Les têtes de clous sont-elles très marquées par rapport aux queues de clous ? • Les signes sont-ils toujours ou parfois entrecroisés avec les signes voisins ? Quel est l'espacement horizontal moyen des signes à l'intérieur d'une ligne de texte ? Quel est l'espacement vertical moyen de deux lignes de texte successives ? Ces espacements sont-ils constants sur l'ensemble de la tablette ou bien varient-ils ? • Les signes sont-ils inclinés ? Plus précisément, leurs clous horizontaux sont-ils bien horizontaux et leurs clous verticaux sont-ils bien verticaux ? Si non, dans quel sens penchent-ils ? • Que peut-on finalement dire du style d'écriture de la tablette ? Semble-t-elle avoir été écrite par un scribe unique ? Quels semblent avoir été son niveau d'expérience et son degré d'application ?
	<p>Instruments utilisés pour écrire (cf. section II.2.1.2)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Dans les cas où cela peut être observé, les faces des clous imprimés sont-elles droites, concaves ou convexes ? • Peut-on déceler des traces de fibres végétales sur certaines faces des clous imprimés ? Plus précisément, voit-on de petits points correspondant aux extrémités de ces fibres ou des lignes correspondant à leur longueur ? Sur quelles faces des clous apparaissent-elles, et dans quelles directions ? Relève-t-on le motif typique souvent appelé « motif de Messerschmidt » ? Si oui, sur quels types de clous ?

	<ul style="list-style-type: none"> • Au vu de ce qui précède, et d'éventuels autres indices, l'instrument utilisé pour écrire sur la tablette semble-t-il avoir été un calame ou bien un autre outil? Dans quel matériau semble-t-il avoir été fabriqué? Quelle semble avoir été sa forme? • Les mêmes arêtes du calame semblent-elles avoir été utilisées pour réaliser tous les types de clous? Par ailleurs, relève-t-on des inscriptions particulièrement profondes qui font apparaître simultanément plusieurs coins du calame? • Certaines inscriptions semblent-elles avoir été réalisées avec un calame endommagé? • Y a-t-il des inscriptions qui n'ont pas pu être réalisées avec le même instrument que les autres, par exemple des marques numériques circulaires? Si oui, que peut-on dire de l'instrument qui les a produites? Présentent-elles des traces de fibres végétales? <p>Techniques de tracé (cf. section II.2.1.3)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Quel est l'aspect des éventuelles lignes de structure et lignes auxiliaires apparaissant sur la tablette? Présentent-elles des têtes de clous? Au moyen de quel instrument semblent-elles avoir été tracées: un calame, une aiguille, un fil, etc? Semble-t-il s'agir du même instrument que celui utilisé pour écrire le texte? Quels semblent avoir été les gestes effectués pour réaliser les tracés? <i>NB: Voir la grille de la section IV.2.4.1 pour les détails sur cet aspect.</i> • Un outil auxiliaire semble-t-il avoir été employé comme guide de manière à ce que les lignes tracées soient droites? • L'aspect des tracés nous renseigne-t-il sur la longueur du calame? • Peut-on déterminer si les lignes de structure ont été tracées avant ou après que le texte ne soit écrit? Peut-on déterminer l'ordre dans lequel elles ont été tracées les unes par rapport aux autres? <i>NB: Voir la grille de la section IV.2.4.1 pour les détails sur cet aspect.</i>
<p>Marques diverses</p>	<p>Éléments paratextuels ou non textuels (cf. section II.1.2.6)</p> <ul style="list-style-type: none"> • La tablette comporte-t-elle des indicateurs textuels, tels qu'un décompte des lignes, des aides à la lecture ou des marqueurs d'erreurs? Comment se présentent-ils et comment sont-ils positionnés? • La tablette a-t-elle été pourvue de « trous de cuisson »? Quelle est leur forme? Comment sont-ils disposés? • La tablette présente-t-elle des marques de contrôle et/ou des marques d'annulation? En quoi consistent-elles, à quels endroits se trouvent-elles et quels semblent avoir été leurs rôles? • Peut-on repérer d'autres marques non textuelles? Quelles sont leurs caractéristiques? À quoi semblent-elles avoir servi? <p>Marques involontaires (cf. section II.1.2.6)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Relève-t-on des empreintes digitales? Quelle est leur taille? Que nous apprennent-elles sur la manière dont la tablette était tenue? • Y a-t-il d'autres marques involontaires présentes sur la tablette? De quelle nature? À quels endroits?

TABLEAU IV.2. Grille d'observation des propriétés matérielles des tablettes cunéiformes

IV.2.3.2. Une attention particulière aux traces d'effacement

Parmi les éléments listés dans la grille d'observation ci-dessus, il y a un aspect de la matérialité des tablettes auquel j'ai accordé une attention toute particulière en raison de la richesse des informations qu'il peut nous livrer sur la « vie » des documents de mon corpus : les traces d'effacement détectables sur l'argile, qui sont, dans de nombreuses situations, des fenêtres privilégiées sur les « événements textuels » ayant eu lieu avant, pendant et après la production des diagrammes et, par là-même, sur le cadre dans lequel leur réalisation intervenait et les utilisations qui pouvaient en être faites. Les questions que je me pose sur chaque tablette relativement à cet aspect, qui m'ont été inspirées par certaines des publications mentionnées dans la section précédente, qui sont abondamment illustrées dans les sections II.3. et III.2.5. de la première partie, et auxquelles je préfère consacrer un tableau séparé afin de pouvoir les détailler suffisamment, sont récapitulées ci-après.

Traces d'effacement	Indices permettant de détecter des effacements (cf. section II.3.1.)
	<ul style="list-style-type: none">• Repère-t-on sur la tablette des clous isolés ou des signes cunéiformes complets qui n'ont aucune connexion directe avec le contenu actuel, à la fois parce que leur position est décalée par rapport à celle des lignes de texte actuelles (placés trop haut ou trop bas, trop rapprochés ou trop éloignés, superposés à un autre signe, orientés différemment, etc) et parce que leur présence ne trouve aucune explication vis-à-vis du sens du texte actuel ?• Repère-t-on sur la tablette des « fonds de clous », c'est-à-dire des restes des parties les plus marquées d'impressions cunéiformes dont les extrémités, moins profondes, ne sont plus visibles ?• Repère-t-on des zones de la tablette dans lesquelles la surface paraît déformée ou même enfoncée, voire des endroits où la tablette semble être devenue plus fine qu'ailleurs ?• Repère-t-on sur la surface de la tablette des traînées d'argile, des traces de frottement, ou des traces de spatules ou de doigts ?• Repère-t-on sur la tablette des signes ou des tracés qui ont été déformés par un déplacement d'argile à proximité immédiate ?• Y a-t-il sur la surface de la tablette de petites craquelures qui pourraient résulter d'un dessèchement de l'argile provoqué par une longue manipulation de la zone en question ? Y a-t-il au contraire des éléments qui laissent penser que certaines parties de la tablette ont été ré-humidifiées ou couvertes de barbotine ?• Y a-t-il des endroits où l'on repère simultanément plusieurs des éléments listés ci-dessus ? Sur cette base, y a-t-il des zones de la tablette où l'on peut penser – de manière plus ou moins assurée – qu'un effacement a été pratiqué ? Semble-t-il à certains endroits y avoir eu plusieurs vagues d'effacement successives ?• Les différentes zones où un effacement paraît avoir été pratiqué semblent-elles correspondre à un même effacement global de l'ensemble de la surface de la tablette ou à plusieurs effacements locaux différents de petites parties de la surface ? Quels sont les éléments qui permettent de le penser ?
	Analyse individuelle des effacements repérés (cf. section II.3.2.2)
	<i>Ces questions doivent être posées pour <u>chaque</u> zone d'effacement relevée.</i>

	<ul style="list-style-type: none"> • À quel endroit de la tablette l’effacement relevé se trouve-t-il : sur la face, sur le revers, sur l’une des tranches ? Comment est-il positionné par rapport aux zones de texte et aux éléments non textuels du contenu actuel : à un endroit ponctuel d’une zone comportant des inscriptions ou des tracés, à un endroit ponctuel d’une zone actuellement vierge, sur l’ensemble d’une zone comportant des inscriptions ou des tracés, sur l’ensemble d’une zone actuellement vierge, etc ? • Peut-on déterminer de quelle manière cet effacement a été effectué : en passant directement un doigt sur l’argile, en lissant la surface de la tablette avec l’envers du calame ou un outil dédié (de nature à préciser), en appliquant de la barbotine, par une combinaison de plusieurs moyens, etc ? Peut-on identifier sa direction ? La zone concernée a-t-elle été effacée de manière régulière, ou bien certaines parties semblent-elles avoir fait l’objet d’un traitement plus appuyé ? • Est-il possible de déterminer si l’effacement a été pratiqué avant ou après l’écriture du texte et le tracé des lignes qui se trouvent dans la même zone ? Que peut-on en déduire sur la temporalité de la production et de l’utilisation de la tablette ? • Distingue-t-on encore partiellement le contenu effacé ? Si oui, s’agissait-il d’écritures ou de tracés ? En quoi ceux-ci consistent-ils plus précisément ? Quel semble être le lien entre cet ancien contenu et le contenu actuel de la tablette, en particulier ce qui a par la suite été inscrit ou tracé au même endroit le cas échéant ? • Au vu des éléments précédents, ainsi que de l’analyse mathématique de la tablette (lorsque celle-ci aura été effectuée), quelle semble avoir été l’intention du scribe derrière cet effacement ? Semble-t-il avoir cherché à réutiliser la surface d’une tablette dont le contenu était devenu inutile (par exemple un exercice terminé), à faire disparaître une zone ayant été utilisée comme « brouillon » durant la rédaction (par exemple pour effectuer des calculs), à corriger une erreur ponctuelle dans le texte, à rectifier une ligne d’un diagramme, à rendre moins visibles des traits de construction, etc ?
--	--

TABLEAU IV.3. Grille d’observation des traces d’effacement apparaissant sur les tablettes cunéiformes

IV.2.4. Observation et édition des diagrammes

Après avoir réalisé une description précise des propriétés matérielles d’une tablette dans son ensemble, et toujours avant de lire le texte qu’elle contient afin que celui-ci n’influence pas ma perception, je procède à une observation attentive du ou des diagramme(s) qui y apparaissent puis je prépare une édition de chacun d’entre eux.

IV.2.4.1. Une grille d’observation pour les propriétés visuelles des diagrammes

Contrairement à la grille d’observation que j’ai mise en place pour décrire les propriétés matérielles des tablettes, qui est essentiellement issue d’un travail de synthèse de nombreuses publications antérieures sur cet aspect, la manière dont j’observe les diagrammes de mon corpus est basée sur une démarche personnelle *ad hoc*, que j’ai progressivement forgée au cours de ma thèse en mêlant des idées tirées de travaux d’assyriologie évoquant les instruments et techniques de tracé – que je me suis efforcée d’adapter aux spécificités du contexte mathématique – et des idées tirées de travaux d’histoire des mathématiques portant sur les diagrammes de diverses documentations anciennes – que je me suis efforcée d’adapter aux spécificités de ceux de la documentation cunéiforme. Présentées en détail et abondamment illustrées d’exemples

tirés de mon corpus dans les chapitres I et II, les propriétés visuelles des diagrammes auxquelles il m'a paru intéressant de prêter attention à l'issue de ce travail méthodologique sont résumées dans le tableau ci-dessous.

Précautions à prendre	État de la zone occupée par le diagramme
	<ul style="list-style-type: none"> • Le diagramme est-il entièrement préservé ? Si non, à quelle proportion et quelle partie du diagramme d'origine le morceau visible à l'heure actuelle semble-t-il correspondre ? • Le diagramme est-il traversé par des fissures ? Si oui, à quelles informations ces dernières nous empêchent-elles d'accéder ? • La zone de la surface de la tablette où se trouve le diagramme est-elle endommagée ? Présente-t-elle un effritement ou des irrégularités susceptibles de perturber notre perception du diagramme ? • Quelles conséquences ces divers éléments ont-ils sur la manière dont nous pouvons analyser le diagramme ?
	Autres difficultés
	<ul style="list-style-type: none"> • Dans les cas où il n'est pas possible d'accéder à la tablette, quelle est la qualité des photographies disponibles pour observer le diagramme ? • La zone de la surface de la tablette où apparaît le diagramme est-elle plane ou bombée ? Si elle est bombée, à quel point, dans quelle(s) direction(s) et avec quelle régularité l'est-elle ? • Quelle est la taille du diagramme ? • Au vu de ces différents éléments, quelles précautions faut-il prendre lors de la description des propriétés visuelles du diagramme ?
Position du diagramme	Emplacement (cf. section II.1.2.5)
	<ul style="list-style-type: none"> • À quel endroit de la tablette le diagramme apparaît-il ? Se trouve-t-il proche d'un ou de plusieurs bords, voire à cheval sur une face et une tranche ? Est-il centré horizontalement et/ou verticalement ? • Plus précisément, à quel endroit de la section à laquelle il se rattache le diagramme apparaît-il ? Où le texte associé se situe-t-il par rapport à lui ? Cette disposition est-elle standard ?
	Délimitation (cf. section II.1.2.5)
	<ul style="list-style-type: none"> • La zone occupée par le diagramme est-elle délimitée des autres zones de la tablette par des lignes simples ou doubles ou bien par d'autres séparateurs ? Y a en-t-il sur tous les côtés ou bien seulement sur certains ? Dans le dernier cas, peut-on trouver une explication simple à ce choix ? • Dans les cas où la zone occupée par le diagramme est délimitée par des lignes, les tracés constituant son dessin et les éventuelles inscriptions portées sur lui touchent-ils voire traversent-ils ces lignes ou en restent-ils au contraire relativement éloignés ? • Des marges ont-elles été laissées entre la zone occupée par le diagramme et les autres zones de la tablette ?

<p>Propriétés du dessin</p>	<p><i>Configuration géométrique montrée (cf. section III.1.1.1)</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Dans les cas où cela est suffisamment clair, quelle est la configuration géométrique, c'est-à-dire l'assemblage de formes géométriques et de lignes intérieures, montrée par le diagramme? Appartient-elle au répertoire standard des configurations montrées par les diagrammes paléo-babyloniens liés à des textes mathématiques tel que nous l'avons décrit dans la section I.2.2.1 de la première partie? Si non, à quel point s'en éloigne-t-elle? • Lorsque l'on tient la tablette de manière à ce que le texte principal apparaisse avec l'orientation qui nous est familière, quelle est l'orientation de la configuration géométrique montrée par le diagramme? Correspond-elle aux habitudes relevées dans la section I.2.2.2? • Quelles sont les propriétés métriques du dessin réalisé par le scribe? En particulier, quels sont les rapports entre les longueurs des différentes lignes qui le composent? Quels sont les rapports entre les aires des différentes surfaces qu'il délimite? Certains de ses angles sont-ils droits ou « presque droits »? Les données ressortant des mesures sont-elles cohérentes avec l'impression qui se dégage visuellement?
	<p><i>Objets représentés (cf. sections III.1.1.2 et III.1.1.3)</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Est-il possible de déterminer, sans avoir lu l'éventuel texte accompagnant le diagramme, si celui-ci représente simplement l'objet mathématique correspondant à la configuration géométrique précédemment identifiée ou bien s'il représente à travers cette configuration géométrique un objet concret (et lequel)? • Dans le deuxième cas, le dessin comporte-t-il des éléments particuliers et explicites qui nous permettent de comprendre que le diagramme se rapporte à un objet du monde réel?
<p>Propriétés des inscriptions</p>	<p><i>Nombre et nature (cf. section III.1.2.1)</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Le diagramme comporte-t-il des inscriptions? Si oui, combien y en a-t-il (ou, du moins, combien sont préservées)? • Quelle est la nature de ces inscriptions? S'agit-il de nombres en numération sexagésimale positionnelle flottante, de nombres écrits sous une autre forme, de mesures, de groupes nominaux comportant une valeur numérique, de groupes nominaux sans valeur numérique, de phrases complètes, etc? Ces types d'inscriptions font-ils partie des types usuels relevés dans la section I.2.2.3?
	<p><i>Positionnement (cf. sections I.2.2.4 et I.3.4.4)</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • À quels endroits du dessin les inscriptions sont-elles positionnées? En particulier, apparaissent-elles à l'intérieur ou à l'extérieur des formes géométriques montrées par le diagramme? • Les inscriptions suivent-elles la direction des lignes du dessin, sont-elles placées proches des lignes mais sans suivre leur direction, ou bien semblent-elles délibérément éloignées des lignes? • Les inscriptions touchent-elles les lignes composant le dessin, s'appuient-elles dessus, ou bien même les chevauchent-elles?

	<ul style="list-style-type: none"> • Lorsque la tablette est tenue de manière à ce que le texte principal apparaisse avec l'orientation à laquelle nous sommes habitués, les inscriptions apparaissent-elles horizontales, verticales ou obliques ? Celles qui apparaissent horizontales sont-elles orientées de gauche à droite (« à l'endroit ») ou de droite à gauche (« à l'envers ») ? Celles qui apparaissent verticales sont-elles orientées de bas en haut ou de haut en bas ? Enfin, celles qui apparaissent obliques suivent-elles globalement les mêmes orientations que celles qui apparaissent horizontales ou verticales ? Finalement, les orientations relevées correspondent-elles aux orientations standard identifiées dans la section I.2.2.4 ? • Sur la base des régularités mises au jour dans la section III.1.2.3, à quoi peut-on s'attendre à ce que les différentes inscriptions renvoient au vu de leur positionnement ? <p><i>Écriture (cf. section II.1.2.7)</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Quel est l'aspect général des inscriptions présentes sur le diagramme ? Leur écriture a-t-elle des caractéristiques semblables à celles de l'écriture de l'éventuel texte principal de la tablette ? Semblent-elles avoir été apposées par le scribe qui a rédigé ce texte ? • Quelle est la taille des inscriptions présentes sur le diagramme ? Cette taille est-elle régulière ou variable ? Est-elle similaire à la taille de l'éventuel texte principal de la tablette ? • Peut-on détecter sur certaines de ces inscriptions des éléments du « motif de Messerschmidt » ou d'autres particularités ? Semblent-elles avoir été réalisées avec le calame utilisé pour écrire le reste du texte ?
<p>Techniques de tracé</p>	<p><i>Aspect des lignes (cf. sections II.2.1.3 et II.2.1.5)</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Les lignes composant le dessin sont-elles parfaitement rectilignes, incurvées selon une courbure unique, ou encore sinueuses ? • Les lignes sont-elles larges ou fines ? Ont-elles une épaisseur constante ou variable ? Sont-elles profondes, notamment par rapport à leur épaisseur ? Ont-elles une profondeur constante ou variable ? • Les bords des sillons formés par les lignes sont-ils droits ou évasés ? • Les bords des sillons formés par les lignes sont-ils plutôt lisses ou plutôt irréguliers ? Par ailleurs, repère-t-on sur certains d'entre eux de petits points correspondant à des extrémités de fibres végétales, de fines lignes correspondant à des fibres végétales dans leur longueur, voire le « motif de Messerschmidt » complet ? • Y a-t-il des têtes de clous aux extrémités de certaines lignes ? Si oui, de quel côté ? Sont-elles marquées ou plutôt discrètes ? • Les extrémités de certaines lignes dépassent-elles des intersections auxquelles on peut penser qu'elles étaient censées s'arrêter ? • Distingue-t-on de petites boules d'argile accumulées à l'intérieur des sillons formés par certaines lignes ou à leur périphérie ? <p><i>Instruments employés (cf. sections II.2.1.3 et II.2.1.5)</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Au vu des éléments relevés dans la rubrique précédente, le diagramme semble-t-il avoir été tracé par impressions ou par incisions ? Dans le premier cas, les impressions paraissent-elles avoir été accompagnées d'un déplacement de l'outil sur la surface de la tablette ?

	<ul style="list-style-type: none"> • Peut-on déterminer dans quelle direction chacune des lignes a été tracée ? Ces directions correspondent-elles aux directions des clous dans l'écriture cunéiforme ? • Peut-on identifier l'instrument avec lequel les lignes ont été tracées : un calame, une pointe fine ou une aiguille, etc ? Semble-t-il s'agir du même instrument que pour réaliser les éventuelles lignes de structure ou lignes auxiliaires présentes sur la tablette ? Semble-t-il s'agir du même instrument que pour former les éventuelles inscriptions présentes sur le diagramme ? Semble-t-il s'agir du même instrument que pour écrire l'éventuel texte principal de la tablette ? • Dans le cas où les lignes semblent avoir été réalisées au moyen d'un calame, leurs différentes caractéristiques nous donnent-elles des indications sur la longueur de ce dernier ? • Un outil servant de guide pour la rectilinéarité des lignes semble-t-il avoir été employé ? À quoi le remarque-t-on ? • Dans les cas où il y a des cercles ou des arcs de cercle, une sorte de compas semble-t-elle avoir été utilisée pour les tracer ? À quels éléments le remarque-t-on ? Si la marque centrale est encore visible, quels sont son diamètre et son aspect ? Est-il possible de se faire une idée de la forme sous laquelle se présentait l'outil en question ?
<p style="text-align: center;">Temporalité</p>	<p><i>Ordre de tracé des lignes du dessin (cf. section II.2.2.3)</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Aux endroits où deux têtes de clous appartenant à des lignes du dessin se chevauchent, y en a-t-il une qui masque en partie l'autre, ce qui tend à indiquer que la ligne correspondante a été tracée en deuxième ? • Aux endroits où deux lignes du dessin de profondeurs comparables s'intersectent, y en a-t-il une qui donne l'impression d'être interrompue par l'autre, ce qui tend à indiquer qu'elle a été tracée en premier ? • Aux endroits où deux lignes du dessin d'épaisseurs différentes s'intersectent, y en a-t-il une qui semble légèrement déviée ou dont les deux segments paraissent légèrement décalés l'un par rapport à l'autre, ce qui tend à indiquer qu'elle a été tracée en premier ? Ou bien y en a-t-il une sur laquelle une petite bosse d'argile dépasse d'un des deux segments, ce qui tend à indiquer qu'elle a été tracée en deuxième ? • Aux endroits où une tête de clou appartenant à une ligne du dessin chevauche une autre ligne, cette dernière paraît-elle localement amincie, ce qui tend à indiquer qu'elle a été tracée en premier ? • Aux endroits où l'extrémité d'une ligne du dessin touche une autre ligne, la dernière donne-t-elle l'impression de couper net l'extrémité, ce qui tend à indiquer qu'elle a été tracée en deuxième ? Au contraire, la dernière présente-t-elle un bord marqué par l'impact de l'extrémité, ou bien se trouve-t-elle amincie à l'endroit où arrive l'extrémité, ce qui tend cette fois à indiquer qu'elle a été tracée en premier ? • Aux endroits où apparaissent deux éléments proches appartenant au dessin, et quelle que soit la configuration dans laquelle ils se trouvent l'un par rapport à l'autre, peut-on distinguer une masse d'argile qui semble s'être constituée dans le prolongement de l'un et qui déforme l'autre en en occultant ou en en incurvant une partie, ce qui tend à indiquer que la ligne déformée a été tracée en premier ?

	<ul style="list-style-type: none"> • Grâce à ces éléments, peut-on reconstituer au moins partiellement l'ordre dans lequel les lignes du dessin ont été tracées les unes par rapport aux autres ? Cette séquence semble-t-elle naturelle ?
	<p>Moment de réalisation du diagramme (cf. section II.2.2.4)</p> <ul style="list-style-type: none"> • En se basant sur des indices du même type que ceux listés ci-dessus, peut-on déterminer si les lignes du diagramme ont été tracées avant ou après que les inscriptions n'y soient portées ? • Toujours en se basant sur des indices du même type que ceux listés ci-dessus, peut-on déterminer si les lignes et inscriptions du diagramme ont été réalisées avant ou après que les éventuelles lignes de délimitation qui l'entourent ne soient tracées ? • Toujours en se basant sur des indices du même type que ceux listés ci-dessus, peut-on déterminer si les éventuelles lignes de délimitation entourant le diagramme ont été tracées avant ou après que l'éventuel texte placé autour ne soit écrit ? • Finalement, quelle semble être la séquence d'événements qui a conduit à la production du diagramme complet et des éléments qui l'entourent ? Cette séquence présente-t-elle des particularités ?
Autres	<p>Traces d'effacement (cf. sections II.3. et III.2.5.)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Relève-t-on des traces d'effacement sur le diagramme ? Si oui, quels sont les indices qui permettent de les repérer ? Portent-elles sur une ligne du dessin, sur une inscription ou sur un ensemble d'éléments ? Quel semble avoir été leur rôle ? <p><i>NB : Voir la grille de la section IV.2.3.2 pour les détails sur cet aspect.</i></p>

TABLEAU IV.4. Grille d'observation des propriétés visuelles des diagrammes du corpus

IV.2.4.2. Réalisation d'éditions des diagrammes

Après avoir observé et décrit chacun des diagrammes de la tablette de manière aussi minutieuse que possible, j'en propose une édition critique.

La nécessité de réaliser de telles éditions méticuleuses des diagrammes a été défendue par plusieurs historiens des mathématiques ces deux dernières décennies. En effet, aux dix-neuvième et vingtième siècles, les diagrammes étaient souvent reproduits dans les éditions de textes avec une apparence très différente de la forme sous laquelle ils apparaissent dans les manuscrits, sans aucune norme rigoureuse et sans appareil critique permettant de connaître et comprendre les choix effectués.²⁴ Parmi les interventions des éditeurs modernes sur les diagrammes, il a par exemple été relevé leur placement en des endroits différents de ceux où ils se trouvent dans les manuscrits, le redressement en lignes droites de segments tracés sans règle, le respect de données métriques dont ne tiennent pas compte les représentations des manuscrits, la « rectification » de la sur-spécification, l'introduction de perspective, l'ajout d'inscriptions et de lettres, l'insertion de légendes et de numérotations, ou encore le remplacement d'un diagramme illustrant plusieurs cas simultanément par plusieurs diagrammes

24. Voir notamment [CROZET1999] pages 131-152, [KELLER2005] page 278, [SAITO&SIDOLI2012] et [NETZ2012].

représentant un seul cas chacun.²⁵ Or, il a été mis en évidence que de telles interventions éditoriales ne sont pas anodines et se révèlent parfois très trompeuses pour l'historien qui ne comparerait pas les diagrammes des éditions à ceux des manuscrits. G. de Young insiste ainsi sur le fait qu'en procédant de cette manière, les éditeurs refondent en fait les diagrammes selon leurs standards d'abstraction et de généralité, et imposent par là-même leur propre vision des mathématiques sur les diagrammes anciens.²⁶ R. Netz montre, dans le même ordre d'idées, comment les interventions du philologue danois Johan Ludvig Heiberg sur les diagrammes des œuvres d'Archimède leur donnent une fonction logique différente de celle qu'ils ont dans les manuscrits, créant l'impression que le texte est en lui seul logiquement clos, ce qu'il n'est pas.²⁷

Suite à ces constats, de nombreuses publications se sont attachées à discuter précisément la manière dont des éditions critiques rigoureuses des diagrammes peuvent être réalisées, à introduire des outils techniques qui peuvent être mis en place pour ce faire, et à proposer de nombreux exemples de diagrammes « correctement » édités. C'est notamment le cas de [SMITH2006], [DEYOUNG2009], [JARDINE&JARDINE2010], [DEYOUNG2011], [SAITO2013], [SAITO&DEYOUNG2013], [DEYOUNG2014], [ROEGEL2015] et [VANLEEUEWEN2016].²⁸

En ce qui me concerne, j'ai finalement eu l'occasion de réaliser jusqu'à présent assez peu d'éditions de diagrammes apparaissant sur les tablettes d'argile cunéiformes, et n'ai ainsi pas encore mené de réflexion générale complète sur la manière dont il me semble souhaitable de procéder pour ce faire. Néanmoins, j'ai déjà été amenée à effectuer un certain nombre de choix, que j'ai basés sur une confrontation des lectures mentionnées ci-dessus aux spécificités des diagrammes de mon corpus, et dont j'expose ici les principaux.

Une première question qui s'est posée à moi est celle de la manière dont doivent ou peuvent se positionner de telles éditions par rapport d'une part aux reproductions des diagrammes offertes par les copies des tablettes qui sont presque systématiquement fournies par leurs éditeurs et d'autre part aux schémas qui en sont souvent donnés dans les commentaires ou que j'ai fournis dans mon catalogue du chapitre I. Il me semble à cet égard que le but des éditions de diagrammes que je réalise doit être de donner aux lecteurs une représentation à la fois claire et fidèle de leur aspect et leurs caractéristiques, qui se situe en quelque sorte entre la copie, qui est un simple décalque faisant apparaître trop d'informations et qui est parfois difficilement abordable pour un lecteur non assyriologue, et les schémas, qui sont beaucoup plus lisibles mais simplifient souvent les dessins et ne font pas ressortir leurs particularités matérielles. L'image IV.6 ci-dessous montre côte à côte, pour permettre de les comparer, une copie, une édition et un schéma d'un même diagramme parmi ceux que j'ai étudiés.

25. Pour les différents points mentionnés, voir, dans l'ordre : [NETZ2012] page 165 et [KELLER2005] page 283, [DEYOUNG2009] page 322, [NETZ2012] pages 165-169 et [SAITO&SIDOLI2012] pages 143-148, [SAITO&SIDOLI2012] pages 140-143, [NETZ2012] pages 169-172 et [SAITO&SIDOLI2012] pages 148-151, [KELLER2005] pages 282-283, [KELLER2005] page 283, [SAITO&SIDOLI2012] pages 152-153. K. Saito et N. Sidoli proposent, dans [SAITO&SIDOLI2012] page 138, d'expliquer ce phénomène par une répartition du travail au moment de l'édition : alors que l'édition des textes aurait été préparée par des spécialistes ayant une bonne connaissance des langues anciennes et une sensibilité pour les enjeux de la production d'un texte imprimé à partir de manuscrits, les diagrammes auraient probablement été réalisés par des illustrateurs professionnels peu préoccupés par ces questions. De plus, alors qu'au dix-neuvième siècle la tendance générale était de produire les éditions critiques en consultant de plus en plus les manuscrits, les diagrammes auraient dans la plupart des cas été simplement recopiés sur les éditions précédentes.

26. Voir [DEYOUNG2009] page 322. Voir également [CHEMLA2012] page 24.

27. Voir [NETZ2012] pages 175-176.

28. Notons que G. de Young propose d'ailleurs, à la fin de l'article [DEYOUNG2009] par ailleurs consacré aux diagrammes apparaissant sur les manuscrits mathématiques égyptiens, des éditions de sept diagrammes mathématiques babyloniens (pages 363-368).

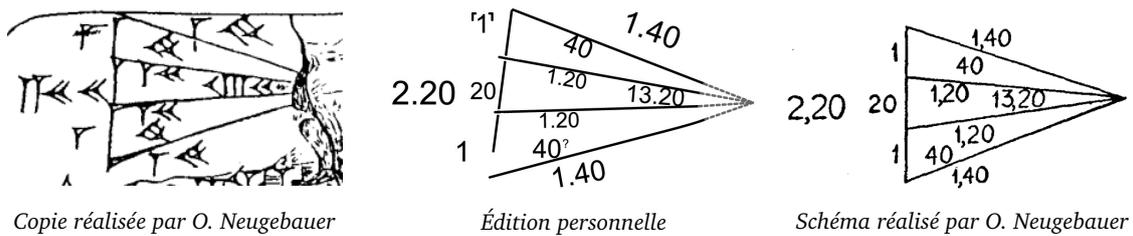


FIGURE IV.6. Copie, édition et schéma du diagramme de la tablette YBC 8633²⁹

Afin d'atteindre ce but, j'ai notamment pris les décisions suivantes. Je me suis efforcée de rendre sur les éditions les dessins tels qu'ils apparaissent sur les tablettes, même lorsqu'ils nous semblent irréguliers ou étranges, sauf dans le cas des déformations ponctuelles de lignes clairement dues à une impression à proximité immédiate signalées dans la section II.2.1.5, que j'ai choisi d'ignorer. Afin de reproduire ces dessins, je me base sur des photographies des tablettes, qui me semblent constituer la meilleure référence bien que le fait que les faces ne soient pas toujours parfaitement planes puisse avoir une incidence sur l'aspect et la longueur des tracés que l'on perçoit à travers elles. Lorsque les traits composant les dessins sont larges, comme j'ai expliqué dans la section II.2.1.5 que cela se produisait souvent, j'ai choisi de ne pas rendre les têtes de clous et je me suis efforcée de faire passer les lignes de l'édition à l'endroit le plus profond des sillons. Dans les cas où de petites parties du diagramme manquent mais peuvent être aisément imaginées, j'en ai proposé une reconstitution en pointillés gris. Enfin, je me suis astreinte à respecter aussi précisément que possible l'emplacement, la taille et l'inclinaison des différentes inscriptions, mais j'ai fait le choix de les transcrire afin qu'elles soient lisibles par tous.³⁰

Un aspect supplémentaire qui me paraît important est celui de la restitution sur les éditions de l'ordre relatif de tracé des lignes composant les dessins géométriques lorsque celui-ci peut être reconstitué. Afin de faire apparaître une telle information sur les éditions, il m'était possible d'opter pour différentes options proposées par des assyriologues pour représenter l'ordre de réalisation des clous dans les signes cunéiformes. Une première option aurait été de donner une épaisseur aux lignes afin de faire apparaître lesquelles ont été réalisées par-dessus les autres, comme cela est fait pour un signe cunéiforme sur le premier exemple de la figure IV.7 ci-dessous, mais cela serait allé à l'encontre de l'un des choix exposés dans le paragraphe précédent.³¹ Une deuxième option aurait pu être de numéroter les lignes, comme cela est fait pour un signe cunéiforme sur le deuxième exemple de la figure IV.7, en attribuant plusieurs fois le même numéro si besoin dans les cas où l'ordre de réalisation de certaines lignes les unes par rapport aux autres ne peut pas être déterminé, comme cela est fait pour un signe cunéiforme sur le troisième exemple de la figure IV.7, mais il m'a semblé que cela risquait d'entraîner des confusions entre les numéros et les inscriptions appartenant au diagramme et aurait surchargé les éditions.³² Une troisième option aurait été de produire plusieurs éditions partielles les unes à côté des autres, correspondant chacune à un stade de la réalisation, comme cela est fait pour un signe cunéiforme sur le quatrième exemple de la figure IV.7, mais il m'a semblé qu'une telle

29. La copie et le schéma sont tirés de [NEUGEBAUER&SACHS1945] planche 4 et page 53.

30. Ces deux dernières exigences sont dans certains cas incompatibles, dans la mesure où les inscriptions translittérées sont parfois beaucoup plus longues que celles d'origine, ce qui oblige alors à choisir ou faire un compromis entre respecter la place qu'elles occupent sur le diagramme original et respecter leur taille.

31. Voir [BRAMANTI2015b] pages 31-32 et [CAMMAROSANO2015] pages 42 et 147.

32. Voir [TAYLOR2015] page 3 et [SALLABERGER1996] pages 34 puis 35-61.

manière de présenter les données manquait de concision.³³ Finalement, j'ai estimé que le plus efficace était d'introduire, au niveau des intersections de lignes, de petits blancs de part et d'autre de celle tracée en second, comme on peut le voir sur l'exemple fourni dans la figure IV.6 ci-dessus.

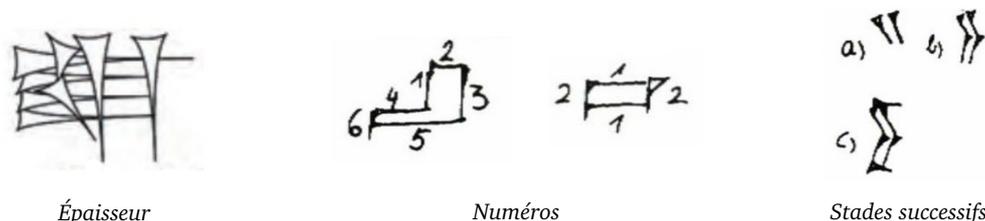


FIGURE IV.7. Manières de faire apparaître l'ordre de réalisation des clous dans les signes cunéiformes³⁴

D'un point de vue pratique, j'ai réalisé mes éditions de diagrammes en utilisant le logiciel DRaFT développé dans les années 2010 sous la direction de K. Saito de l'Université d'Osaka, qui a initialement été pensé principalement pour éditer des diagrammes tracés sur des pages de manuscrits mathématiques grecs et arabes et qui s'adapte relativement bien pour éditer ceux imprimés ou incisés dans des tablettes mathématiques cunéiformes.³⁵

Le logiciel DRaFT permet, ayant ouvert en image de fond une photographie du diagramme à éditer, de placer sur elle avec beaucoup de précision les points que l'on juge cruciaux, et de les relier soit par des lignes droites (prenant comme paramètres les deux points extrêmes), soit par des arcs de cercles (prenant comme paramètres les deux points extrêmes et un troisième point situé sur l'arc), soit encore pour les cas les plus irréguliers par des courbes de Bézier (prenant comme paramètres les deux points extrêmes et deux points de contrôle pouvant être déplacés jusqu'à ce que la courbe épouse parfaitement le tracé du diagramme). Pour chacune des lignes ainsi définies, il est ensuite possible de choisir selon son statut (présente sur le diagramme, reconstituée, bordure du document, etc) un style différent (plein, tirets, pointillés, etc). Enfin, il est possible d'insérer des inscriptions aux endroits voulus en contrôlant précisément leur emplacement, leur orientation et leur taille.³⁶ Une capture d'écran de l'interface de ce logiciel, illustrant ces différents aspects dans le cadre de la préparation de l'édition du diagramme de l'une des tablettes sur lesquelles portent mes études de cas, est fournie par la figure IV.8 sur la page suivante. Une fois l'édition terminée, le résultat obtenu peut être exporté, et la photographie utilisée en fond ainsi que les points ou cadres créés pour régler les différents détails n'apparaissent pas sur l'image finale. Seuls les petits blancs que j'introduis afin de faire apparaître les informations relatives à l'ordre de tracé doivent être ajoutés indépendamment, avec un logiciel de traitement d'images.

33. Voir [SALLABERGER1996] pages 34 puis 35-61.

34. La première image est tirée de [CAMMAROSANO2015] page 42. Les trois suivantes sont tirées de [SALLABERGER1996] pages 35-61.

35. Ce logiciel peut être téléchargé gratuitement depuis la page personnelle de K. Saito, à l'adresse <http://www.greekmath.org/draft/draft_index.html> (dernier accès le 15 juin 2016).

36. On trouvera des précisions techniques sur le fonctionnement de ce logiciel dans le manuel d'utilisation [SAITO&DEYOUNG2013], une présentation de ses avantages et ses limites dans [DEYOUNG2011], de nombreux exemples de résultats obtenus dans [SIDOLI&LI2011], et d'autres ressources sur la page personnelle de K. Saito, à l'adresse <https://www.greekmath.org/diagrams/diagrams_index.html> (dernier accès le 4 avril 2024).

37. Cette image consiste en une capture d'écran de l'interface du logiciel DRaFT. La photographie qui apparaît à l'intérieur de la fenêtre d'édition est issue de la base de données du CDLI et peut être trouvée à l'adresse <<https://cdli.ucla.edu/P252064>> (dernier accès le 2 septembre 2022).



FIGURE IV.8. Préparation de l'édition d'un diagramme de la tablette MS 3052 avec le logiciel DRaFT³⁷

IV.2.5. Établissement du texte

Un autre aspect important du travail que j'ai effectué sur les tablettes sélectionnées a consisté à reprendre intégralement leurs translittérations et leurs traductions en établissant ma propre proposition de lecture à partir de leurs photographies et leurs copies (voire de leur consultation directe lorsque cela a été possible) puis en comparant scrupuleusement cette proposition aux éditions et rééditions existantes. Plus ou moins fructueuse selon la qualité des études précédentes, cette révision détaillée m'a dans tous les cas amenée à accompagner les versions des textes que j'ai finalement retenues de notes philologiques fournies, insérées immédiatement à la suite des textes eux-mêmes, dans lesquelles j'expose les arguments en faveur des choix que j'ai faits et les doutes qui peuvent subsister.

Cette brève partie renferme quelques considérations générales et quelques précisions techniques sur la manière dont j'ai procédé lors de cette phase du travail.

IV.2.5.1. Conventions d'édition

Les translittérations et traductions que je propose respectent les conventions d'édition des textes couramment adoptées en assyriologie : les valeurs de signes lus comme syllabes de mots akkadiens sont écrites en italique, les valeurs de signes lus comme sumérogrammes sont écrites en petites capitales, les signes entièrement cassés sont placés entre crochets, les signes partiellement cassés sont placés entre demi-crochets, etc. Ces conventions sont notamment décrites dans les sections 9.2 et 13.2 de [HUEHNERGARD2011] et récapitulées dans l'annexe A du présent travail.

J'ai par ailleurs choisi de translittérer les nombres et les mesures, qui sont rendus de manière très variable par les différents historiens des mathématiques cunéiformes, selon des conventions très proches de celles que C. Proust a mises en place dans ses publications et défendues dans l'article dédié [PROUST2009b]. Ces conventions sont présentées et expliquées sur des exemples dans l'annexe B.

IV.2.5.2. Style des traductions

Comme le font la majorité des historiens des mathématiques cunéiformes, j'ai choisi de respecter autant que possible dans mes traductions le découpage des lignes du texte d'origine,

et je présente donc les éditions en donnant l'une sous l'autre, pour chaque ligne, la translittération puis la traduction. En revanche, j'ai pris la décision de ne pas adhérer à la pratique consistant à reproduire strictement en français l'ordre des mots du texte original, qui s'est globalement imposée dans le milieu depuis la publication de [HØYRUP2002], et de plutôt retenir des traductions qui, tout en restant proches des expressions akkadiennes et sumériennes, se présentent sous la forme de phrases grammaticalement correctes et assez facilement compréhensibles. Ainsi, je traduis par exemple la phrase « 5 ša íb.SI₈ UGU 1.40 EN.NAM DIRIG » par « De quoi 5, qui a été rendu égal, est-il en excédent par rapport à 1.40 ? » plutôt que par « 5, qui a été rendu égal, par rapport à 1.40, de quoi est-il en excédent ? ». ³⁸

Cette manière de faire présente bien sûr des défauts à certaines occasions, en particulier dans les cas où un même nombre peut être considéré à la fois comme résultat d'une opération et comme argument de la suivante. C'est par exemple ce qui se produit avec la formulation « $\frac{1}{2}$ 16.40 GAZ-*ma* 8.20 *a-na* 6 SUKUD NIM-*ma* », où elle nous oblige à choisir entre les options « Brise $\frac{1}{2}$ de 16.40 : 8.20. Élève(-le) à 6, la hauteur. » et « Brise $\frac{1}{2}$ de 16.40, puis élève 8.20 à 6, la hauteur. » plutôt que de conserver la probable double fonction sous la forme « $\frac{1}{2}$ de 16.40 brise : 8.20 à 6, la hauteur, élève. ». ³⁹ Néanmoins, ce compromis me semble justifié dans un travail susceptible d'intéresser des personnes qui ne sont pas spécialisées dans les mathématiques cunéiformes et qui seraient rapidement perdues par les traductions sibyllines que l'on y utilise ordinairement.

IV.2.5.3. *Références assyriologiques*

En dehors de certaines séquences de signes particulièrement ardues ayant demandé la consultation de références supplémentaires spécifiques, et lorsque aucune précision n'est donnée dans les notes philologiques, je me suis basée pour lire les textes sur les références assyriologiques suivantes : le manuel d'épigraphie de R. Labat ([LABAT2011]) et le répertoire de signes paléo-babyloniens de C. Mittermayer ([MITTERMAYER2006]) pour l'identification des signes cunéiformes ; les grammaires de J. Huehnergard ([HUEHNERGARD2011]) et occasionnellement W. von Soden ([VONSODEN1995]), le dictionnaire en un volume de J. Black, A. George et N. Postgate ([CDA]), le dictionnaire en trois volumes de W. von Soden (entrées de la bibliographie de la forme [AHw-...]) et le grand dictionnaire en vingt-six volumes de l'Université de Chicago (entrées de la bibliographie de la forme [CAD-...]) pour l'analyse et la traduction des passages en akkadien ; enfin, les grammaires de M.-L. Thomsen ([THOMSEN1984]), D. Foxvog ([FOXVOG2016]) et occasionnellement A. Jagersma ([JAGERSMA2010]), le dictionnaire en ligne de l'Université de Pennsylvanie ([ePSD]) et le glossaire de P. Attinger ([ATTINGER2016]) pour l'analyse et la traduction des passages en sumérien.

IV.2.5.4. *Traduction du vocabulaire technique*

Afin de produire des traductions cohérentes d'une tablette à l'autre, je me suis astreinte à toujours rendre un même terme technique sumérien ou akkadien par un même terme français. Pour ce faire, et pour chacun des termes que j'ai rencontrés au moins une fois, j'ai recensé les différentes traductions proposées par les dictionnaires et les historiens des mathématiques cunéiformes, j'ai tenté d'identifier les raisons pour lesquelles chacune d'entre elles était adoptée

38. La phrase donnée en exemple est extraite du premier problème de la tablette MS 3052, dont on trouvera le texte complet dans le chapitre VI ci-après. Cette tablette n'a pas été étudiée par J. Høyrup mais la traduction proposée par J. Friberg, qui respecte elle aussi l'ordre des mots du texte d'origine, est « 5 that was made equalsided over 1.40 is what beyond ? » (voir [FRIBERG2007a] page 258).

39. La phrase donnée en exemple est à nouveau tirée du premier problème de la tablette MS 3052, dont on trouvera le texte complet dans le chapitre VI.

par certaines personnes, puis j'ai décidé au cas par cas du mot français qui me paraissait le plus approprié sur la base de ces éléments. Afin de rendre les choix que j'ai effectués les plus clairs possibles et de permettre à chacun de se faire sa propre opinion, j'ai rassemblé les informations glanées dans le cadre de ce travail ainsi que les arguments et contre-arguments associés à mes décisions dans deux « glossaires analytiques », l'un consacré aux termes akkadiens et l'autre consacré aux termes sumériens, que j'ai intégrés à la thèse sous la forme de l'annexe D.

IV.2.6. Explication mathématique

Une fois le texte présent sur une tablette établi, je passe à l'explication mathématique de son contenu. Me basant sur le constat qu'il est très difficile de s'extraire d'une interprétation donnée d'un problème dès lors que l'on en a pris connaissance, ce qui conduit souvent à répéter inlassablement les mêmes idées quand bien même d'autres pourraient rendre compte de manière plus satisfaisante des raisonnements des scribes, je commence systématiquement par tenter de comprendre par moi-même les situations décrites par les énoncés et les démarches adoptées dans les procédures de résolution avant de consulter les commentaires antérieurs et d'intégrer leurs points de vue à mon analyse.

Bien que les explications que je propose suite à cette réflexion se veuillent aussi accessibles que possible aux lecteurs de tous horizons, il est nécessaire, pour bien les comprendre, d'avoir une connaissance minimale de la structure générale des tablettes mathématiques cunéiformes, des systèmes de numération et systèmes métrologiques qui y sont utilisés, ainsi que du sens des principales opérations que l'on y rencontre. Cette partie donne de rapides indications et un certain nombre de références sur chacun de ces trois aspects.

IV.2.6.1. Genres et structure des documents

Plusieurs tablettes étudiées dans les chapitres suivants contiennent un problème résolu ou une collection de plusieurs problèmes résolus. Ceux-ci se présentent sous la forme d'un énoncé rédigé à la première personne du singulier, qui expose une situation et demande de déterminer quelques éléments inconnus à partir d'un ensemble de données, et d'une procédure de résolution rédigée à la deuxième personne du singulier (le plus souvent à l'impératif), qui prescrit une succession d'opérations à effectuer pour trouver les éléments cherchés. Une description générale plus étoffée de leur structure et de la manière dont ils sont formulés, que je ne discute en ce qui me concerne qu'au cas par cas sur les exemples auxquels je m'intéresse, peut par exemple être trouvée dans [HØYRUP2002] pages 32-33 et 37-40.

D'autres tablettes parmi celles étudiées ont un format lenticulaire, ne contiennent pas de texte à proprement parler et semblent consister en des exercices scolaires de nature à préciser. Des présentations générales de ce genre de documents et du cursus d'enseignement des écoles des scribes dans le contexte desquelles ils ont pu être produits sont entre autres données dans [ROBSON2002a], [PROUST2007] et [PROUST2012c].

Enfin, pour les lecteurs qui souhaiteraient situer ces deux types de productions au sein d'un panorama plus global, l'article de vulgarisation [PROUST2006] et la section III.2.1.1 de ce travail décrivent – avec des définitions légèrement différentes – les principaux genres de tablettes mathématiques connus, tandis que l'ouvrage de synthèse [ROBSON2008a] fournit de nombreux renseignements généraux sur les mathématiques dans le Proche-Orient ancien de l'invention de l'écriture jusqu'à l'extinction de la culture cunéiforme.

IV.2.6.2. Nombres et mesures

Les unités de mesure qui apparaissent dans les textes de mon corpus appartiennent toutes à un système métrologique cohérent et standardisé, issu de réformes des poids et mesures menées à la fin du troisième millénaire avant notre ère et enseigné dans les écoles de scribes à l'époque paléo-babylonienne. Ce système, communément appelé *système normalisé paléo-babylonien*, est par exemple présenté dans [POWELL1990] (pour une référence technique complète), [PROUST2007] pages 63-68 (pour une description plus accessible) et [CDLIa] (pour une ressource en ligne). Ses principales caractéristiques sont rappelées dans la partie B.2. de l'annexe B du présent travail.

Les nombres qui figurent devant les unités de mesure sont exprimés soit, dans le cas général, au moyen d'un système de numération additif parfois désigné comme *système S*, soit, dans le cas particulier de trois unités ayant un fonctionnement légèrement différent, au moyen de systèmes numérico-métrologiques spécifiques. Les autres nombres sont pour leur part presque toujours exprimés dans un système de numération positionnel propre aux textes scientifiques, le *système sexagésimal positionnel flottant*, qui, comme son nom l'indique, utilise la base 60 et ne possède pas de signe pour marquer les positions vides en début ou en fin de nombre. Ces différents systèmes de numération sont par exemple présentés dans [PROUST2007] pages 69-77 (pour une vision d'ensemble synthétique), [PROUST2009b] (avec une insistance particulière sur la manière dont les nombres étaient écrits) et [PROUST2013] (avec une insistance particulière sur le caractère « flottant » de la numération). Leurs principales propriétés sont rappelées dans la partie B.1. de l'annexe B du présent travail.

Il est par ailleurs important de conserver en tête, pour suivre les explications mathématiques de certaines des procédures que je présente, que les scribes opéraient – vraisemblablement – rarement sur les mesures elles-mêmes, et qu'ils repassaient – probablement – presque toujours par les nombres sexagésimaux positionnels flottants pour faire des calculs. Pour cela, ils avaient mis en place des associations entre les différentes mesures et des nombres sexagésimaux positionnels flottants, pensées de manière à ce que les opérations effectuées sur les nombres correspondant à des mesures données fournissent le nombre correspondant à la mesure que l'on aurait obtenue si l'on avait raisonné directement avec les mesures de départ. Ces associations sont récapitulées dans des textes scolaires appelés *tables métrologiques*, dont le contenu est notamment décrit dans [PROUST2007] pages 97-105, dont le texte composite complet est donné dans [PROUST2007] pages 311-315, dont le fonctionnement est présentée dans [PROUST2008b] pages 166-171, et dont les entrées utilisées dans les tablettes que j'étudie sont rappelées au cas par cas dans mes explications.

En complément des publications et de l'annexe citées dans cette partie, un outil bien utile, auquel j'ai occasionnellement recours lors de mes recherches et dont le lecteur pourra se servir s'il souhaite refaire certains des calculs que je décris, est la « calculatrice mésopotamienne » du nom de MesoCalc. Créé par B. Mélès en 2013 dans le cadre du projet européen « Mathematical Sciences in the Ancient World » (SAW), ce logiciel libre, qui peut être téléchargé ou utilisé en ligne, permet notamment d'obtenir directement les résultats d'opérations algébriques portant sur des nombres sexagésimaux positionnels (flottants ou non selon les opérations) ou des mesures exprimées dans le système normalisé paléo-babylonien.⁴⁰

40. L'utilisation et le téléchargement de MesoCalc se font depuis l'adresse <<https://baptiste.meles.free.fr/site/mesocalc.html>> (dernier accès le 3 septembre 2022). Il existe de plus un tutoriel complet rédigé conjointement par C. Proust et B. Mélès, qui présente les différentes fonctionnalités du logiciel en les illustrant sur des exemples tirés de tablettes scolaires, [PROUST&MÉLÈS2015].

Introduction

Arithmetics

Computing system(?):

- floating (60F)
- absolute (60A)

- Conversion & properties
- Multiplicative operations
- Exponential operations
- Additive operations

Measures

- Lengths / Surfaces / Volumes
- Capacities
- Weights

Dates

Multiplicative operations

Multiplication and quotient

Multiplication (60A/F):

× ×

Multiplication
1.30
2.13.20
= 3.20

FIGURE IV.9. Une multiplication avec la « calculatrice mésopotamienne » MesoCalc⁴¹

IV.2.6.3. Opérations mathématiques

Si le sens arithmétique des différentes opérations mathématiques attestées à l'époque paléo-babylonienne est compris depuis le début du vingtième siècle, la façon d'appréhender les conceptions qui leur étaient associées a considérablement évolué au cours des dernières décennies. J'adopte dans ce travail le point de vue introduit par J. Høyrup il y a une vingtaine d'années, qui consiste à attacher à la plupart d'entre elles une interprétation géométrique et ainsi à comprendre un certain nombre de procédures comme des transformations élémentaires successives de figures géométriques conduisant au résultat voulu. Cette manière désormais relativement consensuelle d'envisager les textes est présentée rapidement dans la section III.2.4.3 de la première grande partie, exposée en détail dans [HØYRUP2002] (où l'on trouvera également les arguments terminologiques précis qui la sous-tendent ainsi que de nombreux exemples d'explications qui peuvent être trouvées grâce à elle) et rappelée terme par terme dans les entrées concernées des glossaires de l'annexe D.

IV.2.6.4. Conventions pour mes schémas explicatifs

Dans mes explications mathématiques des textes, j'insère souvent des schémas personnels, qui n'ont rien à voir avec les diagrammes présents sur les tablettes et ont simplement pour fonction de servir de support visuel permettant de suivre plus facilement les explications que je donne. Afin que ces schémas soient les plus clairs possibles, j'y ai utilisé un certain nombre de conventions fixes, que je décris rapidement ici et qui sont illustrées par les deux exemples présentés dans la figure IV.10 sur la page suivante. Tout comme les scribes paléo-babyloniens, je place les inscriptions se rapportant à des longueurs auprès des lignes concernées et à l'extérieur des formes géométriques lorsque c'est possible, et les inscriptions se rapportant à des surfaces à l'intérieur. J'ajoute de plus dans certains cas des pointillés et des flèches montrant quelle est la longueur désignée, et j'entoure systématiquement les inscriptions se rapportant à des surfaces afin d'éviter tout risque de confusion. Lorsque cela est utile, je signale par des points d'interrogation les grandeurs que l'on cherche à déterminer. Enfin, je place les nombres indiquant des rapports entre grandeurs entre des signes « : », et j'indique de manière *ad hoc*,

41. Le lien direct vers la section de MesoCalc montrée ici est <<http://baptiste.meles.free.fr/site/mesocalc.html#multiplication>> (dernier accès le 3 septembre 2022).

à l'aide de couleurs et d'opérateurs mathématiques, les informations plus complexes qui ne peuvent être rendues par ces conventions de base.

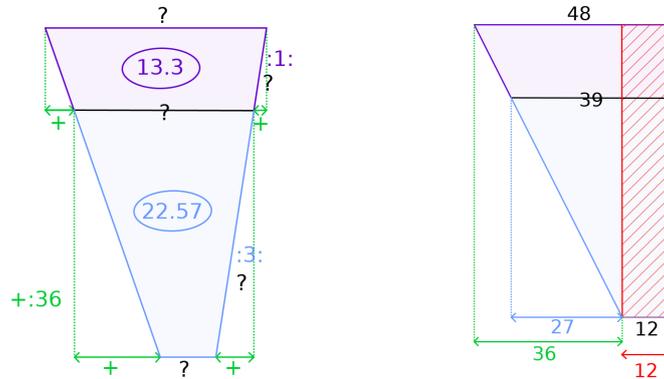


FIGURE IV.10. Exemples de schémas explicatifs personnels, illustrant les conventions que j'utilise⁴²

IV.2.7. Analyse des rôles joués par les diagrammes dans les raisonnements

Après tout le travail « préliminaire » – mais néanmoins absolument essentiel – que je viens de décrire, je termine chaque étude de cas par ce que l'on pourrait considérer comme le cœur de mon travail sur les tablettes : une analyse de la manière dont les diagrammes qui y apparaissent semblent avoir été utilisés dans les raisonnements et de la manière dont ils interagissent avec le texte associé dans les cas où il y en a un. Cette analyse, qui n'a aucune structure préétablie et peut prendre des directions très différentes selon les spécificités de la tablette considérée, est guidée par les problématiques générales que j'ai dégagées au cours de mes lectures sur les diagrammes dans diverses documentations mathématiques anciennes, lesquelles sont présentées dans le chapitre III de la première grande partie, et s'appuie notamment sur les grilles de questionnement que j'ai élaborées à cette occasion, présentées ci-dessous.

IV.2.7.1. Informations véhiculées par les diagrammes

Une première grille de questionnement concerne les informations véhiculées par les diagrammes, que j'ai discutées dans la section III.1.

Objets représentés	Configurations géométriques montrées (cf. section III.1.1.1)
	<ul style="list-style-type: none"> • Quelle est la configuration géométrique montrée par le diagramme ? Quelles formes géométriques élémentaires fait-elle intervenir ? S'il y en a plusieurs, comment sont-elles agencées ? Quelles lignes intérieures sont présentes ? • Cette configuration géométrique appartient-elle au répertoire standard identifié dans le premier chapitre ? Si non, à quel point s'en éloigne-t-elle ?
	Objets représentés (cf. sections III.1.1.2 et III.1.1.3)
	<ul style="list-style-type: none"> • Y a-t-il des éléments nous permettant d'identifier l'objet représenté par le diagramme ? Lesquels ?

42. Ces schémas sont tirés des sections V.1.5.3 et V.1.5.6 du chapitre suivant.

	<ul style="list-style-type: none"> • Quel est cet objet ? S'agit-il d'un objet géométrique abstrait ou d'un objet concret d'u monde réel ? • S'il s'agit d'un objet concret, comment celui-ci est-il représenté ? Le scribe a-t-il eu recours à des techniques picturales pour qu'il soit reconnaissable, et si oui lesquelles ? Y a-t-il d'autres éléments qui distinguent ce diagramme de ce qu'il aurait été s'il avait simplement représenté un objet géométrique abstrait ? • S'il s'agit d'un objet concret, cet objet est-il de plus un objet tridimensionnel ? Si oui, quel mode de représentation le scribe en a-t-il choisi ? Comment celui-ci semble-t-il « fonctionner » ? Quels sont ses avantages et ses inconvénients ? Est-il possible d'identifier pourquoi le scribe l'a choisi plutôt qu'un autre dans cette situation ?
Inscriptions	<p><i>Nature des inscriptions (cf. section III.1.2.1)</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Le diagramme comporte-t-il des inscriptions ? Si oui, combien ? • Quelle est la nature du contenu de chacune de ces inscriptions ? S'agit-il de valeurs numériques, de valeurs numériques accompagnées de mots, de mots seuls, ou encore d'autres éléments ? • S'il y a des valeurs numériques, sous quelle forme se présentent-elles ? S'agit-il de nombres exprimées dans le système sexagésimal positionnel flottant, de nombres exprimés dans un autre système de numération, de mesures, etc ? • S'il y a des mots, s'agit-il de termes techniques mathématiques, de termes du langage courant fréquemment utilisés dans les textes mathématiques, ou d'autres mots ? Sont-ils écrits en akkadien syllabique ou sous la forme de sumérogrammes ? <p><i>Placement des inscriptions (cf. sections I.2.2.4 et I.3.4.4)</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Où les différentes inscriptions sont-elles positionnées ? Se trouvent-elles à l'intérieur ou à l'extérieur des formes géométriques ? Sont-elles placées proche d'une ligne en particulier ? Si oui, touchent-elles, s'appuient-elles sur ou chevauchent-elles ces lignes ? Ou bien sont-elles au contraire relativement loin de toutes les lignes ? • Comment sont-elles orientées ? Sont-elles horizontales, verticales ou obliques ? Quelle est de plus leur direction ? Si elles ne sont pas horizontales, est-ce pour suivre l'inclinaison d'une ligne du dessin ? Ces orientations sont-elles standard ? <p><i>Signification des inscriptions (cf. sections III.1.2.2 et III.1.2.3)</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Est-il possible d'identifier à quoi se rapporte chacune des inscriptions présentes sur le diagramme ? De quelle manière ? S'agit-il de longueurs, d'aires, d'autres grandeurs, de constantes, ou encore d'autres éléments ? • Quels liens peut-on établir entre la position de chaque inscription sur le dessin et ce à quoi elle se rapporte ? Ce lien semble-t-il correspondre aux conventions de placement identifiées dans le chapitre III ? • Si certaines inscriptions n'ont pas un contenu standard, est-il possible de l'expliquer par leur signification ? En quoi leur contenu aide-t-il alors à faire comprendre à quoi elles se rapportent ?

Inexactitude	<i>Précision du tracé (cf. section III.1.3.1)</i>
	<ul style="list-style-type: none"> • Les contours des formes géométriques polygonales et les lignes intérieures des formes géométriques sont-ils réellement tracés sous forme de segments ou bien présentent-ils une légère incurvation ? • Les traits s'intersectent-ils réellement aux endroits où l'on peut penser qu'ils sont destinés à s'intersecter ? • À l'inverse, les traits se poursuivent-ils au delà des points auxquels on peut penser qu'ils étaient destinés à s'arrêter ? • Y a-t-il d'autres éléments qui permettent d'estimer si le dessin a été réalisé avec plus ou moins de précision ? • Si le dessin n'est pas précis, cela semble-t-il être dû à des limitations techniques ou une maladresse du scribe ?
	<i>Respect des proportions (cf. section III.1.3.2)</i>
	<ul style="list-style-type: none"> • S'il est possible de connaître les dimensions de l'objet représenté par le diagramme, le dessin a-t-il été réalisé à l'échelle ? Autrement dit, ses différentes lignes apparaissent-elles dans les proportions correctes les unes par rapport aux autres ? • Si le dessin est à l'échelle, avec quel degré de précision celle-ci est-elle respectée ? • Si le dessin n'est pas à l'échelle, y a-t-il quelques relations, telles que des égalités ou des moitiés, qui sont néanmoins respectées ? • Si le dessin n'est pas à l'échelle, cela semble-t-il être dû à des limitations techniques ou à une maladresse du scribe ? Ou bien cela semble-t-il être dû à une volonté d'adapter le dessin soit à l'espace disponible sur la tablette soit à l'espace nécessaire à l'écriture des inscriptions ?
	<i>Respect de la forme géométrique (cf. section III.1.3.3)</i>
<ul style="list-style-type: none"> • Le dessin respecte-t-il la forme d'ensemble de l'objet qu'il représente ? Les entités géométriques envisagées sont-elles bien représentées au moyen d'entités géométriques du même type ? • Le dessin semble-t-il être « sur-spécifié » ou au contraire « sous-spécifié » sur certains points, c'est-à-dire faire apparaître plus ou moins de particularités que ce que l'objet représenté est supposé en avoir ? • En particulier, le dessin fait-il apparaître des angles droits à des endroits où ils semblent être volontaires, des angles droits à des endroits où on ne les attend pas particulièrement, ou des angles non droits à des endroits où l'on attend des angles droits ? 	
<i>Caractère d'ensemble (cf. section III.1.3.4)</i>	
<ul style="list-style-type: none"> • Dans l'ensemble, que peut-on dire du degré d'exactitude géométrique et métrique du diagramme ? • Est-il possible de comprendre pourquoi certains aspects ont été rendus fidèlement et d'autres pas ? • Semble-t-il pertinent de parler de ce diagramme comme d'un « schéma de structure » ? • De quelle manière les ressources de la communication visuelle et de la communication textuelle sont-elles combinées par ce diagramme ? 	

Orientation	Orientation du dessin géométrique (cf. section III.1.4.1)
	<ul style="list-style-type: none"> • De quelle manière la configuration géométrique montrée par le diagramme est-elle orientée sur la tablette ? • Si elle comporte des angles droits, de quel côté sont-ils placés ? • Si elle comporte des lignes intérieures non symétriques, à quel endroit sont-elles positionnées ? • Cette orientation correspond-elle aux orientations standard identifiées dans le premier chapitre ?
	Lien avec la terminologie (cf. section III.1.4.2)
	<ul style="list-style-type: none"> • Des termes ayant une connotation spatiale, tels que les ceux que l'on traduit par « inférieur » ou « supérieur », sont-ils employés dans le texte qui accompagne le diagramme ? • Comment ce qu'ils désignent s'articule-t-il d'une part avec la configuration décrite et d'autre part avec l'orientation du diagramme ? • Semble-t-il que le diagramme doive être vu comme tourné d'un quart de tour vers la droite par rapport à son orientation sur la tablette ?
	Lien avec l'objet représenté (cf. section III.1.4.4)
	<ul style="list-style-type: none"> • Si l'objet représenté par le diagramme est un objet concret, l'orientation donnée au diagramme correspond-elle à l'orientation standard des configurations géométriques ou bien à l'orientation naturelle de cet objet concret ? • Si l'orientation du diagramme n'est pas standard, peut-on mettre cette particularité en relation avec ce qu'il représente ? • Ces observations nous apprennent-elles quelque chose sur les intentions du scribe ?

TABLEAU IV.5. Grille de questionnement sur les informations véhiculées par les diagrammes

IV.2.7.2. Rôles des diagrammes

Une deuxième grille concerne les pratiques mathématiques dans lesquelles interviennent les diagrammes et les rôles qu'ils y jouent, que j'ai discutés dans la section III.2.

Lieux d'apparition	Genre de contenu (cf. section III.2.1.1)
	<ul style="list-style-type: none"> • Quel est le genre de contenu de la tablette sur laquelle apparaît le diagramme ? • Est-il courant de trouver des diagrammes sur des tablettes de ce genre ? • Si d'autres tablettes du même genre ne comportent pas de diagramme, est-il possible d'identifier pourquoi celle-ci en comporte un ?
	Association aux unités de texte (cf. section III.2.1.2)
	<ul style="list-style-type: none"> • Ce diagramme est-il associé à un texte ? Si oui, est-il associé à une ou à plusieurs unités de texte ? S'il est associé à une seule unité de texte, est-il le seul diagramme à lui être associé ? • Dans chaque cas, comment cela se matérialise-t-il concrètement ?

	<ul style="list-style-type: none"> • Dans chaque cas, que peut-on en déduire sur le statut du diagramme ? <p>« Situation d'énonciation » (cf. section III.2.1.3)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Peut-on détecter des indices nous permettant d'identifier l'auteur de la tablette et de son diagramme, ou au moins de rassembler quelques renseignements à son sujet ? Semble-t-il s'être agi de la même personne ? Semble-t-il s'être agi d'une personne plutôt novice ou plutôt expérimentée ? Que peut-on en déduire ? • Peut-on détecter des indices nous permettant de déterminer si la tablette était destinée à être lue ou utilisée par son auteur ou une personne extérieure après avoir été produite ? Si oui, peut-on identifier plus précisément par qui et dans quel but ? • Peut-on détecter des indices nous permettant d'identifier si la tablette est une création originale, une copie, une restitution de mémoire, une transcription sous dictée ou une compilation ? Le diagramme semble-t-il avoir résulter du même mode de production ou d'un autre ? • Si certains de ces éléments de contexte peuvent être reconstitués, qu'impliquent-ils pour le ou les diagrammes ? • Quelles limites ceux de ces éléments de contexte que nous n'avons aucun moyen de connaître imposent-ils à l'étude des diagrammes qu'il est possible de réaliser ?
<p>Liens explicites</p>	<p>Mentions directes du diagramme dans le texte (cf. section III.2.2.2)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Le texte utilise-t-il un mot qui semble désigner le diagramme ? Si oui, dans quel but ? • Y a-t-il d'autres termes, notamment des verbes, qui, sans désigner le diagramme lui-même, y renvoient explicitement ? Si oui, quelle est leur signification ? Dans quel but sont-ils employés ? • Des termes relatifs aux configurations spatiales sont-ils employés dans le texte ? Si oui, semblent-ils avoir un lien avec le diagramme ? <p>Autres renvois au diagramme (cf. section III.2.2.3)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Peut-on repérer des éléments spécifiques tels que des symboles ou des « labels », qui renvoient explicitement du texte au diagramme ? • Quels liens existe-t-il entre les valeurs numériques présentes dans les textes et celles présentes sur les diagrammes ? Peut-on y voir une forme de référence, peu perceptible, des textes aux diagrammes ?
<p>Interactions implicites avec le texte</p>	<p>Répartition des informations (cf. section III.2.3.1)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Le diagramme véhicule-t-il toutes les informations transmises par le texte ? Si ce n'est pas le cas, lesquelles véhicule-t-il ? En particulier, si le texte consiste en un problème résolu, s'agit-il plutôt d'informations se rapportant à l'énoncé, à la procédure de résolution, au résultat, ou aucun de ces éléments ? Mélange-t-il des informations relevant de ces différentes catégories ? • Peut-on comprendre pourquoi le diagramme véhicule certaines informations et pas d'autres ? Que peut-on en déduire à son sujet ?

	<ul style="list-style-type: none"> • À l'inverse le diagramme transmet-il des informations supplémentaires par rapport au texte ? Si oui, de quel type d'informations s'agit-il ? Pourquoi celles-ci sont-elles présentes sur le diagramme et pas dans le texte ? <p>Forme de différents éléments (cf. sections III.2.3.2 et III.2.3.3)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Les valeurs numériques qui apparaissent à la fois dans le texte et sur le diagramme y apparaissent-elles sous la même forme ? Si non, quelles sont les différences ? Comment peuvent-elles s'expliquer ? Que peut-on en déduire sur la fonction du diagramme ? • Les objets considérés sont-ils présentés de la même manière par le texte et le diagramme ? Si non, quelles sont les différences ? Comment peuvent-elles s'expliquer ? Que peut-on en déduire sur la fonction du diagramme ? <p>Autres relations entre texte et diagramme (cf. sections III.2.3.4, III.2.3.5 et III.2.3.6)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Certains aspects du texte semblent-ils ne pas pouvoir être compris sans l'aide du diagramme ? Si oui, peut-on vraiment éliminer les hypothèses selon lesquelles ils auraient plutôt été transmis par des aspects de la terminologie technique ou des propriétés implicites de certains objets mathématiques que nous ne percevons plus à l'heure actuelle ? Si oui à nouveau, de quelle manière le diagramme semble-t-il combler ces « lacunes » ? • Inversement, certains aspects du diagramme semblent-ils ne pas pouvoir être compris sans l'accompagnement du texte ? Si oui, de quelle manière le texte comble-t-il ces « lacunes » ? • Le fait qu'un diagramme soit associé au texte semble-t-il avoir un impact sur la manière dont celui-ci est structuré et/ou formulé ? Inversement, le fait qu'un texte soit associé au diagramme semble-t-il avoir un impact sur ses propriétés ? • Si la tablette contient une collection d'énoncés ou de problèmes liés les uns aux autres et dont plusieurs sont accompagnés de diagrammes, quels sont les points communs et les différences entre ces diagrammes successifs, et que peut-on en déduire ? • Comment la temporalité linéaire du texte et celle non linéaire du diagramme semblent-t-elles s'être articulées à la fois lors de la production de ce dernier et lors de son éventuelle consultation ?
<p>Rôles joués</p>	<p>Nature des activités associées (cf. section III.2.4.1)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Le diagramme semble-t-il avoir été produit dans le cadre d'une activité scolaire ? Si oui, quels sont les indices qui permettent de le repérer ? Quelle semble avoir été plus précisément la nature de cette activité scolaire ? • Le diagramme semble-t-il au contraire avoir été produit dans le cadre d'une activité relevant davantage d'une forme d'érudition ? Si oui, quels sont les indices qui permettent de le repérer ? Quelle semble avoir été plus précisément la nature de cette activité ?

	<ul style="list-style-type: none"> • Le diagramme semble-t-il par ailleurs avoir été lié à des pratiques n'ayant pas laissé de traces sur les tablettes, notamment des récitations ou échanges oraux ou bien des manipulations d'objets ? Si oui, quels sont les indices qui permettent de le repérer ? Que peut-on alors en déduire que la fonction du diagramme ?
	<p>Rôles possibles (cf. section III.2.4.2)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Dans le cas où le diagramme est associé à un problème résolu, semble-t-il s'être limité à illustrer l'énoncé de ce problème ? Quels sont les arguments permettant de se rendre compte que c'est ou que ce n'est pas le cas ? • Le diagramme semble-t-il avoir servi d'aide lors de l'élaboration ou de la rédaction ou de la lecture de la procédure de résolution ? Quels sont les arguments qui permettent de le mettre en évidence ? Si c'est le cas, quelles fonctions plus précises semble-t-il avoir rempli ? • Le diagramme fait-il apparaître des informations, des précisions ou des arguments qui ne sont pas donnés dans le texte ? Si oui, lesquels et sous quelles formes ? Quelles fonctions cela révèle-t-il ? • Quels autres rôles le diagramme semble-t-il avoir joués ? • Le diagramme semble-t-il faire écho d'une manière ou d'une autre aux raisonnements figuratifs reconstitués par J. Høyrup pour rendre compte des raisonnements sous-tendant les procédures de résolution des problèmes ?
	<p>Intentions révélées par les traces d'effacement (cf. section III.2.5.)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Si des traces d'effacement peuvent être détectées sur la tablette, est-il possible d'identifier l'intention mathématique avec laquelle elles ont été pratiquées ? • Si oui, cette intention confirme-t-elle, infirme-t-elle ou permet-elle de préciser les rôles identifiés au travers d'une analyse mathématique ?

TABLEAU IV.6. Grille de questionnement sur les rôles joués par les diagrammes

Maintenant que le plan d'ensemble de mes études de cas a été posé et que ma méthode de travail a été clarifiée, nous pouvons nous lancer dans l'analyse du premier groupe de tablettes.

Chapitre V

Deux tablettes de Babylonie du Sud contenant chacune un problème résolu accompagné d'un diagramme : BNUS 367 et YBC 8633

Ainsi que je l'ai expliqué dans les pages précédentes, la situation que l'on peut considérer comme étant, en un sens, la plus « simple » ou la plus « favorable » pour débiter une analyse de la manière dont les diagrammes étaient utilisés dans les raisonnements mathématiques à l'époque paléo-babylonienne est celle des tablettes contenant un unique problème résolu accompagné d'un unique diagramme. Ce premier chapitre d'études de cas est ainsi consacré à la discussion de deux tablettes de ce type. Dans la mesure où la grande majorité de celles que nous connaissons à l'heure actuelle sont issues de fouilles clandestines, il ne m'a pas été possible de constituer une paire partageant un même contexte de production ou un même contexte archéologique, et j'ai donc plutôt fait le choix de sélectionner des documents ayant seulement en commun de sembler provenir de la partie sud de la Babylonie et dater du début de l'époque paléo-babylonienne mais présentant en revanche une certaine cohérence du point de vue de leur teneur mathématique : les tablettes BNUS 367 et YBC 8633, qui ont toutes deux la particularité de nous mettre en présence d'un décalage – dont la nature sera précisée dans chacun des cas – entre la situation mathématique telle qu'elle se présente réellement au vu des informations données dans l'énoncé du problème et la situation mathématique telle qu'elle est effectivement traitée au cours de la procédure de résolution.

L'étude de ces deux tablettes vise à approfondir de nombreux points relatifs aux propriétés des diagrammes mathématiques paléo-babyloniens et à leurs rôles au sein des raisonnements qui ont été évoqués de manière générale dans les chapitres précédents, en nous permettant notamment de discuter en contexte les questions suivantes : à quel endroit chaque diagramme apparaît-il par rapport au texte auquel il se rapporte ? Y a-t-il des éléments de mise en page spécifiques qui permettent de le séparer du texte en question et/ou de le mettre en valeur ? Avec quels instruments et de quelle manière semble-t-il avoir été réalisé ? Quelle configuration géométrique montre-t-il, et comment celle-ci est-elle orientée par rapport au texte ? Quelles sont les propriétés métriques du dessin qui le constitue ? Quels sont la nature et le contenu des inscriptions qui y ont été portées ? Comment chacune d'entre elles est-elle positionnée sur ou autour du dessin ? Est-il possible de repérer des indices nous renseignant sur l'ordre dans lequel les différents traits, les différentes inscriptions et les éventuels éléments environnants ont été réalisés les uns par rapport aux autres ? Quelles informations le diagramme semble-t-il véhiculer par rapport à l'énoncé, à la procédure de résolution et à la solution du problème qu'il accompagne ? De quelle manière donne-t-il accès à ces informations ? Comment s'articule-t-il au texte ? Quelles fonctions semble-t-il avoir remplies lors de la conception du problème présenté et/ou de sa rédaction ? Quelles fonctions semble-t-il par ailleurs avoir été destiné à remplir lors d'une hypothétique lecture du texte ? Etc.

Ce chapitre est structuré en deux grandes parties portant chacune sur l'une des deux tablettes sélectionnées. Ces deux parties sont construites selon un modèle similaire : elles s'ouvrent sur une présentation générale du document étudié listant les ressources disponibles pour son étude et discutant son contexte, poursuivent par une description matérielle détaillée de la tablette dans son ensemble puis du diagramme qui y apparaît, fournissent une proposition d'édition du texte qui s'y trouve ainsi qu'un commentaire mathématique complet, et enfin analysent la manière dont le diagramme s'articule au texte et intervient dans le raisonnement.

V.1. Une tablette dont le diagramme fait apparaître des valeurs « posées » pour le raisonnement : BNUS 367

La tablette BNUS 367 contient un problème de partage de trapèze atypique par certains aspects, accompagné d'un diagramme qui peut sembler à première vue se limiter à une illustration de l'énoncé mais s'avère en fait occuper une place plus subtile dans le raisonnement. Cet exemple, qui présente l'avantage d'être globalement bien compris, nous donnera l'occasion de mettre en évidence et de commencer à discuter plusieurs facettes importantes des interactions entre les textes et les diagrammes avant de passer à des cas plus complexes dans les parties suivantes.

V.1.1. Références et ressources

Conservée à la Bibliothèque Nationale et Universitaire de Strasbourg, cette tablette, qui est citée dans la littérature tantôt par son numéro de collection officiel BNUS 367 retenu ici, tantôt par son numéro de collection alternatif Str 367, et tantôt par son numéro de première édition SKT 10 ou StrKT 10, a reçu une attention relativement importante de la part des historiens des mathématiques cunéiformes et a ainsi déjà fait l'objet d'assez nombreuses publications.

V.1.1.1. Publications traitant de la tablette

Cette tablette a été publiée pour la première fois en 1928 par C. Frank, dans le recueil d'éditions de documents cunéiformes de la collection de Strasbourg [FRANK1928]. Cet ouvrage présente quelques informations très générales sur le lot auquel elle appartient (pages 5 et 7). Il en fournit par ailleurs une copie (planche VIII, page 22), qui, bien que présentant le défaut de ne pas faire apparaître sa forme et sa mise en page – ainsi que, comme nous le verrons plus loin, de ne pas rendre de manière satisfaisante la configuration géométrique montrée par son diagramme –, est globalement fiable et constitue toujours la principale référence pour accéder au texte original.¹ Enfin, il en donne une translittération et une ébauche de traduction, que je n'ai pas été en mesure de consulter par moi-même mais qui semblent être plutôt à considérer comme une première tentative de lecture inaboutie.²

La première édition complète a été proposée quelques années plus tard par O. Neugebauer, dans son volume d'éditions de textes mathématiques cunéiformes [NEUGEBAUER1935a]. O. Neugebauer n'y réalise pas de nouvelle copie de la tablette, mais il y reprend intégralement sa translittération (pages 259-260) ainsi que sa traduction (en allemand, pages 260-261) et propose pour la première fois un commentaire mathématique du problème qu'elle contient (pages 261-263). Il en fournit par ailleurs une photographie ([NEUGEBAUER1935b] planche II), certes en noir et blanc et de trop faible qualité pour donner un accès direct au texte mais qui permet néanmoins de visualiser sa mise en page.

1. Cette copie est reproduite sur la page suivante.

2. La translittération et la traduction réalisées par C. Frank sont évoquées dans [CHAIGNEAU2019] page 138, qui mentionne les « copie, transcription et essai de traduction par Frank », ainsi que dans [NEUGEBAUER1935a] page 239, qui fait référence aux « Übersetzungsskizzen, die Frank seiner Edition beigegeben hat ».

3. L'image est tirée de [FRANK1928] page 22 et a été téléchargée depuis la base de données du CDLI, à l'adresse <<https://cdli.mpiwg-berlin.mpg.de/artifacts/414663>> (dernier accès le 11 février 2023). Signalons que la face et le revers apparaissent l'un en-dessous de l'autre sur la copie originale et ont simplement été placés côte à côte ici pour des raisons de mise en page.

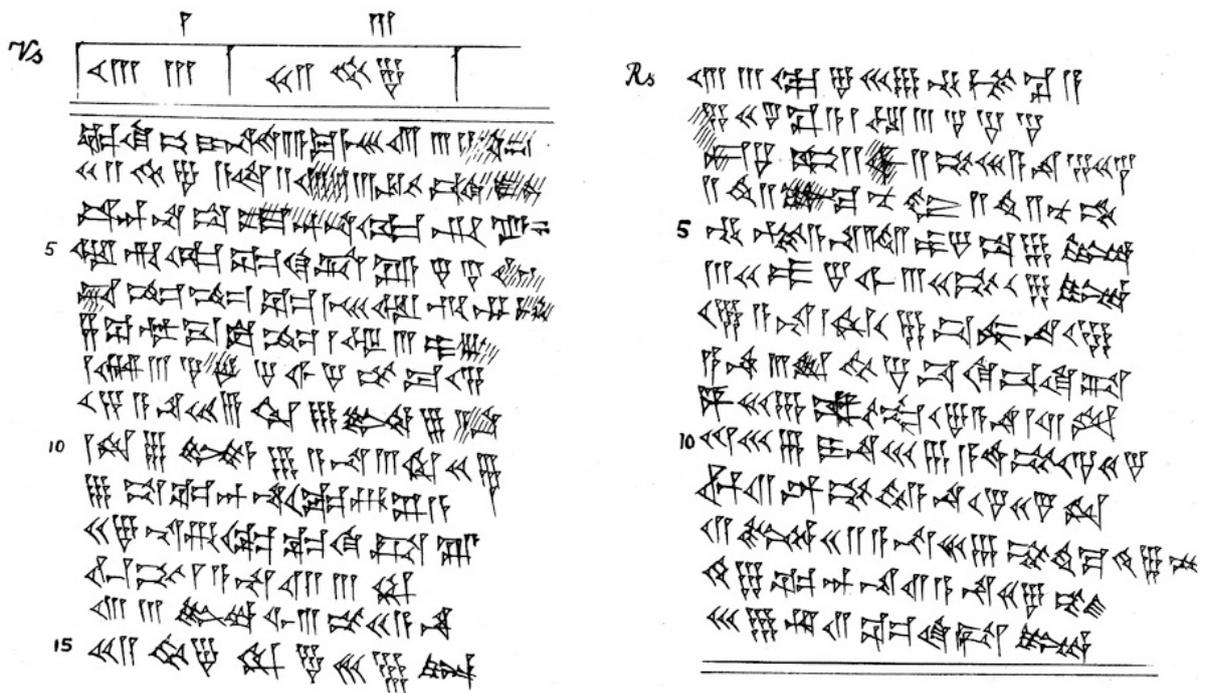


FIGURE V.1. Copie de la tablette BNUS 367 par C. Frank³

À la suite de l'édition d'O. Neugebauer, la tablette BNUS 367 a suscité l'intérêt de presque tous les historiens des mathématiques cunéiformes, qui en ont publié de nouvelles études. F. Thureau-Dangin en donne dans son recueil [THUREAU-DANGIN1938a] une transcription normalisée (page 90) et une traduction en français (pages 90-91), qui sont largement basées sur celles de [NEUGEBAUER1935a] mais introduisent néanmoins quelques nouvelles idées. A. Vaiman en propose dans [VAIMAN1961] un commentaire en russe (pages 115 et suivantes), que je ne peux malheureusement pas lire du fait de la langue et qui semble avoir été très peu repris par la suite. J. Høyrup la présente dans son livre [HØYRUP2002], où il fournit une révision de son édition apportant des solutions à quelques problèmes de lecture (pages 239-241) ainsi qu'un commentaire relativement détaillé (pages 241-244). J. Friberg en propose également un commentaire mathématique dans [FRIBERG2007b] (pages 277-279), dans lequel il situe le problème qu'elle contient au sein d'un panorama plus vaste des problèmes de partage de trapèzes à l'époque paléo-babylonienne. Enfin, E. Robson en donne dans sa base de données ORACC DCCMT une translittération et une traduction essentiellement basées sur les précédentes mais introduisant malgré tout quelques légères variations.⁴

La tablette BNUS 367 est en outre répertoriée dans la base de données du CDLI, où elle a reçu le numéro d'identification P414663. L'entrée qui lui est consacrée dans cette base contient les références des principales publications à son sujet, quelques informations minimales sur son contexte, ainsi que deux images : d'une part une version numérisée de la copie de C. Frank, qui est difficilement trouvable par ailleurs, et d'autre part une photographie en couleur de sa face, son revers et ses tranches, qui est de qualité correcte et permet globalement de lire le texte bien

4. Ainsi que je l'ai signalé dans le chapitre précédent, il n'y a pas de liens directs vers les fiches de tablettes dans le DCCMT. Cette base de données peut être consultée à l'adresse <<http://oracc.museum.upenn.edu/dccmt/>> (dernier accès le 28 mai 2023), et la tablette discutée y est répertoriée sous le nom « Str 367 ».

qu'elle ne soit pas suffisante pour se faire un avis sur les passages les plus problématiques.⁵

Enfin, il est intéressant d'indiquer que cette tablette, relativement connue dans le milieu des historiens des mathématiques cunéiformes, a également attiré l'attention d'historiens des mathématiques travaillant sur d'autres périodes, à l'image de M. Moyon qui la mentionne dans sa thèse portant sur la géométrie pratique en Europe au Moyen-Âge ([MOYON2008] pages 42-43), ainsi que de didacticiens des mathématiques, à l'image d'un groupe d'enseignants qui en explique le contenu dans un bulletin de l'Association des Professeurs de Mathématiques de l'Enseignement Public ([MORALES&TROUDET2013] pages 333-335). Ces travaux présentent l'intérêt de situer le texte dans des cadres plus généraux et d'apporter sur son contenu des points de vue extérieurs pouvant être sources d'idées nouvelles.

V1.1.2. Autres ressources disponibles pour l'étude de la tablette

En complément des ressources publiées citées ci-dessus, je me suis appuyée, pour étudier la tablette BNUS 367, sur deux éléments de nature différente.⁶

Tout d'abord, je suis repartie d'un premier travail sur cette tablette que j'avais réalisé pour mon mémoire de master [REYNAUD2016], qui comportait une description de son diagramme, une explication mathématique du problème que l'on y trouve ainsi qu'une tentative d'analyse des interactions entre ces deux éléments.⁷ Toutefois, cette étude préliminaire n'abordait pas la question du contexte de la tablette, offrait des descriptions matérielles uniquement basées sur des observations spontanées et donc moins précises que celles que je suis en mesure de réaliser maintenant que je me suis amplement documentée sur cet aspect, fournissait une analyse du texte presque exclusivement basée sur les traductions proposées par les commentateurs précédents et n'apportant donc aucune solution aux passages dont la lecture est délicate, et aboutissait sur une analyse des rôles du diagramme que je trouve désormais un peu trop naïve et que j'ai été amenée à nuancer progressivement à mesure que ma compréhension du sujet s'est affinée... autant de points qui justifient, selon moi, de proposer dans cette thèse une nouvelle étude de ce document.

Par ailleurs, j'ai eu l'opportunité de voir la tablette BNUS 367 dans les locaux de la Bibliothèque Nationale et Universitaire de Strasbourg, à l'occasion d'une séance exceptionnelle du Groupe de Lecture de Textes Mathématiques Cunéiformes du laboratoire SPHère qui s'est tenue le 17 juin 2022. Cette séance a été trop brève pour que je puisse observer l'objet aussi minutieusement que ce que j'ai fait lors de mes autres visites en musée, mais elle m'a malgré tout permis de confirmer ou infirmer certaines impressions concernant l'aspect du diagramme, de lever le doute sur certains signes du texte dont l'identification était problématique et de réaliser un certain nombre de photographies. À cet égard, je tiens à remercier tout particulièrement Anne-Caroline Rendu-Loisel, maîtresse de conférence à Strasbourg, qui a eu l'initiative

5. Voir le site Web [CDLI]. Le lien direct vers la fiche consacrée à la tablette BNUS 367 sur ce site est <<https://cdli.mpiwg-berlin.mpg.de/artifacts/414663>> (dernier accès le 11 février 2023). La photographie que l'on y trouve a été réalisée en juin 2010 par L. Vacín du Max-Planck-Institut, dans le cadre d'un programme de numérisation de la collection porté conjointement par le Cuneiform Digital Library Initiative et la Bibliothèque Nationale et Universitaire de Strasbourg (voir à ce sujet [BORNEMANN2010]).

6. Afin que ce passage en revue des ressources mobilisables soit aussi complet que possible, il convient de signaler également que les archives d'O. Neugebauer conservées à l'Université de Yale (et présentées dans la section IV.2.1.3 du chapitre précédent) comportent un petit dossier consacré à la tablette BNUS 367. Malheureusement, contrairement à ceux que j'évoquerai plus loin dans ce chapitre, celui-ci contient uniquement un montage de photographies ayant servi de base à la planche insérée dans [NEUGEBAUER1935b] et n'apporte ainsi aucune information supplémentaire par rapport à l'édition.

7. Voir le quatrième chapitre de [REYNAUD2016], pages 49-61.

de nous faire venir pour cette session de lecture hors-les-murs, Gisella Bello, conservatrice de la collection, qui a pris le temps de nous accueillir dans de très bonnes conditions, et Jacob Jawdat, membre du groupe de travail, qui m'a apporté une aide précieuse lors la réalisation des clichés.⁸

V.1.2. Contexte

Ainsi que je l'ai mentionné dans l'introduction du chapitre, la tablette BNUS 367 est issue de fouilles clandestines, de sorte que son contexte archéologique n'est pas connu. Néanmoins, divers éléments donnent des indications sur sa provenance et sa datation.

V.1.2.1. Histoire de l'objet

Les tablettes cunéiformes de la Bibliothèque Nationale et Universitaire de Strasbourg, qui sont en tout presque au nombre de cinq-cents, ont été inventoriées au fur et à mesure de leur arrivée dans la collection selon une numérotation séquentielle continue. C. Frank relate dans l'introduction de son recueil d'éditions que les quelques 380 premières d'entre elles – dont fait partie la tablette BNUS 367 qui nous intéresse ici – ont été achetées à son initiative au cours de l'année 1912, et l'ancien conservateur D. Bornemann précise dans une présentation générale du fonds que cet achat a eu lieu en Égypte.⁹

Force est de constater, à la lecture du récit et de la table des matières de [FRANK1928], que le lot conséquent formé par ces tablettes est extrêmement hétérogène, aussi bien du point de vue de leur contenu que du point de vue de leur origine, et que le considérer dans son ensemble ne nous apporte aucune information sur le contexte de production des documents.¹⁰ Néanmoins, à l'intérieur de ce grand lot, les tablettes mathématiques portant les numéros quasiment consécutifs de 362 à 364 et de 366 à 368 semblent constituer un petit sous-groupe plus homogène.¹¹ Celles-ci ont toutes été répertoriées par C. Frank comme provenant de la ville d'Uruk, et il est raisonnable de penser que cette indication, dont il ne précise pas la source, est celle qui lui a été donnée par le vendeur au moment de l'achat.¹² Cela attire ainsi notre attention sur une provenance possible, sans toutefois nous donner suffisamment de clés pour que nous puissions en évaluer le degré de certitude.

V.1.2.2. Discussion de la provenance

Afin de confirmer ou infirmer cette première indication, il nous faut nous pencher sur les caractéristiques intrinsèques de la tablette.

Une première direction que nous pourrions être tentés d'explorer est celle des « critères Nord-Sud » proposés par A. Goetze, et décrits en détail dans la première section de l'annexe C du présent travail, qui pourraient nous permettre de déterminer si le texte semble avoir été plutôt rédigé dans la partie méridionale ou la partie septentrionale de la Babylonie. Toutefois,

8. Les gros plans de zones de la tablette insérés ci-après ont été réalisés, selon les cas, soit à partir de la photographie du CDLI soit à partir de celles que J. Jawdat et moi-même avons prises lors de notre visite à Strasbourg.

9. Voir [FRANK1928] page 5 et [BORNEMANN2010]. Notons que la collection de tablettes mathématiques de la Bibliothèque Nationale et Universitaire de Strasbourg ne fait pas partie de celles étudiées dans [DESSAGNES2017].

10. Voir [FRANK1928] pages 5 et 7-8.

11. La tablette BNUS 365, qui porte le numéro intermédiaire entre ces deux petites séquences de tablettes mathématiques, a pour sa part été décrite par C. Frank comme une liste de masses de produits livrés; la question de savoir s'il s'agit réellement d'un texte administratif ou plutôt d'un exercice mathématique ayant l'apparence d'un texte administratif peut se poser mais sort du cadre du présent travail.

12. C'est également de cette manière qu'O. Neugebauer et F. Thureau-Dangin ont compris la situation, comme on peut le lire dans [NEUGEBAUER1935a] page 259 et [THUREAU-DANGIN1938a] page 82, note 1.

ces critères portent sur de légères variantes de l'écriture syllabique des termes akkadiens repérées entre les deux régions et ne nous sont ainsi d'aucune aide pour appréhender une tablette telle que BNUS 367, qui est presque exclusivement rédigée au moyen de sumérogrammes.¹³

Une démarche alternative consisterait alors à s'intéresser directement au positionnement de cette tablette par rapport aux « groupes de Goetze », qui sont régulièrement utilisés pour tenter de classer les textes mathématiques de provenance inconnue selon leur ville d'origine et sont décrits en détail dans la deuxième section de l'annexe C du présent travail. Néanmoins, dans la mesure où la tablette BNUS 367 fait elle-même partie de l'échantillon de documents sur lequel se sont basés A. Goetze pour définir les groupes en question, puis J. Høyrup et J. Friberg pour en décrire précisément les caractéristiques, il ne serait pas pertinent d'un point de vue méthodologique de lui appliquer les grilles d'observation découlant de leur travail de la même manière que nous le ferons, par exemple, pour la tablette MS 3052 à laquelle sera consacré le prochain chapitre.¹⁴

En revanche, à défaut de pouvoir utiliser telles quelles les grilles usuelles, nous pouvons approfondir deux aspects qui leur sont liés afin de croiser au mieux les différents indices à notre disposition : d'une part évaluer dans quelle mesure la tablette BNUS 367 semble faire partie d'un même lot que les autres tablettes mathématiques conservées à Strasbourg, qui auraient selon leur vendeur une provenance commune, et d'autre part évaluer dans quelle mesure ce lot de Strasbourg peut être rapproché d'un petit ensemble de tablettes mathématiques conservées à Berlin, qui ont été incluses par A. Goetze puis J. Høyrup et J. Friberg dans le même « groupe de Goetze ».¹⁵

Les tablettes mathématiques conservées à Strasbourg sont au nombre de six : la tablette BNUS 367 qui nous intéresse dans ce chapitre, ainsi que la tablette BNUS 362, qui contient un problème résolu portant sur un partage de quantité et quelques énoncés seulement suivis de la solution associée portant sur d'autres sujets (voir pour son édition [NEUGEBAUER1935a] pages 239-243), la tablette BNUS 363, qui contient trois problèmes résolus portant sur la détermination des côtés de carrés dont la somme des surfaces est connue (voir [NEUGEBAUER1935a] pages 243-248), la tablette BNUS 364, qui contient quatorze énoncés de problèmes de partage de triangles accompagnés d'un diagramme chacun (voir [NEUGEBAUER1935a] pages 248-256), la tablette BNUS 366, qui contient quatre problèmes résolus malheureusement très endommagés et difficiles à comprendre (voir [NEUGEBAUER1935a] pages 257-259), et la tablette BNUS 368, qui contient un unique problème résolu portant sur la mesure d'un champ rectangulaire au moyen d'un roseau (voir [NEUGEBAUER1935a] pages 311-314).¹⁶ Pour chacune

13. Ainsi que cela ressortira de la translittération du texte proposée plus bas, les seuls termes en akkadien syllabique que compte la tablette BNUS 367 sont quelques éléments grammaticaux (les prépositions « *i-na* » et « *a-na* », la conjonction de coordination « *ù* », le pronom relatif « *ša* » et la particule enclitique « *-ma* ») ainsi qu'un unique substantif qui fait figure d'exception (« *ma-nu* », ligne 18, dont la lecture n'est de plus pas complètement assurée). Aucun d'entre eux ne fait apparaître l'une des caractéristiques mises en évidence par A. Goetze.

14. Nous risquerions en effet de produire ce faisant des raisonnements circulaires nous conduisant par exemple à conclure que la tablette semble se rattacher à un groupe particulier en raison de certaines caractéristiques que l'on y relève alors que les caractéristiques en question auraient justement été mises en avant dans la description du groupe concerné parce que la tablette en fait partie, ce qui ne nous apprendrait rien.

15. Le « groupe de Goetze » dans lequel a été classée la tablette BNUS 367 est le groupe 3 (voir [NEUGEBAUER&SACHS1945] page 149, [HØYRUP2002] pages 333-337 et [FRIBERG2000] pages 164-166). Outre les tablettes de Strasbourg et de Berlin mentionnées ci-dessus, ce groupe comporte une tablette conservée à l'Université de Yale, la tablette YBC 4608. Néanmoins, aucune information, même partielle, n'est accessible sur le contexte de cette dernière, de sorte que cela ne nous apprendrait rien de plus de l'inclure dans l'analyse qui suit.

16. Ainsi que je l'ai déjà mentionné dans une note précédente, il serait envisageable que la tablette BNUS 365 doive également être rapprochée d'une manière ou d'une autre du corpus mathématique, mais cette question sort totalement du cadre du présent travail.

d'entre elles, je compare dans un premier tableau ci-dessous les propriétés que l'on peut relever concernant le format et la structure des problèmes et dans un deuxième tableau les propriétés que l'on peut relever concernant la terminologie employée pour désigner les opérations mathématiques, puis je discute les conclusions que chacun de ces recensements nous permet de tirer.¹⁷

Commençons par les propriétés concernant le format et la structure des problèmes :

ASPECT CONSIDÉRÉ	CAS LE PLUS COURANT DANS LE LOT	AUTRES CAS RELEVÉS
Annonce de l'objet du problème	<u>BNUS 362</u> : Explicite non introduit (trois fois sur cinq) <u>BNUS 363</u> : Explicite non introduit <u>BNUS 364</u> : Explicite non introduit <u>BNUS 367</u> : Explicite non introduit <u>BNUS 368</u> : Explicite non introduit (mais dans une phrase)	<u>BNUS 362</u> : Implicite (deux fois sur cinq) <u>BNUS 366</u> : Plutôt implicite (pas très clair)
Présentation des paramètres inconnus	<u>BNUS 363</u> : Probablement aucune <u>BNUS 366</u> : Probablement aucune <u>BNUS 367</u> : Aucune	<u>BNUS 362</u> : « <i>ul īde</i> » (une fois) <u>BNUS 364</u> : « NU.ZU » (plusieurs fois) <u>BNUS 368</u> : « NU.ZU » (une fois)
Formulation de la question posée	<u>BNUS 362</u> : Explicite avec « EN.NAM » (parfois) <u>BNUS 363</u> : Explicite avec « EN.NAM » <u>BNUS 364</u> : Explicite avec « EN.NAM » (le plus souvent) <u>BNUS 367</u> : Explicite avec « EN.NAM » <u>BNUS 368</u> : Explicite avec « EN.NAM »	<u>BNUS 362</u> : Explicite avec « <i>kī maši</i> » (le plus souvent) <u>BNUS 364</u> : Implicite (parfois) Explicite avec « <i>kī maši</i> » (rarement) <u>BNUS 366</u> : Explicite avec « <i>mīnum</i> » (une fois) Reste trop endommagé
Formule d'ouverture de la procédure	<u>BNUS 362</u> : « ZA.E KÌ.DA.ZU.NE » <u>BNUS 363</u> : « ZA.E KÌ.DA.ZU.NE » <u>BNUS 366</u> : « ZA.E KÌ.DA.ZU.NE » (pour les trois préservés) <u>BNUS 367</u> : « ZA.E KÌ.DA.ZU.NE » <u>BNUS 368</u> : « ZA.E KÌ.DA.ZU.NE »	<u>BNUS 364</u> : Non concernée
Annonce des résultats d'opérations	<u>BNUS 362</u> : « IN.SUM » avec « -ma » <u>BNUS 363</u> : « IN.SUM » avec « -ma » (le plus souvent) « IN.SUM » seul (parfois) <u>BNUS 366</u> : « IN.SUM » avec « -ma » (parfois) « IN.SUM » seul (parfois) <u>BNUS 367</u> : « IN.SUM » seul (souvent) <u>BNUS 368</u> : « IN.SUM » seul (parfois) « IN.SUM » avec « -ma » (rarement)	<u>BNUS 363</u> : « -ma » seul (parfois) « <i>inaddinam</i> » (une fois) <u>BNUS 364</u> : Non concernée <u>BNUS 366</u> : « -ma » seul (parfois) Rien (parfois) <u>BNUS 367</u> : Rien (souvent) « -ma » seul (rarement) <u>BNUS 368</u> : Rien (souvent)
Marques de structure	<u>BNUS 363</u> : Aucune <u>BNUS 367</u> : Aucune <u>BNUS 368</u> : Aucune	<u>BNUS 362</u> : « <i>rēška likīl</i> » (une fois) <u>BNUS 364</u> : Non concernée <u>BNUS 366</u> : Trop endommagée

17. Voir à nouveau l'annexe C du présent travail pour une vision plus globale, sur l'ensemble du corpus mathématique paléo-babylonien, des différents aspects considérés ici.

Formule de clôture de la procédure	<u>BNUS 362</u> : Aucune <u>BNUS 363</u> : Aucune <u>BNUS 366</u> : Aucune (pour les deux préservés) BNUS 367 : Aucune <u>BNUS 368</u> : Aucune	<u>BNUS 364</u> : Non concernée
---	---	---------------------------------

TABLEAU V.1. Comparaison des propriétés des tablettes mathématiques de Strasbourg du point de vue de la structure des problèmes

On constate à partir de ce tableau une parfaite homogénéité du lot de tablettes mathématiques de Strasbourg pour ce qui est de l'ouverture des procédures de résolution des problèmes, qui est systématiquement marquée par la formule sumérienne « ZA.E KÌ.DA.ZU.NE », ainsi que de leur clôture, qui n'est à l'inverse jamais marquée par une formule dédiée. Le deuxième aspect n'est certes pas très significatif puisque la très grande majorité des tablettes mathématiques paléo-babyloniennes se trouvent dans ce cas, mais le premier l'est beaucoup plus puisque l'expression « ZA.E KÌ.DA.ZU.NE » n'a été repérée par J. Høyrup que dans deux « groupes de Goetze » et n'est ainsi pas très courante dans l'ensemble du corpus mathématique paléo-babylonien.¹⁸

On observe également une forte homogénéité de ce lot pour ce qui est de l'annonce des résultats des opérations : d'une part, toutes les tablettes considérées utilisent la forme verbale « IN.SUM » (seule ou associée à la particule enclitique « -ma ») au moins occasionnellement, voire pour la plupart d'entre elles souvent ou même systématiquement, et d'autre part aucun autre élément que « IN.SUM » ou « -ma » n'est employé à cette fin. Or, cet aspect est extrêmement significatif puisqu'il existe dans l'ensemble de la documentation mathématique paléo-babylonienne de très nombreuses expressions différentes permettant d'annoncer les résultats d'opérations et que la forme « IN.SUM » n'est attestée d'après J. Høyrup que dans les tablettes du troisième « groupe de Goetze » et est ainsi rare à l'échelle du corpus global.

On note par ailleurs une homogénéité partielle de ce lot concernant l'annonce de l'objet des problèmes, qui est le plus souvent indiqué de manière explicite sans terme particulier pour l'introduire, la formulation de la question clôturant l'énoncé, qui est le plus souvent posée de manière explicite au moyen de l'interrogatif sumérien « EN.NAM », et les marques de structure à l'intérieur des procédures, qui sont le plus souvent inexistantes. Bien que ces trois aspects soient peu significatifs étant donné que les caractéristiques relevées sont fréquentes dans l'ensemble du corpus mathématique, ils constituent de légers points de rapprochement supplémentaires entre les tablettes considérées.

Enfin, on remarque que le lot est plutôt hétérogène en ce qui concerne la mention des paramètres inconnus dans les énoncés des problèmes, puisque ceux-ci sont passés sous silence dans la moitié des tablettes et signalés de manière explicite dans l'autre moitié, mais ce point est à nouveau peu significatif dans la mesure où, si la présence de ces formules est quasiment exclusive au troisième « groupe de Goetze » et donc rare dans le corpus global, leur absence est, elle, tout à fait banale.

Finalement, il me semble que l'on peut considérer le lot de six tablettes mathématiques conservées à la Bibliothèque Nationale et Universitaire de Strasbourg comme relativement homogène du point de vue de la structure des problèmes y apparaissant : il présente une forte

18. Ici et dans la suite, je mentionne les « groupes de Goetze », mais uniquement comme un moyen de se faire une idée de l'ordre de grandeur du nombre de textes ayant certaines propriétés à l'échelle du corpus global, de sorte qu'il ne s'agit pas du tout du type de raisonnements circulaires que je signalais plus haut vouloir éviter.

homogénéité sur un aspect extrêmement significatif, une homogénéité parfaite sur un autre aspect significatif ainsi qu'une homogénéité au moins partielle sur la plupart des aspects moins significatifs. De plus, la tablette BNUS 367, à laquelle nous nous intéressons dans ce chapitre, ne fait pas figure d'exception à l'intérieur de ce lot et est au contraire en tous points conforme à ses caractéristiques générales puisqu'elle présente, pour chacun des aspects étudiés, la propriété la plus fréquemment rencontrée.

Penchons-nous à présent sur le vocabulaire employé dans les tablettes de ce lot. Une première remarque générale que l'on peut faire est qu'elles sont globalement rédigées avec une forte prépondérance des sumérogrammes par rapport aux écritures syllabiques, ce qui constitue un premier point commun non négligeable entre elles.¹⁹ Si l'on approfondit la question, on observe plus précisément que la terminologie technique qui y est utilisée pour désigner les opérations mathématiques est la suivante :²⁰

OPÉRATIONS	BNUS 362	BNUS 363	BNUS 366	BNUS 367	BNUS 368
Additions	« GAR.GAR » « <i>wašābum</i> »	« GAR.GAR » « DAḤ » « BÍ.DAḤ »	×	« GAR.GAR » « DAḤ »	« DAḤ » « <i>wašābum</i> »
Soustractions	« ZI » « DU ₈ » (?) « <i>utlellûm</i> »	« ZI » « BA.ZI »	×	« DU ₈ » (?) « DIRIG »	×
Duplications	« <i>ana šina.E</i> TAB »	×	« <i>ana 2.E</i> TAB »	×	×
Multiplications	« NIM » « <i>našûm</i> »	« NIM »	« NIM »	« NIM »	« NIM » « <i>našûm</i> »
Rectangularisations, carrages	×	« DU ₇ .DU ₇ » « <i>šutākulum</i> »	×	×	« DU ₇ .DU ₇ »
Inversions	« IGI DU ₈ »	×	« IGI DU ₈ » « IGI.n.GÁL <i>leqûm</i> » « <i>paṭārum</i> »	« IGI DU ₈ » « NU.DU ₈ »	« IGI DU ₈ »
Divisions	×	Variantes de « ḤÉ.GAR - IN.SUM - ḤÉ.GAR » ²¹	×	« ḤÉ.GAR - IN.SUM - ḤÉ.GAR »	×
Dimiditions	×	×	« <i>bāmat GAZ</i> »	« 1/2 GAZ »	« 1/2 GAZ »

19. Bien que je n'aie pas cherché à quantifier précisément la proportion dans chaque texte, on constate que les tablettes BNUS 363 et BNUS 367 sont presque exclusivement écrites en sumérogrammes, avec un recours à l'akkadien syllabique limité à quelques rares éléments (voir la note 13 ci-dessus pour des détails supplémentaires au sujet de BNUS 367), les tablettes BNUS 364 et BNUS 366 sont très majoritairement écrites en sumérogrammes, avec seulement quelques verbes peu courants écrits en akkadien syllabique, et les tablettes BNUS 362 et BNUS 368 ont une écriture plus mélangée mais comportant malgré tout de nombreux sumérogrammes.

20. Pour des explications au sujet des termes apparaissant dans le tableau, on pourra se reporter aux glossaires analytiques proposés dans l'annexe D du présent travail et/ou à [HØYRUP2002] pages 18-32. Pour des raisons d'efficacité, le recensement de termes proposé ici a été réalisé à partir des translittérations saisies par E. Robson dans sa base de données ORACC DCCMT (voir l'entrée [DCCMT] de la bibliographie) et est donc dépendant de ces dernières. Par ailleurs, la tablette BNUS 364, qui contient uniquement des énoncés sans procédure de résolution, a été volontairement exclue du tableau.

Extractions de racines	×	« ÍB.SI ₈ » (n.) « ÍB.SI ₈ » (v.)	« ÍB.SI ₈ » (v.)	×	« ÍB.SI ₈ » (n.?)
Autres	×	×	×	« HÉ.GAR » (hors div.)	« HÉ.GAR » « šakānum » (hors div.)

TABLEAU V.2. Comparaison des propriétés des tablettes mathématiques de Strasbourg du point de vue de la terminologie employée pour désigner les opérations mathématiques

Les textes considérés n'étant ni très nombreux, ni très longs, ni toujours bien préservés, assez peu d'occasions d'observer des recoupements de vocabulaire entre eux se présentent, et il est ainsi plus difficile d'exploiter ce tableau que le précédent. Je me contente en conséquence de pointer quelques éléments qui me semblent significatifs, sans chercher à commenter ou analyser de manière systématique toutes les observations présentées.

En premier lieu, on constate une homogénéité presque parfaite du groupe étudié en ce qui concerne la terminologie relative aux opérations multiplicatives, puisque celles-ci sont désignées dans chacun des cinq documents qui le composent au moyen du sumérogramme « NIM », seulement remplacé à quelques endroits par son équivalent akkadien « *našûm* ». Or ce point commun est particulièrement important puisque, d'après J. Friberg, l'emploi de « NIM » est exclusif au troisième « groupe de Goetze » et donc peu courant à l'échelle du corpus complet.

En outre, on note des régularités de vocabulaire pour un certain nombre d'autres opérations, qui ne sont pas présentes dans toutes les tablettes du groupe mais sont toujours désignées au moyen du même terme dans les deux ou trois tablettes où on les rencontre. L'opération consistant à placer deux lignes de longueurs données perpendiculairement l'une à l'autre pour former un rectangle et obtenir sa surface est désignée dans les deux textes où elle apparaît par le sumérogramme « DU₇.DU₇ », qui est presque exclusif au troisième « groupe de Goetze » et donc rare dans le corpus global. L'opération consistant à prendre la moitié « nécessaire » d'un nombre ou d'une quantité est désignée dans les trois textes où elle apparaît par le sumérogramme « GAZ », qui semble être exclusif au troisième « groupe de Goetze » et est donc, là encore, rare dans le corpus global. Et l'opération consistant à trouver par combien un nombre donné doit être multiplié pour obtenir un autre nombre dans les cas où cela ne peut pas être déterminé au moyen d'un inverse est exprimée dans les deux textes où elle apparaît par la formule « EN.NAM *ana* X HÉ.GAR *ša* Y IN.SUM Z HÉ.GAR » ou une formule similaire avec des verbes akkadiens, ce qui n'est encore une fois attesté que dans le troisième « groupe de Goetze » et est donc rare dans le corpus global. Ces observations restent bien sûr limitées, mais le fait que certains des documents étudiés partagent de la sorte des termes techniques par ailleurs peu courants dans l'ensemble des textes mathématiques tend malgré tout à confirmer qu'il est pertinent de les rapprocher.

Ainsi, dans l'ensemble, bien que l'examen du vocabulaire technique soit un peu moins convaincant que celui de la structure des problèmes, plusieurs points communs de terminologie significatifs – et que l'on retrouve pour la plupart en particulier dans la tablette BNUS 367 qui nous intéresse dans ce chapitre – indiquent des liens assez forts entre les différentes tablettes mathématiques du groupe considéré.

21. Les variantes évoquées, trop longues pour être listées dans le tableau, sont « HÉ.GAR - IN.SUM - *šakānum* », « HÉ.GAR - *nadānum* - *šakānum* » et « *šakānum* - IN.SUM - HÉ.GAR ».

Au total, en recoupant les données de différentes natures présentées ci-dessus, le petit groupe de tablettes mathématiques conservées à la Bibliothèque Nationale et Universitaire de Strasbourg apparaît comme relativement homogène à la fois du point de vue de la structure des problèmes résolus qu'il contient et de la terminologie technique qu'il emploie, et il me semble ainsi raisonnable de penser qu'il puisse s'agir d'un lot de même origine.²² En conséquence, et sans aller jusqu'à la considérer comme assurée, il me paraît justifié d'accorder un certain crédit à l'affirmation du vendeur selon laquelle l'ensemble de ces tablettes proviendrait d'une même ville – en l'occurrence Uruk.

Forts de cette première conclusion, efforçons-nous à présent d'évaluer dans quelle mesure il est pertinent de rapprocher ce lot de tablettes mathématiques de Strasbourg d'un petit groupe de tablettes mathématiques du Vorderasiatisches Museum de Berlin qui ont été rassemblées par A. Goetze puis J. Høyrup et J. Friberg dans le même « groupe de Goetze ». Les tablettes de Berlin concernées sont au nombre de six : la tablette VAT 7530, qui contient trois énoncés de problèmes portant sur les prix du marché (voir pour son édition [NEUGEBAUER1935a] pages 287-289), la tablette VAT 7531, qui contient quatre énoncés de problèmes portant sur des trapèzes (voir [NEUGEBAUER1935a] pages 289-294), la tablette VAT 7532, qui contient un problème résolu portant sur la mesure d'un champ trapézoïdal au moyen d'un roseau (voir [NEUGEBAUER1935a] pages 294-303), la tablette VAT 7535, qui contient deux problèmes résolus complets et un énoncé seul portant tous sur le même thème que le problème de la tablette VAT 7532 (voir [NEUGEBAUER1935a] pages 303-310), la tablette VAT 7620, qui contient un problème résolu portant sur un trapèze (voir [NEUGEBAUER1935a] pages 314-317), et enfin la tablette VAT 7621, qui contient deux énoncés de problèmes relativement endommagés portant sur un trapèze (voir [NEUGEBAUER1935a] pages 289-294).

Tout comme nous l'avions fait pour les tablettes de Strasbourg, commençons par étudier le format et la structure des problèmes apparaissant sur chacune de ces tablettes :

ASPECT CONSIDÉRÉ	CAS SIMILAIRES AU CAS LE PLUS COURANT DANS LE LOT DE STRASBOURG	AUTRES CAS RELEVÉS
Annonce de l'objet du problème	<u>VAT 7532</u> : Explicite non introduit <u>VAT 7535</u> : Explicite non introduit	<u>VAT 7530</u> : Implicite <u>VAT 7531</u> : Implicite <u>VAT 7621</u> : Implicite <u>VAT 7620</u> : Trop endommagée
Présentation des paramètres inconnus²³	<u>VAT 7530</u> : Aucune <u>VAT 7531</u> : Aucune <u>VAT 7532</u> : Aucune <u>VAT 7621</u> : Probablement aucune	<u>VAT 7535</u> : « NU.ZU » (plusieurs fois) <u>VAT 7620</u> : Trop endommagée
Formulation de la question posée	<u>VAT 7532</u> : Explicite avec « EN.NAM » <u>VAT 7535</u> : Probablement explicite avec « EN.NAM » <u>VAT 7620</u> : Probablement explicite avec « EN.NAM »	<u>VAT 7530</u> : Explicite avec formulation à l'optatif <u>VAT 7531</u> : Explicite avec formulation à l'impératif <u>VAT 7621</u> : Explicite avec formulation à l'impératif
Formule d'ouverture de la procédure	<u>VAT 7532</u> : « ZA.E KÌ.DA.ZU.NE » <u>VAT 7535</u> : « ZA.E KÌ.DA.ZU.NE » <u>VAT 7620</u> : « ZA.E KÌ.DA.ZU.NE »	<u>VAT 7530</u> : Non concernée <u>VAT 7531</u> : Non concernée <u>VAT 7621</u> : Non concernée

22. Nous aurons l'occasion de mentionner un peu plus loin que ce groupe est également relativement homogène du point de vue du format et de la mise en page de ses tablettes.

Annonce des résultats d'opérations	<u>VAT 7532</u> : « IN.SUM » avec « -ma » (souvent) « IN.SUM » seul (parfois) <u>VAT 7535</u> : « IN.SUM » avec « -ma » (rarement) « IN.SUM » seul (parfois) <u>VAT 7620</u> : « IN.SUM » avec « -ma » (parfois ou souvent) « IN.SUM » seul (rarement ou parfois)	<u>VAT 7532</u> : « -ma » seul (parfois) Rien (souvent) <u>VAT 7535</u> : « -ma » seul (souvent) Rien (souvent) <u>VAT 7620</u> : « -ma » seul (souvent) <u>VAT 7530</u> : Non concernée <u>VAT 7531</u> : Non concernée <u>VAT 7621</u> : Non concernée
Marques de structure	<u>VAT 7620</u> : Aucune	<u>VAT 7532</u> : « aššum » (une fois) « ša tēzibu » (une fois) <u>VAT 7535</u> : « aššum » (deux fois) « ša tēzibu » (deux fois) <u>VAT 7530</u> : Non concernée <u>VAT 7531</u> : Non concernée <u>VAT 7621</u> : Non concernée
Formule de clôture de la procédure	<u>VAT 7532</u> : Aucune <u>VAT 7535</u> : Aucune <u>VAT 7620</u> : Probablement aucune	<u>VAT 7530</u> : Non concernée <u>VAT 7531</u> : Non concernée <u>VAT 7621</u> : Non concernée

TABLEAU V.3. Comparaison des propriétés des tablettes mathématiques de Strasbourg et de Berlin du point de vue de la structure des problèmes

On note dans ces tablettes, tout comme dans celles de Strasbourg, la présence systématique de la formule « ZA.E KÌ.DA.ZU.NE » pour marquer le début des procédures de résolution des problèmes et l'absence systématique de formule pour marquer leur fin. Puisque nous avons déjà souligné que la première de ces deux propriétés n'était pas très courante à l'échelle du corpus mathématique paléo-babylonien dans son ensemble, cela constitue une première raison de rapprocher les tablettes de Berlin considérées – ou, du moins, les trois d'entre elles qui contiennent des procédures, à savoir VAT 7532, VAT 7535 et VAT 7620 – du lot de la Bibliothèque Nationale et Universitaire de Strasbourg.

On retrouve également dans ces tablettes de Berlin une forte homogénéité concernant l'annonce des résultats d'opérations : tout comme dans le cas de celles de Strasbourg, toutes celles qui contiennent des procédures de résolution utilisent la forme verbale « IN.SUM » (seule ou associée à la particule enclitique « -ma ») au moins parfois, et, parmi toutes les expressions attestées dans le corpus global, n'emploient à cette fin aucun autre élément que « IN.SUM » et « -ma ». Puisque nous avons déjà signalé que cette propriété est particulièrement significative, cela constitue une deuxième raison importante de rapprocher les tablettes VAT 7532, VAT 7535 et VAT 7620 de celles de la Bibliothèque Nationale et Universitaire de Strasbourg.

On constate de plus que les trois tablettes sus-mentionnées expriment les questions posées à la fin des énoncés de manière explicite avec – au moins de manière probable – le pronom interrogatif sumérien « EN.NAM », ce qui, bien qu'étant une propriété moins significative que

23. Les expressions répertoriées dans cette ligne du tableau sont celles qui permettent d'indiquer, dans l'énoncé d'un problème, quels sont les paramètres de la situation étudiée que l'on ne connaît pas. Elles ne comprennent donc pas les périphrases occasionnelles qui rappellent, au cours de la résolution d'un problème, qu'une certaine grandeur n'est pas connue, telles que la proposition subordonnée relative « ša lā tidû » (« que tu ne connais pas ») qui apparaît plusieurs fois dans les procédures de résolution des tablettes VAT 7532 et VAT 7535.

les précédentes, constitue un point commun supplémentaire entre ces trois documents et ceux de la Bibliothèque Nationale et Universitaire de Strasbourg.²⁴

Les propriétés des deux groupes de tablettes sont en outre plutôt similaires en ce qui concerne l'objet des problèmes, qui est soit précisé de manière explicite sans terme particulier pour l'introduire, soit passé sous silence, ainsi que les paramètres inconnus, qui ne sont soit jamais mentionnés, soit signalés au moyen de l'expression sumérienne « NU.ZU ».

Le seul aspect sur lequel on note une vraie divergence entre les deux groupes est l'emploi de termes permettant de structurer les procédures, puisque l'on rencontre dans les tablettes VAT 7532 et VAT 7535 deux tournures qui ne sont pas du tout présentes dans les tablettes de Strasbourg, mais il s'agit d'un aspect peu significatif et le fait que les expressions en question soient présentes dans certaines tablettes et pas les autres peut tout à fait être simplement dû aux spécificités propres des procédures concernées.

Ainsi, il me semble que l'étude du format des problèmes dans ces tablettes du Vorderasiatisches Museum de Berlin nous fournit plusieurs arguments assez clairs en faveur de leur rapprochement, ou du moins en faveur du rapprochement de VAT 7532, VAT 7535 et VAT 7620, avec le lot de tablettes de la Bibliothèque Nationale et Universitaire de Strasbourg.

Complétons à présent ces premières observations par un recensement du vocabulaire utilisé dans les tablettes du groupe de Berlin. Notons avant toute chose que cinq des six tablettes de ce groupe comportent un nombre important de sumérogrammes et que, si cette caractéristique y est moins marquée et les écritures akkadiennes syllabiques y sont moins rares, la tendance générale à cet égard reste globalement similaire à celle du lot de Strasbourg.²⁵ Par ailleurs, les termes techniques qui y sont employés pour désigner les opérations mathématiques sont les suivants :²⁶

OPÉRATIONS	Groupe BNUS	VAT 7532	VAT 7535	VAT 7620
Additions	« GAR.GAR » OU « DAḪ », parfois « waṣābum »	« GAR.GAR » « DAḪ »	« GAR.GAR » « DAḪ »	×
Soustractions	Variable	×	×	« BA.ZI » (?)

24. Les trois autres tablettes de Berlin considérées ici, VAT 7530, VAT 7531 et VAT 7621, recourent pour leur part à des formulations différentes, et moins courantes, faisant intervenir des verbes à l'optatif ou à l'impératif. Cependant, il me semble difficile d'identifier si cette originalité tend à contredire leur rapprochement avec les autres ou tient seulement au fait que leurs questions sont un peu moins standard et donc plus difficiles à exprimer, ce qui explique que je m'attarde peu sur ce point.

25. Bien que je n'aie, encore une fois, pas cherché à quantifier précisément la proportion dans chaque texte, on constate que la tablette VAT 7620 est très majoritairement écrite en sumérogrammes, avec seulement des prépositions et un unique verbe en akkadien, la tablette VAT 7530 est majoritairement écrite en sumérogrammes mais fait malgré tout apparaître quelques expressions en akkadien syllabique, les tablettes VAT 7532 et VAT 7535 emploient majoritairement des sumérogrammes pour désigner les opérations mais font également intervenir un certain nombre d'expressions en akkadien syllabique pour donner des explications plus compliquées, et la tablette VAT 7531 présente une écriture assez mélangée, avec à la fois des sumérogrammes pour désigner des termes techniques usuels et des phrases entièrement en akkadien pour fournir des indications moins standard. Enfin, la sixième tablette, VAT 7621, paraît presque exclusivement écrite en akkadien mais est trop partiellement préservée pour que l'on puisse s'en faire une idée générale.

26. Contrairement à celui présenté ci-dessus pour le groupe de tablettes de Strasbourg, le recensement de termes proposé ici a été réalisé directement à partir des éditions données dans [NEUGEBAUER1935a] puisque les translittérations de ces textes ne sont pas disponibles dans la base de données ORACC DCCMT. Par ailleurs, les tablettes VAT 7530, VAT 7531 et VAT 7621, qui contiennent uniquement des énoncés de problèmes sans procédures de résolution, ont été volontairement exclues du tableau.

Duplications	« ana 2.E TAB » ou « ana šina.E TAB »	« ana 2.E TAB »	« ana 2.E TAB » « A.RÁ »	« ana 2.E TAB »
Multiplications	« NIM », parfois « našûm »	« NIM »	« NIM »	« NIM »
Rectangularisations, carrages	« DU ₇ .DU ₇ », parfois « šutākulum »	« DU ₇ .DU ₇ »	« DU ₇ .DU ₇ »	« DU ₇ .DU ₇ »
Inversions	« IGI DU ₈ », parfois autres verbes	« IGI DU ₈ » « IGI NU.DU ₈ » « IGI.n.GÁL »	« IGI DU ₈ » « IGI NU.DU ₈ » « IGI.n.GÁL »	« IGI.n.GÁL.BI DU ₈ »
Divisions	« ĤÉ.GAR - IN.SUM - ĤÉ.GAR » ou variantes	« ĤÉ.GAR - IN. SUM - ĤÉ.GAR »	« ĤÉ.GAR - IN. SUM - ĤÉ.GAR »	×
Dimiditions	« 1/2 GAZ » ou « bāmat GAZ »	« 1/2 GAZ »	« 1/2 GAZ »	« 1/2 hepe »
Extractions de racines	« ÍB.SI ₈ » (n. ou v.)	« ÍB.SI ₈ » (v.)	« ÍB.SI ₈ » (n. ?)	×
Autres	« ĤÉ.GAR » ou « šakā- num » (hors div.)	« ĤÉ.GAR » (hors div.) « lapātum »	« ĤÉ.GAR » (hors div.) « lapātum »	« ĤÉ.GAR » (?)

TABLEAU V4. Comparaison des propriétés des tablettes mathématiques de Strasbourg et de Berlin du point de vue de la terminologie employée pour désigner les opérations mathématiques

Il ressort de ce tableau que le vocabulaire des trois tablettes de Berlin qui contiennent des problèmes complets, et en particulier celui de VAT 7532 et VAT 7535, est très proche de celui mis en évidence dans les tablettes de Strasbourg, et ce pour toutes les opérations. Parmi les points que nous avons identifiés comme étant les plus significatifs, car les moins répandus dans le corpus global, on retrouve notamment l'emploi systématique de l'idéogramme « NIM » pour désigner les multiplications, l'emploi de l'idéogramme « DU₇.DU₇ » pour désigner la formation d'un rectangle à partir de deux lignes, l'emploi de la tournure « ĤÉ.GAR – IN.SUM – ĤÉ.GAR » pour désigner la recherche du nombre par lequel en multiplier un deuxième pour en obtenir un troisième, et l'expression « 1/2 X GAZ » (ou, dans l'une des tablettes, son équivalent akkadien « 1/2 X hepe ») pour désigner la détermination d'une « moitié nécessaire ».

L'étude terminologique tend ainsi à confirmer la proximité que nous avons commencé à entrevoir ci-dessus entre le groupe de Strasbourg et celui de Berlin, ou, au moins, les tablettes VAT 7532, VAT 7535 et VAT 7620 de ce dernier.

Aux différents points communs identifiés jusqu'ici sur la base des travaux d'A. Goetze, J. Høyrup et J. Friberg sur la structure des problèmes et le vocabulaire employé peuvent par ailleurs être ajoutées des observations dans deux autres domaines : l'aspect matériel des documents considérés et leur contenu.

Une observation comparée des photographies des tablettes des deux groupes révèle que celles-ci présentent un certain nombre de similitudes de format et de mise en page.²⁷ Toutes

27. J'ai pu me baser pour réaliser cette observation sur des photographies de qualité satisfaisante de dix des tablettes considérées : les photographies accessibles dans la base de données du CDLI pour les tablettes de la Bibliothèque Nationale et Universitaire de Strasbourg (consultables à l'adresse <<https://cdli.mpiwg-berlin.mpg.de/>>, dernier accès le 15 mai 2023) ainsi que des clichés personnels et des clichés réalisés par C. Proust pour les tablettes VAT 7532, VAT 7535, VAT 7620 et VAT 7621 du Vorderasiatisches Museum de Berlin.

sont des tablettes rectangulaires globalement assez peu allongées et plutôt épaisses, inscrites au format portrait sur une seule colonne, avec un axe de retournement horizontal. De plus, pour autant que cela puisse être déterminé compte tenu de leur état, toutes présentent une utilisation similaire des tranches : la tranche droite est utilisée pour terminer les lignes de texte qui dépassent de la face et du revers tandis que les trois autres tranches sont laissées vierges ou presque.²⁸ Ces différentes propriétés sont bien entendu courantes et ne prouvent rien, d'autant plus que chaque tablette conserve un petit caractère qui lui est propre, mais il s'agit tout de même de points communs supplémentaires intéressants à relever.

Un rapide survol de leur contenu révèle quant à lui que ces tablettes contiennent toutes des textes mathématiques de genres proches – un problème résolu, une collection de problèmes résolus ou une collection d'énoncés de problèmes – et que plusieurs partagent un thème commun : sept d'entre elles traitent d'une manière ou d'une autre d'une question de partage, tandis que six d'entre elles, dont la liste recoupe en partie mais pas intégralement la première, portent sur des trapèzes.²⁹ Qui plus est, ainsi que l'a déjà remarqué O. Neugebauer en réalisant leurs éditions, la tablette de Strasbourg BNUS 368 d'une part et les tablettes de Berlin VAT 7532 et VAT 7535 d'autre part présentent un lien clair et très fort, puisqu'elles contiennent toutes trois des problèmes de mesure de champs au moyen de roseaux qui sont très atypiques mais très ressemblants les uns aux autres et formulés de manière très analogue, ce qui peut difficilement être une coïncidence.³⁰

Finalement, en recoupant toutes les observations présentées dans les pages précédentes, il apparaît que le lot de tablettes mathématiques de la Bibliothèque Nationale et Universitaire de Strasbourg, dont nous avons mis en lumière l'assez forte homogénéité, présente de très nombreux points communs avec un petit groupe de tablettes mathématiques du Vorderasiatisches Museum de Berlin comportant au moins VAT 7532, VAT 7535 et VAT 7620, que ce soit au niveau de l'aspect matériel des documents, de leur contenu, de la structure des problèmes qu'ils contiennent ou de la terminologie technique qui y est employée. Il me paraît en conséquence tout à fait légitime de considérer, à la suite d'A. Goetze puis J. Høyrup et J. Friberg, que les tablettes concernées sont vraisemblablement issues de contextes proches et, en particulier, qu'elles proviennent vraisemblablement de la même ville.

Ce rapprochement est particulièrement instructif car les tablettes de Berlin dont il est question ici ont été vendues au Vorderasiatisches Museum autour de 1911 par l'antiquaire Élias Géjou et ont alors été présentées comme provenant de la ville d'Uruk, tout comme l'ont été celles vendues à C. Frank en Égypte en 1912.³¹ Autrement dit, nous sommes finalement en présence de deux témoignages probablement indépendants selon lesquels différentes tablettes d'un ensemble ayant très vraisemblablement une origine commune seraient issues d'Uruk.³²

28. Il y a une seule exception : le contenu de la tablette BNUS 364 commence dès sa tranche supérieure.

29. Les sept tablettes qui traitent d'une question de partage sont BNUS 362 (partage de quantité), BNUS 364 (partage de triangles), ainsi que BNUS 367, VAT 7531, VAT 7535, VAT 7621 et probablement VAT 7620 (partage de trapèzes). Les six tablettes qui portent sur des trapèzes sont quant à elles BNUS 367, VAT 7531, VAT 7532, VAT 7535, VAT 7620 et VAT 7621.

30. Voir [NEUGEBAUER1935a] page 312, où O. Neugebauer affirme en particulier au sujet de BNUS 368 : « *Daß ein enger Zusammenhang zwischen den beiden VAT-Texten 7532 und 7535 und dem vorliegenden Text besteht, ist unmittelbar aus dem Parallelismus der Terminologie und der Einleitung erkennbar.* ».

31. Voir [DESSAGNES2017] page 86 pour l'achat des tablettes de Berlin, et plus généralement toute la deuxième partie de [DESSAGNES2017] au sujet de l'antiquaire Élias Géjou.

32. Signalons malgré tout que l'on ne peut exclure totalement, au vu des dates d'acquisition très proches, que le vendeur inconnu auprès duquel C. Frank a acheté des tablettes en Égypte soit lui aussi Élias Géjou, ou bien que les deux vendeurs soient distincts mais se soient procuré leurs lots auprès d'un même vendeur initial, ce qui rendrait les deux témoignages beaucoup moins indépendants l'un de l'autre. Néanmoins, même dans ces cas moins

Au vu de cette concordance, qui donne un crédit non négligeable à chacune des deux informations dont on pouvait douter de la fiabilité en les prenant isolément, il me semble ainsi *très probable* que les tablettes de Strasbourg et de Berlin sur lesquelles nous nous sommes penchés – et donc en particulier la tablette BNUS 367 à laquelle est consacrée cette étude de cas – proviennent de la ville d’Uruk.³³

V.1.2.3. Discussion de la datation

Si la tablette BNUS 367, qui date *presque certainement* de l’époque paléo-babylonienne d’après la forme de ses signes, provient effectivement de la ville d’Uruk ou d’une ville voisine, alors celle-ci doit avoir été rédigée avant l’abandon des cités de l’extrême-Sud de la Babylonie sous le règne du roi Samsu-iluna, autour de 1740 avant notre ère dans la chronologie moyenne.³⁴ Nous pouvons ainsi estimer, en reprenant le même degré de certitude que pour sa provenance, que cette tablette a *très probablement* été rédigée au cours de la première moitié de l’époque paléo-babylonienne.

V.1.3. Description matérielle de la tablette

Ces premiers éléments de contexte général ayant été posés, tournons-nous à présent vers l’aspect de la tablette, dont les caractéristiques matérielles sont susceptibles de nous fournir des indications complémentaires sur les intentions avec lesquelles elle a été produite.³⁵

V.1.3.1. État et conséquences

La tablette BNUS 367 est une tablette entière bien préservée. Elle présente une unique cassure, qui forme une sorte de petite encoche en bas de sa tranche gauche et a seulement très partiellement détruit le début des premières lignes du revers, et aucune fissure. Sa surface n’est endommagée que sur des zones très localisées correspondant au plus à un ou deux signes.

La seule trace d’intervention moderne que l’on y repère est l’apposition de son numéro d’inventaire, qui a été écrit au feutre épais à un endroit de la tranche supérieure qui semble avoir été complètement vierge auparavant. Si elle ne l’était pas déjà au moment où C. Frank l’a acquise – situation au sujet de laquelle je n’ai aucune information –, alors elle a par ailleurs dû être cuite à la Bibliothèque Nationale et Universitaire de Strasbourg, mais sans que cela n’ait de répercussions gênantes perceptibles.³⁶

En conséquence, en dehors de quelques signes ponctuels difficiles ou impossibles à lire, les conditions d’étude de ce document sont excellentes.

favorables, il resterait au moins un certaine constance dans les déclarations du ou des vendeurs.

33. Les termes en italique utilisés ici font référence à la terminologie que j’ai retenue pour décrire les degrés de certitude des résultats et que je définis précisément dans la section IV.2.2.3 du chapitre précédent.

34. Voir par exemple [LAFONT&al2017] pages 349-350 au sujet de cet épisode de l’histoire mésopotamienne.

35. La description matérielle proposée ici s’appuie sur le travail documentaire présenté dans le chapitre II de la première partie et la grille d’observation présentée dans la section IV.2.3.1 du chapitre précédent. Afin d’alléger la lecture, les références bibliographiques détaillées à ces deux endroits ne sont pas répétées dans ce qui suit.

36. La cuisson des tablettes acquises en Égypte qui étaient restées crues jusque là est relatée par C. Frank dans [FRANK1928] page 5 : « *Da ein Teil der Tontafeln ungebrannt war und die Gefahr bestand, daß sie in Staub zerfallen könnten, übernahm es auf meine Bitte und Erklärung hin unser Chemiker, der seitdem schon lange verstorbene Prof. J. Thiele, die gefährdeten Stücke nachträglich in einem selbstgebauten kleinen Muffelofen zu brennen. Thiele tat das mit solch außerordentlichem Geschick und Verständnis, daß dabei nicht eine einzige Tafel zu Schaden kam.* ». Les petits dépôts noirs que l’on relève à divers endroits de la surface de la présente tablette – notamment en haut de la tranche gauche et dans la partie droite de la face – pourraient provenir de cette cuisson, mais il faudrait les étudier plus attentivement que que je n’ai eu l’opportunité de le faire pour pouvoir l’affirmer.

V1.3.2. Matériau et fabrication

L'argile dont est constituée la tablette BNUS 367 ne semble ni particulièrement fine ni particulièrement grossière. Elle présente une légère granulosité, que l'on remarque notamment en haut de la face et dans les parties vierges des tranches, ainsi que quelques incrustations de micro-cristaux blancs, que l'on repère notamment à l'intérieur de certains signes et dans la zone où a été inscrit le numéro d'inventaire, mais aucune inclusion d'éléments plus conséquents.³⁷



Légère granulosité de l'argile



Micro-cristaux blancs

FIGURE V.2. Aspect de la surface de la tablette BNUS 367³⁸

De manière analogue, sa fabrication – sur laquelle aucun indice ne nous renseigne clairement – ne semble avoir été ni particulièrement soignée ni particulièrement hâtive : ses bords sont globalement droits et ses surfaces plutôt lisses, mais son aspect n'est pas aussi régulier que celui d'autres tablettes et elle ne présente aucune trace de finitions.

V1.3.3. Format et mise en page

La tablette BNUS 367 est une tablette de forme rectangulaire assez peu allongée, environ une fois et demi plus longue que large. Elle présente un profil intermédiaire entre ceux dits « plano-convexes » et ceux dits « sphériques », avec un revers nettement bombé dans les deux directions et une face un peu plus plane mais s'affaissant malgré tout sur les côtés.³⁹ Ses tranches sont plutôt droites tandis que ses bords et ses coins sont très arrondis.⁴⁰ Avec des dimensions d'environ 6 centimètres pour la largeur, 9,3 centimètres pour la longueur et 2,2 centimètres pour l'épaisseur, elle pouvait tout à fait être tenue dans la main.⁴¹

Cette tablette est inscrite parallèlement à ses petits côtés, c'est-à-dire au « format portrait », avec un axe de retournement horizontal. Son contenu est de plus disposé sur une seule colonne, ce qui en fait une tablette « de type S » dans la classification standard.⁴³

37. On note par ailleurs à divers endroits de sa surface de petits dépôts noirâtres, mais ceux-ci sont vraisemblablement postérieurs à sa confection et son inscription et pourraient par exemple provenir de sa cuisson ainsi que je l'ai suggéré dans la section précédente.

38. Les deux images sont des gros plans sur la photographie de la tablette disponible sur le site [CDLI], sur la tranche gauche pour la première et la tranche supérieure pour la deuxième.

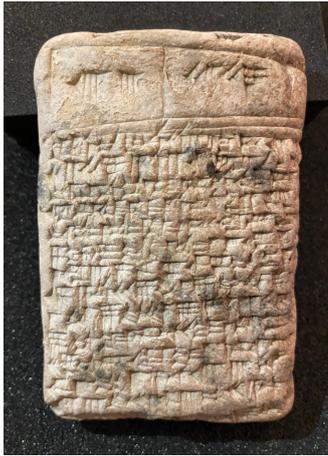
39. Ainsi qu'on le voit à la forme des tranches, la face de la tablette s'affaisse légèrement en allant vers le haut, et de manière plus marquée en allant vers la gauche et la droite.

40. Le coin inférieur droit paraît très peu arrondi sur la photographie du CDLI, mais il l'est en fait bel et bien.

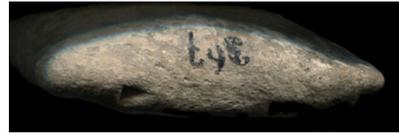
41. Les mesures indiquées ici sont celles que j'ai prises lors de ma visite à Strasbourg.

42. L'image de gauche est une photographie réalisée par J. Jawdat. Les deux images de droite sont des gros plans sur la photographie disponible sur le site [CDLI], respectivement sur la tranche gauche (ici orientée avec la face dirigée vers le bas) et la tranche supérieure (également orientée avec la face dirigée vers le bas).

43. La classification des tablettes selon leur format et leur mise en page est présentée dans les sections II.1.2.3 et III.2.1.1 de ce travail, où sont également données des références à ce sujet. Précisons que, d'un point de vue purement visuel, BNUS 367 pourrait a priori aussi relever du « type III », mais que son contenu l'exclut puisqu'il ne consiste pas en un extrait d'une série élémentaire.



Forme de la face



Forme des tranches

FIGURE V.3. Forme de la tablette BNUS 367⁴²

On trouve, en haut de la face, un diagramme qui s'étend sur toute la largeur disponible, puis, immédiatement en-dessous, un texte qui occupe tout le reste de la face et les quatre cinquièmes du revers. La tranche droite contient quelques signes dépassant des lignes de texte de la face et du revers, et les trois autres tranches sont vierges.

Le texte se présente en un seul bloc, sans sections matérialisées. Il est séparé du diagramme par une ligne horizontale à l'aspect confus, simple dans sa première moitié et double dans sa seconde, que le scribe a probablement cherché à rectifier au moment où il l'a tracée et sur laquelle nous reviendrons plus en détail dans la section V.1.4. Il se termine de plus par une ligne horizontale double qui en marque la fin et le sépare de la zone vierge en bas du revers.

V.1.3.4. Écriture et tracés

Les lignes de texte de la tablette ne semblent pas s'appuyer sur des tracés auxiliaires destinés à les guider mais sont malgré tout relativement droites. L'écriture elle-même n'est pas particulièrement fine mais est néanmoins plutôt assurée et régulière. Les signes cunéiformes sont imprimés assez profondément, avec des clous horizontaux bien horizontaux et des clous verticaux dans l'ensemble bien verticaux, et ont une hauteur moyenne de 5 à 6 millimètres.



FIGURE V.4. Aspect de l'écriture sur la tablette BNUS 367⁴⁴

À l'intérieur de plusieurs clous, on observe très nettement le « motif de Messerschmidt », avec une face droite ou supérieure lisse et une face gauche ou inférieure présentant des striures

44. Cette image est un gros plan sur une photographie du revers de la tablette réalisée par J. Jawdat.

plus ou moins parallèles à l'axe du clou.⁴⁵ La présence de ce motif indique de manière claire que cette tablette a été inscrite au moyen d'un calame en roseau ou en bois.



FIGURE V.5. « Motifs de Messerschmidt » sur la tablette BNUS 367⁴⁶

Les trois lignes de structure mentionnées plus haut ne comportent pour leur part aucune tête de clou discernable, sont fines et assez peu profondes (en particulier dans leur partie gauche, où cela est vraiment frappant), suivent des trajectoires courbes, et ont des bords plutôt irréguliers mais néanmoins légèrement évasés. L'ensemble de ces caractéristiques sera comparé plus loin, dans la section V.1.4.4, à celles des lignes constituant le diagramme.



FIGURE V.6. Ligne double marquant la fin du texte de la tablette BNUS 367⁴⁷

V.1.3.5. Traces d'effacement

On relève par ailleurs sur cette tablette plusieurs traces d'effacement potentielles. Si celles que l'on croit distinguer dans le texte même, qui pourraient correspondre à de petites corrections locales apportées par le scribe au cours de la rédaction, me semblent trop difficiles à différencier de légers effritements de l'argile pour être prises en compte, trois autres, situées dans des zones pas ou peu inscrites, sont plus claires et méritent que l'on s'y attarde.

On peut tout d'abord repérer, en haut de la tranche droite, au niveau de la fin des deuxième et troisième lignes du texte, quelques « fonds de clous » apparaissant sur une surface bosselée, dont certains semblent devoir être lus à la suite des signes précédents pour donner un sens au texte et d'autres non.⁴⁸ Bien que la zone concernée soit un peu confuse et qu'O. Neugebauer y voie plutôt une détérioration de la tablette, il me semble que cette configuration est assez caractéristique d'un effacement.⁴⁹ Il pourrait alors s'agir soit d'un effacement volontaire de signes fautifs lors duquel le scribe aurait malencontreusement partiellement effacé des signes voisins qui auraient dû rester visibles, soit d'un effacement volontaire peu soigné d'une petite zone sur laquelle de nouveaux signes auraient été inscrits par la suite mais seraient restés peu lisibles, soit, étant donnée la position, d'un effacement involontaire résultant simplement de la manipulation de la tablette.

45. On pourra se reporter à la section II.2.1.2 du présent travail pour des informations complémentaires et des références au sujet du « motif de Messerschmidt ».

46. Ces quatre images sont des gros plans sur des photographies de la tablette réalisées par J. Jawdat. Les signes sélectionnés apparaissent respectivement aux lignes 7, 8, 24 et 28 du texte.

47. Cette image est un gros plan sur une photographie du revers de la tablette réalisée par J. Jawdat.

48. Voir les notes philologiques de la section V.1.5.1 pour des précisions argumentées sur la lecture que j'ai retenue pour les deux passages correspondants.

49. Voir [NEUGEBAUER1935a] page 260, note 5.



FIGURE V.7. Potentielles traces d'effacement sur la tranche droite de la tablette BNUS 367⁵⁰

Ensuite, on note, surtout à la collation, des traces de frottement et d'effacement sur la tranche inférieure de la tablette, par ailleurs vierge. Bien que je n'aie pas eu le temps de les observer de manière suffisamment minutieuse lors de ma visite à Strasbourg pour pouvoir les interpréter au mieux, celles-ci font penser à des restes d'annotations marginales griffonnées par le scribe durant la rédaction de la tablette puis masquées par la suite.

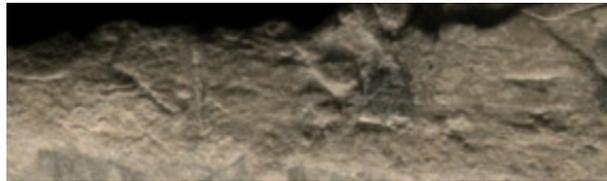


FIGURE V.8. Potentielles traces d'effacement sur la tranche inférieure de la tablette BNUS 367⁵¹

Enfin, on observe de manière très nette, dans la zone vierge en bas du revers, immédiatement en-dessous de la ligne marquant la fin du texte, quelques « fonds de clous » très vraisemblablement encore une fois produits par un effacement imparfait. S'il est courant de rencontrer de tels signes partiellement effacés dans une sorte de « zone de travail » située dans un espace vide à la fin d'une tablette, le positionnement des traces observées ici, qui sont presque collées à la ligne de séparation et ne semblent pas appartenir à un ensemble effacé plus large, est surprenant. Peut-être s'agit-il à nouveau d'annotations marginales plus limitées qu'une « zone de travail » à proprement parler.



FIGURE V.9. Traces d'effacement en bas du revers de la tablette BNUS 367⁵²

Il est vrai que, contrairement à ce que l'on a la chance de rencontrer sur d'autres tablettes, aucun des cas présentés dans cette section n'est parfaitement clair et ne débouche sur une

50. Cette image est un gros plan sur une photographie de la tranche droite de la tablette réalisée par J. Jawdat.

51. Cette image est un gros plan sur la photographie de la tranche inférieure de la tablette du site [CDLI].

52. Cette image est un gros plan sur une photographie du revers de la tablette réalisée par J. Jawdat.

interprétation complètement convaincante. Cependant, leur accumulation tend à indiquer que le scribe qui a rédigé cette tablette a procédé à plusieurs reprises à des effacements, peut-être dans certains cas pour se corriger, et très probablement dans d'autres cas pour masquer des notes qu'il avait prises pour lui-même et ne voulait pas laisser visibles une fois son travail terminé. Cela nous invite à considérer la présente tablette comme un document qu'il n'a pas directement cherché à produire sous une forme figée mais dont il a plutôt utilisé le support pour ses propres réflexions en même temps qu'il le rédigeait.

V.1.3.6. Synthèse des observations et tentatives de conclusions

Finalement, en rassemblant les différentes observations présentées dans cette partie, on constate que la tablette BNUS 367 est dans l'ensemble une tablette soignée, comme le montrent sa forme harmonieuse avec des bords globalement droits, la manière dont ses angles ont été fortement arrondis, son écriture plutôt nette et régulière, la relative adéquation entre sa taille et la longueur du texte qu'elle contient, et sa mise en page claire.

Elle n'a toutefois pas été confectionnée et inscrite avec autant d'application que d'autres, et en particulier que la tablette MS 3052 qui sera étudiée dans le chapitre suivant, comme on le voit à la légère granulosité de l'argile qui la compose, au fait que sa surface ne soit pas uniformément lissée, à l'aspect confus de la ligne de délimitation partiellement rectifiée entre son diagramme et son texte, et au fait que le scribe qui l'a produite semble l'avoir en même temps utilisée pour prendre des notes ne faisant pas à proprement parler partie du texte et ne les ait qu'imparfaitement effacées ensuite.

En conséquence, on peut imaginer que cette tablette a été réalisée par un scribe ayant déjà une certaine expérience et cherchant à produire un document présentant mieux qu'un simple brouillon, mais qui, néanmoins, n'avait peut-être pas une maîtrise complètement assurée (on peut penser par exemple à un étudiant avancé ou un scribe accompli mais pas particulièrement habile), ou, surtout, écrivait dans un contexte dans lequel il était moins essentiel et/ou moins possible de produire un document final impeccable (on peut penser par exemple à la résolution d'un problème posé ou la création d'un nouveau problème plutôt qu'une copie). Ces idées restent bien entendu au stade d'hypothèses en l'absence d'éléments complémentaires qui permettraient de les étayer davantage, mais il me paraît malgré tout judicieux de garder à l'esprit pour la suite la tendance générale vers laquelle elles pointent.

V.1.4. Description détaillée du diagramme

Après tout le travail de mise en situation de la tablette présenté jusqu'ici, nous sommes maintenant prêts à passer à l'étude de son contenu lui-même, à savoir son texte, son diagramme et les relations entre ces deux éléments. Afin de porter le regard le plus neutre possible sur le diagramme en tant que « dessin annoté », je commence par en proposer dans un premier temps, dans cette section, une description détaillée indépendante du sens du texte.⁵³

Nous avons la chance que le diagramme de la tablette BNUS 367 soit très bien préservé. En revanche, si la zone dans laquelle il a été réalisé est relativement plane selon la direction « haut-bas » et s'affaisse seulement un peu en s'approchant du bord supérieur de la tablette, elle est assez fortement bombée selon la direction « gauche-droite », ce qui nous imposera de rester prudents lorsque nous tenterons de discuter de la rectilinéarité des lignes du dessin ou

53. Tout comme celle de la tablette dans son ensemble, la description matérielle proposée ici s'appuie sur le travail documentaire présenté dans le chapitre II de la première partie et la grille d'observation présentée dans la section IV.2.4.1 du chapitre précédent, où peuvent être retrouvées les références bibliographiques détaillées.

des angles entre certaines d'entre elles. De plus, la qualité de la photographie accessible sur le site du CDLI est un peu juste pour y déceler de très petits détails, et ma visite à Strasbourg a été trop brève pour me permettre de vérifier minutieusement tous les points que j'aurais voulu ou de réaliser des clichés aussi nets que nécessaire, ce qui limite en partie la précision des observations que j'ai été en mesure d'effectuer.

Signalons par ailleurs, afin d'avoir un ordre de grandeur en tête tout au long de la description qui suit, que ce diagramme a des dimensions d'environ 5 centimètres pour la longueur et 1,7 centimètre pour la hauteur, ce qui est une taille assez importante en comparaison avec d'autres tablettes contenant le même genre de textes.⁵⁴ La première version de la photographie ci-dessous (à gauche) le montre à une taille proche de sa taille réelle, tandis que la deuxième version (à droite) le montre agrandi pour en faciliter l'observation.



Taille réelle approximative

Agrandissement

FIGURE V.10. Photographie du diagramme de la tablette BNUS 367⁵⁵

V.1.4.1. Emplacement et délimitation

Ce diagramme apparaît tout en haut de la face de la tablette, avec même certaines inscriptions sur l'arrondi entre la face et la tranche supérieure, et il occupe toute la largeur disponible, avec même certaines de ses lignes dépassant sur la tranche droite. Le texte qui l'accompagne se trouve immédiatement en-dessous de lui, ce qui correspond à l'une des deux dispositions courantes identifiées dans la section II.1.2.5.



Vue « de dessus »

Vue « de côté »

FIGURE V.11. Position du diagramme de la tablette BNUS 367⁵⁶

La zone qui lui est dédiée n'est matérialisée sur sa gauche, sa droite et en haut que par les bords de la tablette. Elle est par contre délimitée du texte qui se trouve en-dessous d'elle par

54. Il pourrait être intéressant de dresser un panorama général des tailles des diagrammes apparaissant sur les tablettes mathématiques paléo-babyloniennes.

55. Cette image est un gros plan sur une photographie de la face de la tablette réalisée par J. Jawdat.

56. Ces images sont des gros plans sur des photographies de la face de la tablette réalisées par J. Jawdat.

une ligne horizontale s'étendant sur toute la largeur de la face et se poursuivant, à l'instar de certaines lignes du diagramme, sur la tranche droite. Comme je l'ai signalé rapidement dans la description générale, il est intéressant de noter que cette ligne a un aspect un peu confus puisqu'elle est constituée d'un trait simple sur environ le premier tiers de sa longueur puis se dédouble en deux traits qui s'éloignent progressivement l'un de l'autre sur les deux tiers restants. Or, on constate que le trait supérieur reste globalement parallèle à la ligne du bas du diagramme située immédiatement au-dessus de lui, qui s'élève en s'approchant du bord droit de la tablette, tandis que le trait inférieur est quasiment horizontal. L'impression qui découle de cette situation est ainsi que le scribe aurait tout d'abord tracé une ligne de séparation complète en se laissant entraîner par la direction du trait du diagramme tout proche, puis, se rendant compte que celle-ci n'était pas suffisamment horizontale, se serait repris et aurait essayé de la rectifier en partie, sans toutefois effacer le premier tracé.



FIGURE V.12. Ligne de délimitation sous le diagramme de la tablette BNUS 367⁵⁷

Ni le diagramme ni les inscriptions qui y sont portées ne touchent cette ligne de délimitation. En revanche, le texte qui se trouve en-dessous s'appuie clairement dessus, avec même certains chevrons qui la chevauchent. Plus précisément, celui-ci s'appuie sur le trait simple de la première partie de la ligne puis le trait inférieur de la deuxième partie de la ligne, ce qui me semble corroborer l'idée selon laquelle le trait inférieur serait celui que le scribe cherchait à obtenir et donc une rectification du trait supérieur. Nous reviendrons sur ce scénario possible dans la section V.1.4.5 consacrée à la temporalité du diagramme, sur laquelle il me semble apporter un éclairage intéressant.

V.1.4.2. Configuration géométrique montrée

Contrairement à ce qui ressort de la copie de C. Frank, qui est trompeuse sur ce point, l'impression visuelle qui se dégage de l'observation du diagramme de la tablette BNUS 367 est que celui-ci montre un trapèze divisé en deux parties par une ligne transversale parallèle à ses bases, ce qui correspond à l'une des configurations géométriques du répertoire paléo-babylonien standard identifié dans le chapitre I de la première partie.⁵⁸ Ce trapèze est de plus dessiné « couché » par rapport au texte principal, avec sa grande base sur la gauche et sa petite base sur la droite, ce qui, là encore, correspond à l'orientation standard des formes géométriques identifiée dans le chapitre I de la première partie.

57. Cette image est un gros plan sur une photographie de la face de la tablette réalisée par J. Jawdat. Le premier long trait horizontal que l'on y voit en partant du haut correspond à la ligne du bas du diagramme, et les suivants correspondent à la ligne de délimitation décrite dans le paragraphe précédent.

58. Sur sa copie, C. Frank a dessiné un rectangle et non un trapèze, ce qui me semble s'expliquer par le fait que les deux longs côtés sont relativement peu inclinés par rapport aux petits et pourraient ainsi donner, à première vue, l'impression qu'ils leur sont perpendiculaires. Cependant, l'inclinaison d'au moins l'un de ces deux longs côtés est bel et bien perceptible même si elle n'est pas très marquée, leurs extrémités se rapprochent nettement l'une de l'autre sur la tranche droite, et les deux petits côtés n'ont pas du tout la même taille. Il me semble donc qu'il n'y a guère de doute quant à l'identification de la forme géométrique comme étant un trapèze, et nous verrons dans la section suivante que le texte, que C. Frank n'avait vraisemblablement pas compris, va lui aussi dans ce sens.

On constate que la grande base de ce trapèze est environ une fois et demi plus longue que sa petite base et que les deux autres côtés ont une longueur de l'ordre du triple de celle de la grande base. On remarque par ailleurs que la transversale intersecte les grands côtés juste avant leur milieu, à environ quatre neuvièmes de leur longueur en partant de la gauche, et qu'elle partage la surface en deux zones ayant presque exactement la même aire.⁵⁹

On peut en outre noter que, même en prenant en compte l'incurvation de la surface de la tablette, qui est susceptible de fausser nos impressions, l'angle entre la grande base et le long côté apparaissant en haut est très proche d'un angle droit.⁶⁰ Cela peut nous faire penser que le scribe a cherché à dessiner un trapèze rectangle, ainsi que l'on en connaît, orientés exactement de cette façon, sur plusieurs autres tablettes mathématiques.⁶¹ Il s'agirait d'ailleurs d'un point essentiel pour l'analyse des interactions entre le texte et le diagramme à laquelle nous nous livrerons dans la section V.1.6. Toutefois, bien que cette intention soit tout à fait possible, et que la forme obtenue soit beaucoup plus proche de cas clairs de trapèzes rectangles (comme le diagramme de la tablette VAT 7621 reproduit ci-dessous) que de cas clairs de trapèzes non-rectangles (comme le diagramme de la tablette YBC 7290 également reproduit ci-dessous), le fait que le long côté apparaissant en haut s'infléchisse en approchant du bord droit de la tablette doit nous inciter à rester prudents.⁶² On peut certes imaginer que le scribe a cherché à représenter un trapèze rectangle et a commencé son tracé dans cette optique mais n'a pas très bien réussi son dessin et a malencontreusement courbé sa ligne horizontale sur la fin.⁶³ Mais on ne peut pas exclure qu'il ait au contraire cherché à représenter un trapèze non-rectangle, et qu'il ait ainsi commencé sa ligne à angle droit de manière involontaire puis l'ait ensuite courbée pour rectifier sa direction, ou bien qu'il ait cherché à représenter un trapèze « presque rectangle », puisque c'est ce que l'on voit finalement et que cela pourrait avoir un sens vis-à-vis du texte, ou encore qu'il n'ait eu aucune intention particulière à cet égard et ait simplement dessiné un trapèze « comme cela venait », sans se préoccuper de rentrer dans l'un ou l'autre des cas ci-dessus.⁶⁴ Ainsi, aussi important que puisse nous paraître cet aspect pour notre étude de l'utilisation du diagramme dans le raisonnement, il me semble que diverses hypothèses sont envisageables, et, si nous garderons bien sûr à l'esprit le fait que le trapèze peut sembler avoir été dessiné comme rectangle, nous devons éviter de surinterpréter ce qui découle de cette éventualité et nous astreindre à discuter également les autres cas.⁶⁵

59. Des mesures indicatives réalisées avec GeoGebra en approximant les côtés du trapèze par des lignes droites renvoient un écart de moins de 1% entre les aires de ces deux zones, ce qui est impressionnant, mais – comme nous le verrons plus loin – vraisemblablement complètement fortuit.

60. En employant dans ce paragraphe les termes d'« angle droit » et de « trapèze rectangle », je fais simplement référence à une perpendicularité visuelle, sans entrer dans la question générale, complexe et insuffisamment analysée à ce jour, de la notion de perpendicularité dans les mathématiques paléo-babyloniennes.

61. Des images de diagrammes montrant des trapèzes rectangles sont données dans le catalogue du chapitre I.

62. Un point qui me semble d'ailleurs bien illustrer le fait qu'il n'est pas évident de savoir si ce trapèze doit être vu comme rectangle est la diversité des regards qu'ont porté dessus les précédentes personnes qui ont étudié la tablette : alors que, comme nous l'avons évoqué plus haut, C. Frank a cru bon de dessiner la forme géométrique comme un rectangle sur sa copie (avec, donc, en particulier un angle droit à l'endroit qui nous intéresse), O. Neugebauer, F. Thureau-Dangin et J. Høyrup le représentent tous trois comme non-rectangle sur les schémas qu'ils intègrent à leurs éditions du texte (avec des angles variables à l'endroit qui nous intéresse, allant d'un trapèze presque rectangle chez J. Høyrup à un trapèze au contraire parfaitement isocèle chez F. Thureau-Dangin).

63. En parlant de « début » et de « fin » du trait, j'anticipe, pour les besoins de la présente discussion, sur l'étude de la manière dont le diagramme a été dessiné. Des détails au sujet de la direction de tracé de la ligne dont il est question ici seront donnés dans la section V.1.4.4 ci-après.

64. Cette dernière hypothèse est également plausible puisque, comme je l'ai souligné dans la section III.1.3.3 de la première partie, certaines séries de dessins de trapèzes tendent à suggérer que l'apparence plutôt rectangle ou plutôt non-rectangle de cette forme géométrique est dans certains cas davantage fortuite qu'intentionnelle.

65. Signalons qu'il s'agit d'un changement de perspective par rapport à mon mémoire de master [REYNAUD2016],



BNUS 367

YBC 7290

VAT 7621

FIGURE V.13. Comparaison des formes de différents dessins de trapèzes⁶⁶

V.1.4.3. Inscriptions

Le diagramme de la tablette BNUS 367 comporte quatre inscriptions, qui consistent chacune en un nombre écrit dans le système de numération sexagésimal positionnel flottant (« 13.3 », « 22.57 ») ou dans un système de numération qui peut entre autres correspondre à celui-ci (« 1 », « 3 »), ce qui est complètement standard.

Deux de ces inscriptions sont placées à l'intérieur du trapèze et deux sont placées à l'extérieur. Celles qui apparaissent à l'intérieur se trouvent chacune dans une des deux bandes. Elles y sont écrites horizontalement, de gauche à droite, plus ou moins au centre, aussi loin que possible des traits, et sensiblement de la même taille que les signes du texte principal. Celles qui apparaissent à l'extérieur se trouvent quant à elles chacune au-dessus de l'une des deux portions du long côté du haut. Elles sont elles aussi écrites horizontalement – ce qui correspond à la direction de la ligne près de laquelle elles se trouvent –, de gauche à droite, approximativement au milieu, relativement éloignées du trait, et légèrement plus petites et « tassées » que les signes du texte principal – peut-être en raison de l'espace limité entre le bord de la tablette sur lequel elles dépassent déjà au-dessus d'elles et le trait en-dessous d'elles.

V.1.4.4. Techniques de tracé

Contrairement à ce que l'on observe sur d'assez nombreux diagrammes, seul l'un des traits composant le dessin de trapèze de la tablette BNUS 367, celui correspondant à la petite base, commence par une tête de clou bien visible, à son extrémité supérieure. Les autres traits présentent pour leur part tout au plus des traces beaucoup plus discrètes : une possible tête de clou assez légère à l'extrémité supérieure de la grande base, une marque représentée comme une tête de clou sur la copie de C. Frank mais dans les faits difficile à identifier comme telle – même à la collation – à l'extrémité supérieure de la transversale, et une marque d'une forme que je ne sais pas interpréter à l'extrémité gauche du grand côté du bas.

Si la présence d'au moins une tête de clou claire semble indiquer que le tracé a été réalisé à l'aide d'un calame ou d'un outil similaire, et non d'un outil fin tel qu'une aiguille ou une plume, le fait que celles-ci ne soient pas systématiques, et qu'elles ne soient pas davantage marquées aux endroits où elles sont effectivement présentes, nous incite à penser qu'il a été réalisé par incision plutôt que par impression.

dans lequel j'avais, faute d'une familiarité suffisante avec le corpus des diagrammes mathématiques paléobabyloniens, adopté et commenté sans réserves l'idée que ce trapèze était dessiné comme rectangle.

66. La première image est un gros plan sur une photographie de la face de la tablette BNUS 367 réalisée par J. Jawdat à la Bibliothèque Nationale et Universitaire de Strasbourg en juin 2022. La deuxième est un gros plan sur une photographie de la face de la tablette YBC 7290 réalisée par C. Proust à l'Université de Yale en novembre 2010. La troisième est un gros plan sur une photographie de la face de la tablette VAT 7621 réalisée par mes soins au Vorderasiatisches Museum de Berlin en juin 2019.

67. Les images montrées ici sont des gros plans sur une photographie du diagramme réalisée par mes soins.

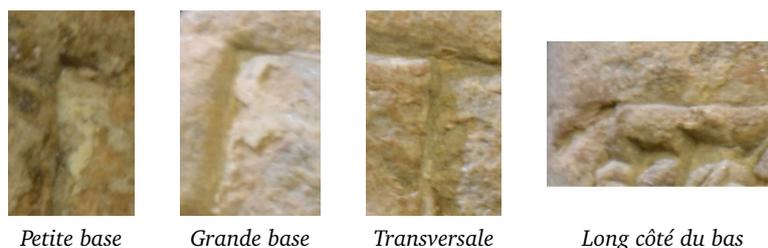


FIGURE V.14. Marques aux extrémités de certaines lignes du diagramme de la tablette BNUS 367⁶⁷

Un certain nombre d'autres indices vont dans le sens de cette première déduction. Tout d'abord, même en prenant en compte l'incurvation de la surface de la tablette, les lignes du dessin ne sont absolument pas rectilignes, que ce soit à l'échelle des traits dans leur ensemble, qui présentent une nette courbure, ce qui exclut un tracé par impression simple, ou à une échelle plus resserrée, où l'on discerne de petits tressautements, ce qui rend peu probable un tracé par impression avec traînée. Ensuite, les traits sont très irréguliers, à la fois en termes de profondeur (puisque la grande base, la transversale et la partie gauche des grands côtés sont peu ou très peu profonds tandis que la partie droite du long côté du bas et la petite base le sont légèrement plus et la partie droite du long côté du haut l'est beaucoup plus) ou en termes de largeur (puisque l'on remarque qu'un sillon peut être relativement large à un endroit puis s'obstruer presque complètement avant de s'élargir à nouveau, ou bien se rétrécir d'un des deux côtés seulement, etc) ; deux observations qui, corrélées au fait que les bords des traits ne sont que légèrement évasés – même si l'on ne peut pas dire non plus qu'ils sont particulièrement resserrés – vont à nouveau à l'encontre d'un tracé par impression. Enfin, on repère à l'intérieur de certains sillons des accumulations de petites billes d'argile, en particulier dans la partie droite du long côté du haut ainsi qu'au milieu et dans la partie droite du long côté du bas, ce qui est généralement considéré comme caractéristique des tracés par incision.



FIGURE V.15. Non-rectilinéarité des traits formant le diagramme de la tablette BNUS 367⁶⁸

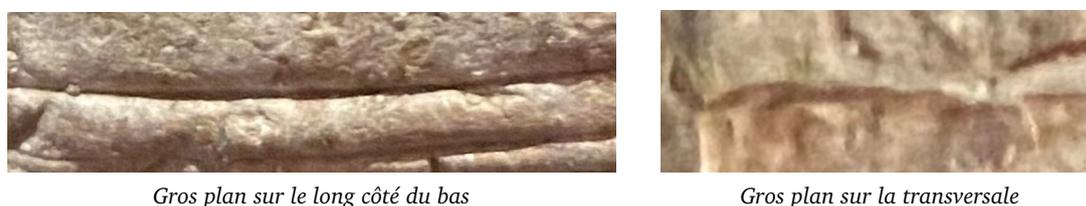


FIGURE V.16. Irrégularité des bords des traits formant le diagramme de la tablette BNUS 367⁶⁹

68. Les images ci-dessus sont des gros plans sur une photographie de la face de la tablette réalisée par J. Jawdat, sur lesquels j'ai tracé des lignes droites pour fournir des points de repère. Les courbures observées peuvent être en partie dues à l'incurvation de la surface de la tablette et à l'angle de prise de vue, mais pas exclusivement.

69. Les images ci-dessus sont des gros plans sur des photographies de la face de la tablette réalisées par J. Jawdat. Celle montrant la transversale a été couchée pour des raisons de gain de place.

70. Les images ci-dessus sont des gros plans sur une photographie de la face de la tablette réalisée par J. Jawdat.



Trait correspondant au long côté du haut



Gros plan sur le début du trait



Gros plan sur le milieu du trait



Gros plan sur la fin du trait

FIGURE V.17. Variation de profondeur des traits formant le diagramme de la tablette BNUS 367⁷⁰



FIGURE V.18. Billes d'argile accumulées dans les traits formant le diagramme de la tablette BNUS 367⁷¹

Certains des éléments que nous venons de relever deviennent encore plus clairs lorsqu'ils sont mis en relation avec la direction des tracés. En effet, bien que cela soit moins net que sur d'autres diagrammes, la position des têtes de clous ou autres marques que nous avons décrites au début de cette section tend à indiquer que les lignes ont été, de manière standard, tracées de haut en bas pour celles qui sont verticales et de gauche à droite pour celles qui sont horizontales.⁷² Or cela implique que, au moins pour les deux longs côtés, les zones dans lesquelles les traits sont les plus profonds et ont les bords les plus évasés se trouvent à la fin, alors que la mécanique du tracé par impression – y compris, dans une certaine mesure, avec traînée – fait qu'on les attendrait au contraire au début dans ce cas.

Malgré cet ensemble d'indices convergents, le léger évasement des traits et leur très faible profondeur à certains endroits, qui ne correspondent pas à l'image prédominante que l'on a des tracés par incision, peuvent nous faire douter. Cependant, ces deux propriétés me semblent pouvoir s'expliquer par le fait que, comme nous l'avons déjà signalé plus haut, l'incision que nous décrivons ici aurait été pratiquée au moyen d'un calame ou d'un outil similaire plutôt qu'à l'aide d'un objet pointu qui aurait produit un profil beaucoup plus caractéristique. Il est assez inévitable, compte tenu de la forme d'une tête de calame, que les traits conservent une certaine épaisseur et un certain évasement même dans le cas d'un tracé par incision, et la faible profondeur des sillons, en particulier au début des lignes, pourrait par exemple venir du fait que le scribe ait volontairement peu appuyé sur l'outil afin de ne pas « parasiter » son dessin avec des têtes de clou trop visibles.

71. Les images ci-dessus sont des gros plans sur des photographies de la face de la tablette réalisées par J. Jawdat. Les deux montrent le même endroit, mais vu sous un angle différent.

72. Je n'ai pas directement évoqué dans ce qui précède le long côté apparaissant en haut du trapèze, mais puisque j'ai signalé qu'il n'y a aucune trace à son extrémité droite, et qu'il est en revanche possible qu'il y ait eu une trace à son extrémité gauche sous l'actuelle tête de clou de la grande base, le plus plausible est bien qu'il ait été lui aussi tracé de gauche à droite.

On pourrait également s'étonner, si le tracé a été réalisé par incision, que les deux longs côtés dépassent très largement de la petite base à laquelle on peut penser qu'ils étaient censés s'arrêter, puisqu'il est beaucoup plus facile de gérer précisément la fin d'un tracé lorsque l'on procède par incision que par impression.⁷³ Néanmoins, il me semble que tous les autres indices sont suffisamment clairs pour que nous acceptions l'idée que le scribe ait conduit son tracé trop loin sans que nous sachions l'expliquer, peut-être simplement parce qu'il a dérapé sur le bord de la tablette – qui, rappelons-le, s'affaisse très fortement à cet endroit – ou parce qu'il n'accordait pas d'importance à cet aspect.⁷⁴

En conséquence de cette discussion, je pense que l'on peut ainsi conclure que le diagramme de la tablette BNUS 367 a probablement été tracé par incision, au moyen du calame utilisé pour écrire ou d'un outil similaire, et sans l'aide d'un instrument auxiliaire tel qu'une règle.

De plus, dans la mesure où les lignes de structure marquant le début et la fin du texte ne présentent pas non plus de têtes de clous à leurs extrémités, ne sont pas non plus rectilignes, et ont elles aussi un aspect irrégulier, mais possèdent malgré tout des bords légèrement évasés, il est vraisemblable qu'elles aient été tracées exactement de la même manière que le diagramme.

V1.4.5. Ordre de tracé des différents éléments

Étant donné que les lignes du dessin présentent très peu de têtes de clous visibles et ne paraissent pas avoir été tracées par impression, nous sommes privés de la plupart des indices sur lesquels nous pouvons ordinairement nous appuyer pour tenter de reconstituer l'ordre dans lequel les différents composants du diagramme ont été réalisés les uns par rapport aux autres.

L'observation attentive de deux des six intersections peut néanmoins nous fournir quelques indications. La première d'entre elles est le coin supérieur gauche, au sujet duquel j'ai déjà signalé que l'on voit une marque qui semble correspondre à une tête de clou appartenant à la grande base tandis que l'on ne discerne rien au début du long côté du haut, ce qui tend à indiquer que ce long côté a été tracé avant la grande base – même s'il nous faut rester prudents avec cette conclusion puisque nous avons vu que certaines lignes n'avaient vraiment de tête de clou à aucune de leurs deux extrémités. La deuxième est le coin supérieur droit, au niveau duquel il me semble que les deux parties du long côté du haut, de part et d'autre de la petite base dont on voit très bien la tête de clou, sont légèrement décalées l'une par rapport à l'autre, ce qui signifierait que celui-ci a également été tracé avant la petite base.⁷⁵

Il apparaît par ailleurs, en revenant à une vision plus globale du diagramme, que le long côté du bas n'est pas du tout rectiligne et présente plus précisément un changement de direction assez net entre sa portion allant de la grande base à la transversale et sa portion allant de la transversale à la petite base. Cette situation nous donne plutôt l'impression que le scribe a tracé la transversale en premier, puis, le long côté du bas étant trop long pour qu'il en ait

73. Le dépassement des deux longs côtés bien au-delà de la petite base est clairement visible sur l'une des photographies de la section V1.4.1 ci-dessus.

74. Une autre explication possible serait qu'il ait tracé les deux longs côtés avant la petite base, mais nous verrons dans la section V1.4.5 que cela ne semble pas être le cas.

75. En ce qui concerne le coin inférieur droit, on a l'impression sur certaines photographies que la petite base s'arrête nettement à son intersection avec le long côté du bas tandis qu'elle paraît sur d'autres se poursuivre au-delà avec ses deux parties légèrement décalées l'une par rapport à l'autre, de sorte que je préfère ne pas tenter de conclusion. En ce qui concerne le coin inférieur gauche, il me semble que le trait de la grande base ne descend pas tout à fait jusqu'au long côté du bas, ou alors en étant imprimé trop légèrement pour nous fournir des indices. Enfin, en ce qui concerne les deux intersections des long côtés avec la transversale, les lignes se coupent cette fois bien, mais la situation ne me semble malgré tout pas assez claire pour pouvoir être exploitée.

76. Les images ci-dessus sont des gros plans sur des photographies de la tablette réalisées par J. Jawdat.



Coin supérieur gauche



Coin supérieur droit

FIGURE V.19. Intersections de certains traits formant le diagramme de la tablette BNUS 367⁷⁶

une bonne vision d'ensemble, ait pris un repère visuel intermédiaire sur l'extrémité de la transversale, reliant plus ou moins en ligne droite l'extrémité de la grande base à celle-ci, puis ait ensuite modifié sa direction de manière à relier plus ou moins en ligne droite ce même point à l'extrémité de la petite base. De plus, bien qu'aucun indice matériel ne vienne corroborer ce point, il paraît peu probable que le scribe ait commencé son dessin par la transversale, ce qui nous fait penser qu'elle a plutôt dû être tracée après le long côté du haut.

Au vu de ces différents éléments, il semble finalement que le scribe ait tout d'abord tracé le long côté du haut, puis ait ajouté les deux bases et la transversale, dans un ordre qu'il ne me paraît pas possible de déterminer, puis ait tracé le long côté du bas après la transversale et vraisemblablement également après chacune des deux bases. Cette reconstitution est malheureusement incomplète, et incertaine pour les raisons déjà évoquées, mais il me paraît néanmoins intéressant de la présenter et de la garder à l'esprit pour pouvoir la comparer avec celles que nous obtiendrons dans les parties et chapitres suivants.⁷⁷

Par ailleurs, dans la mesure où, ainsi que je l'ai décrit précédemment, aucune des inscriptions portées sur le diagramme ne touche de ligne du dessin, je ne suis pas en mesure de discuter leur ordre de réalisation respectif. La seule observation qui peut être faite à cet égard est que rien ne contredit l'idée naturelle selon laquelle les inscriptions auraient été ajoutées une fois la forme géométrique dessinée, et que cette séquence semble même plutôt probable étant donné leur placement relativement précis par rapport à celle-ci.

De la même manière, le diagramme et les éléments l'entourant ne se touchant pas, il est délicat de déterminer leur ordre de réalisation les uns par rapport aux autres. Néanmoins, si l'on admet l'hypothèse proposée plus haut pour expliquer l'aspect étrange de la ligne de délimitation entre le diagramme et le texte, alors celle-ci aurait été tracée après que le dessin a été réalisé. Il est par ailleurs clair, à la manière dont certains clous du texte principal de la tablette s'appuient sur cette même ligne de délimitation et certains chevrons la traversent, que le texte a été écrit après qu'elle a été tracée. Ainsi, bien que nous n'ayons encore une fois que de légers indices et aucune preuve solide, il semblerait que le scribe ait réalisé en premier le diagramme, avec ou sans ses inscriptions, puis ait tracé la ligne de délimitation, et ait seulement ensuite écrit le texte.

Signalons pour terminer que l'on pourrait croire distinguer sur les photographies des irrégularités d'épaisseur et des traces d'effacement dans la zone occupée par le diagramme, en particulier au niveau de l'inscription « 13.3 » dans la première bande et sous le coin inférieur

77. Bien sûr, parmi toutes les séquences de tracé répondant à ces conditions, certaines paraissent plus naturelles que d'autres. Néanmoins, prendre en compte ce type de considérations dans le cadre d'une analyse qui est déjà peu assurée rendrait la discussion très spéculative, de sorte que je préfère ne pas m'engager dans cette direction.

gauche du trapèze, mais que celles-ci s'avèrent après collation pouvoir tout aussi bien résulter d'un effritement de l'argile et que je préfère donc ne pas les commenter davantage.

V.1.4.6. *Édition avec le logiciel DRaFT*

Pour conclure cette description du diagramme, voici l'édition que j'en ai réalisée à l'aide du logiciel DRaFT selon les principes exposés dans le chapitre précédent :

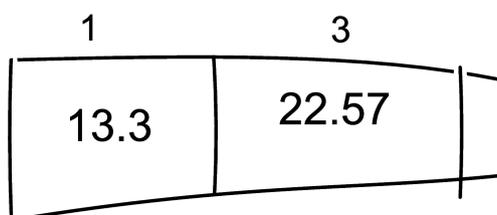


FIGURE V.20. Édition du diagramme de la tablette BNUS 367⁷⁸

V.1.5. Lecture et explication du texte

Passons maintenant à la lecture du texte apparaissant immédiatement en-dessous du diagramme, dont je propose dans cette section une translittération et une traduction révisées et argumentées puis une explication mathématique complète.

V.1.5.1. *Translittération et traduction*

La translittération et la traduction qui suivent ont été établies à partir de la photographie de la tablette présente sur le site du CDLI et la copie de C. Frank, d'une comparaison des mes propres lectures avec l'édition d'O. Neugebauer et les propositions des commentateurs suivants, ainsi que d'une collation partielle réalisée à la Bibliothèque Nationale et Universitaire de Strasbourg lors de ma visite de juin 2022.⁷⁹ Tous les passages qui y méritent des commentaires, par exemple parce que les signes qui les constituent sont difficiles à identifier, parce que leur compréhension est délicate ou parce qu'ils ont fait l'objet de plusieurs interprétations divergentes, sont discutés dans les notes philologiques insérées juste après.

Contrairement au choix fait sur la copie de [FRANK1928], qui commence la numérotation des lignes à celle que l'on peut considérer comme étant occupée par le diagramme et la réinitialise par ailleurs en passant au revers, j'ai préféré, afin de rester cohérente avec les autres textes que j'étudie, ne pas prendre en compte le diagramme et adopter une numérotation continue de la première ligne de texte de la face à la dernière ligne de texte du revers.

78. On trouvera une présentation complète du logiciel DRaFT et des choix généraux que j'ai faits pour l'édition des diagrammes dans la section IV.2.4.2 du chapitre précédent. Ici, les trois traits verticaux, qui sont légèrement courbés, ont été rendus par des arcs, et les deux traits horizontaux, plus sinueux, ont été rendus par des courbes de Bézier. Il est cependant à noter que, la surface de la tablette étant assez nettement bombée à l'endroit où apparaît le diagramme, l'aspect de l'édition obtenue dépend inévitablement dans une certaine mesure de l'angle de prise de vue de la photographie utilisée comme base (ici celle du site [CDLI]).

79. Les références exactes des éditions et commentaires mentionnés sont données au début de la partie, dans la section V.1.1. Il est par ailleurs intéressant de signaler que, comme l'indique le traitement de certains points de lecture problématiques qui ont été repris sans remarques alors qu'ils méritaient de toute évidence une attention particulière, seul O. Neugebauer semble avoir réellement travaillé sur la tablette elle-même et les commentateurs suivants semblent s'être principalement basés sur sa translittération afin de proposer leur propre traduction.



- Obv.**
1. SAG.KI.GU₄ *i-na* ŠÀ 2 I₇.MEŠ 13.3 «A.ŠÀ.AN»
Un trapèze. À l'intérieur, (il y a) 2 bandes. «La surface supérieure» (est) 13.3.
 2. 22.57 A.ŠÀ 2 «IGI».3.GÁL UŠ. «KI i[?]-na?»
La surface 2 (est) 22.57. (Il y a) «un 3-rs» du flanc «inférieur dans?»
 3. UŠ.AN.NA ša SAG.AN. «NA» UGU DAL DIRIG
le flanc supérieur. Ce dont le front «supérieur» est en excédent par rapport à la transversale
 4. ù DAL UGU SAG.KI.TA DIRIG GAR.GAR «36»
et (ce dont) la transversale est en excédent par rapport au front inférieur, j'ai additionné. «36».
 5. UŠ.NE.NE SAG.MEŠ ù DAL EN. «NAM»
«Quels» (sont) leurs flancs, les fronts et la transversale ?
 6. ZA.E KÌ.DA.ZU.NE 1 ù 3 HÉ.GAR
Toi, en procédant, pose 1 et 3.
 7. 1 ù 3 GAR.GAR 4 IGI 4 DU₈-ma 15
Additionne 1 et 3. 4. Dénoue l'inverse de 4 : 15.
 8. 15 a-na 36 NIM 9 IN.SUM 9 a-«na»
Élève 15 à 36. Cela donne 9. (4)
 9. 1 NIM 9 IN.SUM 9 a-na 3 NIM 27
Élève 9 «à» 1. Cela donne 9. Élève 9 à 3. 27.
 10. 9 ša SAG.AN.NA UGU DAL DIRIG
Ce dont le front supérieur est en excédent par rapport à la transversale (est) 9.
 11. 27 ša DAL UGU SAG.KI.TA DIRIG
Ce dont la transversale est en excédent par rapport au front inférieur (est) 27.
 12. IGI 1 DU₈ 1 a-na 13.3 NIM
Dénoue l'inverse de 1. Élève 1 à 13.3.
 13. 13.3 IN.SUM IGI 3 DU₈ 20 a-na
Cela donne 13.3. Dénoue l'inverse de 3. (4)
 14. 22.57 NIM 7.39 IN.SUM
Élève 20 à 22.57. Cela donne 7.39.
- Rev.**
15. 13.3 UGU 7.39 EN.NAM DIRIG
De quoi 13.3 est-il en excédent par rapport à 7.39 ?
 16. «5».24 DIRIG 1 ù 3 GAR.GAR 4
Il est en excédent de «5.24». Additionne 1 et 3. 4.
 17. «1/2» 4 GAZ 2 «IGI» 2 DU₈ 30 a-na 5.24 <NIM>
Brise «1/2» de 4. 2. Dénoue «l'inverse» de 2. <Élève> 30 à 5.24.
 18. 2.42 «IN».<SUM> ma-nu LUL <IGI> 2.42 NU.DU₈
«Cela» <donne> 2.42. (C'est) le calcul faux. <L'inverse de> 2.42 n'est pas dénoué.
 19. EN.NAM a-na 2.42 HÉ.GAR ša 9 IN.SUM

Que dois-je poser à 2.42, qui donne 9?

20. **3.20 HÉ.GAR IGI 3.20 DU₈ 18 IN.SUM**
Pose 3.20. Dénoue l'inverse de 3.20. Cela donne 18.
21. **18 a-na 1 NIM 18 UŠ.AN[?].NA 18**
Élève 18 à 1. Le flanc supérieur (est) 18. (4)
22. **a-na 3 ʾNIM^ʾ 54 UŠ.KI.{UŠ.KI}.TA**
ʾÉlève^ʾ 18 à 3. Le flanc inférieur {flanc inférieur} (est) 54.
23. **1/2 36 GAZ NE[?] 18 a-na 1.12 NIM**
Brise 1/2 de 36. Élève ce[?] 18 à 1.12.
24. **21.36 i-na 36 A.ŠÀ ZI^(DU₈) 14.24**
Retranche^(Dénoue) 21.36 de 36, la surface. 14.24.
25. **IGI 1.12 UŠ DU₈ 50 a-na 14.24 NIM**
Dénoue l'inverse de 1.12, le flanc. Élève 50 à 14.24.
26. **12 IN.SUM 12⁽²²⁾ a-na 36 ʾDAH^ʾ-ma 48**
Cela donne 12. ʾAjoute^ʾ 12⁽²²⁾ à 36 : 48.
27. **48 SAG.AN.NA 12 a-na 27 DAḤ**
Le front supérieur (est) 48. Ajoute 12 à 27.
28. **39 DAL 12 SAG.KI.TA IN.SUM**
Cela donne 39 (pour) la transversale (et) 12 (pour) le front inférieur.
-

Notes philologiques

Diagramme : Entre les chiffres « 13 » et « 3 » du nombre inscrit dans la partie gauche du diagramme, on peut avoir l'impression de distinguer sur les photographies une trace pouvant correspondre à un reste de chevron effacé. Néanmoins, la collation réalisée à Strasbourg semble révéler qu'il s'agit seulement d'un léger effritement de la surface de la tablette à cet endroit.

Ligne 1 : On remarque que le signe « GU₄ » au début de cette ligne est écrit presque de la même façon qu'un signe « BI ». De manière plus générale, il est fréquent sur cette tablette que les graphies rencontrées ne correspondent pas exactement à celles répertoriées dans les syllabaires [LABAT2011] ou [MITTERMAYER2006]. Toutefois, afin de ne pas trop alourdir les notes, je passe sous silence les cas où la lecture ne fait quasiment aucun doute du fait d'une bonne concordance entre les formes observées et le sens attendu, et je ne commente ainsi de manière individuelle que les variations qui peuvent avoir un impact sur la compréhension du texte.

Ligne 1 : Une discussion du choix de la traduction technique « bande » pour le terme sumérien « I₇ » est proposée dans l'entrée correspondante du glossaire des sumérogrammes.

Ligne 1 : La lecture de la séquence formée par les trois derniers signes de la ligne, qui se trouvent sur la tranche droite et dans une zone qui paraît légèrement endommagée, mérite quelques commentaires. Sur la tablette elle-même, à laquelle la copie n'est pas très fidèle à cet endroit, on distingue pour le premier deux clous verticaux successifs, pour le deuxième deux chevrons suivis d'un clou vertical, et pour le troisième deux clous horizontaux emboîtés l'un à la suite de l'autre.⁸⁰ Dans la mesure où la première et la troisième graphies sont des aspects courants des signes « A » et « AN » et la deuxième silhouette n'est pas incompatible avec un signe « ŠÀ », et puisque le nombre « 13.3 » qui précède correspond d'après le sens du texte et le diagramme à la surface de la bande supérieure du trapèze étudié, comme nous le verrons dans le commentaire qui suit, il est très probable que ce qui figure à cet endroit soit le groupe nominal « A.ŠÀ.AN », qui est la lecture retenue par tous

80. En particulier, les autres traces représentées sur la copie de C. Frank pour le troisième signe de cette séquence, qui lui donnent l'allure d'un signe « DU », ne me semblent pas être présentes sur la tablette.

les commentateurs précédents et que j'adopte également. E. Robson propose par ailleurs d'ajouter à la fin de cette séquence un signe « NA » qui aurait été omis par le scribe, mais cela ne me semble pas nécessaire étant donné que la forme courte « AN » se rencontre parfois dans les textes mathématiques à la place de l'une des formes complètes « AN.NA » ou « AN.TA ». ⁸¹

Ligne 2 : O. Neugebauer et E. Robson ont fait le choix d'insérer dans leurs éditions un signe « KI » qui aurait été oublié par le scribe avant le signe « 2 » de cette ligne, de manière à obtenir la séquence « A.ŠÀ KI.2 », c'est-à-dire « la surface numéro 2 », qui est habituelle dans les textes mathématiques où des éléments sont numérotés. ⁸² Néanmoins, bien que le groupe nominal ainsi complété paraisse plus naturel et plus conforme à ce que l'on attend, il me semble que la forme courte « A.ŠÀ 2 », à comprendre comme « la surface 2 », puisse aussi faire sens. Je préfère ainsi m'en tenir à ce qui apparaît sur la tablette, comme le fait J. Høyrup, plutôt que de supposer une erreur du scribe qui n'est pas indispensable à l'analyse du texte.

Ligne 2 : La lecture « IGI.3.GÁL » retenue au milieu de la ligne dans toutes les translittérations existantes peut paraître surprenante, d'une part parce qu'elle n'est qu'en partie compatible avec les traces reproduites sur la copie de C. Frank et d'autre part parce que l'on attendrait plutôt le signe-fraction dédié pour désigner « 1/3 ». Celle-ci semble toutefois être la seule solution envisageable au vu de la présence claire du signe « GÁL » et du sens de la phrase, et s'avère de plus parfaitement possible après collation de la tablette (comme l'avait déjà remarqué O. Neugebauer qui signalait dans son édition, page 259, « *So ist gegen die Autographie zu lesen.* »), ce qui m'amène à la valider. On pourra par ailleurs se reporter à l'entrée « IGI.n.GÁL » du glossaire des sumérogrammes pour une justification de la forme non standard « un 3-rs » que je choisis dans la traduction de ce passage.

Ligne 2 : E. Robson considère qu'il faut sous-entendre à la fin de la séquence « UŠ.KI » apparaissant à cette ligne un signe « TA » qui aurait été omis par le scribe. Néanmoins, cet ajout qu'elle est la seule à proposer ne me paraît pas indispensable puisque, tout comme l'idéogramme « AN » à la première ligne, l'idéogramme « KI » peut tout à fait être employé seul après un substantif. ⁸³

Ligne 2 : Ce que l'on discerne de la fin de la ligne, sur la tranche droite de la tablette, me semble insuffisant pour y lire la préposition « *ina* ». Celle-ci est certes compatible avec les traces que l'on observe et cohérente du point de vue de la construction et du sens de la phrase, mais son identification est bien moins assurée que ce qui ressort des différentes éditions, même après collation. Une alternative suggérée par F. Thureau-Dangin consiste d'ailleurs à envisager les vagues clous présents à cet endroit comme de simples restes de signes effacés et donc à considérer que la phrase ne contient pas de préposition, ce qui est également possible. ⁸⁴ J'ai retenu la première option, qui donne lieu à la traduction « (Il y a) un 3-rs du flanc inférieur dans le flanc supérieur. », mais je n'exclus pas la seconde, qui donnerait lieu à la traduction « Le flanc supérieur (est) un 3-rs du flanc inférieur. » décrivant exactement la même situation géométrique. Par ailleurs, dans le cadre de cette première option, j'ai préféré conserver une traduction littérale utilisant la préposition « dans » plutôt que la traduction un peu plus fluide mais moins fidèle utilisant la préposition « pour » proposée par O. Neugebauer. ⁸⁵

Ligne 3 : Pour une raison qui m'échappe, E. Robson traduit dans tout ce texte le terme sumérien « DAL » par « diagonale », ce qui ne correspond pas à sa signification habituelle et est clairement inapproprié dans ce contexte. Je retiens comme les autres commentateurs le sens usuel de « transversale », à propos duquel on trouvera des précisions techniques dans le glossaire des sumérogrammes.

Ligne 3 : Ainsi que l'a signalé O. Neugebauer dans son édition, il est clair que les dernières traces

81. On pourra se reporter aux entrées correspondantes du glossaire des sumérogrammes pour plus de précisions sur ces termes, ainsi qu'à [NEUGEBAUER1935b] page 24 pour quelques autres attestations de la forme courte.

82. Voir l'entrée « KI.n » du glossaire des sumérogrammes pour plus d'informations sur cette forme. Notons que la transcription normalisée donnée par F. Thureau-Dangin dans son édition ne nous permet pas de savoir s'il adopte le même point de vue qu'O. Neugebauer et E. Robson mais que son choix de l'adjectif akkadien « *šanûm* » signifiant « deuxième » laisse malgré tout penser que c'est le cas.

83. On pourra se reporter aux entrées « KI » et « KI.TA » du glossaire des sumérogrammes pour plus de précisions.

84. Voir [THUREAU-DANGIN1938a] pages 90-91.

85. Voir [NEUGEBAUER1935a] page 200.

de signes apparaissant sur la tranche droite de la tablette dans le prolongement de cette ligne ne s'y rattachent pas, ne serait-ce que parce que certains clous auraient alors été imprimés de la droite vers la gauche, ce qui ne se produit jamais. Le signe qui se trouve juste devant ces traces est quant à lui un peu confus sur la copie et très peu visible sur les photographies, mais la collation de la tablette confirme la lecture « DIRIG » qui en a été donnée par O. Neugebauer puis reprise par les commentateurs suivants : à l'exception du clou horizontal attendu en bas à gauche, que je ne suis pas parvenue à distinguer, tous les éléments formant ce signe s'avèrent être bien présents.

Ligne 4 : Ici et dans toute la suite, O. Neugebauer choisit de rendre les verbes apparaissant dans le texte par des formes impersonnelles : « ... (gibt) addiert » à cette ligne, « ... addiert (ist) ... » à la ligne 7, etc. Cette manière de faire a probablement pour objectif de refléter le fait qu'ils ne sont donnés que sous la forme de bases verbales simples (« GAR.GAR », « DU₈ », etc) et non sous la forme de chaînes verbales sumériennes correctement conjuguées comme on en trouve sur certaines autres tablettes. Néanmoins, il est très courant dans les textes mathématiques que la grammaire sumérienne ne soit pas respectée, et en particulier que les indications verbales soient données au moyen de logogrammes bruts lorsque la façon dont elles doivent être comprises est claire. Il me semble ainsi préférable, sur la base de la description de la structure et la terminologie des problèmes mathématiques résolus présentée dans [HØYRUP2002], de traduire les sumérogrammes verbaux apparaissant dans l'énoncé du problème par des verbes au passé à la première personne du singulier et ceux apparaissant dans la procédure de résolution par des verbes à l'impératif à la deuxième personne du singulier, comme ont choisi de le faire F. Thureau-Dangin et J. Høyrup.⁸⁶

Ligne 4 : Ce que l'on distingue des signes partiellement effacés apparaissant à la fin de cette ligne, sur la tranche droite de la tablette, consiste, après vérification sur les photographies, en trois chevrons suivis du haut d'une rangée de clous verticaux, et semble ainsi correspondre à l'un des nombres entre 33 et 39. Parmi ces différentes possibilités, le choix de la lecture « '36' », qui a été retenue dans toutes les éditions et que j'adopte également, est basé sur la valeur attendue au vu du contenu du problème. Notons que les crochets pleins que l'on trouve autour du nombre en question dans les traductions d'O. Neugebauer et F. Thureau-Dangin n'ont pas lieu d'être.

Ligne 5 : La chaîne nominale sumérienne « UŠ.NE.NE », formée du substantif « UŠ » qui désigne le « flanc » et du suffixe possessif à la troisième personne du pluriel « A.NE.NE », peut a priori aussi bien signifier « leur flanc » que « leurs flancs ». Ce sont la situation décrite dans les lignes précédentes et le fait que deux flancs soient déterminés à la fin du texte qui me font choisir la deuxième option, à l'instar de tous les commentateurs précédents sauf F. Thureau-Dangin.⁸⁷

Ligne 5 : Les traces que l'on parvient à distinguer pour le dernier signe de la ligne sont très ténues, à la fois sur les photographies et sur la tablette elle-même. La lecture « NAM » que j'ai retenue à l'image des précédents commentateurs se base ainsi principalement sur le sens attendu, qui ne fait absolument aucun doute à cet endroit.

Ligne 6 : La forme « HÉ.GAR », qui est constituée de la base verbale « GAR » signifiant « poser » et du préfixe précatif « HÉ » sans pour autant correspondre à une véritable chaîne verbale sumérienne correctement conjuguée, a été traduite à cet endroit de deux manières différentes par les commentateurs précédents : d'une part « mögest Du nehmen » par O. Neugebauer et « may you posit » par J. Høyrup, et d'autre part « pose » par F. Thureau-Dangin et « put down » par E. Robson. Sans avoir d'avis définitif sur la question, je trouve que les arguments avancés par F. Thureau-Dangin en faveur d'un impératif sont suffisamment convaincants et j'adopte donc sa traduction.⁸⁸

Ligne 7 : On constate que le deuxième signe « GAR » de cette ligne est imprimé beaucoup plus

86. Voir [HØYRUP2002] pages 32-33 pour la description en question. Notons qu'E. Robson rend pour sa part toutes les bases verbales brutes par des verbes à l'impératif, quelle que soit la partie du texte dans laquelle elles apparaissent, ce qui me semble être en décalage avec la situation d'énonciation propre aux problèmes résolus.

87. On pourra se reporter au commentaire de la section V.1.5.3 pour une discussion détaillée de la situation étudiée dans ce problème et des arguments plus précis en faveur de la lecture au pluriel.

88. On pourra se reporter à l'entrée « GAR » du glossaire des sumérogrammes pour des précisions et des références sur la manière de lire cette forme verbale. On pourra par ailleurs consulter le commentaire de la section V.1.5.4 pour une discussion du sens technique du verbe « GAR » à cet endroit du texte, que je n'aborde pas ici.

légèrement que les deux signes identiques qui se trouvent juste avant et juste après lui.

Ligne 8 : Ici et dans toute la suite, J. Høyrup traduit la chaîne verbale sumérienne « IN.SUM » par « it gives you ». Le complément à la seconde personne du singulier qu'il fait apparaître dans cette traduction n'est cependant pas indiqué de manière explicite dans le texte d'origine, et je préfère donc m'en tenir comme les autres commentateurs à la traduction plus fidèle « cela donne ».

Ligne 11 : Le deuxième signe de la ligne, dont l'identification n'est pas claire à partir de la copie de C. Frank, a été lu « ša » par O. Neugebauer (qui précise d'ailleurs à ce sujet, page 259, « *So ist gegen die Autographie zu lesen.* ») puis par tous les commentateurs suivants. Cette lecture me paraît tout à fait plausible après collation et fait parfaitement sens, de sorte que je la retiens également.

Ligne 12 : On pourrait avoir l'impression qu'il y a deux clous verticaux empilés l'un sur l'autre à la fin du dernier signe de la ligne, mais l'un d'entre eux appartient en fait au signe qui se trouve juste au-dessus, de sorte que la lecture « NIM » est bien correcte.

Ligne 17 : Le premier signe de la ligne est trop endommagé pour pouvoir être clairement identifié. Néanmoins, un signe « 1/2 » est attendu avant le verbe « GAZ » et est compatible avec les traces que l'on distingue, qui consistent en un clou horizontal et une marque assez profonde pouvant correspondre à la tête d'un clou vertical, ce qui explique la lecture retenue dans toutes les éditions. Notons d'ailleurs que le clou vertical collé à ces deux traces sur leur droite, que l'on pourrait être tenté de considérer comme un élément du même signe, appartient en fait au signe « 4 » qui le suit.

Ligne 17 : L'instruction donnée à la fin de cette ligne est incomplète : on trouve seulement l'indication « 30 *a-na* 5.24 », sans rien sur la tranche, et le début de la ligne suivante enchaîne directement avec le résultat de l'opération en question. Il est clair, à la fois de par les valeurs numériques, le sens de la procédure et les instructions entières présentes aux autres lignes, que le passage discuté doit être compris comme étant suivi du verbe « NIM » qui signifie « élever ». O. Neugebauer ne restitue celui-ci ni dans sa translittération ni dans sa traduction, comme si le contexte et l'utilisation de la préposition « *a-na* » suffisaient à le sous-entendre, ce qui est possible mais pas du tout courant à ma connaissance.⁸⁹ Tous les autres historiens des mathématiques cunéiformes ayant travaillé sur la tablette ont pour leur part choisi de faire plutôt figurer ce verbe dans leurs éditions sous la forme d'un oubli du scribe, ce qui me semble préférable.

Ligne 18 : La collation de la tablette confirme qu'aucun signe n'est présent entre les signes « IN » (partiellement effacé mais néanmoins assez clairement reconnaissable) et « MA » (parfaitement lisible) au début de cette ligne, de sorte que le texte tel que l'on peut le lire ne fait pas sens. Compte tenu du fait que cette séquence apparaît au moment de l'annonce du résultat d'une opération, le plus probable est que le scribe ait cherché à écrire la forme verbale « IN.SUM », que l'on trouve à de nombreuses reprises dans ce problème, et ait ce faisant oublié le deuxième signe. Une hypothèse alternative émise par O. Neugebauer et E. Robson serait qu'il se soit trompé et ait écrit « MA » à la place de « SUM », mais cela me semble peu convaincant dans la mesure où ces deux signes ne se ressemblent pas et, surtout, où la phrase qui débute à cet endroit ne trouve aucune analyse satisfaisante si on la prive du signe « MA » (voir la discussion dans la note suivante).

Ligne 18 : Plusieurs manières d'analyser le signe « MA » apparaissant au début de cette ligne et de l'intégrer à la lecture du passage correspondant peuvent être envisagées. Ce qui pourrait paraître le plus naturel de prime abord serait de rattacher ce signe à la séquence qui le précède, et de le considérer alors soit comme une erreur d'écriture pour le signe « SUM » que l'on attend mais qui n'est pas présent, ce qui a été suggéré par O. Neugebauer et E. Robson comme signalé dans la note précédente, soit comme la particule enclitique akkadienne « *-ma* » qui aurait à cet endroit une fonction de liaison, ce qui a également été proposé par O. Neugebauer. Néanmoins, dans un cas comme dans l'autre, la phrase suivante se trouve limitée aux deux seuls signes « NU » et « LUL », auxquels aucun commentateur n'est parvenu à trouver une signification en les prenant isolément.

89. Cette manière de voir les choses me semble d'autant plus sujette à caution que le verbe « NIM » n'est pas le seul verbe sumérien désignant une opération mathématique qui s'emploie avec la préposition « *ana* » et la construction rencontrée ici. C'est par exemple aussi le cas du verbe « DAḤ » qui signifie « ajouter » ou du verbe « ÍL » qui signifie « porter » (voir les entrées correspondantes du glossaire des sumérogrammes).

Cette difficulté nous conduit à envisager l'alternative selon laquelle le signe « MA » se rattache plutôt à la séquence qui le suit, ce qui permet d'obtenir la translittération « *ma-nu LUL* » retenue par F. Thureau-Dangin et J. Høyrup et ainsi la traduction « le calcul faux » proposée par J. Høyrup, une lecture qui me paraît tout à fait plausible et que j'ai donc choisi d'adopter ici.⁹⁰

Ligne 18 : Le sujet de la forme verbale « NU.DU_g » apparaissant à la fin de cette ligne semble a priori être le nombre « 2.42 ». Toutefois, dans toutes les occurrences mathématiques que je connais, ce qui est « dénoué » au moyen du verbe « DU_g » est l'inverse d'un nombre et non un nombre lui-même, de sorte qu'il me semble préférable de supposer, comme le fait notamment J. Høyrup, que le scribe a omis le terme « IGI » devant « 2.42 ».⁹¹ Par ailleurs, deux traductions différentes de la phrase ainsi obtenue ont été proposées dans les éditions précédentes : soit « <l'inverse de> 2.42 n'est pas dénoué », qui a été retenue par J. Høyrup et rend de manière littérale la forme sumérienne, soit « <l'inverse de> 2.42 ne peut pas être dénoué », qui a été retenue par F. Thureau-Dangin et E. Robson et tente d'explicitier davantage le sens de cette même forme. Or, la deuxième proposition me paraît problématique car le nombre 2.42 est un nombre régulier, dont l'inverse peut donc tout à fait être « dénoué », et que, comme me l'a fait judicieusement remarquer C. Proust, les scribes étaient très probablement conscients de cette propriété puisqu'il s'agit du double du nombre régulier bien connu 1.21 qui constitue la dernière entrée des tables d'inverses paléo-babyloniennes standards. Pour cette raison, je choisis de m'en tenir à la traduction littérale, en proposant, toujours selon une idée de C. Proust, de comprendre l'indication « n'est pas dénoué » comme signifiant « n'est pas directement donné dans les tables d'inverses ».⁹²

Lignes 19-20 : Ainsi que je l'explique dans l'entrée « GAR » du glossaire des sumérogrammes, que j'invite le lecteur à consulter pour des précisions et des références, le choix d'adopter des traductions différentes pour les deux occurrences de la forme verbale précativale « HÉ.GAR » dans ces lignes – à la première personne de l'indicatif pour la première et à la deuxième personne de l'impératif pour la deuxième – est basé sur l'identification par F. Thureau-Dangin de parallèles syllabiques pour chacune des deux constructions au sein desquelles elles apparaissent.

Ligne 21 : Ce que l'on voit entre les signes « UŠ » et « NA » de cette ligne n'est clairement pas un simple signe « AN », bien que F. Thureau-Dangin, E. Robson et J. Høyrup l'aient tous trois lu comme tel sans faire de remarque particulière à son sujet. Il me semble qu'une note de l'édition d'O. Neugebauer explique de manière satisfaisante l'assemblage confus de clous et chevrons observé et la manière dont on peut le relier à la lecture qui ferait sens dans le contexte : le scribe aurait commencé à écrire un signe « NA » directement après le signe « UŠ », puis se serait ravisé et aurait alors ajouté un signe « AN » par-dessus le signe « NA » déjà entamé.⁹³

Ligne 22 : Toutes les personnes ayant étudié cette tablette s'accordent sur le fait que la séquence de signes « UŠ.KI.UŠ.KI.TA » contient une dittographie et qu'il faut la comprendre comme la simple chaîne nominale « UŠ.KI.TA », lors de l'écriture de laquelle le scribe aurait répété par erreur le « UŠ » et le « KI » (ou bien comme la chaîne nominale « UŠ.KI », à la suite de laquelle le scribe aurait rajouté par erreur la chaîne presque identique « UŠ.KI.TA », ce qui revient au même du point de vue du sens).⁹⁴ Cette interprétation semble en effet être la manière la plus naturelle de comprendre ce

90. Voir [HØYRUP2002] page 240, note 265, pour les arguments de J. Høyrup en faveur de cette lecture. Voir par ailleurs les entrées « *manûm* » du glossaire des termes akkadiens et « LUL » du glossaire des sumérogrammes pour des explications sur la signification de chacun de ces deux termes, ainsi que les sections V1.5.5 et V1.5.7 pour une discussion en contexte du sens mathématique que pourrait avoir l'expression qu'ils constituent.

91. Voir l'entrée « DU_g » du glossaire des sumérogrammes pour des précisions et des références relatives à l'emploi de ce verbe dans les textes mathématiques ainsi que pour l'analyse grammaticale de la forme trouvée ici.

92. Voir [PROUST2008a] page 94 ou la rubrique « multiplicative operations » de la calculatrice mésopotamienne [MESOCALC] pour le texte composite des tables d'inverses paléo-babyloniennes standards apprises dans les écoles de scribes. Voir par ailleurs la section V1.5.5 de ce chapitre pour une discussion mathématique de ce passage.

93. Voir sur ce point [NEUGEBAUER1935a] page 200, note 7.

94. Lorsque l'on regarde plus en détail les différentes éditions, on constate que chaque commentateur place les accolades signalant les signes superflus à des endroits différents de la séquence, ce qui dénote de légères variations dans la manière d'analyser la situation. Cependant, dans la mesure où aucun élément tangible ne nous permet de trancher entre ces propositions, et où le choix de l'une ou l'autre n'a aucun impact sur la compréhension du texte,

groupe de cinq signes, et je l'adopte donc moi aussi.

Ligne 23 : Il apparaît sur la copie, sur la photographie, et à la collation, que l'on trouve au début de cette ligne non seulement des clous formant la séquence « $1/2$ 36 GAZ » retenue dans toutes les éditions mais aussi un certain nombre de clous supplémentaires qui semblent être des résidus de signes écrits à cet endroit avant l'inscription actuelle.

Ligne 23 : Le verbe « GAZ » apparaissant au début de cette ligne est suivi d'un signe extrêmement peu lisible sur les photographies et la tablette elle-même. C. Frank a proposé sur sa copie d'y voir un signe « NE », une hypothèse compatible avec le peu de traces discernables et retenue par O. Neugebauer et J. Høyrup qui estiment que l'on peut le comprendre à cet endroit comme l'idéogramme pour le démonstratif akkadien « *annûm* ». ⁹⁵ F. Thureau-Dangin a pour sa part suggéré qu'il s'agisse plutôt d'un signe « MA », ce qui ne peut être totalement exclu mais me semble cependant moins probable au vu de l'espace disponible. Dans ce travail, j'ai ainsi adopté avec un point d'interrogation la première option, certes inattendue du fait de l'absence de parallèles connus dans les textes mathématiques et de l'inutilité apparente d'une telle insistance sur le nombre associé mais néanmoins plausible et jugée suffisamment convaincante pour être mentionnée dans le CDA.

Ligne 23 : Le résultat de l'opération consistant à prendre la moitié de 36 a été copié comme « 17 » par C. Frank, puis lu comme tel par O. Neugebauer et les commentateurs suivants, qui ont ainsi unanimement conclu à une erreur du scribe. Néanmoins, la collation de la tablette révèle que le nombre écrit à cet endroit est clairement « 18 » et non « 17 », et donc qu'il n'y a aucune erreur.

Ligne 24 : La répétition du nombre « 21.36 » dans deux phrases différentes de la traduction d'E. Robson, dont une fois sous la forme erronée « 31.36 », est clairement une coquille : ce nombre apparaît bel et bien une seule fois sur la tablette (et est bien « 21.36 »).

Ligne 24 : L'antépénultième signe de cette ligne est problématique. En effet, alors que le sens mathématique et la présence de la préposition « *ina* » nous font attendre le verbe « ZI » pour exprimer le calcul d'une différence, on y trouve, même après collation, le verbe « DU₈ » qui exprime la détermination d'un inverse ou éventuellement le verbe « DAḪ » qui exprime le calcul d'une somme. Il est alors possible d'imaginer soit que le scribe ait exceptionnellement employé un autre verbe pour faire référence à la soustraction, ce qui semble être la solution retenue dans la plupart des éditions mais me paraît peu convaincant, soit, plutôt, que le scribe ait écrit par étourderie un signe courant graphiquement proche de celui qu'il aurait dû écrire. ⁹⁶

Ligne 26 : En dépit de la présence claire de deux chevrons au début du nombre suivant le verbe « IN.SUM » sur la copie de C. Frank, O. Neugebauer puis tous les autres commentateurs ont transcrit celui-ci comme « 12 », ce qui correspond à la valeur attendue du fait des calculs effectués. Il ressort toutefois de la collation de la tablette que la copie est correcte à cet endroit et qu'il faut donc lire « 22 » même si cela semble signifier que le scribe a commis une erreur de calcul ou d'écriture. ⁹⁷

il ne me semble pas utile de développer davantage la discussion sur ce point.

95. Notons qu'E. Robson reprend elle aussi cette lecture, mais sans lui donner de sens et en émettant l'hypothèse que ce signe « parasite » ait été inscrit par erreur et n'ait aucune raison d'être dans la phrase.

96. Ce point délicat a fait l'objet d'une attention très variable dans la littérature antérieure. O. Neugebauer lit le verbe comme « DU₈ » puis le traduit par le sens mathématiquement attendu « brich ab » sans aucun commentaire sur cet emploi étrange. E. Robson lit elle aussi le signe comme « DU₈ », en lui donnant cette fois la traduction correspondante « solve », mais toujours sans commentaire sur le décalage avec le sens habituel de ce verbe. Seuls F. Thureau-Dangin et J. Høyrup signalent une particularité à cet endroit, le premier en estimant qu'il y a une erreur et en indiquant succinctement dans une note de bas de page que « *le signe ZI a ici la fausse apparence du signe GAB* » (voir [THUREAU-DANGIN1938a] page 90), et le deuxième en estimant qu'il n'y a pas d'erreur et en remarquant que « *it is no less noteworthy that the same term is used when the triangle is removed from the trapezium as when an igi is found; this leaves little doubt that even the "detaching" of igi n is thought of as taking out 1 part from a bundle* » (voir [HØYRUP2002] page 243) – un point de vue que j'ai du mal à partager mais qui est néanmoins valable.

97. Le fait que F. Thureau-Dangin, E. Robson et J. Høyrup aient tous trois repris sans aucun commentaire la lecture « 12 » d'O. Neugebauer, qui est pourtant clairement en contradiction avec la copie et la tablette elle-même, est pour moi l'un des signes les plus flagrants montrant qu'ils ont travaillé directement à partir de la translittération de [NEUGEBAUER1935a] et ne sont pas, ou très peu, revenus au texte cunéiforme. La nature de l'erreur commise par le scribe sera par ailleurs évoquée dans le commentaire de la section V1.5.6 de ce chapitre.

Ligne 26 : À la fin de cette ligne, après le nombre « 48 », C. Frank copie un signe supplémentaire situé sur la tranche de la tablette. O. Neugebauer estime toutefois qu'il s'agit seulement d'une petite détérioration, et il est probable qu'il ait raison compte tenu du fait que les traces en question sont d'une part à peine visibles et d'autre part relativement espacées du signe précédent alors que les scribes ont au contraire tendance à rapprocher les signes les uns des autres lorsqu'ils manquent d'espace en fin de ligne et sont contraints de poursuivre sur la tranche.

Ligne 28 : Il ne me semble pas possible de savoir si le verbe « IN.SUM » à la fin de la ligne porte à la fois sur la transversale et le front inférieur, ce qui conduit à comprendre la phrase comme « Cela donne 39 (pour) la transversale (et) 12 (pour) le front inférieur. », ou bien seulement sur le front inférieur, ce qui conduit à comprendre plutôt la phrase comme « La transversale (est) 39 (et) cela donne 12 (pour) le front inférieur. ». Dans la mesure où la valeur correspondant au front inférieur est directement fournie par un résultat obtenu deux lignes plus tôt et n'est donc pas à proprement parler le résultat d'une opération effectuée à cet endroit, alors que la valeur correspondant à la transversale l'est bien, j'ai retenu comme F. Thureau-Dangin la première de ces deux options. Les autres commentateurs ont tous choisi la deuxième.

Maintenant que nous avons établi une version du texte sur laquelle travailler, nous pouvons passer à l'explication mathématique de son contenu.

V.1.5.2. Structure d'ensemble du texte

Un rapide coup d'œil à la structure d'ensemble du texte nous apprend que celui-ci consiste en un problème résolu dans lequel peuvent être identifiés un énoncé, qui correspond aux cinq premières lignes, et une procédure de résolution, qui s'étend sur les vingt-trois lignes restantes.

L'énoncé commence par un mot-clé indiquant quel objet va être considéré dans le problème, fournit ensuite un certain nombre de précisions et de données numériques relatives à cet objet, et, pour finir, pose explicitement, au moyen du pronom interrogatif sumérien « EN.NAM » (« quoi ? », ligne 5), une question portant sur la situation ainsi décrite. J'en propose une analyse complète dans la section V.1.5.3 ci-après.

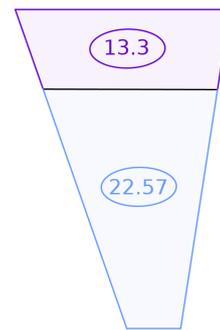
La procédure de résolution s'ouvre quant à elle par la formule standard « ZA.E KÌ.DA.ZU.NE » (« toi, en procédant », ligne 6), puis détaille une succession d'opérations à effectuer pour trouver la réponse à la question posée. Elle ne contient aucun terme spécifiquement dédié à mettre en avant son organisation interne tels que l'on en trouve dans certains autres textes, mais elle comporte en revanche trois petites conclusions partielles qui résument ce qui a été obtenu dans les lignes précédentes et délimitent ainsi implicitement trois parties ayant chacune pour fonction de déterminer une ou plusieurs valeurs : de la ligne 6 à la ligne 11, puis de la ligne 12 à la ligne 22, et enfin de la ligne 23 à la ligne 28. J'en propose des analyses complètes dans les sections V.1.5.4, V.1.5.5 et V.1.5.6 ci-après.

V.1.5.3. Énoncé : un problème de partage de trapèze (lignes 1 à 5)

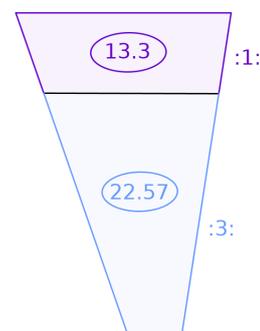
Le début de la première ligne de l'énoncé nous indique que l'objet considéré est un trapèze (« SAG.KI.GU₄ », ligne 1) divisé en deux bandes (« 2 I₇.MEŠ », ligne 1). Le mot « bande » – dont le sens littéral est « canal » et dont les traductions retenues varient – peut nous sembler ambigu sans indication supplémentaire, mais il y a de bonnes raisons de penser qu'il s'agissait d'un terme technique désignant spécifiquement une portion d'un trapèze ou d'un triangle comprise entre une base et une transversale parallèle à cette base (généralement dénommée « DAL », terme qui apparaît d'ailleurs dès la ligne 4 du présent texte) et que le sens de la description donnée ici ne faisait ainsi pas de doute pour les acteurs.⁹⁸

98. Voir l'entrée « I₇ » du glossaire des sumérogrammes pour une discussion du sens de ce terme basée sur un

L'énoncé nous fournit ensuite des valeurs numériques qu'il dit correspondre à deux surfaces, l'une qualifiée de « supérieure » (« A.ŠÀ.AN », ligne 1), qui vaut 13.3, et l'autre qualifiée de « deuxième » (« A.ŠÀ 2 », ligne 2), qui vaut 22.57.⁹⁹ Encore une fois, le vocabulaire employé peut nous paraître à première vue obscur avec notre regard de lecteur moderne. Toutefois, lorsque l'on sait que les trapèzes étaient presque systématiquement envisagés par les scribes comme implicitement orientés avec leur grande base vers le haut, ces indications deviennent plus claires et signifient que la surface de la bande comprise entre la grande base et la transversale vaut 13.3 tandis que celle de la bande restante, comprise entre la transversale et la petite base, vaut 22.57, comme montré sur le schéma ci-contre.¹⁰⁰



Nous apprenons dans la phrase suivante qu'un côté de la forme géométrique appelé « flanc supérieur » (« UŠ.AN.NA », ligne 3) vaut un tiers d'un autre côté appelé « flanc inférieur » (« UŠ.KI », ligne 2).¹⁰¹ Pour comprendre cette nouvelle donnée, il nous faut nous rappeler que les « flancs » désignent dans un trapèze les deux côtés qui ne sont pas des bases.¹⁰² Ici, puisque le trapèze est partagé en deux bandes par une ligne parallèle à ses bases, et que les deux bandes ainsi formées sont elles aussi trapézoïdales par construction, on obtient bien, en plus des flancs du trapèze initial que l'on pourrait qualifier de « flancs complets », deux « flancs supérieurs », qui sont les flancs de la bande supérieure et correspondent aux parties des flancs complets comprises entre la grande base et la transversale, et deux « flancs inférieurs », qui sont les flancs de la bande inférieure et correspondent aux parties des flancs complets comprises entre la transversale et la petite base.¹⁰³ Autrement dit, ce que nous apprenons ici est que, sur l'un des côtés du trapèze qui n'est pas une base, la longueur de la portion comprise entre la grande base et la transversale vaut un tiers de la portion comprise entre la transversale et la petite base, comme représenté sur le schéma ci-contre.¹⁰⁴



passage en revue de ses différentes occurrences ainsi qu'une justification du choix de sa traduction. Notons que mon point de vue sur sa signification exacte a évolué depuis mon mémoire de master [REYNAUD2016] du fait de la meilleure familiarité avec le vocabulaire mathématique paléo-babylonien que j'ai acquise entre-temps.

99. Ainsi que je l'ai signalé dans les notes philologiques ci-dessus, la lecture de la séquence « A.ŠÀ.AN » à la fin de la première ligne n'est pas complètement assurée. Néanmoins, elle est suffisamment convaincante au vu des traces visibles et de la suite du texte pour qu'il ne me semble pas nécessaire d'en envisager d'autre.

100. Voir la section III.1.4. de la première partie au sujet de l'orientation des trapèzes dans les mathématiques paléo-babyloniennes, ainsi que les entrées « AN »/« AN.NA »/« AN.TA » et « KI »/« KI.TA » du glossaire des sumérogrammes pour une discussion du vocabulaire associé ; il s'agit, là encore, d'un changement de point de vue par rapport à mon mémoire de master [REYNAUD2016]. Rappelons par ailleurs que, sur mes schémas personnels, comme indiqué dans la section IV.2.6.4 du chapitre précédent, je place les nombres faisant référence à des surfaces à l'intérieur des zones correspondantes et je les entoure pour mieux les distinguer de ceux faisant référence à des longueurs.

101. Ainsi que je l'ai indiqué dans les notes philologiques ci-dessus, l'écriture inhabituelle de la fraction « un tiers » dans cette phrase, avec la forme générale « IGI.n.GÁL » au lieu du signe-fraction dédié, est surprenante. Néanmoins, je n'ai pas trouvé d'explication à cette particularité d'écriture, notamment en lien avec le sens de l'information délivrée, de sorte que je me contente de la signaler.

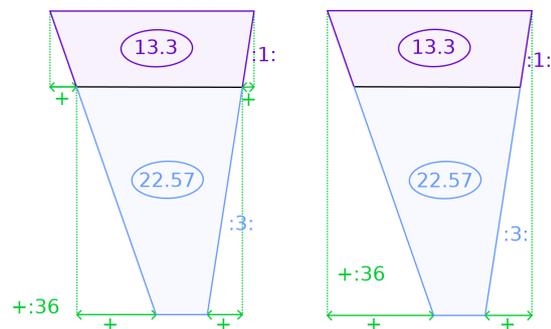
102. Voir l'entrée « UŠ » du glossaire des sumérogrammes.

103. Il est à noter que la dénomination « flanc complet » n'est pas utilisée dans ce texte-ci mais est présente dans celui de la tablette YBC 4675 que j'ai étudiée dans le cadre de ma thèse. On pourra consulter à ce sujet l'entrée « *gamrum* » du glossaire des termes akkadiens.

104. Rappelons que, sur mes schémas personnels, comme précisé dans la section IV.2.6.4 du chapitre précédent, les nombres indiquant des rapports entre deux grandeurs sont placés entre doubles points.

Nous pouvons remarquer que l'auteur semble donner cette information pour un seul des deux flancs du trapèze sans indiquer lequel. Une première explication envisageable est qu'il ait eu conscience que le rapport considéré est le même pour chacun des deux flancs, la phrase analysée pouvant d'ailleurs éventuellement se comprendre comme énonçant l'information de manière générale plutôt que pour l'un d'eux en particulier.¹⁰⁵ Une deuxième possibilité est qu'il ne se soit simplement pas préoccupé de préciser à quel côté il faisait référence car les deux jouent, du moins pour l'instant, des rôles tout à fait interchangeables. Enfin, une troisième possibilité est qu'il ait fait référence à l'un des flancs en particulier, identifiable soit grâce à un élément extérieur au texte, par exemple le diagramme, soit grâce à l'orientation standard des trapèzes, dans lesquels le flanc de droite est souvent privilégié à celui de gauche. Il me semble trop hasardeux d'approfondir cet aspect avec le peu d'éléments dont nous disposons à ce stade, mais nous serons amenés à y revenir plus loin.

Enfin, l'énoncé stipule que la somme des différences entre d'une part un côté de la forme géométrique appelé « front supérieur » (« SAG.AN.NA », ligne 3) et la transversale (« DAL », ligne 3) et d'autre part la transversale (« DAL », ligne 4) et un côté de la forme géométrique appelé « front inférieur » (« SAG.KI.TA », ligne 4) vaut 36.¹⁰⁶ Or, nous savons que les « fronts » désignent dans un trapèze les deux bases, et que, étant



donnée l'orientation implicite déjà rappelée, le « front supérieur » correspond à la grande base tandis que le « front inférieur » correspond à la petite base, ce qui nous place finalement dans la situation représentée sur le schéma de gauche ci-contre.¹⁰⁷ Nous pouvons remarquer que cela reviendrait strictement au même, d'un point de vue mathématique, d'indiquer directement la différence entre les deux bases, comme montré sur le schéma de droite ci-contre, mais ce n'est pas la manière dont l'auteur a choisi de présenter cette donnée.

À partir de ces différentes informations, il est alors demandé de déterminer cinq dimensions de la configuration étudiée : « leurs flancs » (« UŠ.NE.NE », ligne 5), que l'on doit vraisemblablement comprendre au vu de ce qui précède et de ce qui suit comme « les flancs des deux

105. Cette propriété, qui vient pour nous du théorème de Thalès, n'est pas directement attestée dans les mathématiques d'époque paléo-babylonienne mais semble néanmoins, de l'avis de certains historiens, être sous-jacente dans plusieurs textes. Reprendre en détail la discussion à ce sujet afin de me faire un avis personnel représente un travail de trop grande ampleur, qui m'aurait trop éloignée du sujet principal de cette thèse, mais des éléments de réflexion pourront être trouvés dans [FRIBERG1987] pages 558-560, où l'on peut notamment lire « *The two crucial concepts of parallel lines and similar triangles are never explicitly mentioned in OB geometric texts. Both must, nevertheless, have been understood, at least in some restricted sense. It is probable (...) that the modern concept of similar triangles corresponds to an intuitive concept of "proportional triangles", i.e. pairs of triangles with proportional sides. (...) Consider a "striped triangle", i.e. a triangle divided into parallel "stripes" by one or several "transversal lines" parallel to the front of the triangle. Each of the parallel transversals can be viewed as the "front" of a "parallel sub-triangle". It is intuitively obvious that the given triangle and its parallel sub-triangles have proportional sides.* », ainsi que dans [RAMPELL2010].

106. Pour être exacte, et ainsi que je l'ai signalé dans les notes philologiques ci-dessus, le nombre donné à cet endroit de l'énoncé n'est que partiellement préservé sur la tablette. La lecture « '36' » retenue ici et dans toutes les publications antérieures est celle qui s'impose au vu des calculs effectués dans la procédure de résolution, que j'explique ci-après.

107. Voir l'entrée « SAG » du glossaire des sumérogrammes. Rappelons par ailleurs que, sur mes schémas personnels, comme indiqué dans la section IV.2.6.4 du chapitre précédent, je représente de manière *ad hoc*, à l'aide de couleurs et d'opérateurs mathématiques, les informations plus complexes qui ne peuvent être rendues par les conventions de base.

bandes », « les fronts » (« SAG.MEŠ », ligne 5) et « la transversale » (« DAL », ligne 5), comme indiqué sur le schéma ci-dessous qui résume l'intégralité de l'énoncé.¹⁰⁸

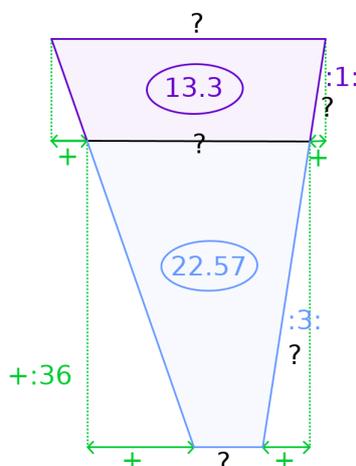


FIGURE V.21. Énoncé du problème de la tablette BNUS 367 (schéma récapitulatif)¹⁰⁹

Une remarque que l'on peut faire dès maintenant – et qui se confirmera à la lecture de la suite – est que le problème présenté dans cette tablette n'est absolument pas un problème pratique, ni même un problème se donnant l'apparence d'un problème pratique : non seulement l'objet considéré y est introduit dès le premier mot du texte comme étant un « trapèze », sans mise en contexte ni ancrage concret particulier, mais, de plus, la répartition entre les données et ce qu'il est demandé de déterminer crée une situation tout à fait artificielle (il est par exemple improbable, dans la réalité, de connaître la somme des différences de certaines longueurs sans connaître les longueurs en question, etc), et tous les nombres sont exprimés dans le système de numération sexagésimal positionnel flottant, sans aucune unité de mesure.¹¹⁰

Regardons à présent, en suivant les trois temps qui se dégagent du texte, de quelle manière les cinq dimensions recherchées sont déterminées dans la procédure de résolution. Pour ce faire, afin de rendre les explications les plus fluides possible, j'adopterai à partir d'ici le vocabulaire utilisé par le scribe, que j'ai introduit et expliqué pas à pas tout au long de cette section : j'emploierai le terme de « fronts » pour désigner les deux bases du trapèze, le terme de « flancs » pour désigner ses deux autres côtés, le terme de « transversale » pour désigner la ligne qui le partage parallèlement à ses bases, et le terme de « bandes » pour désigner les deux parties – elles aussi trapézoïdales – délimitées par cette ligne, et je qualifierai de plus de « supérieurs » tous les éléments qui se trouvent du côté de la grande base et d'« inférieurs » tous ceux

108. D'un point de vue purement grammatical, et comme je l'ai évoqué dans les notes philologiques ci-dessus, la chaîne nominale sumérienne « UŠ.NE.NE » peut signifier aussi bien « leur flanc » (un flanc commun à plusieurs bandes) que « leurs flancs » (soit un flanc soit les deux flancs de chaque bande considérée). Le premier sens peut être éliminé facilement au vu de la configuration que nous avons décrite, ce qui nous permet de choisir la traduction au pluriel. En revanche, les deux autres sens sont tous deux envisageables, et c'est seulement la suite du texte, dans laquelle nous constaterons ce qui est effectivement déterminé, qui nous permettra de comprendre qu'il s'agit ici d'un seul flanc de chacune des deux bandes.

109. Rappelons que, sur mes schémas personnels, comme indiqué dans la section IV.2.6.4 du chapitre précédent, je signale par des points d'interrogation les grandeurs que l'on cherche à déterminer.

110. Pour être exacte, les nombres – à l'exception bien sûr des rares fractions demi et tiers que l'on rencontre et qui ont un statut particulier – sont soit clairement exprimés dans le système sexagésimal positionnel flottant soit donnés sous une forme qui peut relever de différents systèmes mais entre autres de celui-ci. On pourra si besoin se reporter à l'annexe B pour une présentation des systèmes de numération utilisés à l'époque paléo-babylonienne.

qui se trouvent du côté de la petite base, comme résumé sur les deux schémas ci-dessous.¹¹¹

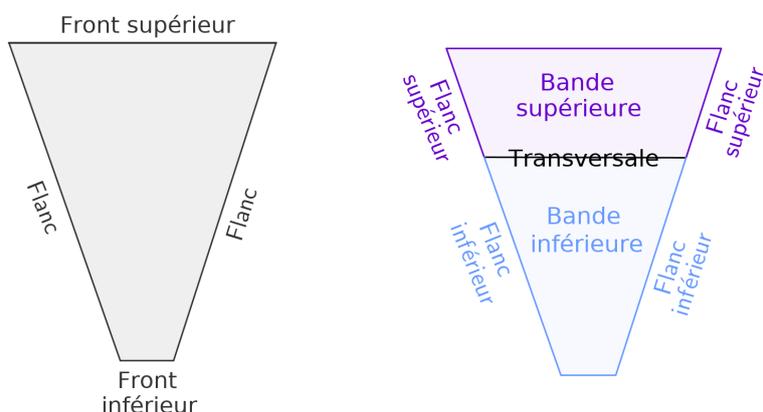
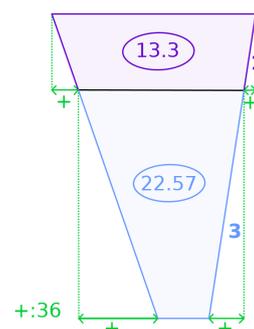


FIGURE V.22. Vocabulaire relatif aux trapèzes divisés en deux bandes

V.1.5.4. Détermination des différences entre le front supérieur et la transversale et entre la transversale et le front inférieur (lignes 6 à 11)

La première opération que la procédure de résolution demande d'effectuer est un peu particulière : il s'agit de « poser 1 et 3 » (« 1 ù 3 HÉ.GAR », ligne 6). Or, le verbe « poser » est un verbe polysémique qui est entre autres utilisé dans les textes mathématiques pour désigner l'action consistant à assigner des valeurs à des grandeurs inconnues dans le cadre de raisonnements qui relèvent de la méthode de fausse position ou s'y apparentent.¹¹² Ainsi, ce qu'il est demandé de faire ici est probablement d'attribuer les valeurs 1 et 3 à deux grandeurs de la configuration du trapèze divisé en deux bandes qui a été décrite dans l'énoncé. Les deux grandeurs en question ne sont pas précisées par le texte, mais l'on peut penser assez naturellement qu'il s'agit des deux portions de flanc qui se trouvent justement dans un rapport de 1 à 3, comme illustré sur le schéma ci-contre.¹¹³



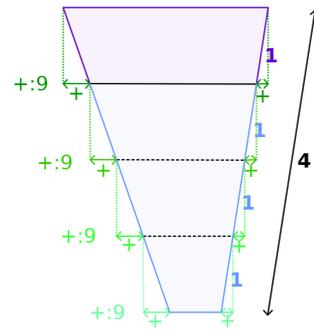
Les opérations suivantes sont plus classiques. Il est tout d'abord demandé d'additionner 1 et 3, ce qui, bien que ce ne soit pas dit, donne clairement le flanc total du trapèze dans lequel les valeurs 1 et 3 ont été attribuées aux flancs des deux bandes, que l'on trouve être 4. Puis il est demandé de calculer l'inverse de ce nombre et de multiplier cet inverse par 36, c'est-à-dire, avec notre manière de voir les choses, de diviser 36 par le flanc total. Or, 36 est donné dans l'énoncé comme la somme de la différence entre le front supérieur et la transversale et la différence

111. Cette partie étant consacrée à l'explication du texte de manière indépendante du diagramme, il me semble plus simple d'y présenter – comme j'ai déjà commencé à le faire – des schémas en accord avec l'orientation sous-entendue par le vocabulaire. Ceux-ci sont donc tournés d'un quart de tour par rapport au dessin apparaissant sur la tablette, sur lequel nous reviendrons dans la section V.1.6. Par ailleurs, toujours dans l'optique de ne pas alourdir les explications, je présenterai dans un premier temps uniquement la manière de comprendre la procédure qui me paraît la plus convaincante à l'issue de mon travail, réservant une comparaison avec les explications proposées dans les études antérieures à un commentaire d'ensemble qui clôturera cette partie.

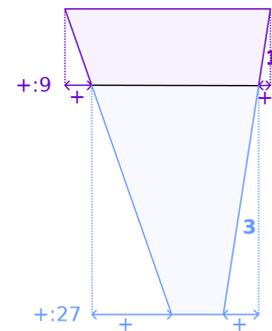
112. Voir l'entrée « GAR » du glossaire des sumérogrammes pour davantage de précisions sur les sens du verbe « poser ». La question de la méthode de fausse position sera quant à elle discutée dans la section V.1.5.7.

113. Le texte ne nous permet pas d'être certains de cette interprétation à ce stade, mais nous verrons que la suite du raisonnement – et probablement le diagramme, nous y reviendrons dans la section V.1.6. –, la confirment.

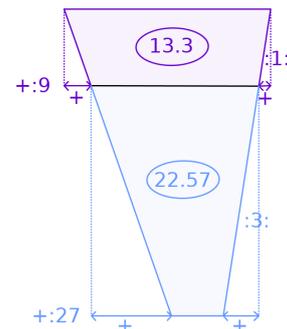
entre la transversale et le front inférieur, ce qui, comme nous l'avons déjà signalé, correspond plus simplement à la différence entre le front supérieur et le front inférieur, c'est-à-dire encore à la variation de front totale du trapèze. De plus, la pente étant régulière, il est clair que la variation de front sur n'importe laquelle des bandes est proportionnelle au flanc de cette bande. Ainsi, en divisant la variation de front totale du trapèze par son flanc total, on obtient sa variation de front sur chaque bande de flanc 1, que l'on trouve être 9, comme représenté sur le schéma ci-contre.¹¹⁴



Le nombre 9 que l'on vient d'obtenir est alors successivement multiplié par 1, qui est le flanc attribué à la bande supérieure, et par 3, qui est le flanc attribué à la bande inférieure.¹¹⁵ Toujours par le même argument de proportionnalité, cela fournit la variation de front du trapèze de flancs partiels 1 et 3 sur l'ensemble de sa bande supérieure, qui est trouvée être 9, et sur l'ensemble de sa bande inférieure, qui est trouvée être 27, comme cela est indiqué dans les phrases qui concluent cette première partie de la procédure (lignes 10 et 11) et repris sur le schéma ci-contre.¹¹⁶



A priori, si l'on suit la procédure pas à pas, et comme nous l'avons énoncé ci-dessus, ces résultats sont valables uniquement pour le trapèze dans lequel les flancs partiels ont été pris comme étant 1 et 3. Toutefois, toujours par l'argument de proportionnalité déjà utilisé à deux reprises, on constate que la répartition de la variation de front totale en une variation de 9 pour la bande supérieure et une variation de 27 pour la bande inférieure dépend uniquement du rapport entre les flancs de ces deux bandes et non de leurs valeurs absolues. Les résultats obtenus sont donc en fait également valables pour le trapèze initial de flanc inconnu, comme indiqué sur le schéma ci-contre. Cette remarque n'est pas faite dans le texte, mais elle peut probablement être considérée comme évidente et nous verrons qu'il est essentiel de l'avoir en tête pour comprendre la suite du raisonnement.



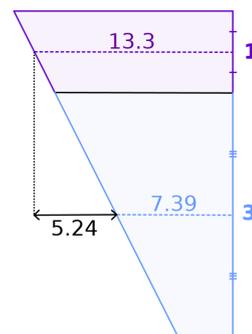
114. Voici, pour les lecteurs qui seraient gênés par l'utilisation de la notion de proportionnalité pour expliquer la procédure, une explication qui reprend exactement les mêmes idées mais en les formulant d'une manière différente. Puisque la pente du trapèze est régulière, la variation de front est répartie uniformément sur toute la longueur. En particulier, si on découpe le trapèze en bandes de flanc 1, alors la variation de front sera la même sur chacune de ces bandes. Ici, puisque le flanc total est 4, on peut découper le trapèze en quatre bandes de flanc 1, et la variation de front de chacune d'entre elles sera la variation de front totale divisée par 4, c'est-à-dire 9.

115. Il est intéressant de noter que, dans ce passage, la multiplication par 1 est décrite de manière explicite. Nous y reviendrons dans le commentaire d'ensemble de la section V.1.5.7.

116. Bien sûr, le même type d'explication que dans la note 114 peut être repris ici si l'on souhaite éviter de recourir directement à la notion de proportionnalité. Par ailleurs, on peut peut-être voir dans cette étape une raison expliquant que le scribe présente la dernière information donnée dans l'énoncé sous la forme d'une somme de différences plutôt que de la différence globale à laquelle elle correspond : puisque ce sont les deux différences partielles qu'il détermine dans la première partie de la procédure, c'est à leur sujet qu'il a besoin d'informations plutôt qu'au sujet de la différence globale. Toutefois, on constate également que l'égalité entre les deux a l'air totalement évidente pour lui, puisqu'il semble l'utiliser sans aucune remarque, de sorte qu'il n'est peut-être pas judicieux d'accorder une attention trop importante à cette particularité.

V1.5.5. Détermination des flancs (lignes 12 à 22)

Dans ce que l'on peut identifier comme étant une deuxième partie de la procédure de résolution, il est tout d'abord demandé de calculer l'inverse de 1 et le multiplier par 13.3, ce qui revient pour nous à diviser 13.3 par 1, puis, de même, de calculer l'inverse de 3 et le multiplier par 22.57, ce qui revient pour nous à diviser 22.57 par 3.¹¹⁷ Le sens de cette succession d'opérations n'est pas précisé par le texte, qui enchaîne ensuite directement sur les calculs suivants, mais il s'impose assez naturellement dès que l'on est familier des calculs de surfaces paléo-babyloniens. Puisque 13.3 et 22.57 sont les aires des deux bandes trapézoïdales, et que 1 et 3 sont les flancs attribués à ces mêmes bandes, alors diviser les premiers par les deuxièmes donne – de manière exacte si le trapèze est rectangle ou approchée sinon – la moyenne de leurs fronts.¹¹⁸ On obtient ainsi que, dans le trapèze complet dont les flancs partiels ont été pris comme valant 1 et 3, la moyenne du front supérieur et de la transversale est 13.3, et, de même, la moyenne de la transversale et du front inférieur est 7.39. Ou encore, en adoptant un point de vue plus géométrique, que la longueur d'une nouvelle transversale située à mi-distance entre le front supérieur et la transversale de l'énoncé est 13.3 et la longueur d'une nouvelle transversale située à mi-distance entre la transversale de l'énoncé et le front inférieur est 7.39, comme représenté sur le schéma ci-contre.¹¹⁹ Puis il est demandé de calculer la différence entre les deux longueurs ainsi obtenues, qui est 5.24, une valeur qui correspond à la variation de front du trapèze entre les deux transversales à mi-distance que nous venons d'introduire, comme indiqué à nouveau sur le schéma ci-contre.



Ensuite, après avoir répété le calcul du flanc total du trapèze à partir des flancs 1 et 3 attribués aux deux bandes, la procédure demande de prendre la moitié de ce flanc total, puis l'inverse de cette moitié, et de multiplier cet inverse par le nombre 5.24 obtenu juste avant.¹²⁰ Autrement dit, elle demande de diviser la variation de front entre les deux transversales à mi-

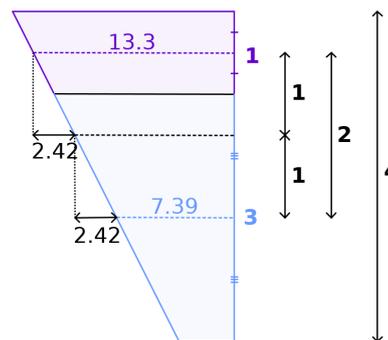
117. On constate à nouveau à cet endroit que le calcul de l'inverse de 1 et la multiplication par 1 sont décrits de manière explicite dans la procédure. Ainsi que je l'ai indiqué plus haut, nous discuterons ce point dans le commentaire d'ensemble de la section V1.5.7.

118. Nous reviendrons plus loin sur la question de la forme du trapèze considéré, mais le type d'approximation signalé ici – si tant est que cette manière de voir les choses ait un sens pour les mathématiques paléo-babyloniennes – est tout à fait courant et ne constitue ainsi pas un obstacle à l'interprétation proposée.

119. À partir d'ici, par commodité, je dessinerai sur mes schémas le trapèze comme rectangle, cas dans lequel les résultats obtenus sont exacts et les raisonnements effectués peuvent être visualisés le plus facilement.

120. On peut s'étonner de retrouver ici un calcul qui a déjà été effectué à la ligne 7. Le fait que le flanc total soit 4 étant absolument évident à partir des valeurs 1 et 3 attribuées aux portions de flanc, il est clair que le but de cette étape n'est pas d'obtenir un résultat numérique, et il est donc probable qu'elle soit avant tout destinée à donner des indications au lecteur. En particulier, répéter le calcul peut être une manière d'éviter de devoir faire une périphrase expliquant à quoi se réfère le nombre « 4 » qui va être utilisé dans l'opération suivante (j'ai évoqué plus haut que l'adjectif akkadien « *gamrum* » – voir l'entrée correspondante du glossaire des termes akkadiens – était parfois utilisé pour désigner le flanc complet d'un trapèze par opposition avec les flancs des bandes en lesquelles il est divisé, mais ce qualificatif reste assez peu courant et n'apparaît pas dans ce texte-ci). J. Høyrup va même un peu plus loin dans cette idée, en écrivant : « *The repetition in Str 367, however, is of the same kind as those of our symbolic calculation. Where we would write the same binomial $p + q$ (p and q being the proportionals) as components of two different algebraic expressions, the Old Babylonian calculator describes its calculation with those given numerical values which serve as their identifying names.* » (voir [HØYRUP2002] page 285). On note par ailleurs que deux mots semblent avoir été oubliés par le scribe dans le passage correspondant à cette succession de calculs, comme détaillé dans les notes philologiques de la section V1.5.1, mais que leur absence ne gêne pas la compréhension des opérations effectuées, qui sont très claires en suivant les valeurs numériques.

distance par la moitié du flanc total. Mais on remarque que le flanc de la bande trapézoïdale délimitée par ces deux transversales à mi-distance correspond justement à la moitié du flanc total. Ainsi, à travers cette succession d'opérations, on obtient, par un raisonnement de proportionnalité analogue à celui de la première partie, la variation de front du trapèze de flancs partiels 1 et 3 par bande de flanc 1, que l'on trouve être 2.42, comme indiqué sur le schéma ci-contre.



Ce dernier résultat semble alors être qualifié par le scribe de « calcul faux » (« *ma-nu LUL* », ligne 18).¹²¹ Si l'emploi du mot « calcul » à cet endroit est tout à fait inhabituel et pourrait s'avérer intéressant pour certaines études, ce qui retient notre attention ici est surtout l'adjectif « faux », qui nous incite à nous demander pourquoi la valeur 2.42 obtenue par l'enchaînement d'opérations décrit dans les deux paragraphes précédents n'est pas correcte.

Nous pouvons nous rappeler que nous avons déjà déterminé dans la première partie de la procédure la variation de front du trapèze sur chaque bande de flanc 1, et que nous avons alors trouvé un résultat différent, à savoir 9. Néanmoins, la variation de front par bande de flanc 1, qui est une sorte de « pente », est inversement proportionnelle au flanc, donc dépend, quelle que soit la manière dont on la calcule, des valeurs absolues des flancs partiels et pas seulement de leur rapport. Ainsi, dans un cas comme dans l'autre, le résultat obtenu n'est valable que pour le trapèze de flancs partiels 1 et 3, et pas pour le trapèze initial de flancs partiels inconnus, de sorte que les deux valeurs sont, avec ce point de vue, tout aussi fausses l'une que l'autre...

Pour comprendre pourquoi le résultat 2.42 obtenu ici est non seulement faux, mais, surtout, faux par opposition à un autre qui ne l'est pas, il nous faut changer légèrement de point de vue. En divisant la variation de front entre les deux transversales à mi-hauteur par le flanc de la bande qu'elles délimitent, nous avons certes obtenu la variation de front par bande de flanc 1 dans le trapèze dont les flancs partiels sont 1 et 3, mais également – même si l'on aurait pu attendre une multiplication par 1 qui le montre plus explicitement – la variation de front sur la bande supérieure de ce même trapèze. Et uniquement de ce trapèze-ci, puisque le raisonnement utilisé se base sur des calculs de surfaces, qui dépendent clairement des valeurs absolues des flancs partiels et pas seulement de leur rapport. Or, cette même variation avait par ailleurs été déterminée dans la première partie de la procédure comme valant 9, et nous avons déjà remarqué que ce résultat-là était pour sa part valable également dans le trapèze initial de flancs inconnus. Ainsi, pour résumer, nous avons obtenu ici, en passant par des calculs de surfaces, une fausse valeur, 2.42, de la variation de front sur la bande supérieure du trapèze considéré dans l'énoncé, dont nous connaissons par ailleurs, grâce à un raisonnement de proportionnalité, la vraie valeur, 9, comme indiqué dans le tableau ci-dessous.

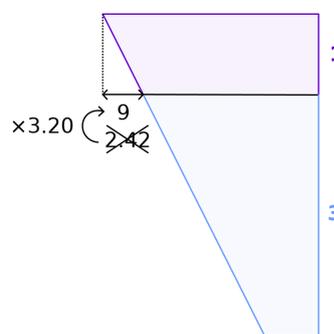
Immédiatement après cette remarque, le scribe cherche à diviser 9, la vraie valeur de la variation de front sur la bande supérieure du trapèze considéré, par 2.42, la fausse valeur qu'il a obtenue pour cette variation. Il commence pour cela par indiquer que « <l'inverse> de 2.42 n'est pas dénoué » (« <IGI> 2.42 NU.DU₈ », ligne 18), une phrase qui a été interprétée par certains commentateurs comme une erreur de sa part mais est probablement à comprendre

121. Voir les notes philologiques de la section V.1.5.1 pour une discussion des difficultés de lecture du passage en question et des raisons pour lesquelles la translittération retenue ici me paraît être la plus probable. Voir par ailleurs les entrées « *manûm* » et « *LUL* » des deux glossaires pour des précisions sur chacun de ces deux termes.

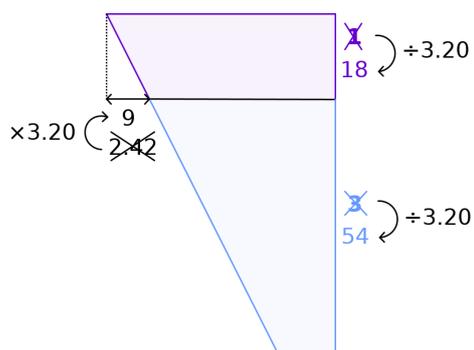
	Variation de front par bande de flanc 1	Variation de front sur la bande supérieure
Avec raisonnement de proportionnalité (première partie)	<p>● 9, « fausse valeur »</p> <p>Dépend des valeurs absolues des flancs partiels : résultat valable uniquement pour le trapèze de flancs partiels 1 et 3.</p>	<p>● 9, « vraie valeur »</p> <p>Dépend uniquement du rapport entre les flancs partiels : résultat valable également pour le trapèze de l'énoncé.</p>
Avec raisonnement sur des surfaces (deuxième partie)	<p>● 2.42, « fausse valeur »</p> <p>Dépend des valeurs absolues des flancs partiels : résultat valable uniquement pour le trapèze de flancs partiels 1 et 3.</p>	<p>● 2.42, « fausse valeur »</p> <p>Dépend des valeurs absolues des flancs partiels : résultat valable uniquement pour le trapèze de flancs partiels 1 et 3.</p>

TABLEAU V.5. « Vraies » et « fausses » valeurs dans la procédure de la tablette BNUS 367

de manière relativement neutre comme signifiant que l'inverse de 2.42 ne figure pas dans les tables d'inverses usuelles, ce qui est correct.¹²² Il aurait alors pu calculer facilement cet inverse en prenant la moitié de celui de 1.21, qui était bien connu puisqu'il constitue la dernière entrée des tables d'inverses standard, et terminer la division de manière habituelle. Mais il a préféré adopter une autre démarche et présenter plutôt la question sous forme d'une « multiplication à trou », en cherchant directement par combien multiplier 2.42 pour obtenir 9 (« EN.NAM *a-na* 2.42 HÉ.GAR *ša* 9 IN.SUM », ligne 19), ce qui est la solution ordinairement employée pour effectuer des divisions par des nombres irréguliers et fonctionne également dans le cas des nombres réguliers bien qu'elle ne s'y impose pas.¹²³ Il obtient finalement comme résultat 3.20, nombre qui, d'après ce que nous avons expliqué plus haut, correspond au rapport entre la vraie valeur et la fausse valeur de la variation de front sur la bande supérieure du trapèze.



Enfin, dans les lignes suivantes, le scribe calcule l'inverse du rapport 3.20 qu'il vient d'obtenir, qui est 18, puis il multiplie ce nombre d'une part par 1, ce qui lui donne 18 qu'il affirme être le flanc supérieur, et d'autre part par 3, ce qui lui donne 54 qu'il affirme être le front inférieur.¹²⁴ Cette étape, qui clôture ce que l'on peut identifier comme la deuxième partie de la procédure, se comprend bien : avec la manière dont nous l'avons calculée, en divisant les aires des deux bandes par leurs flancs respectifs, la fausse valeur de la variation de front est inversement



122. Voir les notes philologiques de la section V.1.5.1 ci-dessus et l'entrée « DU₈ » du glossaire des sumérogrammes pour des précisions sur cette phrase et une justification de la traduction que j'en ai retenue.

123. Voir l'entrée « GAR » du glossaire des sumérogrammes pour une analyse de cette formule, ainsi que [THUREAU-DANGIN1938a] pages 225-226 ou [HØYRUP2002] pages 27-30 pour une discussion de son emploi.

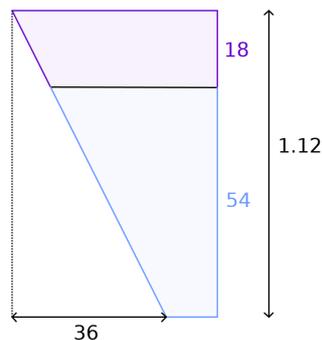
124. On constate encore une fois que la multiplication par 1 est décrite de manière explicite dans le texte. Comme indiqué plus haut, je discuterai ce point dans le commentaire d'ensemble de la section V.1.5.7 ci-après.

proportionnelle aux portions de flanc, de sorte qu'il suffit, pour passer des fausses valeurs 1 et 3 assignées à celles-ci aux vraies valeurs que l'on cherche, de multiplier les premières par l'inverse du rapport entre la vraie et la fausse variation de front, ce qui est fait ici.

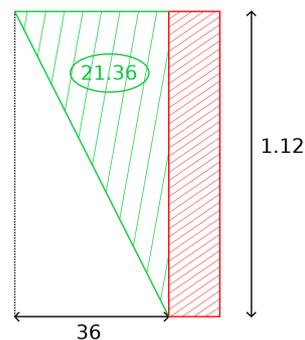
V.1.5.6. Détermination des fronts et de la transversale (lignes 23 à 28)

À ce stade, nous avons déterminé les variations de front de chacune des deux bandes du trapèze ainsi que leurs flancs, et il nous reste donc, pour répondre complètement à la question de l'énoncé, à trouver les deux fronts et la transversale.

Pour ce faire, le scribe commence par prendre la moitié de 36, que nous savons être la différence entre le front supérieur et le front inférieur du trapèze, et multiplier le résultat 18 par 1.12.¹²⁵ Au moment où ce dernier nombre est introduit, on ne sait a priori pas à quoi il correspond puisqu'il ne figure pas dans l'énoncé, qu'il n'est pas apparu comme résultat d'une opération effectuée plus tôt et qu'il n'est pas non plus assorti d'une périphrase servant à l'identifier. Toutefois, bien que le calcul qui permette de l'obtenir ne soit pas fourni, on comprend assez facilement qu'il doit s'agir du flanc total du trapèze dont les flancs partiels ont été déterminés comme étant 18 et 54, et cela est effectivement confirmé par une incise deux lignes plus loin (« 1.12 UŠ », ligne 25).¹²⁶



Ainsi, dans cette première étape de la dernière partie, le scribe multiplie la moitié de la différence entre les deux fronts du trapèze par son flanc total. Comme de plus la tournure employée pour décrire le calcul de la moitié est la tournure « brise 1/2 de 36 » (« 1/2 36 GAZ », ligne 23), qui est celle désignant des divisions en deux parties nécessairement égales telles que celles effectuées dans le cadre de calculs d'aires, et que le verbe utilisé pour décrire la multiplication est le verbe « élever » (« NIM », ligne 23), qui est celui désignant les multiplications permettant de déterminer des grandeurs concrètes telles que des aires, cette succession d'opérations vient avec une interprétation géométrique assez claire, qui se voit bien dans le cas où le trapèze est rectangle : celui-ci se découpe naturellement en un rectangle ayant pour côtés le front inférieur du trapèze et son flanc adjacent à l'angle droit – repéré par des hachures rouges serrées sur le schéma ci-contre – et un triangle rectangle ayant pour côtés la portion du front supérieur qui dépasse du front inférieur et l'autre flanc – repéré par des hachures vertes espacées –, et les calculs que nous venons de décrire correspondent alors exactement à la détermination de l'aire de ce triangle.¹²⁷ Le résultat de ces calculs n'est pas donné explicitement, mais on le trouve un peu plus loin comme opérande d'une autre opération et l'on constate alors que c'est 21.36, comme indiqué sur le schéma ci-contre.

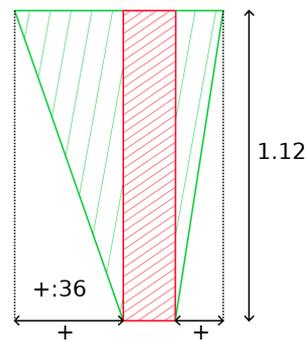


125. Comme je l'ai signalé dans les notes philologiques ci-dessus, et contrairement à ce qui est indiqué dans tous les travaux précédents, le résultat du calcul de la moitié de 36 figurant sur la tablette est bien correct. On trouvera par ailleurs dans les notes philologiques une discussion du démonstratif inhabituel qui semble souligner ce nombre.

126. J. Høyrup propose plusieurs hypothèses pour expliquer que les calculs du flanc total (discuté ici) et de la surface totale (mentionné plus loin) ne soient pas donnés dans le texte, et retient comme plus probable celle selon laquelle l'ensemble de la configuration étudiée aurait été déjà familier au scribe avant qu'il ne commence à rédiger le problème, ce qui est une idée intéressante même s'il me semble que nous manquons d'éléments pour l'appuyer. Voir à ce sujet [HØYRUP2002] page 243, et notamment la note 268.

127. Voir les entrées « GAZ » et « NIM » du glossaire des sumérogrammes pour des précisions sur ces verbes.

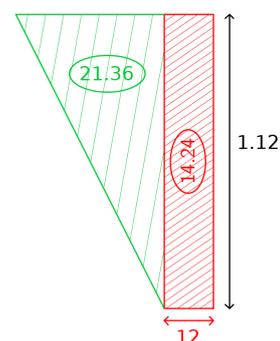
Dans le cas où le trapèze ne serait pas rectangle, que nous avons provisoirement écludé, le découpage que nous avons décrit peut être adapté : on peut diviser le trapèze en un rectangle ayant pour côtés son front inférieur et les hauteurs issues des extrémités de ce front – à nouveau repéré par des hachures rouges serrées sur le schéma ci-contre – et deux triangles rectangles ayant chacun pour côtés l’une des parties du front supérieur dépassant du front inférieur et l’une des hauteurs déjà mentionnées – à nouveau repérés par des hachures vertes espacées. Bien que cela saute moins aux yeux, ce qui est calculé en multipliant la moitié de la différence des fronts par le flanc total est alors la somme des aires des deux triangles rectangles ainsi formés, ou, du moins une approximation de la somme de ces aires obtenue en utilisant les flancs « penchés » plutôt que les flancs « droits ». À partir de ce découpage adapté, et en acceptant l’approximation mentionnée, les explications à venir, que je donnerai uniquement dans le cas rectangle par commodité, s’appliqueront sans problème au cas non rectangle.



À la ligne suivante apparaît un nombre 36 qui est qualifié de « surface » (« 36 A.šÀ », ligne 24). Cette incise attire notre attention sur le fait que cette occurrence de « 36 » n’a pas le même sens que les précédentes, qui se rapportaient à la somme des différences entre le front supérieur et la transversale et entre la transversale et le front inférieur, et nous donne une indication sur ce que celle-ci peut désigner. Or, on remarque que la somme des aires des deux bandes, 13.3 et 22.57, est exactement 36. On comprend ainsi, bien que le calcul permettant de le déterminer ne soit pas donné explicitement, que ce qui est considéré à cet endroit est l’aire totale du trapèze.¹²⁸



Il est alors effectué, entre cette aire totale 36 et le résultat 21.36 du calcul précédent, une opération qui est désignée par un signe problématique mais qui est clairement une soustraction d’un point de vue arithmétique étant données les valeurs numériques impliquées : on retranche 21.36 à 36 et l’on obtient 14.24.¹²⁹ Cela a également un sens géométrique puisque, dans le prolongement de l’interprétation commencée ci-dessus, on retranche à l’aire totale du trapèze celle du triangle rectangle que nous avons repéré en vert et l’on obtient ainsi l’aire du rectangle repéré en rouge.



Le scribe calcule ensuite l’inverse de 1.12 et multiplie le résultat par 14.24. Autrement dit, si l’on se rappelle ce à quoi fait référence chacun des nombres, il divise la surface du rectangle hachuré par le flanc total du trapèze. Comme le flanc total du trapèze est, par construction, également le flanc du rectangle, il obtient ce faisant – et bien que le texte ne le précise pas – le front du rectangle, que l’on trouve être 12, comme indiqué sur le schéma ci-contre.

128. Voir la note 126 ci-dessus pour une hypothèse de J. Høyrup concernant le fait que le calcul n’est pas donné.
 129. Plus précisément, ce que l’on lit est « DU₈ », le verbe sumérien que je traduis par « dénouer » et qui est normalement utilisé pour désigner le calcul d’un inverse, alors que l’on attendrait « ZI », le verbe sumérien que je traduis par « retrancher » et qui sert à désigner l’opération consistant à ôter d’une grandeur une autre grandeur qui en est une partie. On pourra se reporter aux entrées correspondantes du glossaire des sumérogrammes pour davantage d’informations sur chacun de ces deux termes, ainsi qu’aux notes philologiques de la section V.1.5.1 pour une discussion du décalage observé et des explications qui en ont été proposées.

Une fois ceci établi, il achève son raisonnement de manière à déterminer les trois grandeurs demandées. Il ajoute tout d'abord le 12 obtenu à 36, qui peut être vu d'après l'énoncé comme la différence entre le front supérieur et le front inférieur et correspond donc également à la différence entre le front supérieur et le front du rectangle, ce qui lui donne, de manière très visuelle, le front supérieur du trapèze, qu'il trouve être 48.¹³⁰ Il ajoute ensuite ce même 12 à 27, qui a été déterminé dans la première partie de la procédure comme étant la différence entre la transversale et le front inférieur et correspond donc également à la différence entre la transversale et le front du rectangle, et obtient ainsi, toujours de manière très visuelle, la longueur de la transversale, qu'il trouve être 39. Enfin, il indique, sans avoir besoin d'effectuer d'opération supplémentaire, que le front inférieur du trapèze, qui est le même que celui du rectangle, est 12.



L'ordre dans lequel le scribe conclut ici doit d'ailleurs nous interpeller. En effet, il pourrait être tentant de penser suite à une lecture trop rapide qu'il détermine en premier le front inférieur du trapèze, dès la première occurrence du nombre « 12 » à la ligne 26, avant d'en déduire les deux autres grandeurs demandées, mais le fait qu'il termine au contraire en indiquant la valeur de ce front inférieur montre qu'il n'en est vraisemblablement rien et donne du crédit à l'interprétation géométrique proposée : lorsqu'il apparaît pour la première fois, le nombre 12 semble bel et bien devoir être compris comme le front du rectangle, et lui seul, et ce n'est que dans un second temps que celui-ci est relié au trapèze pour en calculer, selon une progression visuelle de haut en bas, les trois dimensions cherchées.¹³¹

V1.5.7. *Commentaire d'ensemble : un raisonnement de fausse position ?*

À l'issue de ces longues explications, il apparaît que le problème de la tablette BNUS 367 se rattache au thème courant du partage de trapèze mais est moins classique et plus subtil que ce que l'on pourrait croire de prime abord.¹³² Cherchant à déterminer les différents côtés des deux bandes d'un trapèze dont on connaît les surfaces, le rapport des flancs et la somme des variations de front, le scribe propose une procédure de résolution en trois temps, que nous pouvons résumer de la manière suivante. Dans un premier temps, il attribue les valeurs 1 et 3 aux flancs des deux bandes qui sont d'après l'énoncé dans un rapport de 1 à 3, puis calcule, par un raisonnement de proportionnalité, la variation de front sur chacune de ces deux bandes dans le trapèze ainsi introduit. Dans la mesure où la démarche qu'il adopte pour ce faire ne dépend pas des valeurs absolues des flancs en question mais seulement de leur rapport, les résultats qu'il obtient sont également valables dans le trapèze initial de flanc inconnu.¹³³ Dans un deuxième temps, toujours en se plaçant dans le trapèze dont les flancs des deux bandes

130. Ainsi que je l'ai signalé dans les notes philologiques de la section V1.5.1, le nombre tel qu'on le lit sur la tablette est « 22 » et non « 12 ». Cependant, les valeurs numériques des opérandes et du résultat de l'opération, la cohérence avec ce qui précède ainsi que le sens géométrique du calcul tendent tous à indiquer qu'il s'agit là d'une simple étourderie de la part du scribe et non d'une erreur plus importante.

131. Ce point avait déjà été relevé par J. Høyrup, dans [HØYRUP2002] page 243.

132. Les lecteurs intéressés pourront en apprendre plus sur les problèmes de partage de trapèze dans les mathématiques mésopotamiennes en consultant les articles [PROUST2012b] et sa version révisée [PROUST2022], [FRIBERG2013], et [OSSENDRIJVER2018]. Nous reviendrons par ailleurs sur ce sujet dans l'étude de la tablette YBC 4675 proposée à la fin de ce chapitre et celle de la tablette MS 3052 proposée dans le chapitre suivant.

133. O. Neugebauer et J. Høyrup expliquent cette partie de la procédure de manière similaire sur le fond, en la présentant comme basée sur un raisonnement de proportionnalité, mais en passant totalement sous silence la façon dont le fait d'avoir commencé par « poser 1 et 3 » s'y articule, ce qui est pourtant selon moi l'un des points essentiels dans l'analyse de ce texte. J. Friberg l'explique pour sa part sous l'angle du calcul d'une « pente fausse »,

sont pris comme étant 1 et 3, il calcule à nouveau la variation de front sur la bande supérieure, mais cette fois par un raisonnement faisant intervenir des calculs d'aires. Étant donné que la démarche qu'il adopte dépend cette fois bel et bien des valeurs absolues des flancs considérés et plus seulement de leur rapport, le nouveau résultat qu'il obtient n'est cette fois pas correct dans le trapèze initial de flanc inconnu. Il détermine alors le facteur entre la valeur trouvée par cette deuxième méthode, qu'il qualifie de « fausse », et celle qu'il sait être juste d'après la première méthode, puis « corrige » les valeurs 1 et 3 prises pour les flancs des deux bandes en utilisant ce facteur.¹³⁴ Enfin, dans un troisième temps, il déduit des variations de front et des flancs partiels qu'il a déterminés ce que valent les deux fronts et la transversale du trapèze considéré en effectuant un raisonnement géométrique basé sur un découpage de ce dernier.¹³⁵

Après avoir été seulement en partie compris par O. Neugebauer, qui ne parvenait pas à faire sens de la fin de la deuxième partie, ce raisonnement a été décrit par J. Høyrup, qui développait ce faisant une idée qui lui avait été soumise par J. Friberg, comme un raisonnement de fausse position.¹³⁶ Ce que les historiens des mathématiques appellent la « méthode de fausse position », ou plus précisément la « méthode de fausse position simple » dans le cas qui nous occupe, est une méthode attestée dans de nombreuses documentations anciennes et moins anciennes qui permet de résoudre un problème linéaire à une inconnue en choisissant arbitrairement une valeur pour cette inconnue, calculant alors à partir de cette valeur une grandeur connue par l'énoncé, regardant quel est le rapport entre le résultat ainsi obtenu et celui que l'on aurait voulu obtenir, et enfin corrigeant par proportionnalité la valeur choisie au départ afin de déterminer la solution du problème.¹³⁷ Le fait que l'on « pose » ici, au début de la procédure, des valeurs pour des grandeurs inconnues (« 1 ù 3 HÉ.GAR », ligne 1), et que

sur lequel je donnerai un avis plus loin. Enfin, A. Morales, M. Morales et M. Troudet l'envisagent de manière plus géométrique, en introduisant deux triangles semblables dans le trapèze de flancs partiels 1 et 3, ce qui constitue une variante astucieuse qu'il me semble utile de rapporter même si elle est moins conforme à l'ordre exact des opérations dans le texte et aux types de découpages que l'on rencontre généralement dans les mathématiques paléo-babyloniennes (voir leurs explications et leur schéma dans [MORALES&TROUDET2013] page 334).

134. Cette partie de la procédure est celle dont l'interprétation est la plus variable dans les commentaires précédents, et seule l'explication proposée par J. Høyrup – dont celle donnée ici est proche, et que l'on pourra consulter dans [HØYRUP2002] pages 241-242 pour une formulation qui donne un peu moins de sens géométrique mais peut être éclairante par d'autres aspects – est convaincante. O. Neugebauer la décrit au moyen de formules algébriques qui, au-delà de la forme, ne me semblent pas correspondre à ce qui est fait dans le texte (il introduit par exemple des coefficients pour traduire la proportionnalité des deux portions de flancs, etc), et il reconnaît lui-même qu'il ne parvient pas à faire sens de la dernière étape : « *Diese letzte Rechnung wird nun im Text umwegig geführt. (...) Der Sinn dieses Umweges ist mir unklar.* » (voir [NEUGEBAUER1935a] page 263). J. Friberg l'explique pour sa part comme une deuxième version du calcul d'une « pente fausse » et la comparaison de celle-ci à celle obtenue dans la première partie, ce qui, bien que ressemblant dans les grandes lignes à ce que nous avons exposé avec la variation de front sur la bande supérieure, est en fait très différent – puisqu'il y a alors deux valeurs fausses au lieu d'une vraie et une fausse – et correspond beaucoup moins bien aux opérations prescrites dans le texte. Enfin, A. Morales, M. Morales et M. Troudet en donnent une explication qui manque selon moi de sens géométrique, et qui, surtout, les conduit naturellement au rapport de 5.24 et 18 plutôt qu'à celui de 2.42 et 9 considéré dans le texte.

135. Tous les commentaires précédents expliquent cette partie de la même manière que celle que j'ai proposée ci-dessus – même s'ils ne conservent pas systématiquement l'ordre dans lequel le scribe conclut, sur lequel nous nous sommes attardés dans la section V.1.5.6 – et J. Høyrup souligne que l'interprétation géométrique y est vraiment palpable : « (...) *the rectangle is palpably there; at this final point of the calculation, even [MKT] finds it necessary to give a geometrical interpretation* » (voir [HØYRUP2002] page 243).

136. Voir [HØYRUP2002] page 241. J. Friberg a par la suite également exposé sa propre analyse en termes de fausse position dans son livre [FRIBERG2007b], mais, pour les raisons déjà évoquées dans la note 134, celle-ci est beaucoup moins satisfaisante – et, de plus, encore plus éloignée de la forme standard de la méthode.

137. On trouvera une présentation générale de la méthode de fausse position, ainsi que de nombreux exemples d'emploi de cette dernière dans diverses documentations mathématiques, dans le livre [GAVIN&SCHÄRLIG2012] et le troisième chapitre du livre [CHABERT2010]. On trouvera par ailleurs quelques éléments sur son utilisation en Mésopotamie dans [HØYRUP2002] pages 101-102.

l'un des résultats obtenus plus loin semble être explicitement qualifié de « faux » par le scribe (« *ma-nu LUL* », ligne 18), justifie pleinement que l'on envisage cette explication. Si l'on regarde la succession d'opérations effectuées de manière un peu plus attentive, on s'aperçoit toutefois que plusieurs détails ne correspondent pas exactement au schéma que nous venons de décrire. Premièrement, on ne détermine pas, dans la partie de la procédure concernée, une seule inconnue, mais deux, entre lesquelles le rapport est connu ; cela revient bien sûr parfaitement au même d'un point de vue purement mathématique mais change tout de même de manière non négligeable la façon de présenter les choses.¹³⁸ Deuxièmement, la grandeur calculée à partir des valeurs posées au départ ne leur est ici pas proportionnelle mais inversement proportionnelle ; encore une fois, cela n'a presque aucune incidence d'un point de vue purement mathématique mais modifie néanmoins la manière de conclure le raisonnement. Enfin, troisièmement, et principalement, les valeurs choisies au début ne sont ici pas utilisées une unique fois pour comparer un résultat obtenu à partir d'elles à une donnée de l'énoncé, mais deux fois, de deux façons différentes : une première fois pour calculer une grandeur d'une manière qui ne dépend pas d'elles et fournit ainsi un résultat juste, et une deuxième fois pour calculer à nouveau la même grandeur d'une manière qui dépend d'elles et fournit ainsi un résultat faux pouvant être comparé au premier, ce qui leur donne un statut bien plus complexe que celui de simples valeurs fausses à rectifier. Cependant, en dépit de ces variations et subtilités, tous les ingrédients qui font l'essence de la méthode de fausse position simple sont bien présents, que ce soit le fait que l'on commence par attribuer des valeurs arbitraires à des grandeurs que l'on ne connaît pas et que l'on cherche à déterminer, le fait que l'on calcule en utilisant ces valeurs arbitraires une valeur incorrecte d'une dimension dont on a par ailleurs déterminé la valeur correcte, et le fait que l'on déduise d'une comparaison entre la valeur correcte et la valeur incorrecte le facteur à appliquer aux valeurs arbitraires de départ pour les corriger.¹³⁹ Il me semble ainsi effectivement, en prenant en compte tous les éléments que nous avons exposés, qu'il est tout à fait pertinent de voir dans cette procédure un raisonnement de fausse position comme proposé par J. Friberg et J. Høyrup – certes pas exactement la méthode de fausse position usuelle sous sa forme la plus standard, mais du moins une démarche guidée par la même idée générale.¹⁴⁰

Une autre manière d'appréhender cette procédure, qui est mentionnée dans le commentaire de [MORALES&TROUDET2013] et évoquée à demi-mot dans celui de [HØYRUP2002], consiste à l'envisager sous l'angle d'un raisonnement basé sur des affinités orthogonales.¹⁴¹ En effet, ces transformations géométriques, qui consistent à appliquer aux figures un « écrasement » ou une « dilatation » selon une direction tout en les laissant inchangées selon l'autre direction (comme illustré par le schéma ci-dessous), sont fréquemment utilisées dans les ma-

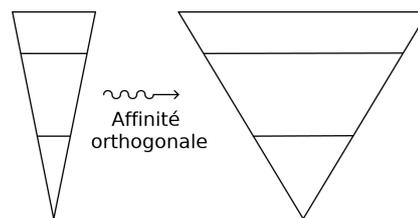
138. Je parle bien sûr seulement ici des deux premières parties de la procédure, qui sont celles concernées par une explication en termes de méthode de fausse position ; les grandeurs déterminées dans la troisième partie le sont, comme nous l'avons vu, d'une toute autre manière, et n'interviennent donc pas dans cette discussion.

139. L'adjectif « arbitraire » est sans doute trop fort ici, puisque les valeurs posées d'une part respectent le rapport de 1 à 3 donné par l'énoncé et d'autre part sont les plus simples que l'on puisse choisir en respectant ce rapport. Je l'emploie seulement pour mettre en exergue le fait que le choix de ces valeurs a été fait alors que de nombreux autres auraient également pu être faits, sans que cela ne signifie qu'il n'y a pas de raisons à ce choix.

140. Notons qu'il s'agit – encore une fois – d'un changement de point de vue par rapport à mon mémoire de master [REYNAUD2016], dans lequel, me focalisant davantage sur les points de détail que sur l'esprit général de la procédure, j'avais à tort écarté cette manière de la comprendre.

141. Voir [MORALES&TROUDET2013] page 335, où il est indiqué, bien que l'explication d'ensemble ne soit pas complètement satisfaisante, que le scribe « *veut alors calculer le rapport de l'affinité orthogonale qui permet de passer du trapèze initial au trapèze réduit* », et [HØYRUP2002] page 244, où il est précisé, même si l'idée n'est pas vraiment exploitée, que « *the only situation where the presence of two mutually reciprocal factors of proportionality makes sense is indeed when they are used as scaling factors along the two dimensions of a surface, thereby conserving the area* ».

thématiques paléo-babyloniennes et interviennent notamment dans le cadre d'une démarche courante qui consiste à transformer une configuration géométrique dans laquelle on ne sait pas résoudre un problème en une configuration plus simple dans laquelle on sait le résoudre (transformer un rectangle en carré, un trapèze quelconque en trapèze de pente unitaire, etc), trouver la valeur cherchée dans cette configuration simplifiée, et en déduire la solution au problème initial en transformant à nouveau la configuration et/ou en multipliant le premier résultat obtenu par le coefficient adéquat.¹⁴² Ici, la situation et la démarche adoptée ne sont pas celles-ci : on ne modifie pas une grandeur que l'on connaît afin de se placer dans une configuration qui aurait de meilleures propriétés, mais on assigne à des grandeurs que l'on ne connaît pas des valeurs plus ou moins quelconques afin de se placer dans une configuration dans laquelle on dispose de suffisamment de données numériques pour pouvoir faire des calculs, ce qui est fondamentalement très différent. En revanche, cela ne signifie pas que le raisonnement ne recourt pas à des affinités, et je suis au contraire finalement parvenue à en trouver une interprétation en ces termes, qui constitue une alternative intéressante et convaincante à la formulation en termes de fausse position.¹⁴³



Dans la première partie de la procédure, en « posant 1 et 3 », on applique au trapèze de départ une affinité orthogonale qui « écrase » le flanc que l'on considère de manière à lui donner la longueur $1 + 3$ et laisse les fronts inchangés. Puisque la somme des variations de front des deux bandes est conservée par cette transformation, on peut utiliser la donnée 36 de l'énoncé dans le trapèze obtenu. Cela nous permet d'y déterminer, par proportionnalité, les valeurs des deux variations en question. Et, toujours puisque les variations de front sont conservées par la transformation effectuée, les résultats trouvés, 9 et 27, sont en fait également valables dans le trapèze de départ. Dans la deuxième partie de la procédure, de manière moins explicite, on applique cette fois au trapèze de départ une double affinité orthogonale qui, d'une part, « écrase » toujours le flanc que l'on considère de manière à lui donner la longueur $1 + 3$, et, d'autre part, « dilate » les fronts du même facteur. Puisque les aires sont conservées par cette nouvelle transformation, on peut utiliser les données 13.3 et 22.57 de l'énoncé dans le trapèze obtenu. Celles-ci nous permettent d'y déterminer, d'une manière qui n'est pas totalement évidente mais que nous avons déjà expliquée plus haut, une nouvelle valeur pour la variation de front de la bande supérieure. Mais, puisque les variations de front ne sont cette fois pas conservées par la transformation effectuée, le résultat trouvé de cette façon, 2.42, n'est pas valable dans le trapèze de départ. Plus précisément, la valeur obtenue à cet endroit est « trop petite », d'un facteur que l'on est en mesure de déterminer en comparant les deux trapèzes transformés, et qui vaut 9 divisé par 2.42, c'est-à-dire 3.20. Autrement dit, pour ne pas modifier le trapèze de départ en effectuant la deuxième transformation, il aurait fallu « dilater » ses fronts 3.20 fois plus, et donc également « écraser » son flanc 3.20 fois plus. Ceci nous permet de

142. Les lecteurs intéressés trouveront quelques mots sur l'utilisation d'affinités orthogonales dans les mathématiques paléo-babyloniennes dans [HØYRUP2002] pages 99-100. Nous rencontrerons par ailleurs un bon exemple d'utilisation de cette démarche dans le chapitre dédié à la tablette MS 3052 ci-après.

143. C'est la conviction personnelle de C. Proust, qui a toujours eu l'intuition que des transformations géométriques devaient intervenir dans ce raisonnement même si personne n'avait proposé d'explication d'ensemble en ce sens jusque là (voir en particulier la note 19 dans mon mémoire de master [REYNAUD2016] page 56), qui m'a incitée à persévérer dans cette direction et m'a finalement permis d'aboutir – plus de sept ans après avoir commencé à travailler sur la tablette – à la manière suivante d'envisager sa procédure. Si celle-ci est évidemment semblable sur beaucoup de points à l'explication en termes de fausse position, elle introduit néanmoins un angle de vue qui n'était pas du tout présent dans les commentaires antérieurs et clarifie certains aspects.

déduire que les longueurs des flancs partiels considérés dans le trapèze de départ sont 1 divisé par 3.20, c'est-à-dire 18, et 3 divisé par 3.20, c'est-à-dire 54. L'ensemble de ce raisonnement géométrique est illustré sur le schéma de la figure V.23 ci-après, et la troisième partie de la procédure s'explique alors comme nous l'avons fait dans la section V.1.5.6.

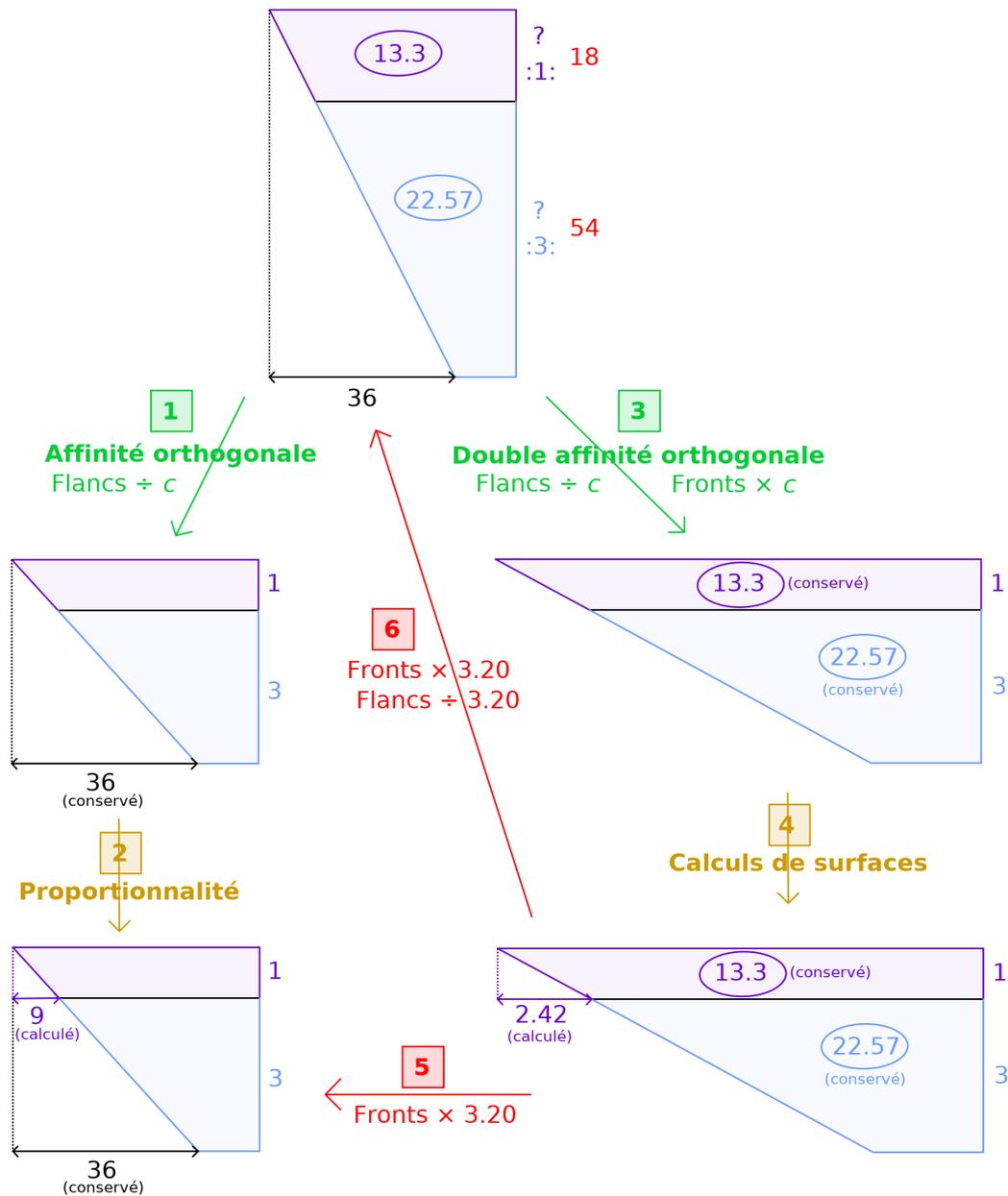


FIGURE V.23. Explication de la procédure de la tablette BNUS 367 au moyen d'affinités orthogonales

Il est difficile de savoir laquelle de ces deux lectures, celle adoptant le point de vue de la méthode de fausse position ou celle adoptant le point de vue des affinités orthogonales, qui sont d'ailleurs assez proches l'une de l'autre sous leurs habillages différents, est la plus fidèle à la démarche de l'auteur et la plus adaptée pour expliquer la résolution du problème. Mais il me semble en tout cas qu'elles nous permettent, par leurs éclairages complémentaires, de nous faire une très bonne idée du raisonnement sous-tendant cette dernière.

Dans un cas comme dans l'autre, il nous faut prendre le temps de revenir brièvement sur la question de la forme du trapèze. Ainsi que nous l'avons constaté en expliquant le texte, deux des étapes du raisonnement ne fournissent un résultat exact que dans le cas où le trapèze est rectangle et où le flanc considéré est celui qui se trouve du côté de l'angle droit : d'une part le calcul de la moyenne des fronts des bandes en divisant leur aire par leur flanc dans la deuxième partie de la procédure et d'autre part le calcul de l'aire du ou des triangle(s) dépassant de la bande rectangulaire du trapèze dans la troisième partie. Lorsque le trapèze n'est pas rectangle, ou que le flanc sur lequel nous avons des informations n'est pas pris du bon côté, ces deux étapes fournissent uniquement des approximations du résultat voulu, plus ou moins bonnes selon que l'angle concerné est plus ou moins proche d'un angle droit. Ce point a été étonnamment peu discuté dans la littérature antérieure, où le raisonnement a généralement été expliqué uniquement dans le cas où le trapèze est rectangle sans aucun commentaire à cet égard.¹⁴⁴ Il est vrai qu'il s'agit d'un sujet délicat étant donné que la question de savoir si la distinction entre valeurs exactes et valeurs approchées, qui nous paraît cruciale avec notre regard moderne, avait un sens dans les mathématiques paléo-babyloniennes, a été très peu étudiée par les historiens.¹⁴⁵ Néanmoins, il est relativement clair, au vu d'un certain nombre de cas, que les auteurs de textes mathématiques de cette période avaient conscience que les procédures usuelles et simples pour calculer des aires à partir de fronts et de flancs s'appliquaient beaucoup mieux dans certaines situations que dans d'autres, ce qui implique que le recours aux dites procédures dans le texte qui nous occupe n'est probablement pas anodin et doit nous interpeller.¹⁴⁶ Nous y reviendrons dans la section sur les interactions entre le texte et le diagramme ci-après.

Pour finir, un dernier point qui appelle notre attention est le fait que, à différentes reprises au cours de la procédure de résolution, des opérations « neutres » faisant intervenir le nombre 1 sont décrites de manière explicite : multiplication de 9 par 1 dans la première partie (« 9 a-na 1 NIM 9 IN.SUM », lignes 8-9), calcul de l'inverse de 1 et multiplication de 13.3 par 1 au début de la deuxième partie (« IGI 1 DU₈ 1 a-na 13.3 NIM 13.3 IN.SUM », lignes 12-13), et multiplication de 18 par 1 à la fin de cette même partie (« 18 a-na 1 NIM 18 UŠ.AN.NA », ligne 21). La présence de ces opérations remplit plusieurs fonctions, que l'on peut par exemple analyser dans le cas de la première d'entre elles : en multipliant explicitement 9, la variation de front par bande de flanc 1, par 1, le flanc de la bande supérieure, afin d'obtenir 9, la variation de front sur la bande supérieure, l'auteur du texte souligne premièrement le changement de statut entre le premier « 9 » et le deuxième, qu'il est essentiel de saisir pour comprendre la suite de la procédure, deuxièmement le parallélisme entre le présent calcul et celui effectué immédiatement après pour déterminer de la même façon la variation de front de la bande inférieure, qu'il est utile de percevoir pour se faire plus aisément une idée d'ensemble du raisonnement, et troisièmement

144. O. Neugebauer, J. Høyrup et J. Friberg expliquent tous trois le début de la deuxième partie de la procédure en faisant intervenir les calculs de surfaces que nous avons mentionnés et la troisième partie en découpant le trapèze comme nous l'avons décrit, en ayant certes auparavant fourni un schéma sur lequel ils représentent le trapèze comme rectangle, mais sans jamais discuter si l'on peut effectivement considérer qu'il l'est et ce qu'il adviendrait si ce n'était pas le cas. On trouve par ailleurs dans l'article [MORALES&TROUDET2013] une remarque selon laquelle « nous pouvons supposer que le trapèze est rectangle » car « les résultats sont indépendants de la forme du trapèze à condition que la transversale soit parallèle aux bases » (page 334), mais cette affirmation, qui est certes valable pour le calcul de la longueur de la transversale dans un trapèze partagé en deux bandes de même aire (voir par exemple [PROUST2022]), n'est pas correcte dans la situation présente.

145. On trouve dans le neuvième chapitre de [MIDDEKE-CONLIN2020] une discussion sur les arrondis dans les textes mathématiques et économiques du royaume paléo-babylonien de Larsa, mais il s'agit d'un aspect différent des approximations dont il est question ici.

146. Cette distinction est en particulier la raison d'être de la procédure présentée dans la tablette YBC 8633 que nous étudierons dans la partie suivante.

la présence d'une opération qui n'a ici aucune incidence numérique mais pourrait en avoir une dans d'autres cas, qu'il est indispensable d'identifier pour être capable d'appliquer la procédure à des données différentes. Ainsi, il me semble que le choix du scribe d'exposer les opérations « neutres » faisant intervenir le nombre 1 de la même façon que les autres – qui, soit dit en passant, n'est pas rare dans les textes mathématiques paléo-babyloniens – témoigne à la fois d'une volonté de généralité, c'est-à-dire d'une volonté de présenter au lecteur un algorithme qui puisse être reproduit avec d'autres valeurs numériques, et d'une volonté de justification, c'est-à-dire d'une volonté de permettre au lecteur de comprendre le raisonnement qui conduit aux réponses trouvées et donc de se convaincre par lui-même que celles-ci sont correctes.¹⁴⁷

Avec à l'esprit les indices sur le contexte du document que nous avons tenté de rassembler, les différentes propriétés matérielles du diagramme que nous avons décrites, les explications détaillées de la procédure que nous avons proposées, et les autres points d'intérêt que nous avons soulevés, nous disposons maintenant de tous les éléments possibles pour explorer la manière dont le texte et le diagramme de cette tablette s'articulent l'un à l'autre.

V.1.6. Analyse des interactions entre le texte et le diagramme

Dans la partie consacrée à sa description détaillée, nous avons observé que le diagramme apparaissant en haut de la face de la tablette BNUS 367 présentait des caractéristiques qui correspondent en tous points à celles de la tradition commune de production de diagrammes en relation avec des textes mathématiques que j'ai mise en évidence pour la Babylonie paléo-babylonienne dans le chapitre I de la première grande partie.

Plus précisément, ce diagramme montre un trapèze divisé en deux parties par une ligne transversale parallèle à ses bases, ce qui correspond à l'une des configurations géométriques du répertoire paléo-babylonien standard. Ce trapèze est de plus dessiné « couché » par rapport au texte discursif apparaissant sur la même tablette, avec sa grande base sur la gauche et sa petite base sur la droite, et avec ceux de ses angles qui pourraient être droits en haut, ce qui correspond à l'orientation usuelle de cette forme géométrique. Le dessin est par ailleurs complété par quatre inscriptions qui consistent toutes en des nombres écrits soit dans le système de numération sexagésimal positionnel flottant soit dans un système qui peut entre autres être celui-ci, ce qui correspond au type d'inscriptions le plus fréquemment rencontré sur les diagrammes mathématiques paléo-babyloniens de Babylonie associés à du texte. Enfin, ces quatre inscriptions sont écrites horizontalement de la gauche vers la droite, à l'intérieur des bandes du trapèze pour deux d'entre elles et au-dessus du long côté situé en haut pour les deux autres, ce qui constitue des positions tout à fait courantes dans ce même cadre.

Maintenant que nous avons lu et expliqué le problème résolu qui suit ce diagramme, nous sommes en mesure de reprendre les différents éléments ainsi relevés pour les mettre en lien avec le contenu de ce problème et ainsi analyser de quelle manière le texte et le diagramme présents sur cette tablette s'articulent l'un à l'autre.

V.1.6.1. Une illustration de l'énoncé ?

Une première question naturelle qui se pose, étant donnés les avis exprimés par certains commentateurs que j'ai mentionnés dans le chapitre III, est celle de savoir si ce diagramme semble illustrer l'énoncé du problème auquel il est associé. Plusieurs observations peuvent être faites pour répondre à cette question.

147. J'évoque ici de manière un peu naïve ces thèmes complexes sur lesquels je n'ai pas travaillé moi-même, mais les lecteurs intéressés pourront par exemple consulter les ouvrages collectifs [CHEMLA2012] et [CHEMLA&al2016].

On constate en premier lieu que l'objet montré par le dessin géométrique, à savoir un trapèze divisé en deux bandes, correspond exactement à l'objet décrit au début de l'énoncé du problème. Le dessin rend de plus cette configuration géométrique de manière relativement fidèle, même si les traits le constituant ne sont pas parfaitement rectilignes et que certains d'entre eux, en particulier sur la droite, dépassent nettement des intersections auxquelles on peut penser qu'ils étaient supposés s'arrêter.

La reconstitution partielle de l'ordre de tracé à laquelle j'ai procédé dans la section V.1.4.5 semble indiquer que le scribe qui a produit le diagramme aurait tracé en premier le long côté du trapèze apparaissant en haut, puis aurait ajouté les deux bases et la transversale dans un ordre qu'il n'est pas possible de déterminer, et enfin aurait tracé le long côté apparaissant en bas. Cela montrerait alors qu'il envisageait la configuration géométrique comme un tout plutôt que comme un trapèze initialement entier et secondairement divisé en deux – une approche qui n'est peut-être pas la plus naturelle pour nous mais reste tout à fait compatible avec la description donnée dans le texte.

On constate de plus que la bande du trapèze apparaissant sur la gauche de la tablette comporte l'inscription « 13.3 », le nombre qui est donné dans l'énoncé du problème comme correspondant à la surface de la bande supérieure, tandis que celle apparaissant sur la droite comporte l'inscription « 22.57 », le nombre qui est donné dans l'énoncé du problème comme correspondant à la deuxième surface. On peut en tirer trois conséquences. Premièrement, le diagramme présent sur cette tablette doit, pour être vu d'une manière qui correspond à la terminologie employée – et probablement plus généralement pour être vu de la manière dont le pensait le scribe – être pivoté d'un quart de tour vers la droite, comme j'ai indiqué dans la section III.1.4. que c'était la plupart du temps le cas. Deuxièmement, sachant cela, on comprend que le diagramme reprend par le biais de ses inscriptions la première des trois données fournies par l'énoncé du problème, avec les valeurs numériques exprimées exactement sous la même forme que dans le texte. Troisièmement, on note que les deux inscriptions se rapportant à des surfaces sont placées non seulement à l'intérieur des zones concernées mais sont plus précisément écrites horizontalement de gauche à droite et à peu près au centre, aussi loin que possible des différentes lignes du dessin qui les entourent, ce qui correspond bien aux conventions de placement des inscriptions qui ont été suggérées dans la section III.1.2.3.

Eût égard au premier point, nous nous trouvons pour cette discussion en présence de deux orientations différentes, d'une part celle du diagramme tel qu'il apparaît matériellement sur la tablette et d'autre part celle du diagramme tel qu'il est sous-entendu par la terminologie employée dans le texte et tel que l'on peut penser qu'il était vu par le scribe qui l'a produit. Afin de ne pas créer de confusion, et à moins de le signaler explicitement, j'utiliserai systématiquement dans ce qui suit, dans la continuité de l'explication mathématique, la deuxième de ces orientations. Ainsi, par exemple, quand je parlerai du « flanc droit » du trapèze, je parlerai du côté du trapèze qui apparaît en haut sur le dessin, et ainsi de suite.

On constate par ailleurs que les deux nombres 1 et 3 sont inscrits le long du côté du trapèze qui apparaît en haut sur le dessin, c'est-à-dire, avec la remarque que je viens de faire, le long du flanc droit du trapèze. On pourrait alors penser que ces inscriptions renvoient à la deuxième donnée du problème, selon laquelle le rapport entre les longueurs des deux portions de ce flanc, appelées flanc supérieur et flanc inférieur, est de 1 à 3. C'est d'ailleurs le point de vue de J. Høyrup, qui écrit que « *We are told the partial surfaces together with the ratio between the upper and the lower length – all nicely shown on the tablet in the diagram which introduces the statement.* ».¹⁴⁸ Toutefois, il me semble que cette manière de voir les choses n'est

148. Voir [HØYRUP2002] page 239.

pas satisfaisante. En effet, placés comme ils le sont, et d'après les explications données dans la section III.1.2.3, ces deux nombres renvoient clairement, pour un observateur habitué aux diagrammes mathématiques paléo-babyloniens, aux longueurs des côtés près desquels ils se trouvent. Si le scribe avait voulu leur faire véhiculer une donnée plus complexe telle qu'un rapport entre deux longueurs, il aurait vraisemblablement ajouté un ou des mots dans l'inscription de manière à suggérer cette idée, ainsi que j'ai signalé dans la section III.1.2.4 que cela se produisait et ainsi que nous l'observerons sur un cas précis dans le chapitre suivant. De plus, voir ces inscriptions comme se rapportant aux longueurs des côtés en question et non pas à leur rapport, en plus d'être plus naturel pour un observateur ancien, fait parfaitement sens, comme nous le remarquerons plus loin. Je pense en conséquence que ces deux inscriptions ne sont pas à comprendre comme correspondant à la deuxième donnée de l'énoncé.

Cette observation entraîne tout d'abord qu'au moins deux éléments du diagramme ne renvoient pas à des informations fournies par l'énoncé du problème, ce qui est un premier point qui mérite d'être noté. Elle entraîne également, à l'inverse, que deux des trois données du problème, à savoir le rapport entre les deux portions de flanc et la somme des différences entre le front supérieur et la transversale et entre la transversale et le front inférieur, n'apparaissent pas sur le diagramme. Bien sûr, une raison pouvant expliquer que ces deux données n'aient pas été portées sur le diagramme est qu'elles sont plus compliquées à rendre que des informations concernant simplement des longueurs de lignes ou des aires de zones, surtout pour la deuxième qui est exprimée de manière particulièrement tortueuse comme une somme de deux différences – mais il n'en demeure pas moins qu'elles n'y apparaissent pas.

On remarque en outre que, déjà au niveau des données de l'énoncé, que ce soient celles qui ont été portées sur le diagramme ou celles qui ne l'ont pas été, le dessin n'est pas du tout à l'échelle. Tout d'abord, les deux bandes ont visuellement presque la même aire alors que la bande inférieure devrait, d'après les valeurs fournies et inscrites sur le diagramme lui-même, être environ deux fois plus étendue que la bande supérieure. Ensuite, les deux portions de flanc délimitées par l'intersection de celui-ci avec la transversale ont visuellement des longueurs comparables alors que le flanc inférieur devrait, d'après les valeurs fournies, et pour être en accord avec celles placées auprès de lui même si elles ne font selon moi pas directement référence à cette donnée, être trois fois plus long que le flanc supérieur. Enfin, la différence entre les deux fronts du trapèze est visuellement assez petite par rapport la longueur de ces fronts et des flancs alors que la combinaison des valeurs fournies permet d'estimer – et les solutions au problème, que le scribe connaissait peut-être avant même de commencer à le rédiger puisque plusieurs historiens des mathématiques cunéiformes pensent que les problèmes étaient le plus souvent construits à l'envers à partir des résultats à obtenir, assurent – qu'elle devrait être beaucoup plus grande. La figure V.24 sur la page suivante montre côte à côte, pour illustrer ces différents points, le trapèze tel qu'il est dessiné sur la tablette et le trapèze redessiné aux proportions correctes.¹⁴⁹

Il est très probable, au vu de cette situation, que le scribe n'ait pas du tout cherché à réaliser un dessin à l'échelle puisqu'au moins certaines relations, notamment le partage du flanc dans des proportions approchant celles indiquées, auraient été faciles à rendre approximativement s'il l'avait souhaité. On peut de plus relever plus précisément que les proportions données au dessin semblent avoir été au moins en partie dictées par des considérations d'encombrement et de place laissée aux inscriptions. Un premier point qui fait envisager cette hypothèse est que, si le scribe avait partagé le flanc dans le rapport correct d'un quart pour la première portion et

149. On remarque que le diagramme n'est pas du tout à l'échelle non plus vis à vis des valeurs déterminées plus loin dans la procédure de résolution.

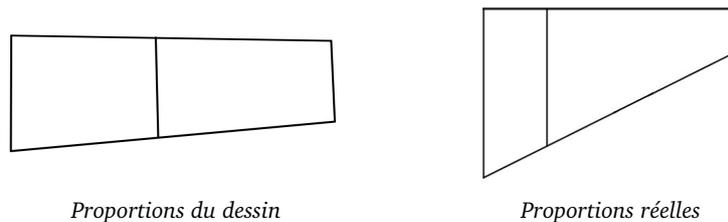


FIGURE V.24. Comparaison du trapèze dessiné sur la tablette BNUS 367 et de sa forme réelle

trois quarts pour la seconde plutôt qu'en deux portions de longueurs comparables, il n'aurait pas eu la place d'inscrire la valeur de l'aire dans la bande supérieure à moins d'écrire beaucoup plus petit que le reste du texte (puisque le dessin, qui s'étend déjà du bord gauche au bord droit de la tablette, n'aurait pas pu être plus large qu'il ne l'est et que l'inscription occupe déjà presque tout l'espace disponible dans cette bande à l'heure actuelle). Un deuxième élément qui évoque cette idée est que, si le scribe avait représenté la différence entre les deux fronts dans des proportions plus réalistes par rapport aux autres longueurs plutôt que de la minimiser comme il l'a fait, alors soit le front inférieur aurait été dessiné beaucoup plus court, de sorte que la bande inférieure aurait été beaucoup plus serrée et qu'il aurait pu être difficile de faire tenir l'inscription nécessaire à l'intérieur sans devoir diminuer la taille de l'écriture, soit le front supérieur aurait été dessiné beaucoup plus long, de sorte que le dessin aurait occupé beaucoup plus de place et qu'une grande zone serait restée inutilisée en bas à droite. Il semble ainsi que la forme donnée au dessin soit celle qui est la plus pratique pour, tout en respectant qualitativement la configuration géométrique à montrer, d'une part laisser une place suffisante pour placer les différentes inscriptions au bon endroit et d'autre part ne pas occuper un espace excessivement grand sur la tablette.

Pour résumer, ce diagramme montre la configuration géométrique décrite dans l'énoncé du problème, tournée d'un quart de tour vers la gauche comme cela est habituel sur les tablettes paléo-babyloniennes, de manière relativement fidèle à ses caractéristiques géométriques mais sans respecter du tout les proportions qui en sont indiquées dans l'énoncé. De plus, il fait apparaître par ses inscriptions la première de trois données fournies par l'énoncé, mais ne fait selon moi apparaître aucune des deux autres et comporte deux inscriptions qui ne se rapportent vraisemblablement pas à l'énoncé. Pour toutes ces raisons, il me semble que ce diagramme, s'il montre la configuration géométrique introduite, ne cherche pas à en fournir une image graphiquement exacte, n'illustre pas l'énoncé du problème dans son ensemble, et ne se limite pas à cet énoncé.¹⁵⁰

V.1.6.2. Une illustration de la procédure de résolution ?

Puisque le diagramme n'illustre pas vraiment l'énoncé du problème, et que nous avons vu qu'il contenait des éléments ne se rapportant pas à l'énoncé, une autre question naturelle est de se demander s'il illustre plutôt la procédure de résolution.

D'après les arguments que j'ai avancés dans la section précédente, le plus naturel pour un observateur habitué aux diagrammes mathématiques paléo-babyloniens serait de comprendre les nombres 1 et 3 indiqués sur le dessin le long du flanc droit du trapèze comme désignant les longueurs des deux portions de ce flanc près desquelles ils apparaissent. Or, une telle indication

150. Dans le passage de [HØYRUP2002] cité plus haut, J. Høyrup écrit que le diagramme « introduit » l'énoncé du problème, un verbe qui, à part d'un point de vue purement matériel sur la tablette, me semble encore moins approprié que celui d'« illustrer ».

peut tout à fait correspondre à la toute première étape de la procédure de résolution, qui consiste à « poser 1 et 3 », sans préciser relativement à quelles grandeurs mais en laissant implicitement comprendre qu'il s'agit des deux portions du flanc. Il est ainsi probable que le diagramme comporte deux inscriptions qui renvoient à la procédure.

On remarque en revanche qu'il ne fait apparaître aucun des éléments géométriques qui semblent être introduits ou considérés dans la procédure, que ce soient les bandes de flanc 1 et les transversales à mi-hauteur que j'ai proposé de faire intervenir dans les deux premières parties du raisonnement ou même le découpage du trapèze en un rectangle et un triangle – pourtant perceptible de manière palpable dans le texte – dans la troisième partie du raisonnement. Il ne comporte de plus, en dehors de celles mentionnées dans le paragraphe précédent, aucune inscription correspondant à des calculs effectués dans la procédure.

Il est donc clair que ce diagramme, même s'il semble avoir un lien important avec la procédure de résolution du problème auquel il est associé, en faisant apparaître deux valeurs qui sont introduites au début de celle-ci, n'en est pas une illustration et ne fait pas du tout apparaître la manière dont le scribe y procède pour résoudre le problème.

Il n'est d'ailleurs pas non plus une illustration de la situation considérée dans son ensemble puisqu'il n'indique aucun des résultats trouvés à l'issue de la procédure.

V.1.6.3. Une représentation d'une situation fictive ou temporaire ?

Après ces différents constats, on peut se demander ce que, finalement, ce diagramme dans son ensemble, comprenant à la fois le dessin et toutes les inscriptions qui y ont été portées, représente vraiment par rapport au texte. Il me semble, même en restreignant la question au cas le plus probable où les valeurs 1 et 3 qui y apparaissent sont bien à comprendre comme celles posées dans la première étape de la procédure de résolution et non comme celles du rapport entre les deux portions de flanc, que la réponse à cette question ne se formule pas tout à fait de la même façon selon le point de vue que l'on adopte pour rendre compte du raisonnement.¹⁵¹ Comme j'ai conclu dans le cadre de l'explication mathématique qu'il était difficile de trancher entre les deux points de vue, je discute les deux cas l'un après l'autre.

Considérons tout d'abord l'analyse de la procédure de résolution en termes de méthode de fausse position. Alors, dans ce cas, le diagramme correspond à la situation dans laquelle on se place en choisissant des longueurs en partie arbitraires de 1 et 3 pour les deux portions du flanc. Autrement dit, il ne représente pas le trapèze réellement considéré dans le problème, dont les longueurs des portions de flanc ne sont pas connues au début et s'avèrent à la fin être respectivement 18 et 54, mais un trapèze qui vérifie les contraintes décrites dans l'énoncé et auquel on impose la contrainte supplémentaire que ses portions de flanc doivent avoir des longueurs de 1 et 3. Or, un tel trapèze ne peut exister, comme le montre la suite de la résolution, de sorte que le diagramme représenterait en fait dans ce cas une situation fictive introduite provisoirement dans le cadre d'un raisonnement.

Considérons maintenant l'analyse de la procédure de résolution en termes d'affinités orthogonales. Alors, dans ce cas, parmi les différents « états » du trapèze que l'on est amené à envisager à travers les transformations qu'on lui applique, il y en a un seul dans lequel il vérifie les valeurs indiquées sur le diagramme à la fois pour les flancs et pour les aires : celui obtenu

151. Si l'on comprend les nombres 1 et 3 apparaissant sur le diagramme comme ceux du rapport indiqué dans l'énoncé entre les deux portions de flanc, ce qui, encore une fois, me semble moins convaincant, alors la situation est plus facile à comprendre et le diagramme représente simplement une partie de l'énoncé comprenant la situation introduite et les deux premières données fournies, et n'a aucun lien avec la procédure de résolution.

dans la deuxième partie du raisonnement en appliquant au trapèze de départ une double affinité orthogonale qui « écrase » ses flancs et « dilate » ses fronts du même facteur – et l'on peut cette fois penser qu'il est volontaire de ne pas avoir inscrit l'information relative à la différence des fronts (ou du moins, sans que ce ne soit volontaire, que le scribe ne l'aurait pas fait même s'il en avait eu la possibilité). Autrement dit, le diagramme représenterait en fait dans ce cas une situation introduite temporairement au cours du raisonnement en faisant subir une transformation géométrique à celle étudiée afin de pouvoir effectuer certains calculs.

Dans les deux cas, on voit que le diagramme a un statut plus subtil que ce que l'on pourrait croire de prime abord, et ne représente pas exactement la situation étudiée dans le problème elle-même mais une situation soit fictive soit temporaire obtenue à partir de celle-ci. Toutefois, il est intéressant de relever qu'absolument rien, dans la forme sous laquelle il se présente et dans les inscriptions qui y sont portées, ne peut faire comprendre directement que cette situation qu'il représente n'est pas la situation du problème elle-même et seulement une situation qui en est dérivée.

V.1.6.4. Un apport d'informations ?

Une autre question naturelle à se poser est celle de savoir si le diagramme apporte à un hypothétique lecteur des informations complémentaires à celles fournies par le texte. Il semblerait effectivement à première vue que plusieurs points, à la fois de l'énoncé et de la procédure de résolution, puissent être ambigus dans le texte et clarifiés par le diagramme. Cependant, chacun d'eux nécessite d'être discuté de manière plus précise.

Commençons par deux points qui concernent l'énoncé du problème.

Tout d'abord, on peut avoir l'impression, à la lecture du texte, que la manière dont le trapèze est divisé en deux bandes n'est pas du tout précisée, et que c'est ainsi le diagramme situé au-dessus qui, en montrant ce partage, indique au lecteur de quelle manière il était réalisé. Cependant, ainsi que je l'ai déjà signalé dans l'explication mathématique du problème, il est probable que cette information ait en fait été véhiculée par le sens technique du terme « bande » (« I_7 ») et qu'un lecteur ancien n'ait ainsi eu besoin d'aucune indication supplémentaire pour comprendre la configuration décrite – d'autant plus que les problèmes de partage de trapèze sont courants dans les mathématiques paléo-babyloniennes et qu'il n'y a pas toujours de diagramme montrant comment le partage est effectué.

Par ailleurs, le côté du trapèze relativement auquel le rapport entre les deux portions de flancs est donné n'est pas spécifié dans le texte et est seulement visible sur le diagramme (au moins indirectement, même si ce n'est pas l'information que véhiculent les inscriptions en question). Cependant, comme je l'ai signalé dans l'explication mathématique, il est possible soit que le scribe ait eu conscience que ce rapport est le même pour les deux flancs soit n'ait simplement pas ressenti le besoin d'apporter de précisions à ce sujet parce que cela n'a pas d'importance à ce stade du problème.

Ainsi, même si le texte de l'énoncé peut paraître lacunaire à certains endroits pour un lecteur moderne, qui pourra alors avoir tendance à voir dans le diagramme un moyen de combler ces lacunes, il est possible et même probable qu'un lecteur ancien n'ait pas du tout ressenti le même besoin d'explicitation.

Passons maintenant à deux points qui concernent la procédure de résolution du problème.

Tout d'abord, ainsi que je l'ai signalé lors de l'explication mathématique et rappelé un peu plus haut, le texte invite au début de la procédure de résolution à « poser 1 et 3 » sans donner la moindre indication sur les grandeurs relativement auxquelles il est demandé de le faire.

Bien sûr, cela se comprend implicitement dans la mesure où deux longueurs ont justement été indiquées dans l'énoncé comme étant dans ce rapport l'une par rapport à l'autre, mais il s'agit malgré tout de données mathématiques de natures très différentes et exprimées de manière très différente (la fraction « $\frac{1}{3}$ » dans un cas et les nombres 1 et 3 dans l'autre). Ainsi, bien qu'une explicitation ne soit vraisemblablement pas indispensable ici et que le texte puisse vraisemblablement se comprendre seul, il est possible que le diagramme apporte une clarification sur une information donnée de manière très implicite dans le texte.

Par ailleurs, nous avons relevé lors de l'explication mathématique que la procédure présentée fournit un résultat exact seulement lorsque le trapèze considéré est rectangle et que les longueurs de 1 et 3 pour les portions du flanc sont prises du côté où les angles sont droits, ou une approximation satisfaisante seulement lorsque le trapèze est presque rectangle et que les longueurs de 1 et 3 sont prises du côté où les angles sont presque droits. Or, aucune indication n'est donnée à ce sujet par le texte, tandis que l'angle entre la grande base et le flanc droit le long duquel sont indiquées les valeurs 1 et 3 est très proche d'un angle droit sur le dessin, ce qui peut nous faire penser que le diagramme apporte sur ces points des informations nécessaires qui « manquent » dans le texte. Néanmoins, il me semble qu'il est difficile de se faire un avis à ce sujet et qu'il faut rester prudents avec ce type de conclusions. En effet, il est très courant que les procédures de résolution de problèmes géométriques soient menées comme si les formes géométriques considérées étaient rectangles, soit parce que cela était implicitement supposé soit parce que la procédure était implicitement destinée à fournir une approximation, sans que rien dans les textes ne mentionne cet aspect, de sorte qu'il n'y a a priori aucune raison qu'ici plus qu'ailleurs le diagramme ait été nécessaire pour apporter des précisions à cet égard. Cependant, même sans venir apporter une information qui aurait manqué dans le texte, le diagramme reflète au moins la manière dont le scribe pensait la situation sur laquelle il était en train de travailler, à savoir effectivement celle dans laquelle la procédure est correcte et fournit une bonne approximation, et plaçait d'emblée un éventuel lecteur de la tablette dans ce même cadre.

Ainsi, il apparaît que le diagramme, sans qu'il ne me semble pertinent d'aller jusqu'à dire qu'il explicite la procédure de résolution ou apporte des informations relatives à la procédure de résolution qui « manqueraient » dans le texte, clarifie certains aspects de cette procédure et permet à un éventuel lecteur de les visualiser avant même d'être amené à se poser des questions à leur sujet en lisant le texte.¹⁵²

V1.6.5. Autres liens potentiels entre le diagramme et le texte

Quelques autres remarques sur les interactions entre le diagramme apparaissant sur cette tablette et le texte auquel il est associé me semblent mériter d'être faites.

Une première remarque est que la première phrase de la procédure fait intervenir le verbe sumérien « GAR », un verbe dont le sens général est « poser » et qui a été identifié par plusieurs historiens des mathématiques cunéiformes comme l'un des rares pouvant faire dans certains cas référence à un diagramme. Il est ainsi intéressant de se demander si, dans le cas présent, ce verbe pourrait avoir le sens de « poser/inscrire sur un diagramme ». La question semble d'autant plus pertinente que les deux nombres qu'il est demandé de poser, 1 et 3, figurent bel

152. Les analyses que je propose ici vont à l'encontre de, ou du moins modèrent beaucoup, l'opinion que j'ai exprimée dans mon mémoire de master et lors de certaines communications au début de ma thèse. Ce changement de point de vue s'est imposé progressivement à moi au cours de mon travail de thèse, au fur et à mesure que j'acquerrais une meilleure connaissance – et probablement également une meilleure intuition – du corpus mathématique paléo-babylonien.

et bien sur le diagramme. Cependant, « GAR » est aussi le verbe généralement employé dans le sens de « poser » compris comme « prendre une valeur pour faire quelque chose », et en particulier dans les raisonnements qui s'apparentent à une méthode de fausse position, ce qui est le cas ici.¹⁵³ De plus, inscrire ces nombres sur le diagramme n'apporte ici rien de particulier, contrairement à les choisir comme valeurs pour les flancs, qui détermine toute la suite de la procédure. Il me semble donc très hasardeux d'avancer que le verbe « GAR » présent dans ce texte fasse référence au diagramme.

Une autre remarque est que l'ordre dans lequel le scribe détermine les valeurs recherchées, à la fin de la procédure de résolution, suit clairement une progression visuelle qui parcourt le trapèze de haut en bas. Cependant, il n'y a pas de raison particulière de penser que cet ordre visuel est lié à la présence du diagramme matériel sur la tablette, et il pourrait tout aussi bien être issu d'une configuration géométrique visualisée par le scribe.

Enfin, on peut se demander si le diagramme présent sur cette tablette peut être compris seul, indépendamment du texte qui le suit. C'est en un sens le cas, puisque l'on voit qu'il représente un trapèze divisé en deux bandes et qu'un observateur habitué aux diagrammes paléobabyloniens saisisait vraisemblablement sans ambiguïté que les deux inscriptions placées à l'intérieur des bandes faisaient référence à leurs aires tandis que celles placées au-dessus des portions de flanc faisaient référence à leurs longueurs. Cependant, il ne me semble pas possible de comprendre plus que ces quelques éléments, et l'on ne peut en particulier pas du tout imaginer, à la seule vue du diagramme, en quoi consiste le problème associé ni de quelle manière on peut procéder pour le résoudre. Ainsi, le diagramme fait certes sens en lui-même, mais un sens très incomplet beaucoup plus pauvre que ce à quoi il se rapporte vraiment.

V.1.6.6. Rôles possiblement joués par le diagramme

À travers les paragraphes qui précèdent, nous sommes arrivés à la conclusion que le diagramme apparaissant sur cette tablette n'avait pour rôle ni d'illustrer l'énoncé du problème, ni d'illustrer la procédure de résolution, ni d'illustrer la situation étudiée dans son ensemble. Nous avons également écarté au moins en grande partie l'idée selon laquelle il aurait pour rôle d'expliciter certains passages du texte ou de fournir visuellement des informations qui seraient absentes du texte.

Un certain nombre d'autres rôles envisageables que nous n'avons pas encore discutés me semblent pouvoir être également écartés assez facilement. Par exemple, dans la mesure où il n'est pas du tout à l'échelle, ce diagramme ne peut pas avoir servi à vérifier visuellement ou à déterminer d'une manière alternative les résultats obtenus par un raisonnement géométrique et des calculs dans la procédure proposée. De plus, dans la mesure où il ne fait pas apparaître les résultats du problème, il est peu probable qu'il ait servi d'aide à son élaboration et au choix des valeurs de l'énoncé.

On peut par exemple envisager qu'il ait servi à montrer un aspect ou un moment clé de la procédure, à savoir le fait d'attribuer les valeurs 1 et 3 aux deux portions de flanc, et peut-être qu'il ait par ce biais servi de support visuel pour certaines phases du raisonnement. Cependant, toutes ces idées restent assez floues et spéculatives, et, contrairement à d'autres cas dans lesquels on peut cerner de manière relativement satisfaisante le rôle du diagramme, il me semble ici difficile de déterminer quelles étaient ses fonctions exactes et même de comprendre pourquoi ce problème-ci en particulier est accompagné d'un diagramme.

153. Voir l'entrée correspondante du glossaire des sumérogrammes.

V.2. Une tablette dont le diagramme montre des formes géométriques dans une configuration impossible : YBC 8633

Passons maintenant à l'étude d'un deuxième exemple, celui du problème résolu de la tablette YBC 8633, qui consiste en le calcul de l'aire d'un triangle et est, tout comme celui de la tablette BNUS 367, original malgré un thème très classique. Il s'agit à nouveau d'un cas globalement bien compris par les commentateurs précédents, mais dans lequel le raisonnement proposé présente cependant quelques subtilités dont l'analyse me semble pouvoir être affinée et le statut du diagramme s'avère être particulièrement intéressant.

V.2.1. Références et ressources

Conservée dans la collection babylonienne de l'Université de Yale, à New Haven, aux États-Unis, cette tablette a reçu deux numéros d'inventaire : tout d'abord YBC 8633, pour « Yale Babylonian Collection - 8633 », faisant référence au nom d'origine de la collection, puis YPM BC 022691, pour « Yale Peabody Museum of Natural History - Babylonian Collection - 022691 », faisant référence à la nouvelle affiliation institutionnelle de celle-ci depuis 2017.¹⁵⁴ J'ai fait le choix de conserver ici l'ancien numéro, YBC 8633, qui est celui sous lequel la tablette est désignée dans toutes les publications antérieures d'histoire des mathématiques et permet ainsi aux lecteurs de naviguer plus aisément dans la littérature.

V.2.1.1. Publications traitant de la tablette

La tablette YBC 8633 a été publiée pour la première fois en 1945 par O. Neugebauer et A. Sachs, dans leur recueil d'éditions de textes mathématiques [NEUGEBAUER&SACHS1945] intitulé « *Mathematical Cuneiform Texts* », ce qui lui vaut parfois d'être désignée sous le numéro de publication MCT E ou MCT 053. L'édition qui en est donnée dans ce recueil est complète, avec une photographie en noir et blanc de qualité moyenne (planche 29), une copie très bien réalisée reproduite sur la page suivante (planche 4), une translittération (page 53), une traduction en anglais (pages 53-54) et un commentaire mathématique (pages 54-55).

Elle a été amplement réétudiée quelques décennies plus tard par J. Høyrup, qui en a proposé un commentaire approfondi dans son travail [HØYRUP1984] traitant d'heuristiques géométriques (pages 105.6-105.14) puis une discussion dans son article [HØYRUP1999] consacré à la règle de la diagonale (pages 401-403) et enfin une édition remaniée accompagnée d'un nouveau commentaire dans son ouvrage [HØYRUP2002] (pages 254-257). Elle a également fait l'objet d'une analyse dans l'article [DAMEROW2001] consacré à la règle de la diagonale (pages 244-245), de brèves mentions au détour de remarques diverses dans un certain nombre d'autres publications sur les mathématiques cunéiformes – dont il serait inutilement fastidieux de dresser une liste exhaustive ici – et d'une présentation plus accessible dans un catalogue d'exposition, [ESCOBAR2019] (pages 188-189).

Cette tablette est de plus répertoriée dans la base de données du CDLI, où elle a reçu le numéro d'identification P255067 et dispose d'une fiche – malheureusement peu renseignée – donnant la référence de sa première édition et quelques données très minimales sur son contexte, ainsi que dans la base de données de la Yale Babylonian Collection, où l'on trouve une description rapide de son contenu et des photographies en couleur d'excellente qualité de sa face

154. On trouvera par exemple une brève présentation de la collection sur le site Web [YBC] ou la page [CDLIb].

155. Comme indiqué dans le texte, l'image est tirée de [NEUGEBAUER&SACHS1945] planche 4.

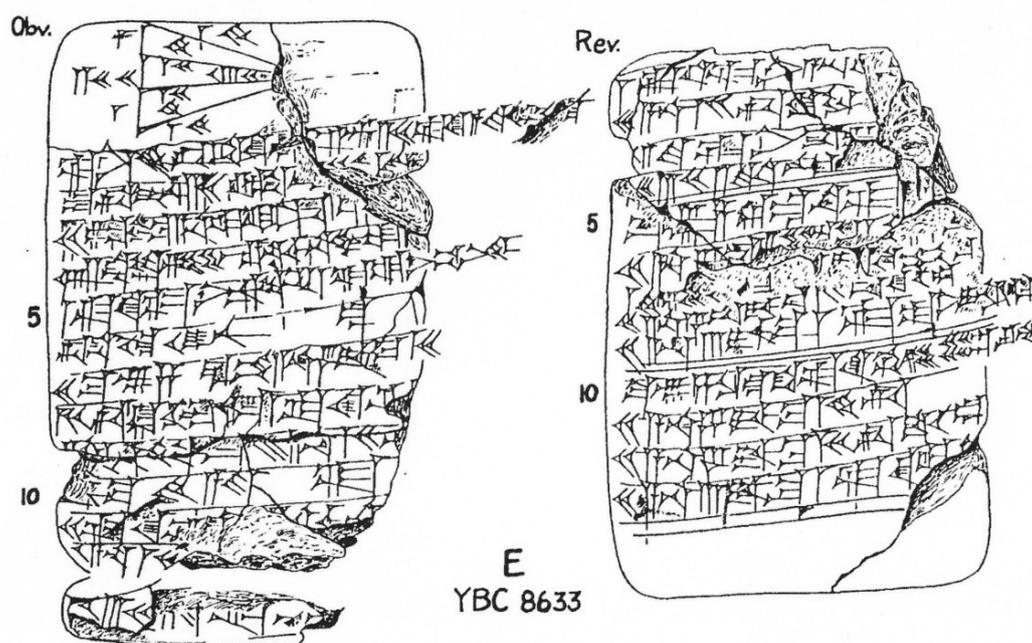


FIGURE V.25. Copie de la tablette YBC 8633 dans son édition [NEUGEBAUER&SACHS1945]¹⁵⁵

et son revers réalisées par K. Wagensonner.¹⁵⁶

V.2.1.2. Autres ressources disponibles

J'ai par ailleurs pu mobiliser, pour étudier cette tablette, trois autres types de ressources en complément des publications citées.

Tout d'abord, tout comme pour la tablette BNUS 367, je me suis appuyée sur une première ébauche d'étude de ce document que j'avais réalisée dans le cadre de mon mémoire de master [REYNAUD2016].¹⁵⁷ J'y proposais une première explication du texte et une première description du diagramme et de ses rôles, mais celles-ci méritaient d'être reprises dans la mesure où j'ai, entre temps, eu accès à des ressources supplémentaires (voir ci-dessous) et bénéficié de retours et remarques de collègues lors d'exposés dans des colloques et séminaires.¹⁵⁸

J'ai ensuite pu consulter, par l'intermédiaire de P. Chaigneau, une version numérisée du dossier consacré à cette tablette dans les archives d'O. Neugebauer conservées à ISAW, que j'ai présentées dans la section IV.2.1.3 du chapitre précédent. Ce dossier renferme un montage annoté

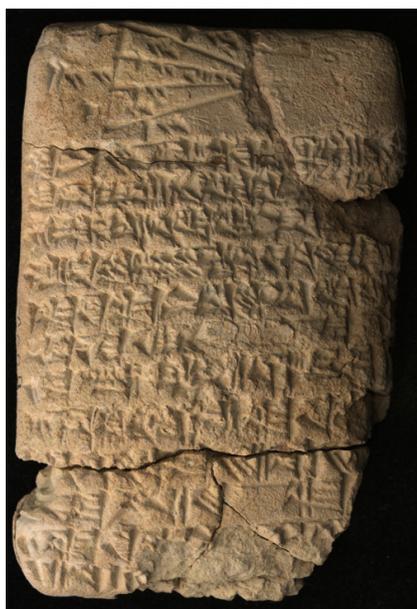
156. Voir les sites Web [CDLI] et [YBC]. Le lien direct vers la fiche de la tablette est <<https://cdli.mpiwg-berlin.mpg.de/artifacts/255067>> sur le premier et <<https://collections.peabody.yale.edu/search/Record/YPM-BC-022691>> sur le deuxième (dernier accès le 26 juin 2023). Il convient en outre de signaler, pour être complète, que la tablette est également répertoriée dans la base de données ORACC DCCMT (voir le site [DCCMT]) et l'« electronic Babylonian Library » de la Ludwig-Maximilians-Universität München (voir le site [EBL] ou le lien direct <<https://www.ebl.lmu.de/fragmentarium/YBC.8633>>, dernier accès le 26 juin 2023), mais les informations fournies à son sujet dans ces deux bases sont encore plus limitées que celles du CDLI.

157. Voir le cinquième chapitre du mémoire, pages 69-81.

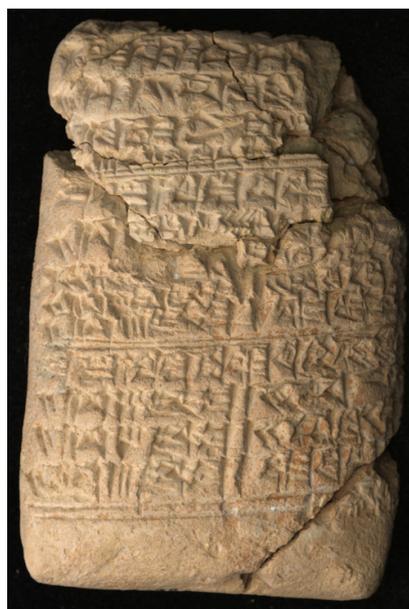
158. Je pense notamment au colloque « Practices of Reasoning in the Mathematical Sciences » du projet ERC « SAW : Mathematical Sciences in the Ancient World », qui s'est tenu à Paris du 4 au 7 décembre 2017 et était dédié à la préparation de l'ouvrage collectif [LOIZELET&HUSSONÀP] pour lequel j'avais été invitée à rédiger un chapitre sur la tablette YBC 8633, et au séminaire « PhilMath Intersem 2018 - Use of non-deductive methods in mathematics » qui s'est tenu à Paris au cours du mois de juin 2018. Je remercie en particulier A. Keller, K. Chemla et D. Rabouin pour les commentaires pertinents qu'ils m'ont faits à ces deux occasions.

de la photographie ayant servi de base à la planche insérée dans [NEUGEBAUER&SACHS1945], un petit brouillon de travail de la main d'O. Neugebauer, des suggestions de lecture envoyées à ce dernier par ses collègues F. Stephens et A. Goetze de l'Université de Yale, une lettre qu'il leur a fait parvenir pour poser des questions complémentaires et sur laquelle ils ont directement apporté des réponses, et enfin une version dactylographiée de la transcription et du début de la traduction du texte portant quelques annotations manuscrites. Cet ensemble de documents nous permet d'avoir une très bonne vision des difficultés rencontrées par O. Neugebauer et A. Sachs lors de la préparation de l'édition ainsi que des différentes lectures qu'ils ont envisagées pour les passages les plus délicats à déchiffrer, et il s'est ainsi avéré utile pour retravailler la translittération et la traduction du texte.

Enfin, j'ai pu obtenir, grâce à l'aide d'A. Lassen, conservatrice associée de la Yale Babylonian Collection, et K. Wagensohn, chercheur associé à l'Université de Yale, que je remercie vivement, des photographies en éclairage modifiable de la face, du revers et des quatre tranches de la tablette. Réalisées avec la technologie « Reflectance Transforming Imaging » présentée dans la section IV.2.1.3 du chapitre précédent, celles-ci sont d'excellente qualité et, bien qu'elles aient bien sûr leurs limites et ne puissent remplacer totalement une consultation physique, m'ont permis de voir de nombreux éléments qui m'avaient échappé auparavant.



Face



Revers

FIGURE V.26. Photographies de la face et du revers de la tablette YBC 8633¹⁵⁹

V.2.2. Contexte

La tablette YBC 8633 a été achetée sur le marché des antiquités et, contrairement à ce que nous avons décrit à propos de BNUS 367, absolument aucune information sur son parcours n'est disponible : ni l'édition dans [NEUGEBAUER&SACHS1945], ni la base de données de la Yale Babylonian Collection, ni la thèse [DESSAGNES2017] consacrée à la constitution des collections de tablettes mathématiques, ne mentionne ne serait-ce que le nom de son vendeur ou

159. Les deux images sont des captures effectuées à partir des photographies en éclairage modifiable réalisées par K. Wagensohn, avec la lumière venant du « nord-ouest ».

son année d'acquisition.¹⁶⁰ Nous ne disposons ainsi d'aucun autre indice que ses propriétés intrinsèques pour tenter d'identifier sa datation et sa provenance.

V.2.2.1. Discussion de la datation

En ce qui concerne la datation, les publications et les bases de données s'accordent à considérer qu'il s'agit d'une tablette paléo-babylonienne.¹⁶¹ Bien que les arguments permettant d'aboutir à cette conclusion ne soient jamais explicités, il est clair que celle-ci se base sur les critères paléographiques et linguistiques usuels, qui sont bien connus des assyriologues et ne laissent guère de place au doute. Il me semble donc raisonnable d'affirmer que ce document date *presque certainement* de l'époque paléo-babylonienne.

V.2.2.2. Discussion de la provenance

En ce qui concerne la provenance, la discussion est en revanche plus compliquée.

Le premier réflexe est, comme toujours dans ce cas, de nous demander si les « critères Nord-Sud de Goetze » présentés dans l'annexe C peuvent nous fournir une première tendance. Cependant, j'ai repéré dans le texte un seul détail nous donnant une indication vis-à-vis de ces critères, à savoir l'écriture de la syllabe « su » au moyen du signe « ZU » à la deuxième ligne, qui correspond à l'orthographe attestée dans le Sud.¹⁶² Or, comme l'a souligné A. Goetze lui-même, il est nécessaire de croiser plusieurs éléments concordants afin d'aboutir à une conclusion qui soit suffisamment assurée.¹⁶³ Ainsi, nous ne pouvons ici guère faire mieux que de déduire qu'il est *possible* que la tablette YBC 8633 provienne du Sud de la Babylonie.

La deuxième direction que nous pouvons essayer de suivre en complément est celle de l'attribution de la tablette à l'un des « groupes de Goetze » décrits dans l'annexe C. Dans son étude, A. Goetze lui-même l'a placée dans le « quatrième groupe », un groupe conséquent formé de treize à quatorze tablettes appartenant à la Yale Babylonian Collection et au Vorderasiatisches Museum de Berlin, et a suggéré – avec prudence – que ce groupe puisse être issu de la ville d'Uruk.¹⁶⁴ Néanmoins, on remarque que cette provenance n'est reprise dans aucun article portant sur la tablette et aucune base de données la répertorient, et, effectivement, celle-ci me semble devoir faire l'objet de réserves par deux aspects.

Le premier point qui me paraît problématique est que les raisons pour lesquelles A. Goetze a regroupé les documents en question, qu'il détaille peu dans son travail, semblent fragiles, et que plusieurs constatations peuvent nous faire douter du bien-fondé du classement de YBC 8633 parmi eux : premièrement, l'objet du problème est ici explicite alors qu'il est le plus souvent implicite dans l'ensemble du groupe ; deuxièmement, on trouve ici une formule

160. On apprend seulement dans [DESSAGNES2017] que la Yale Babylonian Collection a été créée en 1909 suite à une donation du collectionneur privé J. P. Morgan puis rapidement alimentée par les conservateurs successifs, sans détails sur des groupes de tablettes en particulier (voir page 18).

161. Dans [NEUGEBAUER&SACHS1945], cette datation n'est pas donnée à l'endroit où la tablette est traitée mais indirectement dans les introductions : « *The majority of the problem-texts (...) are clearly Old-Babylonian (...)* » (page 1) et « *within the Old-Babylonian group, which consists of problem-texts A to Ue, (...)* » (page 37).

162. On relève par ailleurs à la ligne 22 l'écriture non nasalisée « *i-na-di-ku* » de la forme verbale « *inaddikku* », qui peut faire plutôt penser à un texte du Nord, mais A. Goetze précise que la tendance à la nasalisation dans le Sud ne fait que commencer à l'époque paléo-babylonienne, de sorte que ce point n'est pas vraiment exploitable.

163. Les mots d'A. Goetze sont les suivants : « *Before an individual text is assigned to either group, one has to point out the presence therein of several of the enumerated characteristics. As long as only one of these is found, the assignment is more or less uncertain.* » ([NEUGEBAUER&SACHS1945] page 147).

164. Plus précisément, A. Goetze indique : « *As far as linguistics is concerned, this 4th group cannot be distinguished from the 3rd. (...) The provenience may likewise be Uruk.* » ([NEUGEBAUER&SACHS1945] page 150).

d'ouverture de la procédure alors que celles-ci sont rares dans l'ensemble du groupe ; troisièmement, on rencontre à la fin de ce texte deux annonces de résultats d'opérations au moyen du verbe « *nadānum* » alors que seul « *-ma* » est normalement utilisé à cette fin dans l'ensemble du groupe ; quatrièmement, aucun des sumérogrammes par lesquels l'ensemble du groupe se distingue n'est présent ici.¹⁶⁵ Bien sûr, cette liste se concentre à dessein sur les différences alors qu'il existe également des points communs, mais elle montre malgré tout clairement que l'on est loin d'un faisceau d'indices convergents comme on avait pu en observer dans la partie précédente pour le « troisième groupe » auquel se rattachait la tablette BNUS 367.

Le deuxième point qui me paraît problématique est que les raisons pour lesquelles A. Goetze associe le « quatrième groupe » ainsi constitué à la ville d'Uruk sont elles aussi ténues et sujettes à caution. Sur les quatorze tablettes qu'il a placées dans ce groupe, seules les dix du Vorderasiatisches Museum de Berlin sont pourvues d'informations sur leur histoire récente. D'après [DESSAGNES2017], celles-ci ont été achetées par le musée autour de 1913 auprès d'un vendeur basé à Paris du nom de David. Or, ce vendeur aurait indiqué que trois d'entre elles provenaient de la ville d'Uruk, que l'une d'entre elles provenait de la ville de Larsa, et n'aurait pas donné d'indications au sujet de la provenance des autres.¹⁶⁶ Ainsi, contrairement, encore une fois, à ce que nous avons décrit dans la section V.1.2.2 dans le cas du « troisième groupe », les déclarations du vendeur ne donnent pas du tout l'impression que les documents considérés forment un lot homogène partageant une origine commune.¹⁶⁷

Au final, il est donc *possible* que la tablette YBC 8633 provienne de la ville d'Uruk ainsi que l'a suggéré A. Goetze, mais les éléments dont nous disposons à ce sujet ne sont pas suffisants pour nous permettre d'accorder à cette éventualité un degré de certitude supérieur à celui-ci.

Un regroupement un peu plus convaincant que celui du grand « quatrième groupe », qui a été évoqué dans une note par A. Goetze puis formalisé par J. Høyrup et repris par J. Friberg, est celui du petit « sous-groupe 4b » formé des seules tablettes YBC 8600, YBC 8633 et VAT 8512.¹⁶⁸ En effet, ces trois documents partagent au moins l'emploi de la formule d'ouverture des procédures « *at-ta* » (« toi »), et les deux derniers, dont les textes sont les plus longs, partagent de plus l'emploi du pronom interrogatif akkadien « *mīnum* » (« quoi? ») ainsi que l'utilisation de la tournure « *ana šina hepē-ma* » (« brise en deux ») pour les dimiditions et l'association du verbe « *nasāḥum* » (« retrancher ») avec la subordonnée relative très peu courante

165. Les arguments d'A. Goetze sont les suivants : « *This group employs for the most part 'it-ta-di-ik-kum' (and variants), and the phrases '(x) ana šina hepūm' and 'luškun – inaddinam – gar-ra'. YBC 8600 and 8633 are in their terminology particularly close to VAT 8512. YBC 4186, 6295 and 8588 are linked to the group by the use made of the phrases 'igi (x) pu-tur' and 'x gar-ra'. » ([NEUGEBAUER&SACHS1945] pages 149-150). Par ailleurs, les caractéristiques générales de l'ensemble du groupe énoncées dans la suite de la phrase sont celles dégagées par J. Høyrup et J. Friberg dans leurs travaux respectifs [HØYRUP2002] et [FRIBERG2000].*

166. Voir [DESSAGNES2017] pages 85-86 ; les trois tablettes qui ont été présentées comme venant d'Uruk sont VAT 8390, VAT 8522 et VAT 8523 tandis que celle qui a été présentée comme venant de Larsa est VAT 8512. L'affirmation de J. Friberg selon laquelle « *the only information available about the provenance of any text of Group 4 (a or b) is that VAT 8512 comes from Larsa, at least according to the dealer who sold the tablet* » ([FRIBERG2000] page 167) semble ainsi être erronée, même si elle s'explique probablement par le fait que, pour une raison que je ne connais pas, seule l'information concernant la provenance de VAT 8512 a été indiquée par O. Neugebauer et A. Sachs dans leurs éditions de [NEUGEBAUER&SACHS1945].

167. A. Goetze tente de contourner cette difficulté en écrivant : « *For VAT 8512 the dealer gave Larsa as a provenance. Too much reliance cannot be placed on such information.* » ([NEUGEBAUER&SACHS1945] page 150). Néanmoins, cette solution ne saurait être entièrement satisfaisante, surtout lorsqu'on la compare à ce qu'il écrit quelques pages plus tôt au sujet d'une autre tablette et qui semble être en totale contradiction sur la fiabilité des renseignements fournis par les marchands : « *For AO 8862 Larsa is well attested as place of provenience; there is no reason to doubt the dealer's explicit statement.* » ([NEUGEBAUER&SACHS1945] page 147).

168. Voir [NEUGEBAUER&SACHS1945] page 150, [HØYRUP2002] page 335 et [FRIBERG2000] page 167.

« *ša tēzibu* » (« que tu as laissé ») pour les soustractions.¹⁶⁹ Or, parmi les trois tablettes citées, et comme nous l'avons vu plus haut, la seule pour laquelle une origine a été indiquée par le vendeur est VAT 8512, qui proviendrait de Larsa.¹⁷⁰

En conséquence, il est également *possible* que la tablette YBC 8633 provienne de la ville de Larsa, et cette provenance est d'ailleurs peut-être légèrement plus probable que celle d'Uruk que nous avons discutée précédemment, même si, là encore, les éléments dont nous disposons ne nous permettent pas de lui accorder un degré de certitude plus élevé.

Si la tablette provient effectivement de l'une ou l'autre de ces deux villes méridionales, que ce soit Uruk ou Larsa, alors elle a de plus dû être rédigée au début de l'époque paléo-babylonienne, avant le milieu du XVIII^e siècle avant notre ère, comme je l'ai expliqué dans la section V.1.2.3 au sujet de la tablette BNUS 367. Néanmoins, compte tenu de l'incertitude sur la provenance, cette précision de datation est elle aussi seulement *possible*.

V.2.3. Description matérielle de la tablette

Le contexte du document ne pouvant malheureusement pas être reconstitué de manière plus précise en l'état actuel de nos connaissances sur les mathématiques paléo-babyloniennes et l'histoire des collections, tournons-nous maintenant vers ses propriétés matérielles en nous efforçant d'en donner la description la plus précise possible.¹⁷¹

V.2.3.1. État et conséquences

Ce qui nous est parvenu de la tablette YBC 8633 se présente actuellement sous la forme de plusieurs fragments de taille très variable recollés entre eux par des conservateurs modernes.¹⁷² Ces recollements ont permis de reconstituer une grande partie de l'objet d'origine, mais les fragments ne sont pas toujours parfaitement jointifs et ont parfois été positionnés avec un léger décalage les uns par rapport aux autres, ce qui peut rendre délicat le déchiffrement des passages situés à leur jonction.

Outre les morceaux manquants – en particulier tout le coin inférieur droit et deux morceaux plus petits à d'autres endroits des bords de gauche et de droite – et les cassures entre les fragments – en particulier en travers du coin supérieur droit et en bas sur toute la largeur –, quelques fissures ainsi que plusieurs zones plus ou moins étendues dans lesquelles la surface

169. Il faudrait, dans l'idéal, recenser plus en détail les points communs et les différences de ces tablettes sur chacun des aspects listés dans l'annexe C, de la même manière que nous l'avons fait dans la partie précédente pour la tablette BNUS 367. Néanmoins, même si une telle analyse révélait une proximité entre les tablettes encore plus forte que ce qui ressort de la brève description donnée ici, la probabilité des déductions qui en découleraient resterait limitée par les incertitudes sur la seule indication de provenance dont nous disposons pour ce petit groupe, de sorte que la conclusion finale à laquelle nous aboutirions ne serait pas différente.

170. Voir la discussion et les références dans les paragraphes précédents.

171. La description matérielle proposée ici s'appuie sur le travail documentaire présenté dans le chapitre II de la première partie et la grille d'observation présentée dans la section IV.2.3.1 du chapitre précédent. Afin d'alléger la lecture, les références bibliographiques détaillées à ces deux endroits ne sont pas répétées dans ce qui suit.

172. Le nombre exact de fragments est difficile à déterminer à partir des seules photographies. Par ailleurs, dans le dossier d'O. Neugebauer, on apprend que de nouveaux joints ont été identifiés au cours de la préparation de l'édition : le petit brouillon non signé indique « *rev. 1 new fragment (copie de quelques signes)* » et les suggestions de lecture envoyées par A. Goetze indiquent, à l'extrémité d'une flèche pointant vers la copie de signes des sixième et septième lignes du revers, que ceux-ci apparaissent sur un « *small fgm. not on photo!* ».

173. Les deux images sont des captures effectuées à partir des photographies en éclairage modifiable réalisées par K. Wagenonner, celle du revers pour la première et celle de la face pour la deuxième, avec dans les deux cas la lumière venant du « nord-ouest ».



Traces de colle entre des fragments



Décalage entre deux fragments

FIGURE V.27. Fragments recollés de la tablette YBC 8633¹⁷³

d'argile est effritée ou même complètement tombée – en particulier sur une petite partie du haut de la face, une partie importante du bas de la face et au centre du revers – sont à déplorer.

En conséquence, nous disposons dans l'ensemble de conditions correctes pour étudier cette tablette, qui est suffisamment bien préservée pour que nous puissions voir son format et sa mise en page et accéder à la majeure partie de son contenu, mais ses cassures et autres dommages perturbent néanmoins la lecture de certains passages de son texte, ainsi que, comme nous le verrons un peu plus loin, l'observation d'une petite partie de son diagramme.

En plus des recolllements déjà mentionnés, deux types d'interventions modernes, moins impactants, ont été pratiqués sur la tablette par les conservateurs : d'une part son numéro d'inventaire (plus précisément, son ancien numéro d'inventaire YBC 8633) a été inscrit au feutre sur sa tranche supérieure et sa tranche gauche, dans les deux cas dans une zone qui semble avoir été vierge auparavant, et d'autre part les archives d'O. Neugebauer nous apprennent qu'elle a été nettoyée au cours de la préparation de son édition, ce qui est tout à fait courant bien que nous n'ayons d'ordinaire aucune trace de cette opération.¹⁷⁴

V.2.3.2. *Matériau et fabrication*

L'argile utilisée pour former cette tablette ne présente ni incrustations d'éléments végétaux ou minéraux, ni trous, ni bulles d'air, et paraît plutôt fine à l'intérieur malgré une légère granulosité en surface, comme on le voit sur le gros plan de la figure V.28 ci-dessous.



FIGURE V.28. Aspect de l'argile constituant la tablette YBC 8633 dans une cassure et en surface¹⁷⁵

174. On pourrait être tenté d'expliquer la présence inhabituelle de deux inscriptions donnant le numéro d'inventaire par le fait que celles-ci se trouvaient sur deux fragments différents qui ont seulement ensuite été recollés entre eux, mais il semble au contraire qu'elles apparaissent toutes les deux sur le même fragment principal. En ce qui concerne le nettoyage, on trouve plus précisément sur le petit brouillon non signé les mentions « *rev. 1 new fragment (copie de quelques signes avec une flèche) cleaned* » et « *rev. 2 cleaned (copie d'un signe) i.e., ki-nim* », et dans les suggestions de lecture envoyées par A. Goetze la mention « *figure (after cleaning) (copie d'un nombre)* ».

175. Cette image est une capture effectuée à partir de la photographie en éclairage modifiable de la tranche gauche de la tablette réalisée par K. Wagensonner, avec la face dirigée vers le bas et la lumière venant du « sud-est ».

Par ailleurs, bien que ses nombreuses cassures nous donnent un aperçu de sa structure interne, il n'est pas aisé de déterminer de quelle manière cette tablette a été fabriquée. À certains endroits, où seule sa couche supérieure est tombée, on pourrait être tenté de penser qu'elle a été façonnée autour d'un noyau, mais à d'autres endroits, cassés d'une façon différente, il semble au contraire y avoir une continuité parfaite entre la surface et l'intérieur, de sorte qu'il me paraît plus prudent de laisser cette question ouverte. Quoi qu'il en soit, et bien que l'on n'y distingue pas de traces de lissage ou d'autres finitions, elle donne dans l'ensemble plutôt l'impression d'avoir été confectionnée avec un minimum de soin puisqu'elle a globalement une forme régulière, des bords droits et des tranches nettes.



Couche superficielle tombée



Continuité entre la surface et l'intérieur

FIGURE V.29. Aspect des cassures de la tablette YBC 8633¹⁷⁶

V.2.3.3. Format et mise en page

La tablette YBC 8633 est une tablette de forme rectangulaire assez peu allongée, environ une fois et demi plus longue que large. Elle a un profil plutôt « sphérique », avec, comme on le voit clairement à la forme de ses tranches sur la figure V.30 ci-après, ses deux côtés bombés à la fois dans le sens de la longueur – avec presque une forme de « coussinet » pour la face – et dans le sens de la largeur. On note de plus que ses bords et ses coins sont très arrondis.

Des mesures réalisées par K. Wagenonner indiquent que ses dimensions sont de 9,4 centimètres pour la longueur, 6,3 centimètres pour la largeur et 2,8 centimètres pour l'épaisseur, ce qui en fait une tablette de taille moyenne qui pouvait tout à fait être tenue dans la main.¹⁷⁸

Elle est de plus inscrite parallèlement à ses petits côtés, c'est-à-dire au « format portrait », avec un axe de retournement horizontal, et son contenu est disposé sur une seule colonne, ce qui en fait une tablette « de type S » dans la classification standard.¹⁷⁹

176. Les deux images sont des captures effectuées à partir de la photographie en éclairage modifiable du revers de la tablette réalisée par K. Wagenonner, avec la lumière venant du « nord-ouest ».

177. Les quatre images sont des captures effectuées à partir des photographies en éclairage modifiable réalisées par K. Wagenonner. La tranche gauche est montrée avec la face vers le haut et la lumière venant du « sud-ouest ». La tranche droite est montrée avec la face vers le haut et la lumière venant du « nord-est ». La tranche supérieure est montrée avec la face vers le bas et la lumière venant du « nord-ouest ». Enfin, la tranche inférieure est montrée avec la tranche vers le haut et la lumière venant du « nord-ouest ».

178. Ces dimensions correspondent bien à l'ordre de grandeur qui peut être obtenu à partir de l'échelle insérée sur la photographie de [NEUGEBAUER&SACHS1945]. L'estimation de 11,6 centimètres donnée dans mon mémoire de master [REYNAUD2016] est une coquille.

179. La photographie insérée page 369 permet de visualiser cette mise en page. La classification des tablettes selon leur format et leur mise en page est présentée dans la section II.1.2.3 de ce travail, à laquelle on pourra se reporter pour des références. Tout comme dans le cas de la tablette BNUS 367, la tablette YBC 8633 pourrait a priori aussi relever du « type III », mais son contenu l'exclut puisqu'il ne s'agit pas d'un extrait de série élémentaire.



Tranche gauche



Tranche supérieure



Tranche droite



Tranche inférieure

FIGURE V.30. Forme des tranches de la tablette YBC 8633¹⁷⁷

On y trouve, en haut de la face, un diagramme qui occupe un peu plus de la moitié de la largeur disponible, puis, immédiatement en-dessous, sans séparation, un texte qui s'étend sur tout le reste de la face, la tranche inférieure et presque l'intégralité du revers. La tranche droite contient plusieurs signes qui dépassent des lignes de texte de la face et du revers, et les tranches gauche et supérieure sont vierges. Le dernier signe de la sixième ligne semble avoir été volontairement espacé de celui situé juste avant lui de manière à ce que l'unité de sens à laquelle il appartient remplisse presque tout l'espace disponible jusqu'au bord de la tablette, mais cette volonté de « justifier » le texte ne paraît pas avoir été systématique puisque l'antépénultième ligne se termine plus loin du bord que les autres.

La zone de texte n'est entourée ni de marges ni de lignes de délimitation au début et sur les côtés, mais se termine en revanche par un double trait horizontal (montant) qui en marque la fin. Le texte est de plus physiquement divisé en trois sections au moyen de deux autres doubles traits horizontaux (montants) s'étendant sur toute la largeur.¹⁸⁰

V.2.3.4. Écriture et tracés

Les lignes de texte sont guidées par des tracés auxiliaires, que l'on repère particulièrement bien aux endroits où l'écriture est un peu moins dense mais qui semblent être présents partout.¹⁸¹ Ceux-ci montent légèrement en s'approchant du bord droit de la tablette et sont partiellement chevauchés par de nombreuses têtes de clous verticaux.

Les signes ont une hauteur moyenne d'environ 6,5 millimètres et sont imprimés bien profondément.¹⁸³ Certains clous verticaux sont légèrement inclinés vers la gauche (en allant vers le bas) et certains clous horizontaux descendent légèrement (en allant vers la droite), même

180. La photographie fournie page 369 permet de visualiser ces traits de structure.

181. On remarque qu'ils ont d'ailleurs bien été dessinés partout sur la copie.

182. Les deux images sont des captures effectuées à partir de la photographie en éclairage modifiable du revers de la tablette réalisée par K. Wagensohnner, la première avec la lumière venant du « nord-ouest » et la deuxième avec le mode « normals visualization » qui fait davantage ressortir les lignes décrites.

183. La hauteur des signes est toutefois moins importante dans les premières lignes du texte, qui, comme nous le signalerons plus loin, sont un peu particulières.



Vue normale



Vue avec un mode de visualisation spécial

FIGURE V.31. Tracés auxiliaires guidant le texte de la tablette YBC 8633¹⁸²

si ces petites variations restent plutôt discrètes, et un certain nombre de signes sont mal formés, avec des clous manquants ou placés de manière incorrecte. Néanmoins, en-dehors des premières lignes sur lesquelles nous reviendrons un peu plus loin, le texte demeure dans l'ensemble assez lisible aux endroits où la tablette est bien préservée. On n'est ainsi ni dans le cas d'une écriture régulière particulièrement soignée ni dans celui d'une écriture bâclée difficilement déchiffrable, et le niveau d'application du scribe semble ainsi avoir été intermédiaire.



FIGURE V.32. Aspect de l'écriture sur la tablette YBC 8633¹⁸⁴

Il est par ailleurs probable, même si je ne suis pas en mesure de l'affirmer totalement à partir des seules photographies, que certains clous présentent au moins partiellement le « motif de Messerschmidt », dont la présence confirmerait que le texte a été écrit au moyen d'un calame en roseau. Il est de plus frappant de constater que les signes, et en particulier les chevrons, sont très peu anguleux, ce qui peut faire penser que le coin utilisé pour les imprimer était émoussé. Enfin, on repère sur quelques clous verticaux du début du texte une queue dédoublée, qui pourrait éventuellement résulter du fait que la pointe du calame était fendue au moment où ils ont été imprimés, et sur quelques clous verticaux de la fin du texte une marque parallèle à la queue principale, qui pourrait correspondre à une impression plus légère d'une deuxième arête du calame en même temps que celle de l'arête employée pour écrire.

184. Cette image est un gros plan sur la photographie du revers de la tablette disponible sur le site [YBC].

185. Les trois images sont des gros plans sur la photographie de la tablette disponible sur le site [YBC]. Les signes montrés se trouvent respectivement à la deuxième, la vingtième et la vingt-deuxième lignes du texte.

186. Les deux premières images sont des captures effectuées à partir des photographies en éclairage modifiable du revers et de la tranche gauche de la tablette réalisées par K. Wagenonner, avec pour la première la lumière venant du « sud-est » et pour la deuxième la lumière venant du « nord-ouest ». Les signes montrés se trouvent respectivement à la vingt-cinquième et la dix-neuvième lignes du texte. Les deux autres images sont des gros plans sur les photographies de la face et du revers de la tablette disponibles sur le site [YBC]. Les signes montrés se



FIGURE V.33. Possibles « motifs de Messerschmidt » sur la tablette YBC 8633¹⁸⁵



Chevrons peu anguleux

Clous dédoublés

Traces parallèles

FIGURE V.34. Autres particularités de l'écriture sur la tablette YBC 8633¹⁸⁶

Les lignes de structure mentionnées plus haut ne présentent pas de têtes de clous à leurs extrémités, ne sont de pas du tout rectilignes, et ont une largeur et une profondeur irrégulières.¹⁸⁷ Bien qu'ils soient plus difficiles à décrire, car beaucoup moins visibles, les tracés auxiliaires guidant le texte semblent présenter des caractéristiques similaires. Toutes ces observations seront comparées dans la section V.2.4.4 à l'aspect des lignes du diagramme.



FIGURE V.35. Ligne double séparant deux sections de la tablette YBC 8633¹⁸⁸

V.2.3.5. Traces d'effacement

Ainsi que l'ont relevé O. Neugebauer et A. Sachs dans leur édition, il est possible que les premières lignes du texte actuel, beaucoup plus confuses et difficiles à lire que la suite, aient été écrites par-dessus un ancien texte effacé.¹⁸⁹ Je ne suis pas parvenue à y distinguer moi-même de traces d'effacement à proprement parler, mais l'aspect « baveux » des signes qui fait penser à une ré-humidification de la zone, ainsi que plusieurs restes de clous « parasites » qui

trouvent respectivement à la deuxième et la vingt-sixième lignes du texte.

187. Il est par ailleurs possible qu'il y ait de petites billes d'argile déposées à l'intérieur de leurs sillons, mais la présence d'éléments similaires à l'intérieur de certains clous de l'écriture laisse penser qu'il peut s'agir plutôt d'impuretés qui se sont déposées dans les creux de la tablette au fil du temps.

188. Cette image est une capture effectuée à partir de la photographie en éclairage modifiable du revers de la tablette réalisée par K. Wagensooner, avec la lumière venant de l'« ouest ».

189. Dans les suggestions de lecture qu'il a envoyées à O. Neugebauer et qui sont conservées dans les archives de ce dernier, F. Stephens a mentionné à la deuxième ligne du texte « *something written over an erasure* ». On lit dans l'édition de manière plus générale « *The first six lines show so many traces of erasure that it is plausible to assume that our text was written over the beginning of another.* » ([NEUGEBAUER&SACHS1945] page 53).

n'ont aucune raison d'être dans le texte actuel, vont dans le sens de cette analyse. On peut envisager, pour expliquer cette situation, soit que le scribe ait utilisé une tablette sur laquelle un autre texte avait commencé à être écrit et ait effacé celui-ci pour écrire le texte actuel à la place, soit qu'il ait écrit une première version du début du présent texte et, insatisfait, l'ait effacée pour recommencer. Dans la mesure où la zone occupée par le diagramme, juste au-dessus de ces premières lignes, ne me semble pour sa part pas avoir subi un tel traitement, la deuxième hypothèse me paraît un peu plus probable, mais les deux options restent ouvertes.

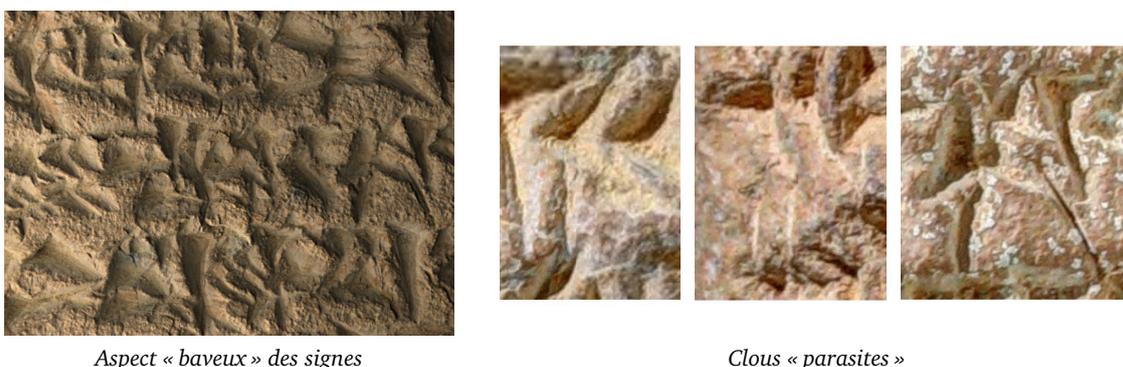


FIGURE V.36. Premières lignes de la tablette YBC 8633, écrites sur un précédent texte effacé¹⁹⁰

En dehors de cela, je n'ai repéré aucune trace d'effacement sur la tablette, notamment dans les zones vierges en bas du revers ou sur les tranches, ce qui signifie en particulier qu'il ne semble pas y avoir eu de « zones de travail » dans lesquelles le scribe aurait pris des notes au cours de la rédaction du texte avant de les faire disparaître.

V.2.3.6. Synthèse des observations et tentatives de conclusions

À l'issue de cette description, il apparaît que la tablette YBC 8633 présente de nombreuses caractéristiques communes avec la tablette BNUS 367 qui faisait l'objet de la première étude de cas : toutes deux sont constituées d'une argile qui paraît légèrement granuleuse bien qu'elle ne comporte pas d'incrustations majeures ; toutes deux ont une forme rectangulaire assez peu allongée, avec un profil presque sphérique ainsi que des bords et des coins très arrondis ; toutes deux ont des dimensions d'environ 9 centimètres sur 6 ; toutes deux sont inscrites au format portrait, sur une seule colonne, recto-verso, avec un axe de retournement horizontal ; toutes deux font apparaître un diagramme en haut de la face puis un texte en-dessous de lui ; et toutes deux se terminent par une ligne double marquant la fin de leur texte. Bien sûr, ces deux tablettes n'ont pour autant pas une apparence totalement similaire, et se distinguent sur des points tels que l'utilisation de la tranche inférieure entre la face et le revers, le recours à des tracés auxiliaires pour guider le texte, la présence de lignes de structure permettant de séparer le diagramme et le texte ou de matérialiser des sections, et les types d'effacements pratiqués, mais il est néanmoins intéressant de constater qu'elles se ressemblent par de nombreux aspects.

Le soin apporté par le scribe à la confection et la rédaction de la tablette YBC 8633 est particulièrement délicat à évaluer en raison du mauvais état de celle-ci, qui nous empêche

190. La première image est une capture effectuée à partir de la photographie en éclairage modifiable de la face de la tablette réalisée par K. Wagensohnner, avec la lumière venant du « nord-ouest » et le mode de visualisation « luminance unsharp masking ». Les trois autres images sont des gros plans sur la photographie de la face de la tablette disponible sur le site [YBC]. Les signes montrés se trouvent respectivement à la deuxième, la troisième et la quatrième lignes du texte.

d'en avoir une vision vraiment complète et peut avoir tendance à fausser notre perception. On y retrouve quelques éléments reflétant une certaine application, comme une forme plutôt régulière, des bords et des coins bien arrondis, une parfaite adéquation entre la longueur du texte et l'espace disponible, ou encore l'absence de traces d'effacement visibles en dehors des premières lignes, mais également des éléments pointant dans le sens opposé, comme des lignes de texte ayant tendance à s'élever, des traits de structure sinueux et irréguliers, une écriture un peu relâchée, ou encore un début très confus. Ce document semble ainsi avoir, tout comme la tablette BNUS 367, un statut intermédiaire qui n'est ni celui de notes griffonnées à la hâte ni celui d'une composition méticuleusement consignée sur argile, et, si l'on souhaite procéder à une comparaison, est sans doute un peu plus proche du premier cas et un peu plus éloigné du deuxième que ne l'était la tablette BNUS 367.

V.2.4. Description détaillée du diagramme

Tout en restant dans le domaine des descriptions matérielles, concentrons-nous à présent plus spécifiquement sur le diagramme qui apparaît en haut de la face de la tablette.¹⁹¹

Par chance, ce diagramme est assez peu affecté par les dommages de diverses natures que nous avons relevés dans la section précédente. L'une des cassures principales ainsi que l'effritement de l'argile sur les bords de celle-ci nous empêchent de connaître le détail du tracé à son extrémité droite, mais cela n'est finalement pas très dérangent dans la mesure où la zone concernée est restreinte et où il n'y a guère de doute sur ce qui devait s'y trouver. Et une petite fissure traverse l'une de ses inscriptions en haut à gauche, mais sans en gêner la lisibilité.

De même, le fait que la surface sur laquelle a été réalisé le dessin ne soit pas parfaitement plane perturbe finalement peu son étude dans la mesure où la courbure dans le sens « gauche-droite » est assez faible à cet endroit et l'affaissement dans le sens « haut-bas » semble avoir été au moins en partie pris en compte lors de la réalisation de la photographie de détail qui m'a été envoyée par la Yale Babylonian Collection.

En définitive, et contre toute attente, les principaux obstacles auxquels j'ai été confrontée lors de mon observation minutieuse du diagramme sont la granulosité, pourtant modérée, de la surface sur laquelle il apparaît, ainsi que la qualité, pourtant déjà excellente, des clichés à partir desquels j'ai travaillé.

Une comparaison de mesures réalisées sur les photographies avec les dimensions de la tablette indiquées sur le site de la Yale Babylonian Collection permet par ailleurs de déterminer que la taille de ce diagramme est d'environ 3,5 centimètres de longueur sur 2 centimètres de hauteur, ou bien 2,5 centimètres de longueur sur 1,8 centimètre de hauteur si l'on ignore les inscriptions, ce qui n'est pas inhabituellement petit mais nous impose cependant de rester très prudents lors de la description et la discussion de l'aspect et de la position des lignes qui le composent. La première version de la photographie montrée par la figure V.37 sur la page suivante (à gauche) le montre à une taille proche de sa taille réelle, tandis que la deuxième version (à droite) le montre agrandi pour en faciliter l'observation.

191. Tout comme celle de la tablette dans son ensemble, la description matérielle proposée ici s'appuie sur le travail documentaire présenté dans le chapitre II de la première partie et la grille d'observation présentée dans la section IV.2.4.1 du chapitre précédent, où pourront être retrouvées des références bibliographiques détaillées.

192. Cette image est une capture effectuée à partir de la photographie en éclairage modifiable du diagramme réalisée par K. Wagenonner, avec le mode de visualisation « specular enhancement ».



Taille réelle approximative



Agrandissement

FIGURE V.37. Photographie du diagramme de la tablette YBC 8633¹⁹²

V.2.4.1. *Emplacement et délimitation*

Ainsi que je l'ai déjà signalé, ce diagramme apparaît tout en haut de la face de la tablette, et, plus précisément, déborde même légèrement sur l'arrondi entre la face et la tranche supérieure. Il se trouve par ailleurs près du bord gauche et occupe seulement un peu plus de la moitié de la largeur disponible, ce qui implique entre autres qu'il n'est pas du tout centré. Enfin, le texte qui l'accompagne se trouve immédiatement en-dessous de lui, ce qui correspond à l'une des deux dispositions standard identifiées dans la section II.1.2.5.

La zone qu'occupe le diagramme n'est délimitée par des tracés sur aucun de ses côtés. Elle présente une petite marge par rapport au bord gauche de la tablette ainsi que, du fait de sa taille, un espace vide important jusqu'au bord droit, mais il n'y a en revanche de marge ni en haut, par rapport au bord supérieur, ni en bas, par rapport au texte qui suit. En particulier, l'espacement vertical entre la dernière inscription portée sous le dessin et la première ligne du texte n'est pas plus important que celui entre deux lignes successives du texte, comme illustré par le gros plan de la figure V.38 ci-dessous.



FIGURE V.38. Absence de séparation entre le diagramme et le texte de la tablette YBC 8633¹⁹³

V.2.4.2. *Configuration géométrique montrée*

Bien que l'une de ses extrémités manque, il est clair que ce diagramme montre un triangle divisé en trois sous-triangles par deux lignes partant de points situés sur son plus petit côté, ou sa base, et se rejoignant au sommet opposé. Il s'agit d'ailleurs à ma connaissance du seul dessin montrant une telle configuration géométrique dans le corpus mathématique paléo-babylonien, les triangles y étant très courants mais d'ordinaire divisés parallèlement à leur base.

193. Cette image est une capture effectuée à partir de la photographie en éclairage modifiable du diagramme réalisée par K. Wagenonner, avec la lumière venant du « nord-ouest ». Notons bien que le trait que l'on distingue en haut de la première ligne du texte est clairement l'un des tracés auxiliaires destinés à guider l'écriture et non un trait de délimitation.

Lorsque l'on tient la tablette de manière à ce que le texte principal puisse être lu dans la direction qui nous est familière, ce triangle apparaît avec sa base plus ou moins verticale et ses deux longs côtés obliques se rejoignant vers la droite, ce qui correspond à l'orientation usuelle de cette forme géométrique.¹⁹⁴

On constate de plus, sans ambiguïté malgré la cassure, que les deux longs côtés du triangle ont des longueurs proches l'une de l'autre et beaucoup plus importantes que celle de la base, qui mesure moins des deux tiers des longs côtés, ce qui laisse penser que le scribe a cherché à dessiner un triangle isocèle.¹⁹⁵ On remarque également que les deux portions de la base qui apparaissent en haut du dessin, entre son extrémité supérieure et son intersection avec la première ligne qui partage le triangle, et entre ses intersections avec les deux lignes qui partagent le triangle, ont à peu près la même longueur, alors que la portion qui apparaît en bas est très légèrement plus grande, ce qui pourrait suggérer a priori que le scribe a voulu représenter soit deux parties égales et une plus longue, soit trois parties égales.¹⁹⁶ Enfin, on peut observer que, bien qu'aucun des angles de la figure n'apparaisse comme parfaitement droit, les quatre angles situés entre la base et les lignes qui partagent le triangle – et particulièrement le deuxième et le troisième en partant du haut – en sont relativement proches, tandis que les deux angles situés aux extrémités de la base sont pour leur part clairement aigus.¹⁹⁷

V2.4.3. *Inscriptions*

Sur le diagramme ont été portées en tout onze inscriptions.¹⁹⁸ Ces inscriptions sont toutes des nombres écrits dans le système de numération sexagésimal positionnel flottant (« 2.20 », « 1.40 » deux fois, « 1.20 » deux fois, « 13.20 ») ou sous une forme qui peut correspondre à différents systèmes de numération mais entre autres à celui-ci (« 1 » deux fois, « 20 », « 40 » deux fois). On ne trouve en particulier, de manière tout à fait ordinaire, aucune unité de mesure ni aucun terme du langage technique ou courant.

Six de ces inscriptions sont placées à l'extérieur du triangle et cinq à l'intérieur.

194. Il est difficile d'estimer si la légère inclinaison de la base que l'on constate, de la droite (en haut) vers la gauche (en bas), est intentionnelle ou non, de sorte que je me contente de la signaler sans la commenter.

195. Les mesures de longueurs et d'angles réalisées sur la photographie doivent être traitées dans le cas présent avec encore plus de précautions que dans d'autres, pour au moins trois raisons : tout d'abord, l'incurvation de la partie de la tablette où le diagramme est dessiné peut altérer notre perception des tracés ; ensuite, l'emplacement proposé pour le troisième sommet – perdu – du triangle n'est probablement pas précis ; enfin, les dimensions absolues du diagramme sont très réduites, de sorte que certaines des variations évoquées ne dépassent pas quelques millimètres et peuvent résulter simplement d'un inévitable manque de précision. Il me semble néanmoins utile d'en mentionner quelques unes à titre indicatif : la longueur du côté incliné le plus court (celui du haut) est d'environ 95% de celle du côté incliné le plus long (celui du bas), ce qui correspond à une différence absolue d'environ 3 millimètres seulement, et la longueur de la base est d'environ 65% de la longueur de ces deux côtés.

196. La différence absolue de longueur entre les deux parties du haut est inférieure à 1 millimètre, tandis que celle entre les parties du haut et la partie du bas est d'environ 2 millimètres.

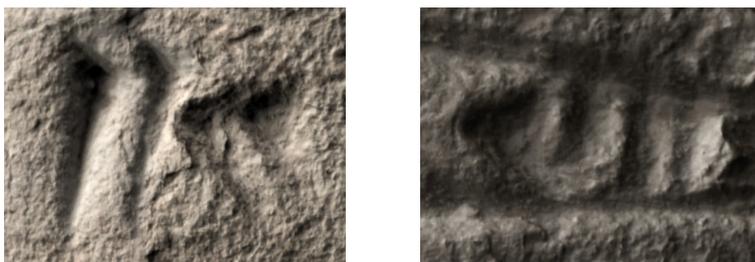
197. Les mesures des quatre angles médians sont toutes comprises entre 80° et 100°, et entre 87° et 92° pour les deuxième et troisième en partant du haut, alors que celles des angles extérieurs sont respectivement de 77° pour celui du haut et de 66° pour celui du bas.

198. Notons que l'on pourrait penser de prime abord qu'il n'y a que dix inscriptions. En effet, ce qui figure à gauche de la base du triangle, au milieu, pourrait a priori aussi bien être un unique nombre (« 2.20.20 ») que deux nombres différents (« 2.20 » et « 20 »), puisque l'espace entre les deux « 20 » n'est pas beaucoup plus grand que celui que l'on trouve à l'intérieur d'autres inscriptions (par exemple le « 1 » et le « 40 » de l'inscription en haut à droite) et que la différence de taille entre la première et la deuxième parties est en réalité assez faible (elle a l'air plus importante sur l'édition donnée ci-après, mais cela vient du fait que les deux clous du « 2 » sont bien plus hauts que les deux chevrons qui les suivent et qu'il a donc fallu trouver un compromis pour rendre l'ensemble du nombre). Toutefois, tous ceux qui ont étudié cette tablette ont opté pour la deuxième possibilité, et nous verrons qu'il n'y a plus de doute une fois que l'on a lu le texte, de sorte que je retiendrai moi aussi dans la suite cette manière de lire les inscriptions concernées.

Celles qui apparaissent à l'extérieur du triangle sont positionnées à côté de ses différents côtés : une près de chacune des trois portions de sa base, une quatrième à gauche de celles-ci (ou plus précisément à gauche de celle du milieu), et une le long de chacun des deux longs côtés. Toutes sont globalement écrites horizontalement de gauche à droite, mais celles qui se trouvent près d'un des deux longs côtés sont inclinées de façon à suivre sa direction, légèrement pour celle du bas et plus fortement pour celle du haut. Par ailleurs, à l'exception de celle qui est clairement éloignée du dessin puisque séparée de lui par d'autres inscriptions, toutes sauf une sont proches des lignes près desquelles elles se situent, et trois d'entre elles les touchent même, mais sans jamais les chevaucher complètement.

Celles qui apparaissent à l'intérieur du triangle sont pour leur part réparties dans les trois sous-triangles. Toutes sont à nouveau globalement écrites horizontalement de gauche à droite, mais leur positionnement est un peu moins clair à décrire, notamment en raison de leur densité dans le peu d'espace disponible. L'une d'entre elles est placée dans le sous-triangle du haut, à environ un tiers de sa longueur, occupe toute la hauteur disponible à cet endroit, et est inclinée vers le bas, comme pour suivre le trait au-dessus d'elle, sur lequel elle s'appuie d'ailleurs nettement. Deux autres sont placées dans le sous-triangle du milieu, l'une plutôt sur la gauche, inclinée vers le bas, suivant et chevauchant le bord au-dessus d'elle et au contraire bien éloignée de celui en-dessous, et l'autre dans la partie droite, plus resserrée, bien horizontale, occupant toute la hauteur disponible et touchant les deux bords autour d'elle en chevauchant même partiellement celui au-dessus. Enfin, les deux dernières sont placées dans le sous-triangle du bas, toutes deux sur la gauche, l'une au-dessus de l'autre, celle du haut touchant le bord au-dessus d'elle et celle du bas touchant le bord en-dessous d'elle.

Je ne suis pas parvenue à repérer sur ces inscriptions le « motif de Messerschmidt », mais on y retrouve malgré tout plusieurs caractéristiques de l'écriture du texte principal : les chevrons ont un coin très peu anguleux et les clous verticaux ont tendance à dévier légèrement vers la gauche, comme illustré par les gros plans de la figure V.39 ci-dessous. Cela laisse penser que ces inscriptions ont été écrites par la même personne et avec le même outil que le texte principal.



Clous inclinés vers la gauche et chevrons peu anguleux

FIGURE V.39. Particularités d'écriture des inscriptions du diagramme de la tablette YBC 8633¹⁹⁹

On note enfin que ces inscriptions ont des tailles très variables. La plus grosse d'entre elles est celle qui apparaît le plus loin du dessin, à gauche, qui a une taille proche de celle du texte principal. Toutes les autres sont écrites bien plus petit, probablement en raison de l'espace limité, en particulier à l'intérieur du triangle où beaucoup d'indications sont portées avec une hauteur disponible très réduite. La hauteur des signes des plus petites d'entre elles

199. Ces images sont des captures effectuées à partir de la photographie en éclairage modifiable du diagramme réalisée par K. Wagenonner, avec le mode de visualisation « specular enhancement ».

est de l'ordre d'un tiers de celle des signes du texte principal, ce qui représente une différence beaucoup plus conséquente que ce que l'on observe en général.

V.2.4.4. *Techniques de tracé*

On constate que toutes les lignes formant le dessin géométrique sont presque parfaitement rectilignes et que les très légères déviations que l'on y repère peuvent toutes être expliquées soit par la concavité de la tablette soit par un déplacement d'argile dû à l'impression d'une inscription à proximité immédiate (sur lequel je reviendrai dans la section suivante). On distingue de plus nettement des têtes de clous « couchées » aux extrémités gauches du long côté du bas et de la ligne intérieure du bas. Enfin, les traits sont nets et larges et ont un profil évasé. Ces différentes observations tendent à indiquer que les lignes du diagramme ont été produites par le scribe par impression, avec le calame utilisé pour écrire ou un calame similaire.

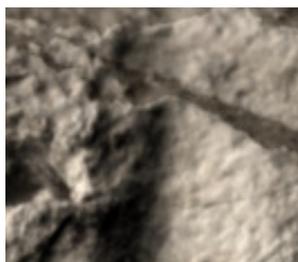
Il est intéressant de noter, au vu de cette observation, que l'aspect des lignes composant le diagramme et leur technique de tracé probable sont très différents de ceux des lignes de structure et des lignes auxiliaires présentes sur la tablette, que j'ai décrites plus haut. Cela tend à confirmer que le fait de procéder d'une manière ou d'une autre pour réaliser des tracés dépend bien d'un choix du scribe, vraisemblablement lié à la nature et aux propriétés de ce qu'il souhaite tracer.

On remarque en outre plus précisément, à la position des marques de têtes de clous des lignes plus ou moins horizontales, que celles-ci ont été tracées de la gauche vers la droite, et, à l'épaisseur décroissante de la ligne verticale, que celle-ci a été tracée de haut en bas, comme il est naturel de le faire lors d'un tracé par impression.²⁰⁰

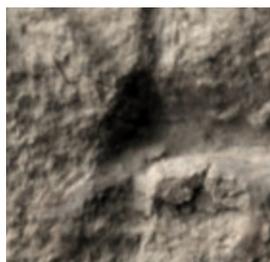
V.2.4.5. *Ordre de tracé des différents éléments*

Enfin, l'examen minutieux de tous les indices laissés dans l'argile par les impressions successives du calame nous permet de reconstituer en partie l'ordre dans lequel les différents éléments constituant le diagramme ont été dessinés ou écrits.

Les gros plans montrés par la figure V.40 ci-dessous illustrent ces différents indices.



Ligne verticale probablement tracée avant la ligne oblique



Inscription réalisée après le tracé

FIGURE V.40. Indices permettant de reconstituer la séquence du production du diagramme de la tablette YBC 8633²⁰¹

Sur le premier gros plan, on constate que la ligne verticale a dû être tracée avant la ligne oblique correspondant au bord supérieur du triangle, puisque la marque à son début est cachée par celle de la ligne oblique. Sur le deuxième gros plan, on constate que la ligne verticale a

200. Ces directions correspondent à la façon dont les clous sont réalisés dans les signes cunéiformes.

201. Ces images sont des captures effectuées à partir de la photographie en éclairage modifiable du diagramme réalisée par K. Wagensonner, avec le mode de visualisation « specular enhancement ».

vraisemblablement été tracée avant la ligne oblique qui subdivise le triangle, puisqu'elle paraît interrompue par celle-ci et, surtout, que les bords de la ligne oblique ne sont pas du tout perturbés à l'endroit où elles se croisent. Les deux autres intersections de la ligne verticale avec les lignes obliques présentent des caractéristiques similaires, bien qu'un peu moins claires. Il me semble donc que l'on peut avancer que la ligne verticale aurait été tracée en premier, et les quatre lignes obliques par la suite, dans un ordre qu'il n'est pas possible de déterminer étant donné que le seul point auquel elles se rencontreraient probablement est désormais perdu dans la cassure.

On constate par ailleurs sur le troisième gros plan que la ligne montrée a été légèrement déformée par l'impression de l'inscription « 40 » au-dessus d'elle, ce qui implique qu'elle a été tracée en premier. Comme il en va de même pour toutes les inscriptions placées suffisamment près d'une ligne pour que cela puisse être observé, il semble possible de conclure que le scribe a vraisemblablement tracé l'ensemble de son dessin avant de commencer à y porter des inscriptions – qu'il a alors pu porter en une seule fois immédiatement après avoir réalisé le dessin ou bien petit à petit.²⁰²

V.2.4.6. Édition avec le logiciel DRaFT

Pour conclure cette description du diagramme, la figure V.41 ci-dessous montre l'édition que j'en ai réalisée avec le logiciel DRaFT de la manière présentée dans la section IV.2.4.2 du chapitre précédent.²⁰³

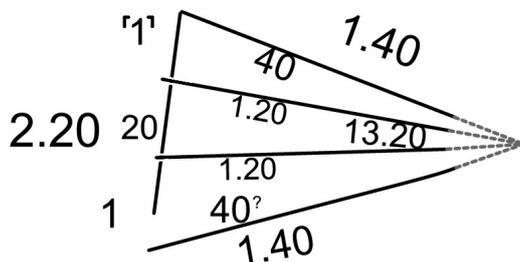


FIGURE V.41. Édition du diagramme de la tablette YBC 8633 réalisée avec le logiciel DRaFT

V.2.5. Lecture et explication du texte

Maintenant que nous avons décrit les caractéristiques matérielles du diagramme présent en haut de la face de la tablette YBC 8633, il nous faut lire et expliquer le texte qui se trouve immédiatement en dessous de lui.

202. Parmi les inscriptions placées suffisamment près d'une ligne du diagramme, cette situation est claire pour le « 20 » à gauche du triangle, le « 40 » en haut, les deux « 1.20 » au milieu, ainsi que le « 40 » et le « 1.40 » en bas, et semble également pouvoir être observée pour le « 13.20 » à droite. Le seul doute qui subsiste concerne l'inscription « 1.40 » en haut, dont l'aspect n'est pas très clair sur les photographies à ma disposition, mais il est très peu probable qu'elle seule ait été réalisée avant le dessin.

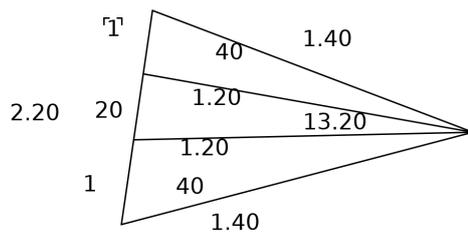
203. J'ai utilisé des lignes droites pour rendre le côté vertical et les trois lignes obliques du haut, qui apparaissent presque parfaitement rectilignes sur la photographie, et une courbe de Bézier pour rendre la dernière ligne oblique, dont l'extrémité droite se courbe vers le haut. Par ailleurs, la reconstitution que je propose en pointillés gris est basée sur la supposition que toutes les lignes obliques se rencontreraient à l'origine en un seul point qui était le troisième sommet du triangle ; cette proposition est convaincante dans la mesure où elle est cohérente avec le tracé conservé et correspond bien au texte discursif qui sera présenté dans la partie suivante, mais la localisation du point en question est vraisemblablement imprécise.

Il convient de signaler qu'à partir d'ici, l'analyse que je fournis, qui soulève des questions réellement délicates malgré l'apparente simplicité de la situation étudiée, est à considérer comme une première approche qui discute les grandes lignes du raisonnement mais n'examine pas tous les détails problématiques. Une analyse plus aboutie du raisonnement présenté par cette tablette sera proposée dans le chapitre que je suis en train de préparer à son sujet pour le livre [LOIZELET&HUSSONÀP].

V.2.5.1. Translittération et traduction

Le texte est assez bien préservé à l'exception de la fin des premières lignes de la face et de parties entières des dernières lignes de la face et des premières lignes du revers, qui sont perdues dans des cassures conséquentes. La translittération et la traduction que j'en ai retenues, à partir des photographies en éclairage modifiable envoyées par la Yale Babylonian Collection, de la copie d'O. Neugebauer et A. Sachs, et d'une comparaison de mes propres lectures avec celles de [NEUGEBAUER&SACHS1945], de [HØYRUP2002] et des notes trouvées dans les archives d'O. Neugebauer, sont données ci-dessous. Elles ne sont exceptionnellement pas suivies de notes philologiques, qui seront fournies dans le chapitre que je suis en train de préparer au sujet de cette tablette pour le livre [LOIZELET&HUSSONÀP].

YBC 8633



- Obv. 1. SAG.DÙ 1.40 UŠ.TA *ki-¹la²-la²-an* 2.20 SAG.KI A.ŠÀ *mi-¹nu-um¹*
Un triangle. Chacun² ¹des deux¹ flancs (est) 1.40. Le front (est) 2.20. ¹Quelle¹ (est) la surface?
2. *at-ta i-na* 2.20 SAG ša [...]
Toi, de 2.20, le front qui [...]
3. 20 *ú-¹sú¹-uḫ¹-ma a-na* SAG SAG.DÙ x x [...]
retranche 20, puis [...] au front du triangle,
4. *ù² 2 ša te-zí-bu a-na ši-na ḫe-pé²-ma* ¹1¹
et brise en deux 2, que tu as laissé : ¹1¹.
5. 1 SAG.KI SAG.DÙ *iš-te-en* 1 SAG SAG.DÙ *ša-ni-im*
Le front du premier triangle (est) 1. Le front du deuxième/autre triangle (est) 1.
6. UŠ *ša-nu-um mi-nu-um*
Quel (est) le deuxième flanc?
7. 20 *ma-ak-ša-ra-am a-na 4 i-ši-ma* 1.20
Porte 20, le *maḫsarum*, à 4 : 1.20.
8. 1.20 UŠ *ki-nu-um* *ù² 1* SAG.KI ¹SAG¹.[DÙ]
Le vrai flanc (est) 1.20. Et 1, le front du ¹triangle¹,
9. *a-na ši-na¹ ḫe-¹pe-ma 30 a-na¹ 1.20* ¹UŠ¹ [*ša/ki-nim*]
¹en deux brise : 30. À¹ 1.20, le [deuxième/autre/vrai] ¹flanc¹,

10. [i]-šī¹-ma 40 A.ŠÀ SAG.[DÙ iš-te-en]
 'porte(-le)' : la surface du [premier²] 'triangle' (est) 40.
11. 20 SAG.KI SAG.DÙ a-na šī-na¹ [he-pe/pé-ma]
 [Brise] 'en deux' 20, le front du 'triangle', [puis]
12. 10 a-na 1.20¹ [Uš ša/ki-nim i-ši-ma]
 [porte] 10 à '1.20', [le deuxième/autre/vrai flanc :]
- Lw.E. 13. 13.20 A.ŠÀ SAG¹.DÙ ša¹-[ni-im]
 'la surface du deuxième/autre triangle' (est) 13.20.
- Rev. 14. 1 SAG.KI SAG.DÙ a-na šī¹-[na he-pe/pé-ma]
 [Brise] en 'deux' 1, le front du triangle, [puis]
15. 30 a-na 1.20 Uš ki-nim [i-ši-ma]
 [porte] 30 à 1.20, le vrai flanc [:]
16. '40' A.ŠÀ SAG.DÙ ša-al¹-[ši-im]
 la surface du 'troisième' triangle (est) '40'.
17. '1' .33.20 A.ŠÀ ki-nu-um [. . .]
 La vraie surface (est) '1.33.20'. [. . .]

-
18. 'ma-ak'-ša-ru-um ša SAG¹.[KI.GU₄ šī-li-ip-tim]
 (Quant au) 'makšarum' du 'trapèze' [de la diagonale].
19. 20 a-na 5 ša² šī-li-'ip-tim' [i]-šī-ma¹
 'Porte' 20 à 5, de² la 'diagonale' :
20. 1.40 šī-'li-ip-tam' i-[na]-di-kum-ma
 '(cela) te donne' 1.40, 'la diagonale'.
21. 20 a-na 4 Uš i-ši-ma 1.20 Uš ki-nu-um
 Porte 20 à 4, le flanc : le vrai flanc (est) 1.20.
22. 20 a-na 3 i-ši-ma 1 SAG SAG.DÙ i-na-di-ku
 Porte 20 à 3 : (cela) te donne 1, le front du triangle.

-
23. ma-ak-ša-ru-um ša SAG.KI.GU₄ šī-li-ip-tim
 (Quant au) makšarum du trapèze de la diagonale.
24. 20 a-na 5 i-ši-ma 1.40 Uš
 Porte 20 à 5 : le flanc est 1.40.
25. 20 a-na 4 i-ši-ma 1.20 Uš ša-nu-um
 Porte 20 à 4 : le deuxième/autre flanc (est) 1.20.
26. 20 a-na 3 i-ši-ma 1 SAG.KI SAG.DÙ
 Porte 20 à 3 : le front du 'triangle' est 1.
-

V2.5.2. Structure d'ensemble du texte

Le texte apparaissant sur cette tablette, qui, comme je l'ai déjà signalé, commence immédiatement en-dessous du diagramme, sans ligne de séparation, est matériellement divisé en trois sections au moyen de doubles lignes horizontales allant du bord gauche au bord droit de la tablette et se termine par une telle double ligne horizontale.

La première des trois sections, qui s'étend des lignes 1 à 17 et est de loin la plus longue, consiste en un problème résolu dans lequel peuvent être identifiés un énoncé, qui correspond

à la seule première ligne, et une procédure de résolution, qui correspond aux seize lignes suivantes. L'énoncé commence par un mot-clé qui indique quel objet va être considéré dans le problème, fournit ensuite des précisions sur cet objet, puis pose une question à son sujet. J'en propose une analyse dans la section V.2.5.3 ci-après. La procédure de résolution détaille alors une succession d'opérations à effectuer pour trouver la réponse à la question posée dans l'énoncé. Bien qu'elle ne soit pas explicitement divisée en sous-sections, il me semble pratique de la couper pour les explications en six petites étapes, dont je propose des analyses détaillées dans les sections V.2.5.4 à V.2.5.9 ci-dessous.

Les deuxième et troisième sections, qui s'étendent respectivement de la ligne 18 à la ligne 22 et de la ligne 23 à la ligne 26, sont beaucoup plus courtes. Elles ne semblent pas présenter de nouveau problème mais plutôt consister en des sortes d'explications – de nature à préciser – se rapportant à la procédure exposée dans la première section. J'en propose une analyse détaillée dans la section V.2.5.10.

Enfin, après avoir discuté séparément ces différents composants du texte, je tenterai de procéder dans la section V.2.5.11 à une explication d'ensemble.

V.2.5.3. Énoncé : un problème d'aire de triangle (ligne 1)

Ainsi que je viens de l'expliquer, la première section de ce texte consiste en un problème résolu formé d'un énoncé et d'une procédure de résolution.

L'énoncé commence, tout comme dans le cas de la tablette BNUS 367, par un mot-clé qui nous permet de savoir quel objet va être considéré dans le problème, en l'occurrence un « triangle » (« SAG.DÙ », ligne 1).

Il précise ensuite les dimensions de ce triangle, en indiquant que ses deux flancs (« UŠ.TA *kilallān* », ligne 1), c'est-à-dire ses deux « côtés obliques », ont une longueur de 1.40 chacun, tandis que son front (« SAG.KI », ligne 1), c'est-à-dire sa « base », a une longueur de 2.20. On peut remarquer que toutes ces valeurs sont, à l'instar de ce que l'on a observé dans le problème de la tablette BNUS 367, exprimées directement sous la forme de nombres sexagésimaux positionnels flottants, sans unités de mesure. On peut également remarquer que, à moins que les ordres de grandeur ne soient pas les mêmes, ce qui donnerait lieu à un triangle extrêmement étiré, ces valeurs nous placent dans l'un des très rares cas où le côté d'un triangle appelé « front » est plus long que ceux appelés « flancs ». Dans la suite des explications, afin d'éviter toute confusion, j'emploierai les mêmes termes de « front » et de « flancs » que le scribe.

On peut de plus observer dès à présent que toutes les valeurs numériques fournies par cet énoncé apparaissent sur le diagramme présent sur la tablette, puisque celui-ci montre un triangle dont les côtés sont respectivement accompagnés des nombres 1.40, 1.40 et 2.20, écrits sous la même forme que dans le texte.

Enfin, l'énoncé demande, au moyen du pronom interrogatif akkadien « *mīnum* » (« quoi ? », ligne 1), de déterminer l'aire (« A.ŠÀ », ligne 1) du triangle ainsi introduit.

V.2.5.4. Subdivision du triangle initial (lignes 2 à 5)

Suite à cet énoncé vient une procédure de résolution, qui s'ouvre par la formule abrégée « toi » écrite en akkadien syllabique (« *attā* », ligne 2) puis se présente sous la forme d'une succession d'instructions à l'impératif.²⁰⁴

204. Voir l'entrée « AK » du glossaire des sumérogrammes au sujet de la formule dont le pronom « *attā* » peut être considéré comme une forme abrégée.

La première étape que nous pouvons identifier dans cette procédure de résolution correspond à ses quatre premières lignes. Elle commence par une mention du front du triangle, mais dont la qualification, qui aurait pu être un élément précieux pour nous, est malheureusement perdue dans l'une des cassures. Elle demande de retrancher 20 de la longueur de ce front, puis de diviser par deux la longueur de 2 restante, et conclut alors que les longueurs des fronts d'un « premier triangle » (« SAG.KI SAG.DÙ *īštēn* », ligne 5) et d'un « deuxième triangle » ou d'un « autre triangle » (« SAG SAG.DÙ *šanîm* », ligne 5), sont 1. On comprend ainsi plus ou moins clairement que le front du triangle initial est subdivisé à ce moment en trois parties de longueurs respectives 20, 1 et 1 – d'une manière qui nous semble totalement arbitraire à ce stade – et que les deux parties de longueur 1 sont à leur tour considérées comme les fronts de deux nouveaux triangles.²⁰⁵

On constate que cette partition du front du triangle initial apparaît sur le diagramme, où les nombres 1, 20 et 1 (dans cet ordre) sont écrits l'un sous l'autre à gauche du côté vertical, et où les deux nouveaux triangles mentionnés à la ligne 5 sont matérialisés grâce à la présence de lignes intérieures que j'appellerai dans la suite des « longitudinales » (par opposition aux « transversales » que l'on rencontre dans de nombreux cas).²⁰⁶ Toutefois, la partie de longueur 20, pour laquelle aucun triangle n'est introduit dans le texte, apparaît elle aussi *de facto* sur le diagramme comme le front d'un nouveau triangle, et, parmi les trois nouveaux triangles obtenus en tout, ceux ayant un front de longueur 1 sont clairement ceux du haut et du bas, et non pas les deux du haut (ou éventuellement du bas) comme pourrait le faire penser le texte en les décrivant comme « premier » et « deuxième ». Ces deux remarques feront écho à ce que nous lirons plus loin dans la procédure.

V.2.5.5. Détermination du « deuxième flanc » ou « vrai flanc » (lignes 6 à 8)

Le passage suivant de la procédure est consacré à la détermination de la longueur de ce qui est appelé dans le texte dans un premier temps le « deuxième flanc » ou l'« autre flanc » (« UŠ *šanûm* », ligne 6) et dans un second temps le « vrai flanc » (« UŠ *kînum* », ligne 8).²⁰⁷ Le calcul effectué pour trouver cette longueur consiste à multiplier par le nombre 20, appelé « *maḫsarum* » (ligne 7), une quantité dont la signification et l'origine ne sont pas précisées mais qui a pour valeur 4, ce qui donne comme résultat 1.20.

Le sens de cette étape, décrite sans plus d'explications, est difficile à saisir à ce stade de la procédure. La seule chose que l'on comprend assez clairement est que le résultat 1.20, qui apparaît deux fois sur le diagramme, placé tout contre les deux longitudinales, correspond vraisemblablement dans le raisonnement à la longueur de ces deux lignes intérieures – ce qui s'accorde plutôt bien avec l'expression de « deuxième flanc » ou d'« autre flanc » puisque ces lignes correspondent effectivement à certains des flancs des nouveaux triangles formés à l'intérieur de celui de départ.²⁰⁸ La manière dont cette longueur est déterminée reste pour sa

205. Soulignons que les valeurs 20, 1 et 1 données ici sont des nombres sexagésimaux positionnels flottants tels qu'ils apparaissent dans le texte mais doivent bien sûr être compris, d'après la manière dont ils ont été obtenus, comme n'étant pas du même ordre de grandeur : la partie de longueur 20 est trois fois plus petite que celles de longueur 1 et non vingt fois plus grande.

206. Voir à ce sujet la section I.2.2.1 du premier chapitre. Nous rencontrerons un peu plus loin différents noms donnés à ces lignes dans le texte.

207. Diverses hypothèses peuvent être émises pour expliquer le choix entre les expressions « second flanc » ou « autre flanc » et « vrai flanc ». Cependant, la distinction entre elles ne semble pas totalement cohérente puisque la deuxième section du texte utilise la première et que la troisième section utilise la seconde alors que ces passages sont par ailleurs presque identiques à tous les égards.

208. Il semble difficile de déterminer à quel point cette dénomination, qui est à ma connaissance un hapax, était claire pour un lecteur ancien. Il est par contre intéressant de noter, sur un tout autre plan, que la valeur 1.20

part inexplicable dans l'immédiat, et ce d'autant plus que, d'une part, ni le *makšarum* 20 ni la valeur 4 par laquelle on le multiplie ne figurent sur le diagramme, et, d'autre part, la valeur obtenue n'est pas la valeur exacte que l'on peut calculer par ailleurs mais une valeur approchée qui présente un écart d'environ 11% avec la valeur exacte.²⁰⁹

V.2.5.6. Détermination de l'aire du premier triangle (lignes 8 à 10)

Dans les trois lignes suivantes, la procédure demande de diviser la longueur du front du triangle (à comprendre comme la longueur du front de l'un des triangles) par 2, ce qui donne comme résultat 30, et de multiplier ensuite ce résultat par la longueur du « deuxième flanc » ou « vrai flanc » que l'on vient d'obtenir, ce qui donne finalement 40. Il est alors dit que ce nombre est la surface d'un triangle, dont la description est cassée mais qui est très probablement le premier triangle au vu de la suite du texte. Et, effectivement, on peut reconnaître dans les calculs effectués la méthode habituelle de détermination de l'aire d'un triangle souvent utilisée dans le corpus mathématique babylonien, à partir d'un front de 1, qui est bien celui du premier sous-triangle du triangle initial, et d'un flanc de 1.20, qui est bien l'un des deux flancs de ce même sous-triangle d'après l'étape précédente.

Il se pose bien sûr, comme toujours dans ce type de situations, la question de savoir si le triangle auquel est appliquée cette manière de procéder est vraiment un triangle rectangle. Il me semble qu'il faut opposer sur ce point trois réponses assez différentes les unes des autres. Avec la construction à laquelle le scribe a procédé, ce triangle n'est pas rectangle puisqu'il a été obtenu en divisant un triangle isocèle à moins de la moitié de sa base. Sur le diagramme, l'angle impliqué a été dessiné comme assez proche d'un angle droit sans en être tout à fait un. En revanche, si l'on accepte la longueur de 1.20 déterminée de manière obscure pour la longueur du dernier côté de ce triangle dans l'étape précédente, alors celui-ci est vraiment un triangle rectangle puisque le triplet (1, 1.20, 1.40) formé par les longueurs de ses trois côtés se trouve être un triplet pythagorien semblable au triplet bien connu (3, 4, 5) ! On commence ainsi à comprendre que l'auteur du texte, par un découpage en apparence arbitraire du front du triangle initial, suivi d'un calcul énigmatique et inexact des longueurs des côtés inconnus des sous-triangles ainsi formés, a réussi à se placer dans une situation dans laquelle il est en mesure de calculer l'aire du premier sous-triangle de la manière habituelle.

On peut par ailleurs remarquer que la valeur 40 calculée à cette étape de la procédure a été inscrite sur le diagramme à l'intérieur des deux sous-triangles extérieurs, et donc en particulier à l'intérieur du « premier triangle » probablement mentionné dans la partie perdue du texte, que celui-ci soit celui du haut ou celui du bas.

V.2.5.7. Détermination de l'aire du deuxième triangle (lignes 11 à 13)

L'étape suivante de la procédure consiste en des calculs très similaires, cette fois pour déterminer l'aire d'un triangle dont la description est en grande partie perdue mais qui semble être au vu des quelques traces lisibles le « deuxième triangle ». Pour ce faire, le front 20 de ce triangle est divisé par deux, puis le résultat obtenu est multiplié par la longueur de la longitudinale obtenue précédemment, ce qui donne finalement 13.20.

obtenue apparaît deux fois sur le diagramme alors qu'elle a été calculée une seule fois dans le texte, un aspect sur lequel je reviendrai dans la section V.2.6.3.

209. Pour ce qui est du premier point, il est vrai que j'ai mentionné plus haut un nombre « 20 » écrit sur le diagramme à côté de la deuxième partie du front, mais celui-ci se rapporte très probablement, comme nous l'avons vu, à la longueur de cette partie, et il s'avérera qu'il n'a effectivement rien à voir avec le *makšarum*. Pour ce qui est du deuxième point, deux applications successives du théorème de Pythagore montrent que le carré de la longueur qui nous intéresse est 1.26.40 alors que le carré de 1.20 est 1.6.40...

On constate que la démarche employée dans cette étape est la même que celle employée dans l'étape précédente pour calculer l'aire du premier triangle. Son utilisation est un peu plus surprenante puisque le triangle auquel est elle appliquée n'est cette fois pas rectangle, que ce soit au vu de la construction ou au vu des longueurs de ses côtés, alors que l'existence même de la procédure au sein de laquelle elle intervient montre que l'auteur du texte était conscient qu'elle ne pouvait pas être utilisée pour tous les triangles. Cependant, ce triangle, bien qu'il ne soit pas rectangle, en est tout de même beaucoup plus proche que celui de départ, comme illustré par la figure V.42 ci-dessous, et il est ainsi vraisemblable que l'auteur ait considéré que le calcul habituel, qui aurait fourni un résultat très mauvais s'il avait été appliqué directement au triangle de départ, fournit ici une approximation acceptable.

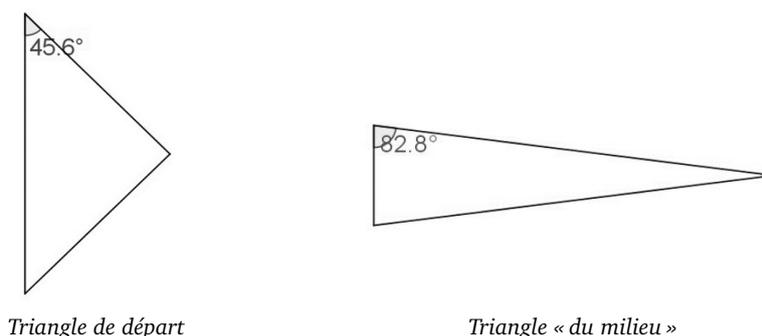


FIGURE V.42. Forme des triangles considérés dans le problème de la tablette YBC 8633

Comme pour l'étape précédente, la valeur ainsi calculée, 13.20, apparaît sur le diagramme, à l'intérieur du sous-triangle du milieu.

V2.5.8. Détermination de l'aire du troisième triangle (lignes 14 à 16)

Dans les trois premières lignes du revers, le scribe répète les opérations décrites dans les lignes 8 à 10, mais cette fois pour déterminer l'aire du troisième triangle, qui a exactement les mêmes dimensions que le premier triangle.

De plus, comme nous l'avons déjà remarqué, cette nouvelle information apparaît sur le diagramme à l'intérieur du triangle en question, que celui-ci soit celui du bas ou celui du haut.

V2.5.9. Détermination de l'aire du triangle initial (ligne 17)

Enfin, la procédure s'achève sur une phrase de conclusion affirmant que la « vraie surface » (« A.ŠÀ kīnum », ligne 17), qui semble désigner l'aire du triangle initial, est 1.33.20. Bien que cette affirmation ne soit pas accompagnée d'un calcul ou d'une explication, on peut aisément deviner que la valeur indiquée a été déterminée en additionnant les aires trouvées pour les trois sous-triangles en lesquels le triangle initial a été partagé, en prenant en compte leurs ordres de grandeur relatifs, comme montré par le schéma ci-contre.

	40
+	13 . 20
+	40
	1 . 33 . 20

On remarque que, puisque des approximations ont été utilisées au cours de la procédure, ce résultat final n'est pas la valeur exacte de l'aire du triangle. Plus précisément, il s'agit d'une approximation de cette valeur, qui présente un écart d'environ 11% avec elle.

Enfin, il est intéressant de noter que ce résultat final, qui est donné, comme toutes les autres valeurs numériques dans le texte, sous la forme d'un nombre écrit dans le système de numération sexagésimal positionnel flottant, n'apparaît pas sur le diagramme.

V2.5.10. Deuxième et troisième sections : une justification ? (lignes 18 à 26)

Examinons maintenant les deuxième et troisième sections du texte, qui sont séparées à la fois de la première section et l'une de l'autre par des lignes doubles horizontales couvrant toute la largeur de la tablette, et dont le statut est plus difficile à cerner.

La deuxième section, qui s'étend des lignes 18 à 22, commence par annoncer qu'elle traite du « *makšarum* », un terme déjà utilisé dans la première section pour désigner le nombre 20 par lequel était multipliée une certaine valeur mais dont la signification est pour l'instant problématique pour nous. Elle l'introduit cette fois plus précisément sous la forme de « *makšarum* du trapèze de la diagonale » (« *makšarum ša SAG.KI.GU₄ šiliptim* », ligne 18). Elle nous indique alors de multiplier successivement par ce *makšarum* 20 une certaine diagonale de longueur 5 (« *5 ša šiliptim* », ligne 18), ce qui donne 1.40 pour « la diagonale » (« *šiliptam*, ligne 19), par un certain flanc de longueur 4, ce qui donne 1.20 pour le « vrai flanc » (« *1.20 UŠ kīnum* », ligne 20), et par le nombre 3 dont la signification n'est pas précisée, ce qui donne 1 pour « le front du triangle » (« *SAG SAG.DÙ* », ligne 22).

Dans ces quelques lignes, nous reconnaissons les calculs qui transforment les côtés du triangle rectangle bien connu (3, 4, 5) en ceux du triangle semblable (1, 1.20, 1.40). Or, ces dernières dimensions sont justement celles des deux sous-triangles extérieurs en lesquels le triangle initial du problème étudié a été partagé, et la multiplication d'un flanc de 4 par le *makšarum* pour obtenir un « vrai flanc » de 1.20 fait écho à l'étape de détermination de la longueur des longitudinales que nous n'étions pas parvenus à comprendre dans la procédure. Pour cette raison, il semble que cette deuxième section fournisse des précisions sur la manière dont les dimensions des deux sous-triangles extérieurs sont trouvées dans la première section, ou peut-être même une forme de justification de cette dernière : elle permet de comprendre a posteriori que, le flanc des sous-triangles extérieurs commun avec le triangle initial ayant une longueur de 1.40, l'auteur du texte a intentionnellement choisi de donner comme front à ce triangle une partie de celui de départ de longueur 1 afin de se placer dans une configuration de triangle rectangle bien connu et a alors calculé non pas le vrai troisième côté de ce triangle mais le troisième côté qu'il devrait avoir pour être un triangle rectangle.

Le contenu de la troisième section, qui s'étend des lignes 23 à 26, est très similaire à celui de la deuxième section : elle décrit exactement les mêmes calculs, presque avec les mêmes phrases. On peut s'étonner que cette explication apparaisse deux fois l'une après l'autre, mais il semble raisonnable de suggérer – même si cela appelle des commentaires – que le premier passage détaille la détermination des dimensions du premier sous-triangle tandis que le second passage détaille la détermination des dimensions du troisième sous-triangle.

V2.5.11. Tentative d'explication globale de la procédure

A la lumière de l'ensemble de ces trois sections, nous pouvons maintenant proposer une explication globale du problème mathématique présenté dans cette tablette.

Le but de ce problème est de déterminer l'aire d'un triangle isocèle dont les trois côtés sont connus mais dont les angles à la base ne sont pas assez proches d'angles droits pour permettre l'utilisation de la méthode habituelle consistant à multiplier la longueur du flanc par la moitié de la longueur du front. Pour le résoudre, l'auteur choisit de subdiviser le triangle initial décrit dans l'énoncé en plusieurs sous-triangles plus petits, qui sont soit des triangles rectangles soit assez proches de triangles rectangles, et dont il pourra en conséquence calculer l'aire par la méthode habituelle sans générer d'erreur excessive.

La partition du triangle la plus adaptée à laquelle on peut penser pour atteindre ce but est bien sûr la partition en deux sous-triangles rectangles délimités par la hauteur issue du

sommet opposé à la base. Cependant, le carré de la longueur de cette hauteur est 1.35, ce qui n'est pas un carré parfait et aurait ainsi posé des problèmes lors de la suite des calculs. C'est très probablement pour cette raison que l'auteur n'a pas choisi cette partition simple qui l'aurait conduit à un résultat exact, mais une partition plus compliquée en trois triangles, obtenue en divisant le front initial en trois parties et en considérant chacune d'elles comme le front d'un nouveau triangle ayant pour troisième sommet le troisième sommet du triangle de départ.

La manière dont les dimensions de ces trois sous-triangles sont obtenues n'est pas explicitée dans la procédure de résolution elle-même, mais est expliquée ou justifiée dans deux sections supplémentaires insérées à sa suite, qui permettent de comprendre qu'elles ont été choisies de manière à ce que les sous-triangles extérieurs soient semblables au triangle rectangle (3, 4, 5).²¹⁰ Enfin, les aires des trois sous-triangles introduits sont déterminées comme le produit de leurs flancs par la moitié de leurs fronts, puis, bien que cela ne soit pas précisé dans le texte, sont très probablement additionnées pour trouver l'aire du triangle initial.

Avec cette explication à l'esprit, nous pouvons proposer de comprendre le mot « *makšarum* », qui apparaît aux lignes 7, 18 et 23, comme désignant un facteur homothétique - dans notre cas particulier, le facteur de l'homothétie transformant le triangle rectangle (3, 4, 5) en un triangle similaire traité dans le problème -, une interprétation qui a l'avantage d'être cohérente avec la seule autre occurrence de ce terme dans un contexte mathématique.²¹¹ Cependant, la mention d'un trapèze dans l'expression « *makšarum* du trapèze de la diagonale », aux lignes 18 et 23, reste problématique.²¹²

Par ailleurs, deux aspects de la procédure de résolution restent non élucidés : nous en sommes réduits à formuler des hypothèses sur la façon dont le scribe a pu évaluer que, après avoir choisi la valeur 1 pour les fronts des sous-triangles extérieurs, 1,20 était une approximation raisonnable des longueurs des longitudinales, et comment il a pu estimer que le sous-

210. Un petit doute doit cependant être émis quant à cette explication du choix de la partition - qui semble à tous égards l'explication la plus convaincante : elle ne correspond pas bien à l'ordre dans lequel la subdivision du front est présentée dans le texte, où la première partie du front à être introduite est la partie de longueur 20...

211. Cette autre occurrence apparaît sur la tablette paléo-babylonienne YBC 6295, qui a été éditée dans [NEUGEBAUER&SACHS1945] (pages 42 et planches 22 et 46). Dans celle-ci, l'expression « *makšarum* de la racine cubique » précède un problème dans lequel la racine cubique d'un nombre un peu compliqué est calculée en le divisant par un nombre dont la racine cubique est bien connue, en calculant la racine cubique du dividende et enfin en la multipliant par la racine cubique connue du diviseur, procédure qui fait également appel à un facteur multiplicatif. Il peut néanmoins être utile de mentionner que J. Høyrup propose dans [HØYRUP2002] une interprétation totalement différente du mot « *makšarum* » dans YBC 8633 : selon lui, une figure-modèle appelée « SAG.KI.GU₄ de la diagonale » et ayant pour paramètres (3, 4, 5) – et qui n'est à son avis pas nécessairement un trapèze comme l'expliquera la note suivante – est répétée 20 fois dans chaque direction de manière à faire un « faisceau » – un sens proche du sens commun du mot « *makšarum* » dans les contextes non-mathématiques – dont la forme serait le triangle rectangle (1, 1.20, 1.40). Cette interprétation est très intéressante dans la mesure où elle tente de relier le sens mathématique du mot à son sens commun ; cependant, il est difficile de trouver dans le texte des éléments à l'appui de cette hypothèse, d'une part car l'entité appelée *makšarum* est le nombre d'itérations et non le chiffre final, et d'autre part car le verbe utilisé à cet endroit est « *našūm* » (qui se réfère à la détermination d'une grandeur concrète au moyen d'une multiplication, et en particulier à la multiplication par une constante technique, selon J. Høyrup lui-même dans [HØYRUP2002] page 22) et non « *ešēpum* » (qui est utilisé pour des répétitions concrètes selon lui dans [HØYRUP2002] page 23).

212. Dans [NEUGEBAUER&SACHS1945], O. Neugebauer et A. Sachs proposent de la comprendre de la manière suivante : ce qu'ils appellent le « *makšarum* de la diagonale » pourrait avoir été représenté par deux triangles semblables avec un angle droit commun, où l'un des triangles est (3, 4, 5) et l'autre (1, 1.20, 1.40), et l'espace vide entre les diagonales de ces deux triangles pourrait alors être vu comme un trapèze appelé « trapèze de la diagonale ». Cependant, cette interprétation est assez éloignée des faits contenus dans le texte. J. Høyrup suggère dans [HØYRUP2002] que le mot sumérien « SAG.KI.GU₄ », qui se réfère normalement à un trapèze, pourrait ici se référer soit au triangle rectangle (3, 4, 5), soit au rectangle (3, 4) dont la diagonale est 5, mais il ne donne aucun argument à l'appui de cette hypothèse qui n'est pas non plus très convaincante.

triangle du milieu était « suffisamment rectangle » pour permettre une détermination de son aire par la méthode habituelle.

Enfin, une dernière remarque concernant le problème contenu dans cette tablette s'impose. Comme [DAMEROW2001] et [HØYRUP2002] le notent, on peut voir aux dimensions du triangle initial qu'il est très proche d'être rectangle, avec un angle presque droit à son troisième sommet, du côté droit. Cela signifie que, contrairement à ce que nous avons dit plus haut, il aurait en fait bien été possible pour le scribe de calculer son aire selon la méthode habituelle, mais en considérant l'un des côtés qu'il appelle « flancs » comme étant le « front ». Cela aurait même produit une erreur beaucoup plus faible (moins de 0,1%) que les calculs actuels (environ 11%). Selon J. Høyrup, le scribe était probablement conscient de cette situation, mais l'a délibérément ignorée parce qu'il voulait présenter un problème répondant à un objectif précis. À la lumière de toutes les explications précédentes, il est en effet très convaincant que le scribe ait choisi intentionnellement une situation lui permettant de montrer une procédure inhabituelle de calcul de l'aire d'un triangle. Cependant, cela n'implique pas nécessairement qu'il ait sciemment ignoré les propriétés du triangle, et nous ne pouvons exclure l'hypothèse qu'il n'ait simplement pas remarqué qu'il était rectangle en son troisième sommet puisqu'il se focalisait principalement sur des opérations à la base du triangle.

V2.6. Analyse des interactions entre le texte et le diagramme

Maintenant que nous avons analysé à la fois le diagramme de la tablette YBC 8633 et le texte discursif qui l'accompagne, nous pouvons utiliser nos observations pour étudier la manière dont ce diagramme semble avoir été lié au texte et les rôles qu'il semble avoir joués dans le raisonnement qui sous-tend ce texte.

V2.6.1. Le diagramme comme outil de travail pour l'auteur et les lecteurs du texte

Tout d'abord, plusieurs éléments relevés plus haut tendent à indiquer que le diagramme dessiné en haut de la face de cette tablette pourrait avoir été utilisé comme un outil de travail essentiel, à la fois par son auteur (ou celui de la première version de la tablette si celle-ci est une copie), ainsi que par ses éventuels lecteurs. Afin de clarifier ce point, nous allons revenir sur certains aspects des calculs décrits dans le texte et les mettre en relation avec les propriétés correspondantes du diagramme.

Comme nous l'avons déjà remarqué plus haut, le diagramme de la tablette YBC 8633 fait apparaître toutes les informations fournies par l'énoncé du problème présent sur la même tablette : il représente un triangle, avec les nombres 1.40, 1.40 et 2.20 inscrits en regard de chacun de ses côtés sous la même forme que dans le texte. Cependant, il est tout à fait clair qu'il ne s'agit pas d'une simple illustration de cet énoncé, et ce pour plusieurs raisons. Tout d'abord, le réalisme de la représentation proposée par le diagramme ne semble pas avoir été un critère important pour la personne qui l'a dessiné puisque le triangle n'est pas du tout dessiné avec les proportions correctes : bien qu'il apparaisse effectivement comme plutôt isocèle, son front apparaît comme plus court que ses flancs alors que c'est le contraire selon les mesures données dans le texte, et l'angle à sa droite apparaît comme clairement aigu alors qu'il devrait être presque droit selon ces mesures.²¹³ Ensuite, le diagramme est loin de ne représenter que les éléments fournis par l'énoncé du problème puisqu'il contient également deux lignes et huit

213. Bien que les mesures des différents côtés ne soient données que sous la forme de nombres flottants, il est possible de déterminer a posteriori leurs ordres de grandeur relatifs à la lumière des dernières sections du texte, qui indiquent que les sous-triangles extérieurs sont semblables au triplet (3, 4, 5) et donc indirectement que leurs côtés (et par conséquent les côtés 1.40 et 2.20 du triangle initial) sont du même ordre de grandeur relatif.

nombres supplémentaires. Enfin, le fait que le nombre 2.20 à gauche soit séparé du front par d'autres inscriptions plutôt qu'écrit immédiatement à côté peut aller à l'encontre de l'idée que la situation décrite dans l'énoncé a d'abord été représentée comme telle et seulement ensuite complétée par d'autres éléments. Toutes ces observations révèlent que d'autres rôles que celui d'illustrer l'énoncé du problème ont été attribués au diagramme de YBC 8633. L'examen de ses liens avec les différentes étapes de la procédure de résolution nous permettra d'avoir un aperçu de ces rôles.

Concernant la première étape que nous avons identifiée dans la procédure, nous avons remarqué que les trois sous-triangles, issus de la subdivision du front du triangle initial, étaient matérialisés sur le diagramme, et que les dimensions de leurs fronts respectifs avaient été écrites à côté, sous la même forme que dans le texte. De plus, comme dans le cas de la représentation des éléments fournis par l'énoncé du problème, cette matérialisation de la subdivision présente un décalage d'échelle saisissant, puisque les deux parties supérieures du front initial, qui devraient être dans un rapport de 1 à 3 selon le texte, sont représentées comme presque égales.

Par ailleurs, nous observons clairement, en ce qui concerne ce passage de la procédure, que le diagramme rend certains aspects du texte discursif plus explicites. En effet, la procédure indique seulement que 20 doit être soustrait de la longueur du front initial et que ce qui reste doit être divisé par deux, puis déclare directement que les fronts de deux triangles, qui n'ont pas été introduits auparavant, sont égaux à 1. C'est donc le diagramme qui montre au lecteur que le front initial a été subdivisée en trois parties, dont les longueurs sont les nombres indiqués, et que ces trois parties deviennent alors les fronts de nouveaux triangles ayant pour troisième sommet le sommet à droite du triangle initial. Plus clairement encore, c'est le diagramme qui explicite pour le lecteur le fait que les sous-triangles dont les fronts mesurent 1 sont les deux triangles extérieurs - ce qui est très important pour comprendre les étapes suivantes de la procédure - alors que le texte pourrait l'induire en erreur en disant que « Le front du premier triangle (est) de 1. Le front du deuxième/autre triangle (est) de 1 ».

Dans [NEUGEBAUER&SACHS1945], O. Neugebauer et A. Sachs vont même plus loin et suggèrent que le nombre 20 utilisé pour la longueur de la partie médiane du front initiale, dont nous n'avons que partiellement élucidé l'introduction, puisse avoir été repris à partir du diagramme. Cependant, bien qu'un tel phénomène puisse être très intéressant pour la présente analyse, ils émettent eux-mêmes des doutes sur cette hypothèse puisque le diagramme ne contient pas que des nombres donnés et qu'il est vraiment difficile de voir comment cela a pu être mis en œuvre dans la pratique...

En tout état de cause, ce que nous avons vu jusqu'à présent, c'est que le diagramme ne représente pas seulement les informations contenues dans l'énoncé du problème, mais aussi la construction géométrique décrite par la procédure de résolution de ce problème, et qu'il rend en outre certains aspects de cette construction, qui restent ambigus ou sont même présentés de manière trompeuse dans le texte, beaucoup plus explicites.

Si nous passons maintenant à l'étape de la procédure au cours de laquelle le « deuxième / autre flanc » est calculé, nous pouvons observer un autre phénomène. En effet, bien que le résultat 1.20 des calculs apparaisse sur le diagramme sous la même forme que dans le texte au-dessous des lignes intérieures subdivisant le triangle, il y a aussi pour la première fois des nombres qui sont mentionnés dans le texte mais qui n'ont pas été portés sur le diagramme, à savoir le nombre 4 par lequel le *makšarum* doit être multiplié et, très probablement aussi le *makšarum* 20 lui-même. Cela montre que les informations à inclure dans le diagramme ont été sélectionnées par le scribe, sur la base de critères que nous essaierons d'identifier plus loin.

De même, en ce qui concerne les étapes au cours desquelles les aires des trois sous-triangles sont déterminées avec succès, nous constatons que les résultats apparaissent sur le diagramme à l'intérieur des triangles correspondants sous la même forme que dans le texte, mais que les valeurs intermédiaires obtenues en divisant la longueur des flancs par 2, qui ne sont utiles que pour trouver les aires partielles et ne correspondent à aucune grandeur concrète dans la figure, n'ont pas été incluses.

Par ailleurs, nous observons à nouveau dans ces passages de la procédure que certains aspects du texte sont clarifiés par le diagramme. En effet, en indiquant les valeurs déterminées pour le « deuxième/autre flanc » sous les deux lignes intérieures du triangle, le diagramme rend explicite pour le lecteur à la fois que cette expression se réfère à la longueur de ces lignes et que l'autre expression « vrai flanc » apparaissant plus loin dans le texte désigne cette même grandeur. Il fait également apparaître explicitement de cette manière que ces deux lignes ont la même longueur, ce qui reste totalement implicite dans le texte bien que cela n'ait probablement pas été totalement évident pour l'auteur et les lecteurs puisque, dans les autres passages du texte où la situation est symétrique, des calculs identiques sont effectués deux fois. En outre, il est possible - bien que moins clair en raison des doutes exprimés ci-dessus - que le diagramme tente d'indiquer au lecteur dans quels triangles l'aire peut être calculée en utilisant la méthode habituelle en représentant les angles impliqués aussi droits que possible, puisque nous constatons en effet que les quatre angles, qui sont considérés par le scribe comme suffisamment droits pour permettre le recours à cette méthode, apparaissent clairement comme plus droits que tous les autres, même si ce n'est pas le cas selon leurs mesures.²¹⁴

Néanmoins, le diagramme n'apporte pas d'éclaircissements sur tous les aspects obscurs du texte. Par exemple, le fait, que la valeur 1.20 utilisée pour le « deuxième flanc » soit une approximation plutôt qu'une valeur exacte n'apparaît ni dans le texte ni sur le diagramme. De plus, le fait que cette approximation soit raisonnable, qui n'est pas du tout justifié dans le texte, ne peut avoir été ni apprécié par l'auteur ni vérifié par les lecteurs au moyen du diagramme, qui n'est absolument pas à l'échelle. De même, et pour la même raison, le scribe ne peut pas avoir utilisé le diagramme pour s'assurer que l'aire du sous-triangle du milieu pouvait effectivement être calculée par la méthode habituelle, même si cet aspect n'est pas mentionné dans le texte.

Pour résumer, nous observons, pour ces quatre étapes, que d'autres résultats intermédiaires calculés au cours de la procédure apparaissent sur le diagramme, mais nous voyons néanmoins un choix des éléments placés dans le diagramme émerger de ce passage, puisque certains des nombres mentionnés dans le texte n'y figurent pas. Nous remarquons également deux cas où le diagramme rend le texte écrit plus explicite et des cas où il ne nous apporte pas vraiment plus d'informations que le texte. Enfin, il convient de mentionner que les calculs sont effectués dans ces étapes selon l'ordre dans lequel les sous-triangles apparaissent sur le diagramme et non l'ordre suggéré par des phrases précédentes du texte discursif, ce qui montre que le support visuel fourni par le diagramme a été concrètement pris en compte par le scribe.

Enfin, la réponse au problème, à savoir l'aire du triangle initial, n'apparaît pas sur le diagramme. De plus, le diagramme ne contient pas d'informations plus explicites que le texte discursif quant à la manière dont cette valeur est calculée. Cependant, en indiquant les aires de tous les sous-triangles à l'intérieur de ceux-ci, il rassemble et met en évidence tous les éléments utiles à sa détermination. Ainsi, d'une part, il a pu aider l'auteur à effectuer le bon calcul

214. En effet, les quatre angles médians le long du côté vertical - qui sont utilisés à cette fin - apparaissent comme presque droits ainsi que nous l'avons décrit dans la sous-section sur les objets représentés, tandis que l'angle à droite - qui apparaît comme presque droit mais n'est pas utilisé à cette fin - est représenté comme clairement aigu.

et lui a permis de ne pas le décrire dans le texte, et d'autre part, il suggère fortement au lecteur que le résultat a été calculé en additionnant les trois aires partielles.

Pour conclure sur ce point, les diverses observations faites dans cette section nous montrent que le diagramme de la tablette YBC 8633 ne représente pas seulement la situation géométrique présentée par l'énoncé du problème, mais aussi la construction décrite par la procédure pour le résoudre, dans les deux cas avec peu d'attention à l'exactitude métrique de la matérialisation. En outre, il fournit à l'auteur et aux lecteurs un ordre visuel guidant la séquence des calculs et, à plusieurs reprises, il rend plus explicites certains aspects de la procédure qui restent ambigus dans le texte discursif. Enfin, bien que la plupart des nombres apparaissant dans le texte y figurent également, il ne les présente pas tous, et il semble que, parmi tous les nombres mentionnés dans le texte, il contienne précisément ceux, qu'ils soient donnés par l'énoncé du problème ou calculés au cours de la procédure, qui sont destinés à être réutilisés ultérieurement.

Tous ces différents éléments tendent à indiquer que le diagramme de cette tablette a servi à la fois à son auteur et à ses lecteurs comme un outil de travail essentiel jouant plusieurs rôles à la fois : un outil de travail complétant et clarifiant le texte, permettant ainsi au scribe de ne pas décrire tous les aspects de son raisonnement par des mots et au lecteur de comprendre ces mêmes aspects malgré leur ambiguïté dans le texte ; un outil de travail rassemblant tous les éléments qui seront utiles pour les étapes suivantes de la procédure, donnant ainsi au scribe tout comme au lecteur un support visuel contenant toutes les informations nécessaires à l'exécution et à la compréhension des calculs demandés ; et enfin un outil de travail ne représentant fidèlement que les éléments utiles au raisonnement (placement relatif des lignes, angles droits ou presque droits dont les côtés seront multipliés pour calculer une aire) et négligeant les autres (échelle, autres angles droits).

Les interactions que nous avons analysées jusqu'à présent sont uniquement celles entre le diagramme et la première section du texte. Si nous nous penchons brièvement sur les deuxième et troisième sections, nous constatons immédiatement que la situation est tout à fait différente. En effet, bien que les nombres 1, 1.20 et 1.40 qui y sont obtenus fassent partie des inscriptions portées sur le diagramme, c'est le seul lien visible entre lui et ces deux sections et, en particulier, aucun trapèze n'apparaît sur le diagramme alors que cette figure est présentée comme l'élément-clé de ces deux passages. Cela suggère que la présence sur le diagramme des nombres susmentionnés doit simplement être attribuée aux interactions entre les trois sections du texte plutôt qu'à une hypothétique interaction entre le diagramme et les deuxième et troisième sections. Cette absence de lien peut être mise en relation avec le fait que ces deux sections sont séparées de la première et entre elles par des lignes doubles, alors que le diagramme n'est pas du tout isolé de la première section. Il est néanmoins possible que le fait d'avoir le diagramme à leur disposition puisse aider les lecteurs à comprendre de quoi parlent les deuxième et troisième sections.

Pour finir, le rôle du diagramme de la tablette YBC 8633 en tant qu'outil de travail semble être soutenu par l'emplacement de ses inscriptions. En effet, la plupart des inscriptions indiquant la longueur d'une ligne sont placées d'un côté de cette ligne, près d'elle, souvent inclinées de façon à la suivre, et à l'extérieur du triangle initial dans la mesure du possible, alors que la plupart des inscriptions indiquant l'aire d'une figure sont placées à l'intérieur de cette figure, horizontalement, et assez loin des lignes. Cela tend à révéler des procédés implicites utilisés par le scribe pour distinguer ces deux types d'inscriptions et produire ainsi un diagramme utilisable dans lequel les nombres semblent se référer le plus clairement possible à ce qu'ils

désignent effectivement.²¹⁵

Le cas particulier de l'inscription « 2.20 » à gauche du triangle est particulièrement intéressant puisqu'elle désigne la longueur totale de trois parties d'une ligne dont les longueurs partielles sont également indiquées, ce qui pourrait aisément conduire à des ambiguïtés. Bien que les procédés implicites utilisés par le scribe pour clarifier cette situation ne soient pas faciles à identifier, on peut souligner que cette inscription est placée plus loin de la ligne que celles qui se réfèrent aux longueurs partielles et qu'elle est légèrement plus grande, ce qui – malgré l'interprétation possible de la première caractéristique comme indiquant que cette valeur est, par exemple, une constante pas directement liée à la figure et la possible nature accidentelle de la seconde – pourrait être deux éléments symbolisant le rôle de cette inscription particulière en tant que longueur totale, et donc peut-être aussi participer de la création d'un outil de travail utilisable.

V.2.6.2. Le diagramme comme aide possible pour d'autres aspects du raisonnement mathématique

En plus de son rôle d'outil de travail pour l'auteur et les lecteurs de la tablette, qui ressort très clairement d'un examen attentif de ses interactions avec le texte discursif, le diagramme en haut de la face de la tablette YBC 8633 a pu jouer d'autres rôles moins manifestes et moins certains. Dans cette section, nous nous demanderons s'il a pu être utilisé comme une aide à l'élaboration d'un problème et s'il a pu servir d'aide-mémoire pour les grandeurs relatives des quantités associées aux nombres impliqués.

Dans les sections précédentes, nous avons observé parmi beaucoup d'autres éléments que les mesures des fronts des trois sous-triangles étaient écrites immédiatement à gauche de la ligne correspondante alors que celle du triangle initial était écrite plus à gauche, ce qui pourrait laisser supposer, bien que nous n'ayons trouvé dans l'argile aucun indice appuyant cette hypothèse, que les nombres concernant les sous-triangles ont été écrits en premier. Par ailleurs, nous avons remarqué que l'introduction par le scribe d'une partie du front de longueur 20 semblait totalement arbitraire mais lui permettait, vraisemblablement de manière volontaire, de construire des sous-triangles rectangles dans les parties extérieures du triangle initial et un sous-triangle presque rectangle au milieu, de sorte qu'il devait déjà savoir comment la procédure allait se dérouler lorsqu'il a introduit cette valeur dans le texte. La combinaison de ces deux éléments peut nous amener à penser que le scribe a peut-être procédé dans l'ordre inverse de celui qui est exposé dans le texte afin de choisir les dimensions des côtés des différents triangles : il a peut-être d'abord choisi uniquement les dimensions des deux flancs du triangle initial, puis a déterminé les fronts des trois sous-triangles qu'il voulait créer afin de les rendre rectangles ou presque rectangles et a immédiatement inscrit ces dimensions sur le diagramme à côté de la ligne lors de la création du problème, et enfin il a pris comme front pour le triangle initial la somme des fronts des sous-triangles adéquats et a ajouté cette valeur sur le diagramme à côté des valeurs précédentes.

Si tel était le cas, cela suggérerait que le diagramme ait pu être utilisé par le scribe non seulement comme support de l'activité mathématique consistant à résoudre le problème et à présenter sa résolution aux lecteurs, mais aussi pour l'activité mathématique consistant à créer

215. Les mêmes dispositifs implicites sont utilisés dans plusieurs diagrammes mathématiques de l'époque paléobabylonienne. Nous rencontrons néanmoins des dispositifs plus clairs, par exemple dans les nombreux diagrammes de la tablette Erm 15189 (voir [VAIMAN1961]), dans lesquels les inscriptions indiquant la longueur d'une ligne sont écrites verticalement le long de cette ligne alors que celles indiquant l'aire d'une figure sont écrites horizontalement à l'intérieur de cette figure.

le problème, qui est presque aussi importante que la première en ce qui concerne le présent document. Il pourrait en effet avoir ajouté progressivement des éléments d'information sur le diagramme au fur et à mesure qu'il déterminait les valeurs à fournir par l'énoncé, puis avoir lu tous ces éléments sur le diagramme dans l'ordre inverse pour rédiger la procédure de résolution une fois qu'il avait choisi toutes les données. Il nous manque néanmoins d'autres éléments de preuve à l'appui de cette hypothèse, tels que d'autres indices quant à l'ordre dans lequel les divers éléments constituant le diagramme ont été produits, et il serait donc utile d'examiner d'autres diagrammes qui semblent avoir joué ce rôle afin d'analyser plus profondément les modalités pratiques d'une telle interaction. Par ailleurs, la présence sur le diagramme d'éléments tels que les aires des sous-triangles montre que ce rôle, s'il a été effectivement joué par le diagramme de YBC 8633, n'était en tout cas pas le seul.

Par ailleurs, puisque les ordres de grandeur relatifs des nombres impliqués dans ce problème n'apparaissent par définition pas dans l'écriture sexagésimale positionnelle flottante qui en est donnée mais sont néanmoins pris en compte dans la détermination de l'aire totale, on peut être tenté de suggérer que le diagramme a été utilisé par l'auteur pour se rappeler ces ordres de grandeur. Cette suggestion a du sens dans la mesure où l'aire du triangle du milieu, telle qu'elle apparaît sur le diagramme, semble en effet être du même ordre de grandeur que les aires des deux triangles extérieurs et non pas, par exemple, 60 fois plus grande ou 60 fois plus petite. Cependant, il est douteux que le diagramme ait pu jouer ce rôle délibérément puisqu'aucun effort visible n'a été fait pour le dessiner à l'échelle et que l'impression résultant de son observation pourrait donc être très hasardeuse et trompeuse. En outre, les calculs effectués sur des nombres flottants mais respectant malgré tout leurs ordres de grandeur relatifs non indiqués sont extrêmement fréquents dans le corpus mathématique babylonien, le plus souvent dans des situations où aucun diagramme n'aurait pu jouer le rôle d'aide-mémoire, de sorte qu'un hypothétique recours au diagramme à cet égard dans la présente tablette, même s'il méritait d'être mentionné, n'est absolument pas convaincant.

V.2.6.3. Le diagramme comme témoignage de pratiques plus générales de raisonnement mathématique

Loin de nous révéler uniquement la manière dont les scribes paléo-babyloniens ont pu intégrer des aides visuelles dans leurs activités mathématiques, le diagramme de la tablette YBC 8633 nous fournit aussi indirectement un témoignage sur des pratiques plus générales de raisonnement mathématique. Après avoir étudié le diagramme pour lui-même, nous analyserons donc finalement dans cette section les indices qu'il nous donne sur des pratiques de raisonnement basées sur des configurations impossibles ainsi que des pratiques de raisonnement prenant en compte la symétrie d'une situation. Par ailleurs, bien que cela ne soit pas directement en lien avec le diagramme, nous ferons une petite digression sur une forme particulière de justification révélée par la structure du texte.

Un premier aspect des pratiques mathématiques paléo-babyloniennes que l'on peut étudier en mettant en relation le diagramme et le texte de la tablette YBC 8633 est l'attitude adoptée dans les problèmes mathématiques résolus à l'égard de situations ou de calculs symétriques. Ceci peut être observé en trois occasions différentes dans la présente procédure.

La première occasion se produit dans les lignes 7-8, où le scribe n'effectue qu'une seule fois le calcul visant à déterminer le « deuxième flanc » et ne donne qu'une seule fois la conclusion qui en découle, mais insère néanmoins la valeur obtenue par ce calcul sous les deux lignes symétriques auxquelles elle correspond sur le diagramme et utilise effectivement l'information relative aux deux lignes dans les étapes suivantes de la procédure. Ceci révèle que, dans ce cas, il a pris en compte la symétrie de la situation examinée afin de ne pas répéter les mêmes calculs.

Il est néanmoins important de souligner que cette utilisation de la symétrie reste totalement implicite et que le texte ne contient aucune remarque qui aurait pu rendre cette composante de son raisonnement claire pour les lecteurs.

La deuxième occasion où l'on peut déceler une configuration symétrique est la détermination, dans les lignes 9-10 et 14-16, des aires des deux sous-triangles extérieurs, qui ont exactement les mêmes dimensions. On y observe que les mêmes calculs sont effectués deux fois, sans presque aucune variation, et que chacun des résultats obtenus correspond, selon toute probabilité, à l'une des inscriptions identiques figurant sur le diagramme à l'intérieur des sous-triangles extérieurs. Cela montre que le scribe, dans cette seconde occasion, contrairement à ce qu'il a fait dans les lignes 7-8, n'a pas tenu compte de la symétrie de la situation pour simplifier la procédure ou sa description. De même, dans la dernière occasion impliquant une symétrie, qui est constituée par les deuxième et troisième sections du texte presque identiques dans les lignes 18-22 et 23-26, qui – comme nous l'avons suggéré plus haut – se réfèrent à la détermination des dimensions des premier et troisième sous-triangles parfaitement semblables, le scribe se contente de répéter deux fois sa justification sans utiliser la symétrie pour raccourcir le texte. Cela ne signifie pas pour autant qu'il n'a pas remarqué dans ces deux dernières occasions qu'il aurait pu éviter de répéter un passage de son raisonnement en tenant compte de la symétrie de la configuration. Il est aussi tout à fait possible qu'il les ait sciemment répétées, par exemple pour rendre son raisonnement le plus clair possible pour les lecteurs, ou afin d'insister sur une étape importante, pour des raisons pédagogiques, ou peut-être aussi pour rendre sa procédure plus générale en permettant son application à des situations non symétriques.

Il ressort donc de cette tablette, et en particulier de l'examen des liens entre son texte et son diagramme, que des attitudes différentes peuvent être adoptées à l'égard de situations symétriques, même à l'intérieur d'un seul et même document. Les critères selon lesquels l'auteur en tient compte ou non, afin d'éviter la répétition de calculs ou la description d'une étape du raisonnement, restent néanmoins à approfondir.

Par ailleurs, le diagramme de la tablette YBC 8633 nous fournit également un témoignage d'un raisonnement mathématique basé sur une configuration impossible. En effet, comme nous l'avons déjà entrevu plus haut, la configuration requise par la combinaison de l'énoncé du problème et la construction décrite dans la procédure est impossible, pour deux raisons liées mais néanmoins distinctes. D'une part, la forme générale que nous pouvons connaître par les allusions qui y sont faites dans le texte, par sa représentation dans le dessin qui l'accompagne et par sa manipulation dans les différentes étapes du raisonnement, est incompatible avec les dimensions données au cours de la procédure et insérées sur le diagramme. Deuxièmement, et de manière plus générale, quelles que soient les mesures choisies, il est de toute façon impossible de diviser un triangle isocèle en trois triangles dont deux sont rectangles, disposés de la manière requise ! Deux schémas illustrant les situations incompatibles que la configuration travaillée dans cette tablette tente de concilier sont fournis dans la figure V.43 ci-dessous.²¹⁶

Ces remarques ont des conséquences importantes sur notre compréhension de la nature du diagramme figurant sur cette tablette. Le premier cas d'impossibilité, ainsi que le fait que le diagramme n'ait absolument pas été tracé à l'échelle, révèlent que la relation entre la représentation des figures impliquées et les valeurs qui y sont insérées n'est qu'une relation suggestive, qui indique comment les différents éléments devraient s'articuler les uns avec les autres, et non

216. Une figure similaire au premier schéma est donnée dans [HØYRUP2002] (page 256) et une figure similaire au second schéma est donnée dans [NEUGEBAUER&SACHS1945] (page 54).

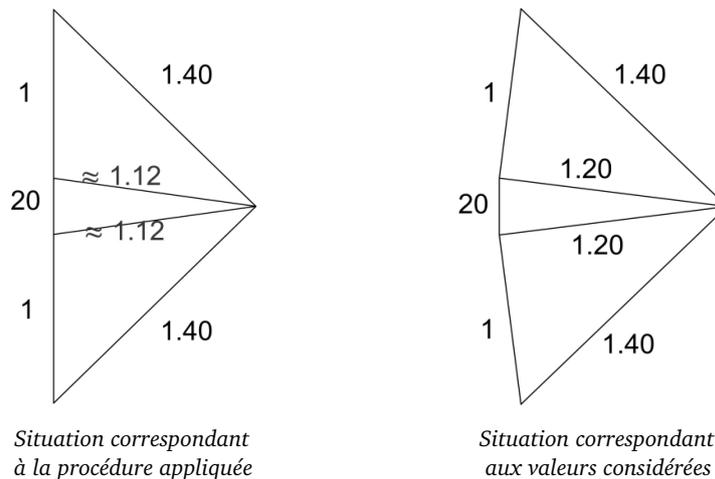


FIGURE V.43. Situations incompatibles que le diagramme de la tablette YBC 8633 tente de concilier

une relation effective qui mette en application cette articulation. Le second cas d'impossibilité nous montre que le fait que la situation soit en elle-même impossible n'empêche pas le scribe de tenter de la représenter par un dessin et d'utiliser cette représentation visuelle. Ces deux caractéristiques semblent donc corroborer l'idée que le diagramme de la tablette YBC 8633 a été utilisé comme outil de travail puisque l'on voit ici, en plus de toutes les raisons évoquées plus haut, qu'il dépasse l'incompatibilité des différents éléments qu'il doit contenir afin de rassembler toutes les informations utiles au raisonnement. Les compromis nécessaires induits par un tel rôle peuvent se traduire par le fait que certains angles, qui sont considérés comme des angles droits pour déterminer une aire, semblent avoir été représentés approximativement comme tels sans toutefois l'être totalement.

De plus, outre les éléments que ces deux cas d'impossibilité nous donnent sur le rôle du diagramme, ils nous montrent aussi comment l'auteur de cette procédure a introduit une configuration impossible dans son raisonnement mathématique, probablement de manière consciente et par constructions et calculs successifs, et comment il l'a utilisée, ainsi que sa représentation approchée, de façon rationnelle afin d'obtenir une approximation raisonnable d'un problème qu'il n'aurait pas pu résoudre exactement.

Bien que ces explications permettent de se faire une bonne idée du raisonnement présenté dans cette tablette et de la manière dont le diagramme s'y rapporte, elles font également apparaître que ceux-ci soulèvent des questions beaucoup plus subtiles que ce que l'apparente simplicité de la situation étudiée pourrait laisser penser. En conséquence, l'étude que j'ai proposée ici, bien qu'elle appelle l'attention sur de nombreux points de détail qui n'avaient jamais été commentés jusqu'à présent, laisse encore un certain nombre de questions dans l'ombre. Elle est ainsi à considérer comme une première approche, et je proposerai une analyse plus aboutie de cette même tablette, qui tentera de mieux articuler les différents aspects évoqués, dans le chapitre que je suis en train de préparer pour le livre [LOIZELET&HUSSONÀP].

Chapitre VI

Une tablette de Babylonie du Sud contenant une collection de problèmes résolus dont plusieurs comportent un diagramme : MS 3052

Dans le chapitre précédent, nous avons analysé deux exemples de tablettes de Babylonie du Sud contenant chacune un problème résolu illustré et nous avons ainsi découvert certaines caractéristiques et certains rôles que pouvaient avoir les diagrammes mathématiques paléo-babyloniens apparaissant seuls en relation avec une unité de texte isolée.¹ Sur la base de ces premiers éléments, nous pouvons maintenant chercher à approfondir notre étude en nous demandant ce qu'il en est des diagrammes apparaissant en groupe sur une même tablette, en relation avec plusieurs unités de texte différentes liées les unes aux autres, et en particulier si le fait que ces diagrammes s'insèrent dans un ensemble, prennent leur sens dans cet ensemble et donnent du sens à cet ensemble – ce qui pourrait être appelé « l'effet de série » – a des répercussions sur leurs propriétés et les fonctions qui leur sont assignées.

Parmi toutes les tablettes mathématiques paléo-babyloniennes contenant des collections de problèmes résolus dont plusieurs sont accompagnés d'un diagramme, j'ai sélectionné pour étudier ce nouvel aspect la tablette MS 3052, qui semble provenir elle aussi de Babylonie du Sud et qui présente plusieurs particularités d'un grand intérêt pour mon travail. Ce chapitre s'ouvre sur une présentation globale de cette tablette et des questions qu'elle nous permettra ou pourrait nous permettre d'aborder, puis propose une analyse approfondie de sa première section et du diagramme qui y est associé, et évoque enfin beaucoup plus rapidement les quatre sections suivantes, qui constituent avec la première un ensemble cohérent de problèmes résolus illustrés portant sur un même thème. Une étude plus complète, que j'ai déjà significativement avancée mais dont la mise en forme s'est avérée nécessiter beaucoup plus de temps que ce qu'il m'était possible d'y consacrer dans le cadre de la rédaction de la thèse, fera l'objet d'une publication ultérieure dans laquelle seront examinées en détail les éventuelles variations entre les diagrammes ou liées aux diagrammes à l'intérieur de ce groupe de problèmes.

J'ai à cœur de signaler, avant d'entrer dans le vif du sujet, que quelques passages de l'étude contenue dans les pages qui suivent doivent beaucoup aux échanges que j'ai eus avec C. Proust, C. Gonçalves et M. Chopra lors des cinq séances de travail du Groupe de lecture de textes mathématiques cunéiformes du laboratoire SPHÈRE que j'ai animées autour de la tablette MS 3052 en 2018 et 2019.² Qu'ils soient tous les trois remerciés pour leurs précieuses idées !

VI.1. Présentation de la tablette

Commençons, comme à notre habitude, par une présentation d'ensemble de la tablette dans laquelle nous listerons les ressources disponibles pour son étude, nous discuterons sa provenance et sa datation, nous en fournirons une description matérielle permettant d'appréhender son contexte de production, nous dresserons un panorama de son contenu en nous attardant notamment sur son colophon et nous exposerons les différentes questions qui nous guideront dans l'analyse de ses diagrammes.

1. Ou « pseudo-isolée » dans le cas de la tablette YBC 8633.

2. Il s'agit des séances des 18 octobre et 8 novembre 2018, et des 14 février, 17 octobre et 21 novembre 2019.

VI.1.1. Références et ressources

La tablette cunéiforme connue sous le numéro d'inventaire MS 3052 ne porte ni numéro de fouilles, ni numéro d'acquisition, ni numéro de publication. Elle est actuellement conservée dans la collection Schøyen, une grande collection privée norvégienne commencée dans les années 1920 et répartie entre les villes d'Oslo et de Londres.³

VI.1.1.1. Ressources disponibles pour l'étude de la tablette

Cette tablette fait l'objet d'une fiche de présentation succincte sur le site de la collection susdite, laquelle fournit quelques éléments de description de son contexte et son contenu ainsi qu'une photographie de sa face dont la qualité est insuffisante pour permettre d'en lire le texte.⁴ Elle dispose également d'une fiche dans la base de données du CDLI, où elle est répertoriée sous le numéro P252064 et où l'on trouve, outre certaines informations générales à son sujet, plusieurs photographies en couleur de très bonne qualité de sa face, son revers et ses tranches.⁵

Après une première description dans un article en suédois de 2004, elle a été entièrement éditée en 2007 dans la monographie de J. Friberg portant sur les tablettes mathématiques de la collection Schøyen, [FRIBERG2007a].⁶ La partie qui lui est consacrée dans cet ouvrage s'étend sur plus de vingt pages et comporte une photographie en couleur de qualité correcte (page 493), une copie réalisée par F. Al-Rawi et reproduite sur la page suivante (pages 257 pour la face et 277 pour le revers), un « schéma de structure » de l'ensemble du document reproduit dans la section VI.1.4.1 (page 255), une « translittération sur schéma » (pages 256 pour la face et 276 pour le revers), une translittération classique et une traduction en anglais données section par section pour celles dans lesquelles il reste suffisamment de texte lisible (pages 258 pour le premier problème, 261 pour le deuxième, 263-264 pour le troisième, 267-268 pour le quatrième, 275 pour le sixième, 278 pour le huitième et le colophon), ainsi qu'un commentaire philologique et mathématique (pages 254 à 278).⁷

Le travail accompli par J. Friberg pour réaliser cette édition est conséquent. Il est parvenu à la fois à proposer des lectures intégrales de toutes les parties préservées du texte, pourtant parsemé de difficultés philologiques, et à fournir des explications mathématiquement cohérentes de chacun de ses énoncés et de chacune de ses procédures de résolution, pourtant peu ordinaires et relativement complexes, ce qui est remarquable et extrêmement utile. Néanmoins,

3. Je ne sais pas dans laquelle de ces deux villes se trouve la tablette à l'heure actuelle. Des renseignements supplémentaires au sujet de la collection Schøyen seront donnés dans la deuxième partie de cette section.

4. Voir le site Web [SCHØYEN]. Le lien direct vers la fiche de la tablette MS 3052 sur ce site est <<https://www.schoyencollection.com/mathematics-collection/geometry/eight-mathematical-problems-drawings-ms-3052>> (dernier accès le 22 août 2021).

5. Voir le site Web [CDLI]. Le lien direct vers la fiche de la tablette MS 3052 sur ce site est <<https://cdli.ucla.edu/P252064>> (dernier accès le 22 août 2021). Toutes les images de la tablette montrées dans ce chapitre sont des gros plans sur certaines des photographies du CDLI.

6. L'article mentionné est [FRIBERG2004]. Je n'ai pas pu accéder à cet article, et n'aurais de toute manière pas été en mesure de le lire compte tenu de la langue dans laquelle il est écrit, mais son titre (« Matematiska kilskriftstexter i den norska Schøyensamlingen ») et sa longueur (une quinzaine de pages en tout) laissent penser qu'il ne contient qu'une brève présentation de la tablette MS 3052 incluse dans un catalogue des documents mathématiques cunéiformes de la collection Schøyen. Cette référence n'est donc probablement pas incontournable, et toutes les informations qu'y donne J. Friberg ont vraisemblablement été reprises dans son édition en anglais.

7. Ce que j'appelle ici pour simplifier une « translittération sur schéma » correspond à ce que J. Friberg décrit comme « a conform transliteration within an outline of the clay tablet » (voir [FRIBERG2007a] page 3). Il s'agit d'une translittération présentée sur un croquis de la tablette, dans laquelle chaque syllabe ou sumérogramme est placé(e) exactement à l'endroit où apparaît le signe cunéiforme correspondant sur la tablette elle-même.

8. L'image est tirée de [FRIBERG2007a] pages 257 et 277.

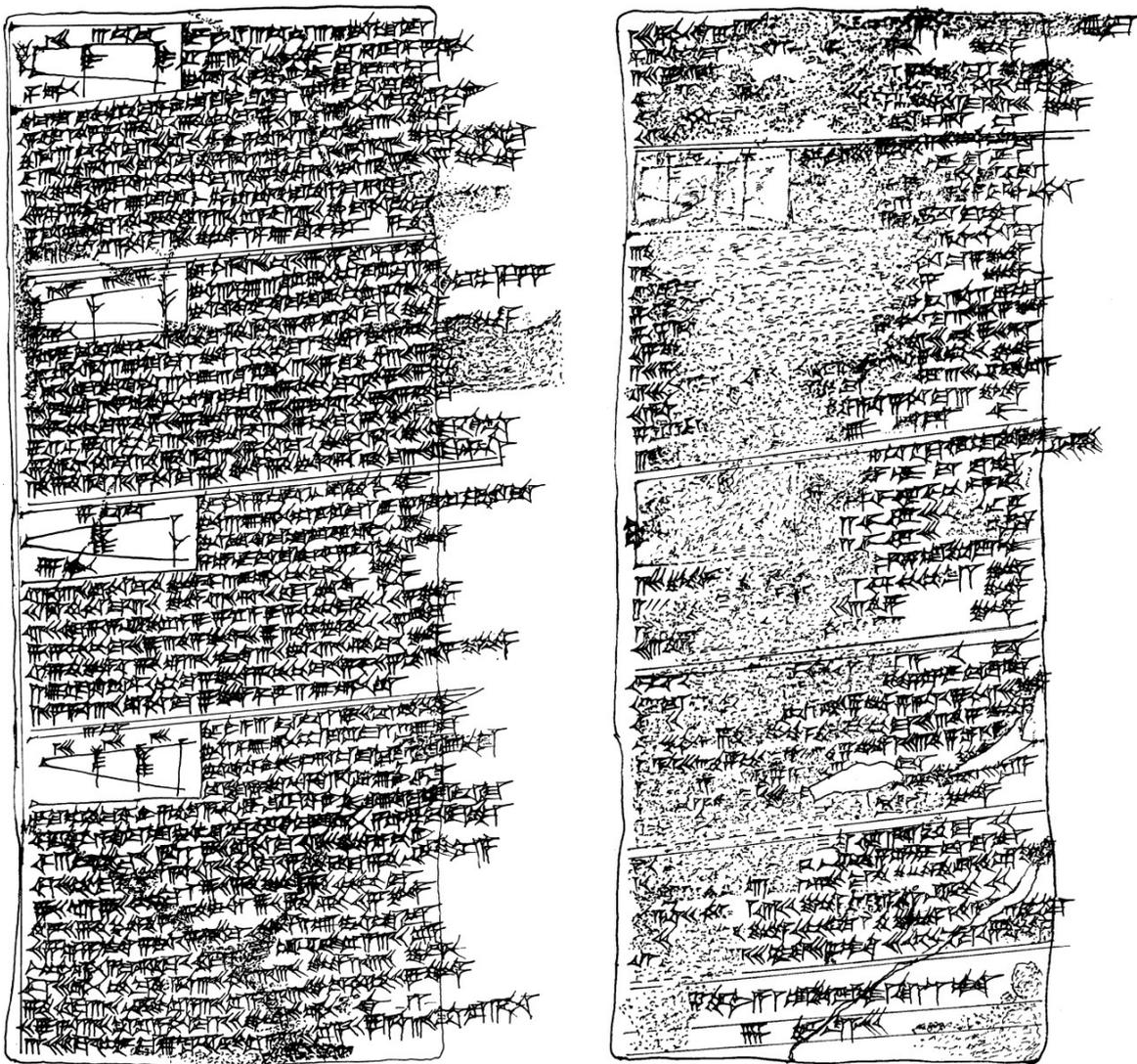


FIGURE VI.1. Copie de la tablette MS 3052 par F. Al-Rawi⁸

dans la mesure où il avait pour but de présenter dans un même livre tous les documents mathématiques de la collection Schøyen, il n'a pas eu le loisir d'approfondir l'analyse de cette tablette en particulier autant qu'il aurait pu être souhaitable de le faire. Celle-ci n'ayant à ma connaissance jamais été réétudiée depuis, il me semble que les lectures de plusieurs passages problématiques du texte qu'elle contient peuvent être améliorées (ou, du moins, discutées de manière plus appuyée) et que les interprétations de plusieurs des procédures de résolution qu'elle présente peuvent être affinées de manière à en obtenir une compréhension plus fidèle aux outils conceptuels de l'époque paléo-babylonienne, ce qui constitue autant de raisons supplémentaires de retenir cette tablette parmi mes études de cas.⁹

9. Pour être tout à fait complète, il me faut préciser que la tablette MS 3052 a été mentionnée dans plusieurs livres et articles postérieurs à l'édition de J. Friberg, notamment [FRIBERG2009] (voir en particulier la section 10.2.2), [FRIBERG&AL-RAWI2016] (voir en particulier pages 213 et 454) et [MANSFIELD&WILDBERGER2017] (voir en particulier page 400). Néanmoins, si l'on peut trouver dans ces publications des rapprochements entre cette tablette et d'autres textes mathématiques contemporains ainsi que quelques remarques intéressantes au sujet de son contenu mathématique, aucune d'entre elles n'en constitue une véritable analyse.

VI.1.1.2. Une tablette conservée dans une collection privée

Il me semble important de signaler, avant de présenter mon propre travail sur la tablette MS 3052, que l'origine des quelque 20 000 manuscrits d'époques et de genres variés rassemblés dans la collection Schøyen, et notamment de son lot conséquent de documents cunéiformes parmi lesquels se trouvent environ 250 tablettes mathématiques, est particulièrement floue. Ces documents auraient été en partie acquis dans les années 1980 et 1990 auprès de collections plus anciennes constituées dès le début du vingtième siècle, mais les informations données par le propriétaire à ce sujet restent vagues et très sélectives. Il est ainsi tout à fait envisageable que certains d'entre eux soient au contraire issus de pillages récents des sites archéologiques irakiens, ce qui soulève de nombreuses questions éthiques.¹⁰

Certains assyriologues refusent de publier les tablettes cunéiformes de collections privées dont le parcours n'est pas connu afin d'éviter de donner de la valeur à des biens culturels acquis illégalement et ainsi d'encourager indirectement la poursuite des pillages et des trafics, et j'approuve totalement cette pratique.¹¹ J'ai en revanche décidé de ne pas exclure de ma thèse l'étude de tablettes *déjà publiées* conservées dans la collection Schøyen, d'une part parce que ces tablettes représentent près d'un quart de mon corpus, ce qui est à mon sens une proportion trop élevée pour que je puisse me dispenser de les prendre en compte, et d'autre part parce que certaines d'entre elles apportent au sujet de l'utilisation des diagrammes mathématiques des informations uniques qu'il me paraît peu pertinent d'ignorer alors qu'elles ont déjà été rendues accessibles par les éditions de J. Friberg. C'est pourquoi je me permets de consacrer un chapitre entier à l'un de ces documents malgré les doutes que l'on peut avoir sur son origine.¹²

VI.1.2. Contexte

Étant donnée la situation que nous venons d'esquisser, l'histoire récente et, à plus forte raison, le contexte archéologique de la tablette MS 3052 nous sont totalement inconnus. Les critères paléographiques et grammaticaux usuels permettent d'estimer de manière relativement assurée qu'elle provient de Babylonie et date de l'époque paléo-babylonienne. Cependant, si nous voulons essayer d'affiner ces informations, nous devons nous tourner vers les « critères de provenance » d'A. Goetze, J. Høyrup et J. Friberg présentés dans l'annexe C.

VI.1.2.1. Discussion de la provenance de la tablette

Commençons par exploiter les critères les plus généraux et les plus fiables que nous ayons à notre disposition, qui sont les « critères Nord-Sud » d'A. Goetze.¹³ Le tableau ci-dessous reprend

10. Pour les informations sur la collection Schøyen données dans tout ce paragraphe, voir le site Web [SCHØYEN] (rubriques « About us », « Scope & size », « Schøyen Collection Series », « History & future » et « Statement of provenance ») et [FRIBERG2007a] (pages vii-xi et 513 ; l'écart entre le nombre de 272 tablettes mathématiques donné par J. Friberg et celui de 250 donné ici tient au fait qu'il y inclut des documents contenant des plans de terrains ou des labyrinthes qui ne sont à mon sens pas à proprement parler mathématiques). Des doutes au sujet de la provenance des tablettes cunéiformes de cette collection ont par exemple été exprimés dans [ROBSON2004], une étude générale approfondie des méthodes d'acquisition du propriétaire M. Schøyen est présentée dans [PRESCOTT&RASMUSSEN2020] et une saisie d'objets irakiens par la police norvégienne en septembre 2021 est rapportée dans [ALBERTSON2021].

11. Ce sujet a notamment été débattu lors de la séance « La collection Schøyen, le pillage des antiquités en temps de guerre, et les problèmes éthiques : que faire avec des sources qui bouleversent l'histoire des mathématiques ? Lecture du texte mathématique cunéiforme MS 3971 » animée par C. Proust dans le cadre du Séminaire de Lecture de Textes Mathématiques Anciens de l'Université de Paris le 3 décembre 2018.

12. Comme nous le mentionnerons dans la section suivante, J. Friberg estime que la tablette MS 3052 provient de la ville d'Uruk, dont le site ne semble pas avoir été pillé depuis la guerre du Golfe, et ne peut donc pas être issue de trafics récents. Ce point est certes une indication positive, mais nous verrons qu'il n'est pas assuré. La tablette MS 3052 soulève donc selon moi les mêmes questions éthiques que les autres documents de la collection Schøyen.

13. Voir la section C.1. de ce travail, ainsi que [NEUGEBAUER&SACHS1945] pages 146-147.

chacun de ces neuf critères, en citant les passages de la tablette qui peuvent être utiles pour les étudier et en indiquant les conclusions que l'on peut en tirer.¹⁴ Afin d'en faciliter la lecture, j'y signale par une pastille verte ● un élément nous donnant une indication claire, par une pastille orange ● un élément nous donnant une indication qui peut être sujette à caution (par exemple un élément basé sur un passage dont la lecture est incertaine, etc) et par une pastille bleue ● un élément qui s'avère ne pas être concluant.

CRITÈRE	OCCURRENCES	CONCLUSIONS
Signes pour les syllabes « ʔa/ʔe/ʔi/ʔu »	Aucune occurrence.	
Signes pour les syllabes « sa/si/su »	<i>sú-ḫu-ur</i> #1(2)	● Si ma lecture, qui diffère de celle de J. Friberg, est correcte, cette forme tend à indiquer que la tablette provient de Babylonie du Sud. ¹⁵
	<i>ap-lu-si-ma</i> #2(2), #3(2), #4(2)	● Cette forme est issue du contact du son « š » avec un suffixe possessif, ce qui constitue l'une des rares exceptions mentionnées par A. Goetze et ne nous apporte donc pas d'indication sur la provenance de la tablette. ¹⁶
Signes pour les syllabes « as/is/us »	Aucune occurrence.	
Signe pour la syllabe « pi »	<i>ir-pi-šu</i> #4(4)	● Si ma lecture, qui diffère encore une fois de celle de J. Friberg, est correcte, cette forme tend à indiquer que la tablette provient de Babylonie du Sud. ¹⁷
Signes pour le son « aya »	Aucune occurrence.	
Écriture des voyelles longues	<i>ṛa¹-ma-ri-i²-[ka]</i> #1(9)	● Cette forme, dont la lecture est légèrement incertaine et dans laquelle l'allongement de la voyelle « i » ne paraît pas justifié d'un point de vue grammatical, ne nous donne pas d'indication sur la provenance de la tablette. ¹⁸
	<i>šu-ú</i> #4(3,5)	● Dans cette forme, un signe voyelle a été utilisé pour noter une voyelle longue qui n'est pas issue d'une contraction dans le pronom démonstratif « šū ». Cela tend à indiquer que la tablette provient de Babylonie du Sud.

14. Ce tableau, tout comme les deux autres de cette section, a été rempli à partir de ma propre translittération pour les problèmes 1 à 5, que j'étudie en détail dans ce chapitre, et à partir de la translittération de J. Friberg pour les problèmes 6 à 8, que je n'ai pas étudiés personnellement.

15. Voir les notes philologiques de la section VI.2.2.1 pour une discussion de la lecture de ce passage. La lecture « *su-ḫu-ur* » proposée par J. Friberg, déjà peu convaincante au vu des photographies, tendrait au contraire à indiquer que la tablette provient de Babylonie du Nord, ce qui s'avérera peu probable dans la suite de cette partie.

16. Voir l'entrée « *palāsum* » du glossaire pour une analyse grammaticale de la forme en question. On peut noter que J. Friberg propose ici aussi une lecture différente de la mienne, mais celle-ci semble clairement erronée et cela n'a de toute manière pas d'incidence sur la conclusion.

17. Voir les notes philologiques de la section VI.3.3. pour une discussion de la lecture de ce passage. La lecture « *er-ši-šu* » proposée par J. Friberg ne donnerait quant à elle aucune indication sur la provenance de la tablette.

18. Voir l'entrée « *amārum* » du glossaire pour une analyse grammaticale de la forme en question.

Compléments phonétiques	KUD-(a)š #3(1), #4(1)	● Si la lecture de ce passage problématique retenue ici est correcte, un signe voyelle-consonne y est utilisé comme complément phonétique. Toutefois, le signe lourd qui aurait pu lui être préféré (qui semblerait devoir être lu « raš » ou « ruš ») n'existe pas. Cette forme ne nous donne donc finalement aucune indication sur la provenance de la tablette. ¹⁹
Nasalisation des doubles dentales	<i>in-da-nu, in-da-nim</i> #1(7,10), #4(13,14)	● Bien que le terme sous-jacent à ces quatre occurrences ne soit pas répertorié dans les dictionnaires, il semble assez clair que nous sommes ici face à des formes nasalisées dans lesquelles le « n » n'a pas été assimilée au « d » qui le suit. Cela tend à indiquer que la tablette provient de Babylonie du Sud. ²⁰
Propositions infinitives	<i>aš-šum (...) a-ma-ri-ka /</i> <i>ʿa'-ma-ri-i'-[ka]</i> #1(9), #4(12)	● Ces deux formes (ou au moins celle qui est complète) consistent en une proposition infinitive construite avec un suffixe possessif accolé au verbe. Cela tend à indiquer que la tablette provient de Babylonie du Sud. ²¹

TABLEAU VI.1. Application des « critères Nord-Sud » à la tablette MS 3052

Il ressort de ce tableau que des graphies en lien avec six des neuf aspects listés par A. Goetze peuvent être relevées dans la tablette MS 3052, et notamment des graphies significatives pour cinq d'entre eux. Toutes tendent unanimement à indiquer que la tablette provient de Babylonie du Sud. Il est vrai que, dans deux cas, ma lecture du passage concerné diffère de celle adoptée dans l'édition de J. Friberg et pourrait donc être considérée comme incertaine, mais les trois autres cas reposent sur des lectures plus assurées. Il me semble donc pouvoir conclure, au vu de la clarté de ces résultats et de la relative fiabilité des « critères Nord-Sud », que la tablette MS 3052 provient *presque certainement* de la partie méridionale de la Babylonie.²²

Si nous voulons préciser encore cette provenance et essayer d'identifier la ville de Babylonie du Sud où pourrait avoir été produite la tablette, nous devons maintenant tenter de la positionner par rapport aux « groupes de Goetze », qui, comme je l'ai déjà signalé, constituent des critères d'étude moins fiables mais peuvent néanmoins nous fournir des indications utiles. Afin de fluidifier la présentation qui suit, je regroupe les aspects à prendre en compte pour ce faire en deux catégories, me concentrant dans un premier temps sur ceux qui relèvent du format et de la structure des problèmes (qui peuvent être analysés à partir de l'étude réalisée par J. Høyrup) puis dans un deuxième temps sur ceux qui relèvent du vocabulaire mathématique (qui peuvent être analysés en combinant les études réalisées par J. Høyrup et J. Friberg).²³

19. Voir les notes philologiques de la section VI.2.2.1 et l'entrée « KUD » du glossaire pour une discussion de ce passage. L'existence d'un signe pouvant être lu « raš » ou « ruš » a été cherchée dans [LABAT2011] et [MITTERMAYER2006].

20. Voir les notes philologiques de la section VI.2.2.1, le commentaire de la section VI.2.2.7 et l'entrée « *indanum* » du glossaire pour une discussion du terme en question.

21. Voir l'entrée « *amārum* » du glossaire pour l'analyse grammaticale de ces deux formes.

22. Rappelons que les différents termes en italique employés pour indiquer les degrés de certitude des provenances et des datations sont ceux utilisés dans la base de données, qui sont définis dans la section IV.2.2.3.

23. Voir la section C.2. de ce travail, ainsi que [NEUGEBAUER&SACHS1945] pages 147-151, [HØYRUP2002] pages 317-358 et [FRIBERG2000] pages 159-173. Un premier aspect que l'on pourrait étudier pour positionner la tablette

Le tableau ci-dessous liste différents aspects relatifs à la structure des problèmes résolus, en décrivant pour chacun d'entre eux la forme qu'il prend dans la tablette MS 3052 et en précisant les « groupes de Goetze » dans lesquels J. Høyrup a relevé des propriétés similaires.

ASPECT	PROPRIÉTÉS DE LA TABLETTE	GROUPES CORRESPONDANTS
Objet considéré	L'objet considéré est indiqué de manière explicite au début de chacun des cinq premiers problèmes, sans aucun terme introductif. Il est en revanche implicite dans les deux problèmes suivants.	Cette situation hybride ne nous permet pas vraiment de rattacher la tablette à certains groupes plutôt que d'autres.
Paramètres inconnus	Dans l'un des problèmes, un paramètre inconnu est signalé par l'expression « NU.ZU ».	● Groupes 3 et 5.
Question(s)	Les questions qui doivent être résolues dans les problèmes semblent toutes posées explicitement. D'après ce qui peut encore être lu, au moins quatre d'entre elles le sont avec l'interrogatif akkadien « <i>kī maši</i> » et quatre avec l'interrogatif sumérien « EN.NAM ». ²⁴	● Groupes 2, 3 et 6. ²⁵
Formule d'ouverture de la procédure	Dans chacun des huit problèmes de la tablette, la procédure de résolution commence par la formule « ZA.E KÌ.DA.ZU.NE ».	● Groupes 2A et 3.
Marques de structure	La seule marque de structure utilisée dans les procédures est l'expression « <i>X re-eš-ka li-ki-il</i> », qui apparaît à trois reprises.	● Groupes 3 et 4.
Opérateurs logiques	Le seul opérateur logique présent dans les procédures est « <i>aššum</i> », qui est utilisé pour rappeler l'un des buts à atteindre.	● Groupes 4 et 8A.
Résultats	Les résultats des différentes opérations sont presque toujours introduits par la particule enclitique « <i>-ma</i> » et très souvent suivis de la forme verbale sumérienne « IN.SUM » (que j'ai relevée au moins 34 fois dans les parties préservées du texte).	● Groupe 3.
Formule de clôture de la procédure	Aucune des huit procédures ne se termine par une formule de clôture.	● Groupes 1, ii, 3, 4, 7A, 84, U et N.

TABLEAU VI.2. Positionnement de la tablette MS 3052 par rapport aux « groupes de Goetze » sur la base du format et de la structure des problèmes

Parmi tous les « groupes de Goetze » listés dans la colonne de droite de ce tableau, on constate que le groupe 3 se démarque assez nettement. En effet, ce groupe est à la fois le seul

par rapport aux « groupes de Goetze » est l'écriture de la syllabe « pe », identifiée comme critère par A. Goetze lui-même. Toutefois, les seules occurrences éventuelles de cette syllabe dans le texte de MS 3052 apparaissent dans des formes du substantif « *peršum* », que l'on rencontre également sous la forme « *piršum* », et ne peuvent ainsi pas être considérées comme des indices significatifs.

24. On relève en fait davantage d'occurrences de l'interrogatif « EN.NAM » dans la tablette, mais les autres concernent des opérations effectuées lors de la résolution des problèmes et non leurs questions principales.

25. La liste de groupes donnée ici correspond à ceux où sont à la fois attestés l'interrogatif akkadien « *kī maši* » (groupes 2, 3, 6, 7A et 7B) et l'interrogatif sumérien « EN.NAM » (groupes 2, 3, 6 et U).

dans lequel le format d'annonce des résultats observé dans la tablette MS 3052 est attesté et le seul à être compatible avec toutes les propriétés de cette tablette sauf une (l'unique exception concernant l'utilisation de l'opérateur logique « *ašsum* », qui n'est probablement pas l'aspect le plus significatif). Afin de faire ressortir plus clairement ce point dans le tableau, j'y ai signalé par une pastille vert foncé ● les propriétés relevées exclusivement dans les tablettes du groupe 3, par une pastille vert-jaune ● celles relevées entre autres dans les tablettes de ce groupe et par une pastille rouge ● celles relevées dans aucune tablette de ce groupe.

Confrontons maintenant cette première tendance avec celles que l'on peut tirer de l'analyse du vocabulaire mathématique employé. Pour ce faire, le tableau ci-dessous énumère les termes techniques par lesquels les différentes opérations sont désignées dans la tablette MS 3052 ainsi que les « groupes de Goetze » dans lesquels ces termes ont été repérés par J. Høyrup ou J. Friberg, en reprenant le même code couleur que dans le tableau précédent.

DOMAINE	FORMES RELEVÉES DANS LA TABLETTE	GROUPES CORRESPONDANTS
Type d'écriture	Les énoncés des problèmes, qui sont assez atypiques, sont majoritairement écrits en akkadien syllabique. Les procédures de résolution, plus standard, sont quant à elles principalement rédigées au moyen de sumérogrammes, mais avec des retours à l'akkadien syllabique pour les prépositions (de manière presque systématique), quelques suffixes possessifs, certaines expressions courantes et quelques formes inhabituelles.	● Groupes 3 et 4. ²⁶
Termes techniques akkadiens	Aucun des termes techniques akkadiens considérés dans [HØYRUP2002] n'est employé dans cette tablette.	Cette situation, liée à celle décrite dans la rubrique précédente, ne nous donne pas davantage d'indications que celles déjà citées.
Termes techniques sumériens	« X a-na Y DAḤ » (au moins 4 fois)	● Groupes 1A, 2A, 2B, 3, 8A, SA et SB.
	« X UGU Y EN.NAM DIRIG » (au moins 6 fois), « Z DIRIG »/« ša DIRIG » (au moins 10 fois)	● Cette forme n'a été répertoriée ni dans [FRIBERG2007a] ni dans [HØYRUP2002], mais elle est bien attestée entre autres dans des tablettes rattachées au groupe 3. ²⁷
	« X DU ₇ .DU ₇ » (au moins 11 fois)	● Groupes 1B et 3.
	« IGI X DU ₈ » (au moins 11 fois)	● Groupes 2A et 3.

26. Les descriptions données par J. Høyrup relativement à cet aspect sont beaucoup plus détaillées pour certains groupes que pour d'autres, ce qui rend leur exploitation délicate. La manière dont est rédigée la tablette MS 3052 semble toutefois correspondre principalement à ce que l'on observe dans les deux groupes indiqués.

27. Étonnamment, J. Friberg mentionne uniquement la forme « A.NA X UGU Y DIRIG », qui est assez différente de celles, bien plus courantes, relevées ici, et J. Høyrup n'en mentionne aucune. L'expression « X UGU Y EN.NAM DIRIG » et celle, très proche, « X UGU Y (Z) DIRIG » apparaissent toutefois entre autres sur les tablettes BNUS 364 et BNUS 367 rattachées par A. Goetze à son troisième groupe pour des raisons liées à leur format et au lot dont elles font partie (voir [NEUGEBAUER1935a] pages 248-256 et 259-263 ainsi que la section V.1.5.1 du présent travail pour l'édition de ces textes, et [NEUGEBAUER&SACHS1945] page 149 pour leur attribution au groupe 3).

« X ù Y GAR.GAR » (1 fois)	● Groupes 1A, 1B, 2A, 2B, 3, 4A, 8B et SA.
« $1/2$ X GAZ » (au moins 4 fois)	● Groupe 3.
« X a-na Y ÍL » (1 fois)	● Groupes 2B et 4A.
« X a-na Y NIM » (au moins 19 fois)	● Groupe 3.
« X.E Y ÍB.SI _g » (au moins 3 fois) « Ša ÍB.SI _g » (1 fois)	● Groupes 1A, 1B et 3. ²⁸
« X IN.SUM » (au moins 34 fois)	● Groupe 3.
« a-na 2.E TAB » (1 fois)	● Groupe 3.
« X i-na Y ZI » (au moins 8 fois)	● Groupes 3, 8A, SA et SB.

TABLEAU VI.3. Positionnement de la tablette MS 3052 par rapport aux « groupes de Goetze » sur la base du vocabulaire employé

Il apparaît à travers ce tableau que l'étude des termes techniques employés dans la tablette confirme de manière très claire la situation déjà observée à partir de la structure de ses problèmes : parmi toutes les expressions désignant des opérations mathématiques que j'y ai relevées, quatre (dont deux qui sont employées à de très nombreuses reprises) sont connues exclusivement dans des tablettes du « groupe 3 de Goetze » et toutes les autres sauf une sont connues entre autres dans les tablettes de ce groupe. L'unique exception est une occurrence isolée du sumérogramme « ÍL » pour désigner une multiplication, à la place du sumérogramme « NIM » qui est pour sa part utilisé une vingtaine de fois dans le texte, et ne me semble pas suffisamment significative pour remettre en cause la tendance générale.²⁹

Nous pouvons ainsi conclure de l'ensemble de notre analyse que, dans leur globalité, les diverses propriétés de la tablette MS 3052 la rapprochent de manière très marquée des tablettes du « groupe 3 de Goetze » tel qu'il a été décrit par J. Høyrup et J. Friberg.³⁰

Pour pouvoir exploiter cette indication, il nous reste maintenant à savoir d'où proviennent les (autres) tablettes de ce groupe. À ma connaissance, les seuls éléments qui nous renseignent à ce sujet sont les déclarations des vendeurs de la petite dizaine de documents qui le constituent, dont environ la moitié fait partie de la collection du Musée de Berlin et l'autre moitié fait

28. Il s'agit des groupes dans lesquels a été relevée la première des deux formes. La deuxième, moins standard, n'est mentionnée ni dans [HØYRUP2002] ni dans [FRIBERG2000].

29. Il est intéressant de noter que ce changement de vocable, à la cinquième ligne du deuxième problème, ne semble pas justifié d'un point de vue mathématique. Une explication possible, dans l'esprit des descriptions des « groupes de Goetze » proposées dans le septième chapitre de [HØYRUP2002], consisterait à considérer l'emploi du verbe « ÍL » à cet endroit comme un lapsus qui aurait échappé au scribe alors qu'il essayait d'écrire ou de copier son texte en se conformant à un standard utilisant une terminologie différente, mais nous n'avons aucun moyen de savoir si une telle interprétation est correcte.

30. Dans la mesure où les différents aspects que nous avons considérés fournissent des « indications » et non de véritables « critères » caractérisant l'appartenance aux groupes (voir la section C.2. pour plus de détails), il est utile, en toute rigueur, de compléter l'étude que nous venons d'effectuer en confrontant les propriétés de notre texte à celles des « groupes de Goetze » par une étude confrontant réciproquement les propriétés du groupe pressenti à celles de notre texte. Une telle vérification, que je ne présente pas en détail ici car elle serait en grande partie redondante avec les différents éléments déjà exposés dans cette section et peut être facilement reconstituée à partir de l'annexe C et des translittérations données dans les sections VI.2.2.1, VI.3.1., VI.3.2., VI.3.3. et VI.3.4., révèle que la tablette MS 3052 correspond bien – complètement ou au moins partiellement – à tous les points des descriptions du groupe 3 que proposent [HØYRUP2002] et [FRIBERG2000], ce qui conforte la conclusion énoncée ci-dessus.

partie de la collection de l'Université de Strasbourg.³¹ Le lot de Berlin a été acheté autour de 1911 à l'antiquaire Élias Géjou, selon qui il proviendrait d'Uruk.³² Celui de Strasbourg a quant à lui été acheté en 1912 en Égypte, vraisemblablement par Carl Frank, auprès d'un vendeur qui n'est pas connu mais a également affirmé qu'il provenait d'Uruk.³³ À moins que le vendeur inconnu ne soit lui aussi Élias Géjou, ou bien que les deux vendeurs ne se soient procuré les tablettes auprès d'un même intermédiaire, ce qui ne peut être complètement exclu au vu des dates d'acquisition très proches, il semblerait donc que nous disposions de deux sources indépendantes désignant de manière concordante la ville d'Uruk comme provenance pour le groupe de tablettes considéré, ce qui rend cette indication relativement convaincante.³⁴

Finalement, si nous rassemblons tous les éléments que nous avons discutés dans cette section, en prenant en compte à la fois la cohérence avec laquelle les différents aspects étudiés tendent à indiquer que la tablette MS 3052 se rattache au « groupe 3 de Goetze », les doutes qui entourent toute étude portant sur ces groupes du fait des lacunes méthodologiques sous-jacentes à leur constitution et les incertitudes qui demeurent sur la provenance de celui qui nous intéresse, il me semble que nous pouvons conclure de cette longue analyse qu'il est *probable* que la tablette MS 3052 ait été produite dans la ville d'Uruk.³⁵ Cette conclusion est compatible avec celle selon laquelle elle proviendrait du Sud de la Babylonie, pour laquelle le qualificatif *presque certain* donné plus haut paraît bel et bien approprié.

VI.1.2.2. Discussion de la datation de la tablette

Pour terminer, si cette tablette provient effectivement de la ville d'Uruk, ou d'une des villes voisines, alors nous pouvons préciser la datation générale donnée plus haut en ajoutant qu'elle doit avoir été rédigée avant l'abandon des cités de l'extrême-Sud de la Babylonie sous le règne du roi Samsu-iluna, autour de 1740 avant notre ère dans la chronologie moyenne.³⁶ Nous pouvons ainsi conclure, en reprenant les précautions qui s'imposent du fait des doutes

31. On pourra se reporter à [NEUGEBAUER&SACHS1945] page 149 pour la liste initiale des tablettes composant ce groupe et les raisons qui ont conduit à les regrouper, ainsi qu'à [HØYRUP2002] pages 335-337 et [FRIBERG2000] pages 164-166 pour des listes commentées et légèrement révisées.

32. Voir [NEUGEBAUER&SACHS1945] page 149 et l'annexe IV de [DESSAGNES2017].

33. Voir [NEUGEBAUER&SACHS1945] page 149, [FRANK1928] pages 5 et 7, et la page consacrée à la collection de l'Université de Strasbourg sur le site [CDLI] à l'adresse <https://cdli.ucla.edu/collections/strasbourg/bnus_intro_fr.html> (dernier accès le 26 août 2021).

34. Il ressort de la note 356 de [NEUGEBAUER&SACHS1945] page 149 qu'A. Goetze considérait pour sa part effectivement ces deux sources comme indépendantes.

35. Rappelons à nouveau que le qualificatif « *probable* » est employé ici en référence au vocabulaire présenté dans la section IV.2.2.3 pour exprimer les degrés de certitude des éléments dont nous disposons et est à comprendre dans son sens usuel de « qui peut être ; qui est plutôt vrai que faux » (définition du dictionnaire [ROBERT]). Il signifie ainsi que, au vu des différents indices rassemblés, il y a plus de chances que la tablette MS 3052 provienne de la ville d'Uruk que de n'importe quelle autre ville, mais n'indique pas que la probabilité que ce soit effectivement le cas est particulièrement élevée. Soulignons à cet égard que, si J. Friberg semble avoir eu raison de suggérer, le premier, que cette tablette puisse provenir d'Uruk (voir [FRIBERG2007a] page 255), en plaçant l'étude, comme il le fait, dans un chapitre intitulé « Three Old Babylonian mathematical problem texts from Uruk » me paraît être en décalage avec le niveau de fiabilité de cette conclusion. Celle-ci a d'ailleurs été reprise de manière très inégale par la suite : le site [SCHØYEN] la présente comme une certitude dans sa fiche de présentation de la tablette (probablement parce que cela assurerait qu'elle n'est pas issue de pillages récents, comme signalé dans la note 12 du présent chapitre) tandis que le site [CDLI] et J. Friberg lui-même dans la partie 11 de [FRIBERG2009] se contentent d'indiquer que la provenance n'est pas connue (« *uncertain* » dans l'un, « *unclear* » dans l'autre).

36. On pourra consulter par exemple [LAFONT&al2017] pages 349-350 au sujet de cet épisode de l'histoire mésopotamienne. Notons que la borne de 1795 avant notre ère donnée dans [FRIBERG2007a] (page 255) correspond à la date du même événement dans la chronologie haute. On trouve par ailleurs dans la fiche de la tablette sur le site [SCHØYEN] les datations « 1763-1739 BC » et « ca. 19 BC ». La deuxième est clairement une coquille et la première, sans être impossible, est fournie sans aucun argument et me paraît être d'une précision tout à fait invraisemblable compte-tenu du peu d'éléments de contexte dont nous disposons. Enfin, la datation « ca. 2000-1900

qui subsistent nécessairement, que cette tablette date *presque certainement* de l'époque paléobabylonienne et *probablement* de la première moitié de cette période.

VI.1.3. Description matérielle

Maintenant que nous avons discuté, de manière aussi précise que possible, la provenance et la datation de la tablette MS 3052, nous pouvons essayer de rassembler des indices indirects nous permettant de mieux comprendre son contexte de production en procédant à une description matérielle minutieuse.

VI.1.3.1. État et conservation de la tablette, et conséquences sur son étude

La tablette MS 3052 nous est parvenue entière mais, si sa face et ses tranches son globalement bien préservées en dépit de quelques fissures qui les traversent de part en part, son revers est très endommagé, avec une grande partie de sa surface abîmée au point que plus aucun signe ne peut y être discerné (voir la photographie de gauche ci-dessous). Cela a pour conséquence que la plupart des lignes de texte qui y figuraient peuvent être lues au mieux à moitié – en général seulement la fin – et que deux diagrammes qui s'y trouvaient ont presque complètement disparu, une situation qui rend particulièrement difficiles la compréhension et l'analyse du contenu des sections concernées.³⁷

On remarque par ailleurs, à des traces brillantes et des surplus de colle discernables au niveau de certaines cassures, que plusieurs morceaux de la tablette ont été recollés entre eux (voir la photographie de droite ci-dessous). Ces recollements semblent avoir été réalisés avec beaucoup de soin et perturbent peu la lecture du texte, mais il faudra néanmoins garder à l'esprit lors de l'étude des diagrammes qu'ils pourraient avoir induit de très légers décalages.

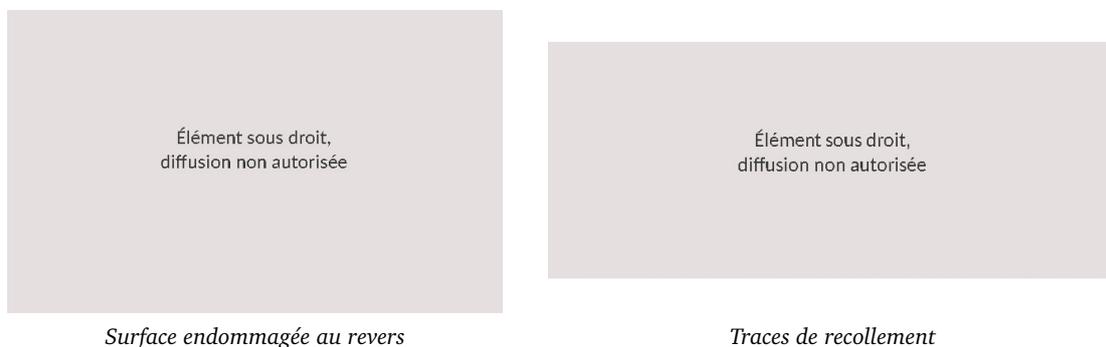


FIGURE VI.2. Illustration de l'état de la tablette MS 3052³⁸

Enfin, il est probable que cette tablette, comme presque toutes celles conservées dans la collection Schøyen, soit cuite à l'heure actuelle, mais, bien que je n'aie trouvé aucune information explicite à ce sujet, la manière dont son revers s'est dégradé et la rareté des documents cuits dans l'Antiquité laissent penser qu'elle était vraisemblablement restée crue jusque là.³⁹

BC » qui apparaît dans la fiche de la tablette sur le site [CDLI] semble elle aussi d'une précision étonnante par rapport à ce que les indices présentés ici nous permettent de connaître.

37. Les indices assez ténus qui nous permettent de reconstituer la présence des deux diagrammes en question seront exposés dans la publication consacrée à l'étude complète de cette tablette.

38. Les deux images sont des gros plans sur la photographie du revers de la tablette trouvée sur le site [CDLI].

39. La rubrique « Conservation » du site [SCHØYEN], dont le lien direct est <<https://www.schoyencollection.com/about-schoyen-collection/conservation>> (dernier accès le 28 août 2021), indique en effet que presque tous les documents cunéiformes achetés crus ont été cuits à leur arrivée dans la collection. Au sujet de la rareté des cuissons dans l'Antiquité, voir par exemple [CHARPIN1989] page 60 ou [FINKEL&TAYLOR2015] pages 76-78.

VI.1.3.2. Une grande tablette de type S

Comme on peut le voir sur la copie reproduite page 403, la tablette MS 3052 est une tablette de forme rectangulaire particulièrement allongée, environ deux fois et demi plus longue que large. Elle présente un profil « plano-convexe arrondi » classique, avec une face presque parfaitement plane et un revers fortement bombé aussi bien dans le sens de la longueur que dans le sens de la largeur (voir le schéma ci-dessous).⁴⁰ Ses tranches paraissent relativement planes, ses bords sont arrondis et ses coins sont légèrement pincés. D'après le site de la collection Schøyen, ses dimensions sont de 21,0 × 8,2 × 2,9 centimètres, ce qui correspond à une tablette plus grande que la moyenne mais pouvant néanmoins être tenue dans la main du fait de sa largeur réduite.⁴¹

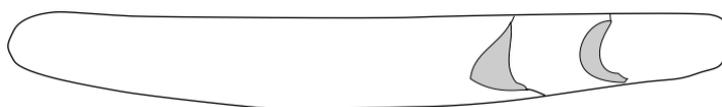


FIGURE VI.3. Allure de la tranche droite de la tablette MS 3052 d'après le « schéma de structure » de J. Friberg⁴²

La tablette est inscrite parallèlement à ses petits côtés (c'est-à-dire au « format portrait »), avec un axe de retournement horizontal.⁴³ Son contenu est organisé sur une seule colonne, ce qui en fait une « tablette de type S » dans la classification standard.⁴⁴ Sa face et son revers sont tous deux entièrement utilisés, sans espace libre à la fin, sans marges et sans matérialisation de leurs limites. La tranche droite contient la fin des lignes de texte dépassant de la face et du revers, tandis que les trois autres tranches sont vierges.

Plusieurs doubles traits horizontaux s'étendant sur toute la largeur de la tablette y délimitent des zones et deux lignes horizontales simples structurent la dernière d'entre elles.⁴⁵ En-dehors de ces tracés, les seuls éléments non textuels présents sur la tablette sont six diagrammes mathématiques apparaissant en haut à gauche de chacune de ses six premières zones.⁴⁶ Leur bord gauche n'est pas matérialisé, mais ils sont séparés du texte qui les précède par la double ligne de délimitation au-dessus d'eux et du texte auquel ils se rapportent

40. Voir [WAAL2010] pages 22 à 35 pour une typologie illustrée des profils de tablettes cunéiformes.

41. Je n'ai pas de moyen de contrôler précisément ces dimensions, mais elles semblent globalement correctes si la règle placée sur la photographie du site [CDLI] est bien graduée en millimètres. Voir par exemple [TAYLOR2011] page 8 ou [WALKER2014] page 101 pour des points de repère généraux sur la taille des tablettes cunéiformes.

42. Le schéma est tiré de [FRIBERG2007a] page 255. Il est ici orienté de telle sorte que le haut de la tablette se trouve vers la droite et sa face vers le haut.

43. L'axe de retournement n'est pas directement visible sur les photographies, mais on peut le déduire de la présence de lignes d'écriture têtes-bêches sur la tranche droite.

44. La classification des tablettes selon leur format et leur mise en page est présentée dans la section II.1.2.3, où sont également données plusieurs références à ce sujet. On peut noter que les tablettes de type S ont parfois un format proche de celles de type III mais que la taille de la tablette MS 3052, ainsi que son contenu décrit plus bas, ne laissent pas de doute quant au fait qu'elle relève bien du premier de ces deux types.

45. Le deuxième trait de chaque paire est en très grande partie masqué par la première ligne de texte de la zone suivante, mais une observation attentive permet néanmoins de se convaincre que les tracés de délimitation sont bien tous doubles. C'est d'ailleurs ce qu'ont représenté F. Al-Rawi sur sa copie de la tablette (voir l'image page 403) et J. Friberg sur sa « translittération sur schéma » (voir [FRIBERG2007a] pages 256 et 276), même si le « schéma de structure » de J. Friberg peut laisser penser le contraire (voir l'image page 419).

46. Ainsi que nous l'avons mentionné plus haut, les deux derniers diagrammes ne sont plus visibles à l'heure actuelle et leur présence ne peut être perçue qu'à partir de quelques indices.

par des lignes simples tracées sur leur droite et en-dessous d'eux.⁴⁷ Nous aurons l'occasion de revenir plus en détail sur leur positionnement et leur mise en page dans la suite du chapitre.

VI.1.3.3. Une tablette confectionnée avec soin

L'argile utilisée pour confectionner la tablette MS 3052 ne présente aucune trace d'incrustations de cailloux ou autres petits éléments et semble particulièrement fine, aussi bien en surface que dans les cassures (voir la photographie de gauche ci-contre).⁴⁸ Par ailleurs, bien que je n'aie relevé aucun indice spécifique nous permettant de déterminer la technique avec laquelle cette tablette a été fabriquée, il est relativement clair d'après son aspect général et la régularité de ses bords qu'elle a été façonnée avec beaucoup de soin. Enfin, sa surface particulièrement nette et des traces de frottement verticales présentes dans plusieurs zones semblent indiquer qu'elle a été méticuleusement lissée au moyen d'un ustensile avant d'être inscrite (voir les trois photographies de droite ci-dessous).⁴⁹

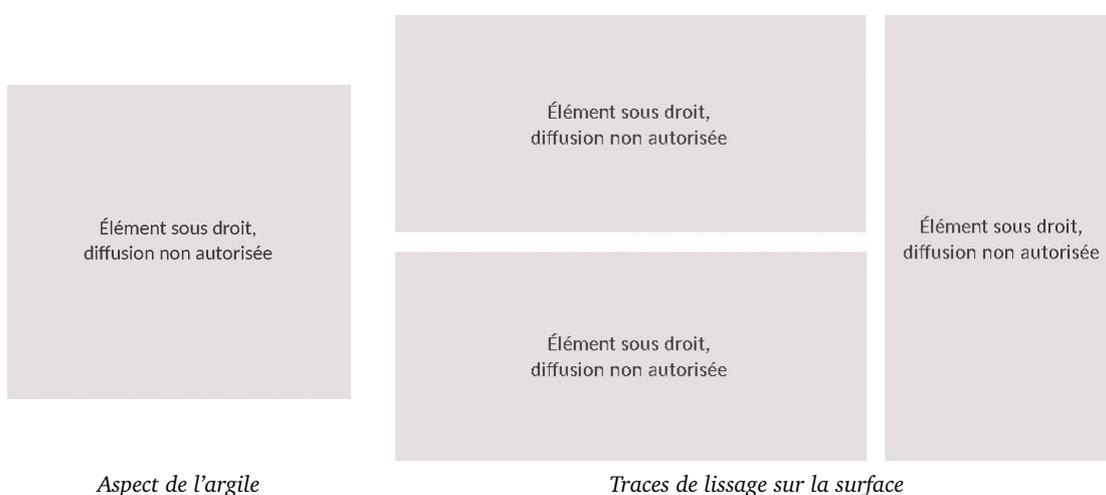


FIGURE VI.4. Illustration du soin apporté à la confection de la tablette MS 3052⁵⁰

VI.1.3.4. Une tablette rédigée avec application

Les lignes de texte de la tablette MS 3052 ne semblent pas s'appuyer sur des tracés auxiliaires destinés à les guider et montent assez nettement en s'approchant du bord droit, mais leur écriture est relativement régulière et soignée. Les signes ont une hauteur moyenne d'environ 4 millimètres et les têtes des clous qui les constituent ont tendance à être très marquées.⁵¹

Les traits de délimitation des sections et des diagrammes présentent quant à eux également des têtes de clous à leur extrémité gauche ou supérieure (voir la photographie de gauche

47. Bien qu'il soit trop endommagé pour que nous en soyons certains, il est possible que la mise en page du sixième diagramme soit légèrement différente et inclue une légère ligne verticale sur sa gauche.

48. Les petites « bulles » que l'on remarque dans les zones où la surface de la tablette est endommagée, ainsi que les quelques traces légèrement noirâtres qui apparaissent sur ses tranches, ne me semblent pas mériter une attention particulière. Il arrive que de telles « bulles » résultent de la décomposition d'éléments végétaux qui avaient été mêlés à l'argile, et que de telles traces noirâtres (généralement plus marquées) correspondent à des restes de réseau carbonisés, mais rien ne tend à indiquer que c'est le cas ici. On pourra consulter [CARTWRIGHT&TAYLOR2011] pages 68-69 et 72 pour de plus amples informations sur ces deux situations.

49. On trouvera dans [TAYLOR2011] page 20 et [WALKER2014] page 53 des informations sur le lissage des tablettes d'argile, et tout au long de [TAYLOR2011] des indications plus générales sur leurs techniques de fabrication.

50. Les images sont des gros plans sur des parties des photographies de la tranche inférieure (à gauche), de la face (au milieu en haut), du revers (au milieu en bas) et de la tranche droite (à droite) fournies sur le site [CDLI].

51. À titre indicatif, on dénombre sur la face 49 lignes de texte en 21 centimètres de hauteur.

ci-dessous) et pourraient avoir été tracés, de gauche à droite ou de haut en bas selon leur direction, avec le calame utilisé pour écrire le texte ou un outil similaire. Leur aspect profond et relativement fin, ainsi que l'irrégularité de leur largeur et de leurs bords à certains endroits, laissent penser qu'ils ont dû être réalisés en déplaçant cet outil dans l'argile plutôt qu'en l'y imprimant (voir les photographies de droite ci-dessous). Il est toutefois vraisemblable, au vu de la rectitude quasiment parfaite des plus longs d'entre eux, que cela ait été fait, au moins pour certains, à l'aide d'un guide et non à main levée.⁵²

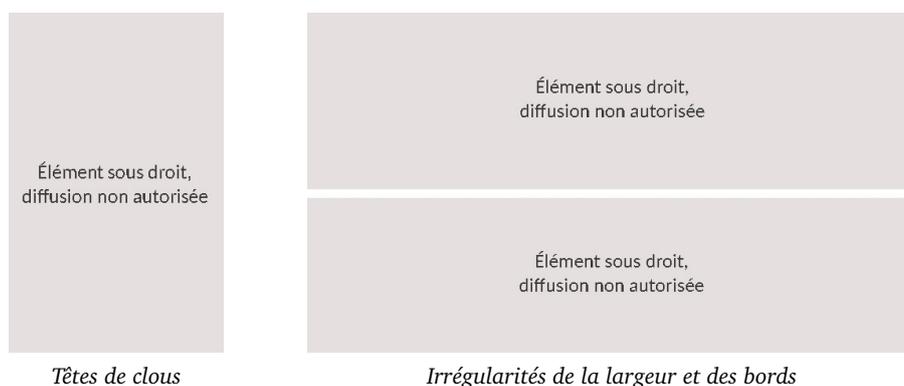


FIGURE VI.5. Techniques de tracé des traits de délimitation de la tablette MS 3052⁵³

Il me semble par ailleurs qu'une seule trace d'effacement potentielle, au centre du troisième diagramme, peut être décelée dans les zones préservées.⁵⁴ Il est bien entendu impossible d'être catégorique sur ce point sans avoir vu la tablette elle-même ou de meilleures photographies, mais cette constatation est néanmoins particulièrement frappante compte tenu de la longueur (et, nous le verrons, de la relative complexité) du texte.

VI.1.3.5. Synthèse des observations et tentatives de conclusions

Si nous tentons maintenant de synthétiser les différentes observations que nous avons faites tout au long de cette partie, il me semble que plusieurs éléments parmi ceux que nous avons relevés sont susceptibles de nous fournir des indices sur le contexte de production de la tablette qui nous intéresse : sa taille importante, la finesse de l'argile utilisée pour la confectionner, le souci apporté à son façonnage et son lissage, l'attention accordée à sa mise en page, le fait que l'espace disponible soit parfaitement adapté à la longueur de son contenu, la régularité de son écriture, et l'absence – ou en tous cas le faible nombre – de traces d'effacement dans son texte. Il se dégage selon moi de cet ensemble cohérent d'indices l'impression très nette que la tablette MS 3052 est un document particulièrement soigné, produit par une personne expérimentée, et vraisemblablement destiné à être conservé.⁵⁵

L'absence de traces d'effacement et l'adéquation entre la longueur du texte et l'espace disponible pourraient par ailleurs suggérer que cette tablette ait été écrite par copie d'un autre document ou par compilation de plusieurs autres documents. Il ne s'agit bien entendu que d'une simple hypothèse, que rien ne nous permet de confirmer ou d'infirmer en l'absence de

52. Voir la section II.2.1.3 au sujet des techniques de tracé des lignes sur les tablettes d'argile.

53. Les trois images sont des gros plans sur la photographie de la face de la tablette trouvée sur le site [CDLI].

54. Il est envisageable qu'il y ait également, en plus de celles au niveau du troisième diagramme, des traces d'effacement dans la partie gauche de la quatrième section, mais il me semble, en comparant avec l'aspect du revers, qu'il s'agit plutôt de légères détériorations.

55. On remarque en particulier que la tablette MS 3052 paraît avoir été préparée et inscrite avec davantage de soin que les tablettes BNUS 367 et YBC 8633 étudiées dans le premier chapitre.

renseignements supplémentaires, mais ces détails méritent néanmoins d'être mentionnés et feront écho à d'autres éléments dans la section suivante.

Enfin, et même s'il est difficile d'exploiter cette observation dans l'immédiat, il peut être intéressant de souligner pour terminer une ressemblance visuelle notable entre la tablette MS 3052 telle que nous venons de la décrire et certaines tablettes mathématiques contemporaines conservées à l'Université Yale. C'est en particulier le cas des tablettes YBC 4662 et YBC 4663 qui font partie du deuxième « groupe de Goetze » et pourraient provenir de la ville d'Ur, située à une cinquantaine de kilomètres au sud d'Uruk (voir les photographies ci-dessous).⁵⁶



FIGURE VI.6. Ressemblance de la tablette MS 3052 avec certaines tablettes mathématiques contemporaines⁵⁷

VI.1.4. Présentation générale du contenu

Tournons-nous à présent vers le contenu de la tablette MS 3052, dont il est utile de se faire une idée d'ensemble avant d'entamer des études approfondies de certaines parties du texte.

VI.1.4.1. Une succession de problèmes résolus suivie d'un colophon

56. Cette ressemblance m'a été signalée par C. Proust lors d'une séance de travail du Groupe de lecture de textes mathématiques cunéiformes de l'Université de Paris à l'automne 2018. On trouvera des éditions complètes des deux tablettes mentionnées dans [NEUGEBAUER&SACHS1945] pages 66-75. Le deuxième « groupe de Goetze » présente un certain nombre de points communs avec le troisième, par exemple l'explicitation des questions avec les interrogatifs « EN.NAM » ou plus rarement « *kī maši* », ou encore la formule d'ouverture des procédures « ZA.E KÌ.DA.ZU.NE », mais également un certain nombre de différences, par exemple le fait que « ÍB.SI₈ » y est utilisé comme nom et non comme verbe, l'emploi de la forme « BA.ZI » au lieu de « ZI » pour les soustractions, ou encore l'emploi de la forme verbale akkadienne « *inaddikkum* » plutôt que « IN.SUM » pour annoncer les résultats (voir [NEUGEBAUER&SACHS1945] pages 148-149, [HØYRUP2002] pages 345-348 et [FRIBERG2000] pages 162-164 et 173). Bien entendu, dans la mesure où, comme je l'ai déjà signalé, à la fois les regroupements de tablettes et l'assignation des groupes à des villes sont incertains, tous ces éléments sont à considérer avec beaucoup de prudence.

57. La première photographie est tirée du site [CDLI]. Les deux autres ont été prises par C. Proust au Yale Peabody Museum of Natural History en 2009.

Comme nous l'avons signalé en procédant à sa description matérielle, cette tablette est divisée en plusieurs zones délimitées par des lignes horizontales doubles. Il est possible de déterminer malgré l'état du revers, en combinant les indices visuels et une première lecture rapide, que les zones ainsi matérialisées découpent son contenu en neuf parties (trois situées sur la face, une à cheval sur la face et le revers et cinq sur le revers), et que les huit premières consistent en des problèmes résolus portant sur différents thèmes tandis que la neuvième, dont nous avons déjà souligné la mise en page singulière, consiste en une sorte de colophon.

Nous pouvons d'emblée noter que la présence d'un colophon est, en elle-même, une propriété digne d'intérêt, puisque ces notes finales sont relativement peu courantes dans les tablettes mathématiques paléo-babyloniennes, et en particulier dans celles contenant des collections de problèmes résolus comme c'est le cas ici.⁵⁸ Puisque nous avons la chance qu'il soit plutôt bien préservé, contrairement aux autres sections apparaissant au revers de la tablette, il peut être profitable de prendre connaissance de sa teneur dès maintenant bien qu'il ne figure qu'à la fin du texte. Voici donc la translittération et la traduction que j'en ai retenues, immédiatement suivies des notes philologiques associées.

MS 3052 #9 (COLOPHON)

1. [...] '5 IM¹.DÙ.A 1 *ši-li-ip-tum* 1 KI.LÁ 1 ÍB.SI₈
 [...] '5 (sur un) mur de terre¹, 1 (sur un) rectangle, 1 (sur une) excavation, 1 (sur une) confrontation (*i.e.* un carré).
 2. 8_(2r) IM.ŠU.MEŠ
 8 sections.
-

Notes philologiques

Ligne 1 : Je ne distingue aucune trace dans la zone endommagée au début de la ligne, et F. Al-Rawi n'en a pas non plus représenté sur sa copie. L'espace disponible correspondant approximativement à celui occupé par deux signes, il est par exemple envisageable qu'un groupe nominal tel que « MU.BI » (« son nom », « ses lignes ») ait été présent à cet endroit comme dans le colophon de la tablette MS 3049, une autre tablette de la collection Schøyen contenant une collection de problèmes résolus.⁵⁹ Toutefois, dans la mesure où rien ne permet de déterminer si c'était le cas, je préfère, tout comme J. Friberg, ne proposer aucune restitution.

Ligne 1 : Le signe « 5 » à la fin de la zone endommagée, qui correspond au nombre attendu d'après le contenu de la tablette, n'est visible sur aucune des deux photographies à ma disposition et a été

58. Des listes de textes mathématiques paléo-babyloniens assortis de colophons sont données dans [ROBSON1997] pages 67-70 et [PROUST2012a] pages 148-151. Ces listes nous permettent d'estimer, de manière très grossière, qu'environ un quinzième des tablettes mathématiques paléo-babyloniennes connues comportent un colophon (une petite centaine sur plus de 1500), mais cette proportion ne peut malheureusement pas être affinée à l'heure actuelle en l'absence de base de données fiable de l'ensemble du corpus. Elles nous apprennent par ailleurs que seules sept collections de problèmes résolus autres que MS 3052 sont concernées (les cinq « tablettes *kibsu* » BM 85194, BM 85196, BM 85200 + VAT 6599, BM 85210 et VAT 6505, qui forment un groupe très homogène semblant dater de la fin de l'époque paléo-babylonienne et provenir du Nord de la Babylonie, ainsi que deux tablettes de la collection Schøyen, MS 3049 et MS 5112), mais, pour la même raison que précédemment, il n'est pas possible de calculer précisément le ratio que cela représente. On pourra se reporter à [NEUGEBAUER1935a] pages 142 à 233 puis 270 à 273 et à [NEUGEBAUER1935b] pages 43 à 49 pour les éditions des « tablettes *kibsu* », ainsi qu'à [FRIBERG2007a] pages 295 à 341 pour celles des deux tablettes de la collection Schøyen. On trouvera par ailleurs dans [CHAIGNEAU2019] une discussion des colophons des « tablettes *kibsu* » (pages 121-123).

59. Voir [FRIBERG2007a] pages 295-307 pour l'édition de cette tablette, et en particulier page 296 pour la discussion de son colophon.

placé par J. Friberg entre crochets pleins. Toutefois, F. Al-Rawi semble l'avoir lu d'après sa copie. C'est pourquoi je l'entoure seulement de demi-crochets.

Ligne 1 : On pourra se reporter aux entrées correspondantes des deux glossaires, dans l'annexe D, pour des précisions sur les choix de traduction des quatre termes de la ligne.

Ligne 2 : J. Friberg propose, dans son édition, de restituer le sumérogramme « ŠU.NIGIN₂ », c'est-à-dire « (au) total », dans la zone endommagée au début de la ligne. Cette restitution me semble toutefois assez incertaine du fait de l'espacement des signes qu'elle impliquerait. Le texte faisant sens sans elle, et la position du groupe nominal au centre de la ligne me semblant plausible, j'ai choisi de ne pas la retenir, même si l'hypothèse selon laquelle quelque chose aurait été inscrit avant le signe « 8_(2r) » ne peut être exclue.

Ligne 2 : La graphie « 8_(2r) » du chiffre 8, formée de deux rangées de quatre clous verticaux chacune, est peu commune dans les textes mathématiques. Elle n'est d'ailleurs employée pour aucune des autres occurrences de ce chiffre dans la tablette, qui, contrairement à celle-ci, font toutes partie d'une notation sexagésimale positionnelle flottante.

Ligne 2 : La traduction « section » retenue pour rendre le terme sumérien « IM.ŠU » a été proposée par C. Proust afin de couvrir les différents sens que peut prendre ce terme, qui seront discutés dans la suite de cette partie. Il est évidemment à noter que ces sens, définis à partir de l'observation des pratiques des acteurs dans certains cas très particuliers, doivent être distingués du sens hybride et pragmatique que je donne au mot « section » dans ma base de données afin de permettre la description efficace de toutes les tablettes du corpus (voir section I.1.1.1).

Il apparaît que ce colophon fournit un bref résumé du contenu de la tablette, lequel se compose d'une énumération des thèmes des différents problèmes résolus qu'elle contient et d'un décompte du nombre total de sections « IM.ŠU » que cela représente. La chaîne nominale sumérienne « IM.ŠU » signifie littéralement « tablette de main ». ⁶⁰ Elle est employée dans certains textes littéraires pour désigner de petites tablettes rondes ou carrées sur lesquelles les écoliers réalisaient des exercices (qui correspondent aux « tablettes de type IV » de la classification standard), mais on la retrouve également dans les colophons de plusieurs tablettes mathématiques contenant des listes d'énoncés de problèmes (catalogues ou tablettes de séries). ⁶¹ Elle y sert à dénombrer, selon les cas, soit les cases formées par les lignes de structure et les bords de la tablette, soit les unités de sens (en l'occurrence les énoncés) qu'elle contient, entités dont les nombres coïncident assez fréquemment mais peuvent cependant différer dans certaines situations. ⁶² Dans le cas de MS 3052, puisque le nombre total de « IM.ŠU » annoncé est de huit et que nous avons vu qu'il y avait, en plus du colophon, huit parties mais neuf cases (étant donné que l'une des parties occupe à la fois une case en bas de la face et une case en haut du revers), nous pouvons déduire que le terme « IM.ŠU » est employé avec le deuxième sens et fait ainsi référence aux problèmes résolus. ⁶³

L'utilisation dans ce résumé du terme spécifique « IM.ŠU », typique des colophons de catalogues et de séries, corrélée à la présence de libellés reflétant les thèmes des problèmes, que

60. On pourra se reporter à l'entrée correspondante du glossaire des sumérogrammes, dans l'annexe D, pour l'analyse grammaticale de cette chaîne nominale.

61. Voir à ce sujet [CIVIL1985] pages 75-76 et [PROUST2012a] page 127, ainsi que [PROUST2012a] pages 149-151 pour la liste des colophons des tablettes de catalogues et de séries. Rappelons par ailleurs encore une fois que la classification standard des tablettes selon leur format est présentée dans la section II.1.2.3.

62. On trouvera des précisions et des exemples concernant cette distinction dans [PROUST2012a] pages 127-128, [PROUST2009a] page 194 et [PROUST2018] pages 51-54. On peut citer comme exemples de situations dans lesquelles le nombre de cases et le nombre de parties ne coïncident pas les cas où l'une des parties a été écrite à cheval sur deux colonnes ou encore les cas où certaines lignes de délimitation ont été omises.

63. La seule autre tablette mathématique contenant une collection de problèmes résolus et dont le colophon contient le terme « IM.ŠU » est la tablette MS 5112, qui a été éditée dans [FRIBERG2007a] pages 308-341. Celle-ci étant fragmentaire, il ne nous est pas possible de déterminer si ce terme y prend le même sens qu'ici.

l'on rencontre dans certains catalogues mais dans aucune série, pourrait suggérer un ancrage dans une tradition commune de la tablette MS 3052 et des tablettes de catalogues contemporaines conservées à l'Université de Yale. Cette idée se trouve d'ailleurs confortée par le fait que l'un des catalogues en question, YBC 4657, est très étroitement lié aux collections de problèmes YBC 4662 et YBC 4663 dont nous avons déjà souligné la ressemblance visuelle frappante avec MS 3052.⁶⁴ Il faut bien entendu se garder d'aller trop loin dans la comparaison en l'absence de données archéologiques ou contextuelles supplémentaires et ne pas perdre de vue que la tablette MS 3052 présente également plusieurs différences notables avec ces tablettes de catalogues, en particulier, outre le genre lui-même, la langue (qui est ici majoritairement l'akkadien alors que les catalogues sont presque exclusivement rédigés en sumérien) et la combinaison de différents thèmes à l'intérieur d'un même document (alors que les catalogues de l'Université de Yale sont thématiquement homogènes).⁶⁵ Néanmoins, les points communs évoqués, ainsi que le sens étymologique du terme « IM.ŠU », pourraient pointer vers des motivations et un mode de production similaires. Il est ainsi envisageable que la tablette MS 3052 – ou l'éventuel original à partir duquel elle aurait été copiée, le cas échéant – résulte d'un travail de compilation de textes rédigés sur différents supports dans une démarche de classification et de préservation de problèmes mathématiques déjà existants, comme cela semble être le cas des tablettes de catalogues, plutôt que, ou en complément, d'un travail de création inédit dans une démarche de recherche de problèmes mathématiques originaux répondant à un projet préétabli, comme cela est vraisemblablement le cas d'un certain nombre de textes de procédure.⁶⁶ Cette éventualité pourra apporter des éclairages intéressants sur quelques points que nous relèverons au cours de notre analyse du texte.

Si nous revenons maintenant au contenu de la tablette de manière plus précise, le colophon nous apprend qu'elle rassemble un groupe de cinq problèmes résolus portant sur des murs de terre puis un unique problème résolu portant sur un rectangle, un unique problème résolu portant sur une excavation et un unique problème résolu portant sur un carré. Les trois premiers problèmes sur des murs de terre ainsi que le début du quatrième se trouvent sur la face et sont donc globalement bien préservés, tandis que la fin des problèmes sur ce sujet et les trois autres problèmes se trouvent sur le revers et ne sont que très partiellement lisibles. Par

64. Ce catalogue, dont l'édition peut être consultée dans [NEUGEBAUER&SACHS1945] pages 66-75, rassemble en effet une trentaine d'énoncés de problèmes, dont environ les deux tiers sont présentés puis résolus sous forme d'une procédure sur les tablettes YBC 4662 et YBC 4663.

65. Pour les propriétés des tablettes de catalogues de l'Université de Yale, voir [PROUST2012a] page 139. On pourrait ajouter à cette liste de différences le fait que les tablettes de catalogues semblent appartenir au deuxième « groupe de Goetze » alors que la tablette MS 3052 semble relever du troisième, même si le rattachement des premières au deuxième groupe s'est fait par étapes et pourrait mériter d'être réétudié (voir [NEUGEBAUER&SACHS1945] pages 148-149, [HØYRUP2002] pages 345-348 et [FRIBERG2000] pages 162-164 et 173).

66. Le mode de composition des catalogues mathématiques est discuté dans [PROUST2012a] pages 139-140 et 147. C. Proust y donne notamment la description nuancée suivante, qui est particulièrement intéressante pour nous car elle fait clairement ressortir la spécificité des deux seules collections de problèmes résolus se terminant par un colophon dénombant des « IM.ŠU » et leurs thèmes, qui semblent se situer à la frontière de deux types de pratiques mathématiques bien différentes l'une de l'autre : « *These observations stress the composite character of the majority of the catalogues, despite their thematic consistency. In particular, the existence of two procedure texts corresponding exactly to two groups in catalogue C5 (c'est-à-dire YBC 4657) suggests that the catalogues were probably compiled from existing procedure texts as noted above. The presence of colophon counting problems, sometimes with a label, suggests that the authors of the catalogues sought to inventory and classify the existing material. That intention, however, does not seem to apply to procedure texts, which do not generally contain a colophon. Therefore, two types of mathematical practices take shape. The first is a creative practice that produced the procedure texts. The second is a patrimonial practice of taking stock, classifying, and probably storing the accumulated knowledge. (...) However, we must take care not to consider creation and classification as two different phases of a chronological development. (...) The practice of creating, teaching, and classifying should not be seen as successive phases, but as different facets of mathematical work that probably interacted with each other.* ».

ailleurs, les six diagrammes conservés ou identifiables que nous avons mentionnés plus haut apparaissent dans les six premières sections, c'est-à-dire en relation avec les cinq problèmes portant sur des murs de terre et le problème portant sur un rectangle. L'ensemble de ces informations est résumé de manière globalement satisfaisante par le « schéma de structure » réalisé par J. Friberg dans son édition, auquel il peut être utile de se référer par moments et que je reproduis donc ci-dessous.

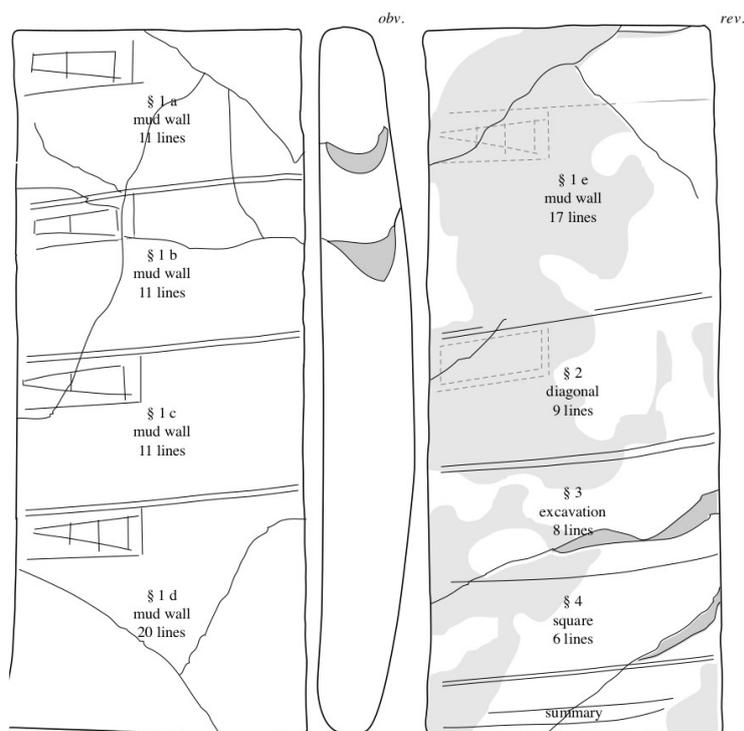


FIGURE VI.7. « Schéma de structure » de la tablette MS 3052 par J. Friberg⁶⁷

On constate sur ce schéma que J. Friberg numérote les sections de la tablette d'après les thèmes des problèmes que l'on y trouve, utilisant les numéros « 1a » à « 1e » pour les cinq problèmes portant sur des murs de terre puis les numéros « 2 », « 3 » et « 4 » pour les suivants. Toutefois, la mise en page et les formulations employées ne font pas ressortir cette structure thématique, qui n'apparaît explicitement que dans le colophon, et je préfère donc pour ma part adopter une numérotation linéaire plus neutre allant de « 1 » pour le premier problème à « 8 » pour le huitième. La correspondance entre ma numérotation et celle de J. Friberg est résumée dans le tableau ci-dessous afin de faciliter le passage de l'une à l'autre pour les lecteurs souhaitant consulter son édition en parallèle de mon analyse.

Numérotation linéaire adoptée ici	1	2	3	4	5	6	7	8
Numérotation « thématique » de J. Friberg	1a	1b	1c	1d	1e	2	3	4

TABLEAU VI.4. Correspondance des différentes numérotations des sections de la tablette MS 3052

67. Le schéma est tiré de [FRIBERG2007a] page 255. Deux petites erreurs sont à signaler : comme nous l'avons vu, la première et la quatrième lignes de délimitation du revers sont des lignes doubles.

VI.1.4.2. Description rapide des sixième, septième et huitième problèmes

Étant donné la répartition des diagrammes et l'état du revers de la tablette, j'ai choisi de me concentrer principalement sur l'ensemble cohérent formé par les cinq problèmes illustrés portant sur des murs de terre et de laisser de côté les trois suivants, qui sont à la fois très partiels et moins intéressants vis-à-vis de la problématique générale retenue pour cette étude de cas. Néanmoins, avoir une représentation minimale de l'objet de ces trois problèmes peut s'avérer utile pour apprécier le contenu de la tablette dans sa globalité, et les paragraphes qui suivent les présentent donc sommairement.

Le sixième problème n'est qu'en partie lisible mais a pu être reconstitué de manière convaincante par J. Friberg grâce à sa similitude avec certains de ceux contenus dans la tablette MS 3971, une autre tablette paléo-babylonienne de la collection Schøyen qui pourrait provenir de la ville d'Uruk.⁶⁸ Ce problème consiste à déterminer la longueur, la largeur et la diagonale d'un rectangle implicitement supposé unitaire à partir d'un nombre « *igi* » donné, c'est-à-dire d'un des deux éléments d'une paire d'inverses. Cela est accompli en calculant l'inverse du nombre « *igi* » de départ, puis en prenant pour la diagonale la demi-somme de l'« *igi* » et son inverse, et enfin en calculant le front grâce à la *règle de la diagonale* (comme racine carrée de la différence entre le carré de la diagonale précédemment déterminée et le carré de la valeur 1 donnée à la longueur).⁶⁹ Les dimensions du rectangle sexagésimal obtenu à travers ce problème sont (45, 1, 1.15) et sont ainsi proportionnelles à celles du rectangle sexagésimal basique (3, 4, 5). Il est intéressant de remarquer qu'elles correspondent à celles apparaissant à la douzième ligne (ou onzième entrée) de la célèbre tablette Plimpton 322.⁷⁰

La présence d'un diagramme en haut à gauche de la section contenant ce sixième problème peut être détectée grâce au fait qu'il y a, immédiatement sous le double trait de délimitation, une zone dans laquelle on ne voit aucune ligne de texte commencer contre le bord gauche de la tablette et à la fin de laquelle on repère le début d'un trait horizontal semblable à ceux tracés en bas de tous les diagrammes préservés. On constate qu'il semble y avoir sur la gauche de ce diagramme, ou peut-être de toute la section, et contrairement à ce que l'on observe sur le reste de la tablette, un fin tracé auxiliaire vertical. En revanche, il ne reste pour ainsi dire rien du diagramme lui-même, qui se trouvait sur une zone désormais extrêmement endommagée (voir la photographie ci-dessous), et il m'est en particulier impossible d'en réaliser une édition. Je ne décèle aucune trace de lignes susceptibles d'avoir appartenu au contour de la forme géométrique montrée par ce diagramme à partir des deux photographies à ma disposition, et F. Al-Rawi n'en a pas non plus reproduit sur sa copie (voir l'image ci-dessous). À moins qu'il ne soit possible de distinguer sur la tablette elle-même des éléments qui ne ressortent pas du tout sur les photographies, il me semble que les morceaux de lignes dessinés dans la translittération de J. Friberg (voir [FRIBERG2007a] page 176) résultent d'une confusion entre les traits de séparation et traits auxiliaires mentionnés ci-dessus d'une part et les côtés d'un éventuel rectangle que l'on pourrait s'attendre à voir compte tenu de l'objet du problème c'autre part...⁷¹

68. Voir [FRIBERG2007a] pages 245-254 pour l'édition de cette tablette.

69. Voir [FRIBERG2007a] pages 274-275 et [BRITTON&al2011] pages 556-557 pour l'explication de ce problème. L'article [PROUST2015] fournit par ailleurs des explications générales très claires sur la règle de la diagonale et la détermination des « rectangles sexagésimaux », même s'il ne traite pas de ce problème en particulier.

70. Parmi l'abondante littérature consacrée à la tablette Plimpton 322, on pourra consulter en première approche [PROUST2015] et [BRITTON&al2011]. Une translittération est donnée page 324 de cette dernière référence.

71. On pourrait objecter que, puisqu'une ligne verticale n'est présente sur la gauche d'aucun autre diagramme de la tablette, celle trouvée ici doit faire partie du dessin lui-même, ce qui corroborerait le point de vue de J. Friberg. Il me semble cependant y avoir davantage d'arguments allant dans le sens contraire. Tout d'abord, la ligne en question paraît bien trop fine pour appartenir à un diagramme. Ensuite, si celle-ci correspondait au front du

En particulier, la remarque de ce dernier sur le fait que le rectangle en question serait dessiné sans sa diagonale en dépit de l'importance de celle-ci dans le texte, qui serait très intéressante pour nous si elle était avérée, me paraît trop peu fiable pour être prise en compte.⁷² Enfin, on voit sur la gauche de la zone occupée par le diagramme les restes d'une inscription qui semble avoir été orientée de bas en haut et placée le long du front du rectangle.⁷³



Photographie



Copie par F. Al-Rawi

FIGURE VI.8. Diagramme du sixième problème de la tablette MS 3052⁷⁴

Le septième problème, qui porte sur une excavation d'après le colophon, est quant à lui tellement endommagé que J. Friberg ne parvient pas à en proposer de reconstitution. Son énoncé est perdu en-dehors d'un petit passage qui semble indiquer que l'on considère une tranchée dont la longueur et la largeur de la base forment une paire d'inverses, et seuls deux calculs de sa procédure de résolution sont préservés. La seule chose que nous puissions déterminer de manière certaine est que ce problème n'était pas accompagné d'un diagramme.⁷⁵

Enfin, le huitième problème, qui porte pour sa part sur un carré d'après le colophon et est lui aussi insuffisamment conservé pour pouvoir être compris de manière satisfaisante, ne semble pas non plus avoir été doté d'un diagramme.⁷⁶

VI.1.5. Motivations pour l'étude de la tablette

Au terme de cette longue présentation générale du contexte, de l'aspect et du contenu de la tablette MS 3052 que j'ai retenue pour ma deuxième étude de cas, nous commençons à entrevoir les différentes problématiques qui pourront en guider l'analyse.

VI.1.5.1. Questions générales sur les diagrammes

L'étude de cette tablette sera tout d'abord l'occasion de revenir sur un certain nombre de questions générales que nous avons abordées dans le chapitre précédent afin d'y apporter un éclairage complémentaire. Nous chercherons ainsi à approfondir notre compréhension

rectangle comme le pense J. Friberg, le positionnement de l'inscription verticale (que nous mentionnerons juste après) par rapport à elle différerait nettement du positionnement des inscriptions verticales placées le long des fronts des trapèzes dans les deux premiers problèmes et serait ainsi très surprenant. Enfin, même si l'on supposait que cette ligne-ci fasse bel et bien partie du contour du rectangle, y inclure les lignes horizontales adjacentes comme le suggère J. Friberg impliquerait que ce diagramme a une mise en page très différente de celle des autres diagrammes de la tablette, ce qui est assez peu convaincant.

72. Voir [FRIBERG2007a] page 275.

73. J. Friberg propose de lire cette inscription « '45' ». Cette lecture serait cohérente avec le contenu du problème et ne me semble pas exclue par les silhouettes des signes que l'on distingue sur les photographies.

74. La photographie est un gros plan sur celle du site [CDLI] et la copie est tirée de [FRIBERG2007a] page 277.

75. Voir [FRIBERG2007a] page 275.

76. Voir [FRIBERG2007a] pages 275 et 278.

des techniques de réalisation des diagrammes, des éventuelles conventions qui régissent leur composition et des fonctions qu'ils assument en nous demandant notamment : De quelle manière les diagrammes présents sur la tablette MS 3052 ont-ils été tracés ? Que peut-on dire de leurs propriétés matérielles et de leur temporalité ? Peut-on apprendre quelque chose de la potentielle trace d'effacement repérable sur le troisième d'entre eux ? Quelle est la nature des inscriptions portées sur ces diagrammes ? Comment y sont-elles orientées et positionnées, et quels liens peut-on établir entre leur placement et ce qu'elles désignent ? Quels rôles semblent avoir joué ces diagrammes vis-à-vis de la création, de la résolution ou de l'exposition des problèmes en relation avec lesquels ils ont été produits ? De quelle manière s'insèrent-ils dans les raisonnements mathématiques liés à ces problèmes, quelles informations transmettent-ils par rapport aux textes discursifs auxquels ils sont associés, et comment sont-ils articulés à ces textes ? Enfin, peut-on identifier des liens entre la présence de ces diagrammes et la manière dont les textes qu'ils accompagnent sont structurés et/ou formulés ?

VI.1.5.2. Questions autour des variations entre les diagrammes, et des variations liées aux diagrammes, à l'intérieur de la collection de problèmes

Au delà de ces différentes problématiques transversales, et ainsi que je l'ai annoncé dès l'introduction, l'analyse de cette tablette a pour objectif, même si je ne pourrai pas encore aborder réellement cet aspect dans les pages qui suivent, de nous permettre d'étudier les propriétés spécifiques des groupes de diagrammes apparaissant en lien avec une succession de problèmes résolus portant sur un même thème, et notamment les variations entre les diagrammes ou liées aux diagrammes au sein de telles collections de problèmes. Elle pourra ainsi nous amener à nous questionner sur les sujets suivants : Comment les diagrammes évoluent-ils d'une section à l'autre de la collection de cinq problèmes apparaissant au début de la tablette MS 3052, que ce soit au niveau de leurs dessins ou de leurs inscriptions ? Dans quelle mesure les changements repérés semblent-ils être liés à des variations dans les énoncés et les procédures de résolution correspondants, dans les outils mathématiques mobilisés, dans les valeurs numériques impliquées, dans les formulations utilisées (en particulier les formes des données numériques, les manières dont les opérations sont décrites, les explications et les périphrases qui sont insérées), etc ? Semble-t-il que le fait que ces diagrammes apparaissent à l'intérieur d'une collection de problèmes apparentés ait des répercussions sur leurs propriétés, par rapport à celles des diagrammes apparaissant dans des problèmes résolus isolés ? Et, inversement, la présence de diagrammes semble-t-elle avoir des répercussions sur la structure de la collection de problèmes ou la formulation de certains des problèmes ?

VI.1.5.3. Questions autour de la représentation d'objets concrets tridimensionnels

Je profiterai par ailleurs de l'étude de ce groupe de problèmes consacrés aux murs de terre pour me pencher sur un nouvel aspect, celui de la représentation, à travers des diagrammes mathématiques, d'objets concrets tridimensionnels. Il me semble en effet que cet aspect, que peu de sources de l'époque paléo-babylonienne nous donnent l'occasion d'investiguer, est susceptible de nous fournir des informations précieuses pour affiner notre compréhension de la manière dont les diagrammes étaient conçus et employés. Nous nous poserons ainsi des questions telles que : De quelle manière les murs de terre sont-ils représentés par les diagrammes de la tablette MS 3052 ? Leurs modalités de représentation sont-elles stables ou bien varient-elles d'un diagramme à l'autre ? Quelles différences peut-on relever entre ces diagrammes représentant des objets concrets tridimensionnels et les diagrammes montrant des objets géométriques purement abstraits que l'on trouve sur la plupart des tablettes ? Peut-on établir des liens entre les propriétés des dessins dont sont constitués ces diagrammes et le fait qu'ils représentent des objets concrets tridimensionnels, en particulier concernant l'orientation et les propriétés

métriques de ces dessins ? De la même manière, peut-on établir des liens entre les propriétés des inscriptions portées sur ces diagrammes et le fait qu'ils représentent des objets concrets tridimensionnels, en particulier concernant le contenu et le positionnement de ces inscriptions ? Enfin, est-il possible de mettre en relation certains aspects de la terminologie utilisée pour décrire les volumes avec la présence et les caractéristiques de ces diagrammes ?

VI.1.5.4. Questions autour de certaines propriétés atypiques des diagrammes

Pour terminer, nous nous interrogerons au sujet de certaines propriétés atypiques des diagrammes de la tablette MS 3052, qui s'écartent assez significativement de la « culture commune » que nous avons mise en évidence dans le chapitre I de la première partie. Nous nous demanderons ainsi, tout particulièrement, pourquoi les dessins de triangles ou de trapèzes sont orientés sur la tablette MS 3052 avec leur base ou leur grande base dirigée vers la droite, alors que l'on observe presque systématiquement le contraire dans le corpus mathématique paléobabylonien de Babylonie, et pourquoi plusieurs inscriptions présentes sur les diagrammes de cette tablette comportent des unités de mesure ou des termes techniques, alors que nous avons constaté que cela était extrêmement rare dans ce corpus. Nous chercherons également à savoir si ces différentes spécificités semblent pouvoir être mises en relation avec le fait que les diagrammes en question font partie d'un groupe de plusieurs diagrammes rattachés à des unités de texte liées entre elles ou bien avec le fait qu'ils représentent des objets concrets tridimensionnels.

VI.2. Le premier problème, autour d'un mur de section trapézoïdale percé d'une brèche

Afin de chercher des éléments de réponse à toutes ces questions, lançons-nous sans plus tarder dans l'analyse du premier problème résolu de la tablette et commençons, comme dans toutes nos études de cas, par en décrire minutieusement le diagramme.

VI.2.1. Description du diagramme

Nous avons la chance que ce diagramme soit très bien préservé et situé sur une surface relativement plane, ce qui nous place dans des conditions favorables pour son étude.⁷⁷ Les graduations présentes sur les photographies de la tablette sur le site du CDLI permettent d'estimer, de manière assez grossière, que ses dimensions globales sont d'environ $3 \times 1,5$ centimètres en prenant en compte ses inscriptions et $2,5 \times 1$ centimètres sans elles, ce qui n'est ni particulièrement petit ni particulièrement grand.⁷⁸ La première version de la photographie sur la page suivante (à gauche) le montre à une taille proche de sa taille réelle, et la deuxième version (à droite) en est un agrandissement sur lequel pourront être observés plus confortablement les différents détails considérés dans la suite de cette partie.

77. Notons tout de même que la forme de la tranche gauche de la tablette laisse penser que la surface se surélève légèrement en allant vers le haut de la zone occupée par le diagramme, et que la forme de la tranche supérieure laisse penser qu'elle s'affaisse légèrement en allant vers le bord gauche de cette zone.

78. Il est impossible de donner des dimensions plus précises dans la mesure où la règle présente sur la photographie est placée en contrebas de la surface de la tablette, ce qui introduit une légère différence d'échelle entre les graduations que l'on y voit et le diagramme que l'on cherche à mesurer.

79. Cette image est un gros plan sur la photographie de la face de la tablette trouvée sur le site [CDLI].

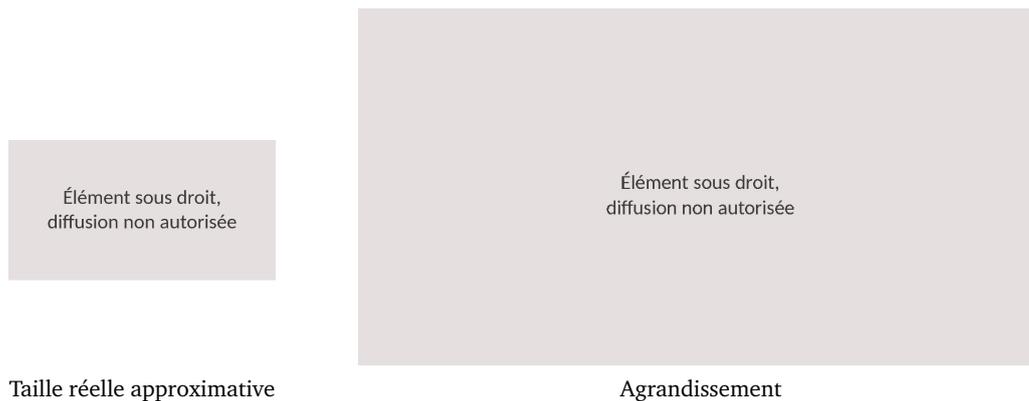


FIGURE VI.9. Photographie du diagramme de la section MS 3052 #1⁷⁹

VI.2.1.1. *Emplacement et délimitation*

Ainsi que nous l'avons mentionné rapidement lors de la description d'ensemble, ce diagramme est situé en haut à gauche de la première section de la tablette (c'est-à-dire également, compte tenu de la position de cette section, en haut à gauche de la face de la tablette). Le texte qu'il accompagne se trouve en conséquence sur sa droite puis en-dessous de lui, ce qui est l'une des deux dispositions courantes identifiées dans la section II.1.2.5.

On constate de plus qu'il est placé directement au bord de la tablette, sans marge ni tracé de quelque nature que ce soit sur sa gauche et au-dessus de lui, mais qu'il est par contre séparé du texte associé par une ligne de délimitation verticale sur sa droite et une ligne de délimitation approximativement horizontale (en fait assez nettement montante) en-dessous de lui. Du côté du diagramme, on remarque qu'une inscription et un des traits constituant le dessin touchent la ligne de délimitation du bas, et qu'un autre trait la traverse même. Du côté du texte, on remarque que celui situé sur la droite du diagramme commence sur la ligne de délimitation correspondante, la chevauchant à plusieurs reprises, tandis que celui situé en-dessous en est légèrement espacé et ne la touche qu'à de rares endroits.

VI.2.1.2. *Configuration géométrique montrée*

Il est clair, lorsqu'on le regarde, que ce diagramme montre un trapèze divisé en deux bandes par une transversale parallèle à ses bases, ce qui, comme nous l'avons vu dans la section I.3.4.1, constitue l'une des configurations géométriques les plus couramment illustrées par les diagrammes mathématiques paléo-babyloniens. Il est en revanche plus délicat de déterminer si le scribe a voulu dessiner ce trapèze comme isocèle, rectangle ou bien ni l'un ni l'autre, et il me semble donc plus sage de ne pas émettre d'hypothèses sur ses intentions à ce sujet.⁸⁰

Il ressort, à la fois visuellement et à travers des mesures, que la transversale divisant ce trapèze n'est positionnée ni de manière à partager ses flancs en deux portions de même longueur

80. L'impression visuelle prédominante qui se dégage de la silhouette du trapèze est selon moi qu'il est rectangle avec des angles droits du côté du flanc apparaissant en haut de la tablette, ou éventuellement qu'il est isocèle. Des mesures réalisées sur la photographie à l'aide du logiciel de géométrie GeoGebra montrent pour leur part que ses deux flancs ont presque exactement la même longueur, que ses angles « du bas » sont assez proches d'angles droits et que ses angles « du haut » en sont assez éloignés (aux inévitables approximations près, dues à la petite taille du diagramme, à l'épaisseur de ses lignes et à la légère incurvation de certains côtés, ces mesures nous apprennent que les longueurs des deux flancs ont un écart de moins de 1%, que les deux angles situés « en bas » du trapèze mesurent environ 88° et 92° et que ceux situés « en haut » mesurent environ 85° et 95°). Le plus probable, en combinant ces deux approches, serait ainsi que le trapèze ait été voulu isocèle, mais il me semble toutefois que la situation est particulièrement ambiguë et que toutes les possibilités peuvent être envisagées...

ni de manière à partager sa surface en deux zones de même aire, et est plutôt placée aux deux cinquièmes du flanc du côté de la petite base. On constate par ailleurs que la longueur de la petite base est environ 60% de celle de la grande base, que la longueur de la grande base est environ 35% de celle des flancs et que la longueur de la petite base est environ 20% de celle des flancs, autant de proportions que nous comparerons à celles données dans le texte lorsque nous aurons identifié de quelle manière le diagramme s'y rapporte.

Enfin, le trapèze montré par ce diagramme apparaît « couché » par rapport au texte principal de la tablette, c'est-à-dire avec ses bases perpendiculaires aux lignes de texte, ce qui, comme nous l'avons vu dans la section I.3.4.2, est l'orientation classique de cette forme géométrique dans le corpus mathématique cunéiforme. En revanche, c'est sa petite base qui est dirigée vers la gauche de la tablette et sa grande base vers la droite, une situation qui est très inhabituelle dans ce corpus et que nous chercherons à expliquer au cours de notre analyse.

VI.2.1.3. Techniques de tracé

Les cinq lignes composant le dessin de ce diagramme comportent toutes une tête de clou clairement distinguable et ont ainsi dû être tracées, tout comme les lignes de délimitation, au moyen du calame utilisé pour écrire ou d'un outil similaire. La position de leurs têtes de clous, à leurs extrémités gauches ou supérieures, nous indique de plus qu'elles ont dû l'être de gauche à droite pour celles qui sont globalement horizontales et de haut en bas pour celles qui sont verticales, ce qui correspond aux directions d'impression des clous cunéiformes.

Dans la mesure où les différents traits sont plutôt larges, ont des bords globalement lisses, présentent dans l'ensemble un profil évasé et dépassent parfois assez largement des intersections auxquelles on peut penser qu'ils étaient supposés s'arrêter, le tracé semble avoir été effectué par impression du calame (ou de l'outil similaire) dans l'argile. Toutefois, puisqu'ils ne sont pas tous parfaitement rectilignes, et que les incurvations relevées ne s'expliquent pas toutes par de potentiels déplacements d'argile liés à l'ajout ultérieur d'éléments à proximité de ces lignes, il est probable que cette impression ait été accompagnée, au moins dans certains cas, d'un déplacement de l'outil sur la surface de la tablette.⁸¹

VI.2.1.4. Inscriptions

On dénombre en tout six inscriptions dans la zone de la section dédiée au diagramme. Quatre de ces inscriptions consistent en des nombres en numération sexagésimale positionnelle flottante (« 1.30 », « 1.40 »), ou du moins dont l'écriture est compatible avec le système sexagésimal positionnel flottant (« 5 », « 15 »), ce qui est complètement standard. La cinquième consiste en un groupe nominal formé d'une valeur numérique représentée par un signe-fraction et d'un terme technique (« $1/2$ SUKUD », c'est-à-dire « $1/2$, la hauteur »), ce qui, comme nous l'avons vu dans la section I.3.4.3, est peu commun. Enfin, la sixième consiste en un groupe nominal cette fois formé d'une mesure complète incluant une unité de mesure et d'un terme technique (« 3 UŠ UŠ », c'est-à-dire « 3 uš, le flanc »), ce qui, toujours d'après la même section, est extrêmement rare. La présence et les fonctions de ces deux inscriptions au contenu atypique feront l'objet d'une attention particulière dans la section VI.2.3. dédiée à l'analyse des interactions entre le texte et le diagramme.

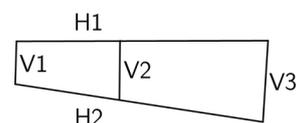
La taille des différentes inscriptions est comparable à celle du texte principal de la tablette et semble relativement régulière de l'une à l'autre, mais toutes ne sont pas positionnées de la

81. Voir la section II.2. pour des précisions et des références bibliographiques sur les techniques de tracé.

même manière sur le dessin. L'une de celles qui contiennent un nombre en numération sexagésimale positionnelle flottante est orientée horizontalement de gauche à droite et placée à l'extérieur du trapèze, le long de la petite partie du flanc apparaissant en haut de la tablette, avec certains clous qui touchent le trait matérialisant ce côté. Les trois autres inscriptions qui contiennent des nombres sont orientées verticalement de bas en haut, le long des trois lignes verticales du dessin ; les deux qui se trouvent le long des bases sont placées à l'extérieur du trapèze et en touchent les bords tandis que celle qui se trouve le long de la transversale est (inévitavelmente) placée à l'intérieur et est écrite à cheval sur la ligne. Enfin, les deux inscriptions atypiques sont orientées horizontalement de gauche à droite et placées à l'extérieur du trapèze, respectivement proches de la grande partie du flanc qui apparaît en haut de la tablette et de la petite partie du flanc qui apparaît en bas, touchant ces lignes à certains endroits mais sans être vraiment appuyées contre elles ni suivre exactement leurs directions. On peut noter que, indépendamment de leur signification (que nous étudierons dans les sections suivantes), le positionnement de ces différentes inscriptions est plutôt standard.

VI.2.1.5. *Ordre de réalisation des différents éléments*

Pour finir, tentons d'identifier, grâce aux indices que nous avons présentés dans la section II.2.2., l'ordre dans lequel les différents éléments constituant et entourant le diagramme de cette première section ont été réalisés. Pour ce faire, j'appellerai dans les explications qui suivent V1, V2 et V3 les trois lignes verticales du dessin numérotées de gauche à droite (c'est-à-dire, respectivement, la petite base, la transversale et la grande base du trapèze), et H1 et H2 les deux lignes horizontales numérotées de haut en bas (c'est-à-dire les flancs du trapèze apparaissant respectivement en haut et en bas de la tablette), comme illustré par le schéma ci-contre.



On constate tout d'abord que la forme de la tête de clou de la ligne V3 n'est pas du tout altérée à l'endroit où elle est rejointe par la ligne H1 et que cette dernière est à l'inverse interrompue de manière nette, sans créer de bosse d'argile ni d'autre déformation, à l'endroit où commence la ligne V3, ce qui tend à indiquer de manière assez claire que H1 aurait été tracée avant V3 (voir le troisième gros plan ci-dessous). On note de plus que la ligne V3 est interrompue par la ligne H2 à l'endroit où ces deux lignes s'intersectent, ce qui est significatif puisqu'elles sont d'épaisseurs comparables à ce niveau, et que les morceaux de la ligne V3 situés de part et d'autre de l'intersection présentent un léger décalage d'alignement, ce qui semble indiquer, là encore de manière assez claire, que V3 aurait été tracée avant H2 (voir le sixième gros plan ci-dessous). Par ailleurs, la queue de la ligne V1 paraît avoir été coupée par l'impression de la ligne H2, ce qui indiquerait qu'elle a été imprimée avant celle-ci (voir le quatrième gros plan ci-dessous), et, même s'il faudrait pouvoir grossir davantage le cliché pour être affirmatif, la manière dont sa tête de clou et celle de la ligne H1 se superposent nous donne plutôt l'impression qu'elle a également été tracée avant cette dernière (voir le premier gros plan ci-dessous). Nous aurions ainsi une première ébauche de séquence relativement assurée, dans laquelle les quatre lignes V1, H1, V3 et H2 auraient été tracées dans cet ordre.

Compte tenu de la qualité et de l'angle de prise de vue des photographies à ma disposition, le positionnement de la dernière ligne, V2, par rapport à cette séquence partielle est en revanche plus délicat et plus incertain. Si l'on regarde dans un premier temps l'intersection de cette ligne avec H1, on croit d'une part remarquer que l'impression de sa tête de clou a fait disparaître une petite partie de H1 sur la gauche, ce qui tendrait à indiquer qu'elle a été réalisée après cette dernière, et d'autre part que l'impression de la ligne H1 a créé une petite bosse d'argile sur le côté gauche de son sillon, ce qui tendrait cette fois à indiquer qu'elle a été réali-

sée avant cette dernière (voir le deuxième gros plan ci-dessous). Si l'on regarde l'intersection de V2 avec la ligne H2, la situation n'est guère plus claire : on a l'impression que V2 est coupée net, en bas, par le bord inférieur du sillon de H2 qui reste pour sa part parfaitement droit, ce qui pourrait impliquer qu'elle a été tracée avant cette dernière, mais on distingue également en haut une sorte de petite encoche qu'elle crée sur le bord supérieur du sillon de H2, ce qui pourrait éventuellement faire supposer le contraire (voir le cinquième gros plan ci-dessous)... Dans la mesure où le dernier des quatre indices repérés est moins fiable que les autres d'après les exemples de la section II.2.2., on pourrait avancer, si l'on voulait absolument tenter une conclusion, que V2 ait été tracée avant H2, sans que l'on puisse déterminer si elle l'a été avant ou après H1. Cela donnerait l'une des quatre séquences « V2 puis V1 puis H1 puis V3 puis H2 », « V1 puis V2 puis H1 puis V3 puis H2 », « V1 puis H1 puis V2 puis V3 puis H2 » ou « V1 puis H1 puis V3 puis V2 puis H2 », et plus vraisemblablement l'une des deux dernières si l'on essaie de se représenter leur exécution de manière concrète. Néanmoins, au vu de la confusion qui découle des observations contradictoires exposées dans ce paragraphe, il me paraît plus prudent de ne pas exclure totalement que V2 ait pu être tracée tout à la fin, ce qui pourrait donner la séquence alternative « V1 puis H1 puis V3 puis H2 puis V2 ».

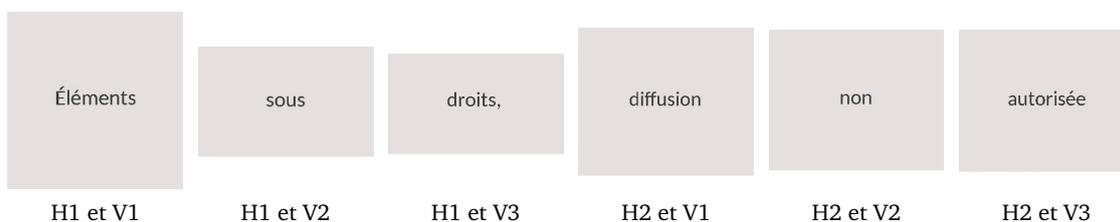


FIGURE VI.10. Intersections des lignes composant le diagramme de la section MS 3052 #1⁸²

Afin de récapituler les nombreuses informations données dans cette section, et avec toutes les réserves qu'impose ce type de conclusion, le schéma de gauche ci-dessous montre la séquence partielle que nous avons reconstituée de manière relativement assurée à partir des différents indices mentionnés et celui de droite indique quelles sont les séquences complètes les plus probables parmi celles compatibles avec cette séquence partielle.

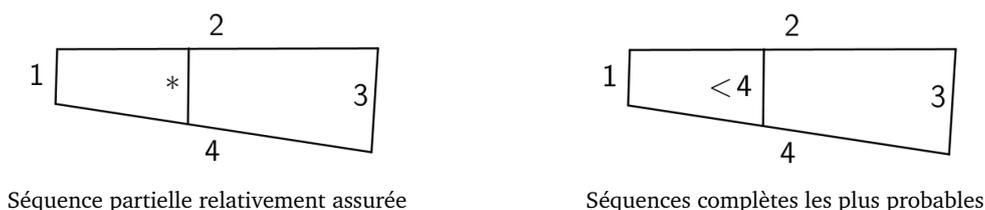


FIGURE VI.11. Ordre de tracé des différentes lignes du diagramme de la section MS 3052 #1⁸³

Il est intéressant de noter que les contours du trapèze auraient ainsi été tracés en commençant par la petite base, en continuant par le flanc du haut puis la grande base et enfin en terminant par le flanc du bas, une séquence qui, si elle peut sembler naturelle lorsque l'on est habitué à réaliser des tracés continus avec un crayon, n'a rien d'évident pour un dessin sur argile dans lequel les traits sont réalisés séparément les uns des autres et toujours de gauche

82. Toutes les images sont des gros plans sur la photographie de la face de la tablette trouvée sur le site [CDLI].

83. La légende « * » désigne n'importe quel moment de la séquence, et la légende « < 4 » désigne n'importe quel moment de la séquence antérieur à la réalisation du trait numéroté « 4 ».

à droite ou de haut en bas.⁸⁴ Il est également intéressant de constater – même si, encore une fois, des doutes subsistent sur ce point – que la transversale pourrait ne pas avoir été tracée en dernier mais plutôt à un certain moment au cours de la réalisation du contour, ce qui tendrait à dénoter que la configuration du trapèze avec transversale était vue par le scribe comme un réel tout et non comme un trapèze premier muni a posteriori d'une ligne intérieure.

Si nous nous penchons maintenant sur la temporalité relative du dessin et des inscriptions, nous remarquons que les signes formant le texte placé le long de la ligne V2 ont clairement été ajoutés sur celle-ci (voir le premier gros plan ci-dessous), que les lignes V1 et V3 présentent des impacts de têtes ou queues de clous ainsi que des déformations liées à des déplacements d'argile produits après leur tracé (voir le deuxième gros plan ci-dessous), et que la petite partie de la ligne H2 et la grande partie de la ligne H1 semblent s'être incurvées sous l'effet de l'impression du texte placé non loin d'elles (voir le troisième gros plan ci-dessous).⁸⁵ Tous ces éléments nous portent à croire que chaque inscription a été écrite après que la ligne du dessin auprès de laquelle elle apparaît a été tracée. On pourrait être tenté d'en déduire que toutes les inscriptions ont été ajoutées après que le dessin complet a été réalisé mais, bien que cette éventualité nous paraisse particulièrement naturelle, rien ne nous permet de la valider en excluant que certaines des inscriptions aient été insérées juste après le tracé de la ligne correspondante et avant que la configuration complète n'ait été représentée.

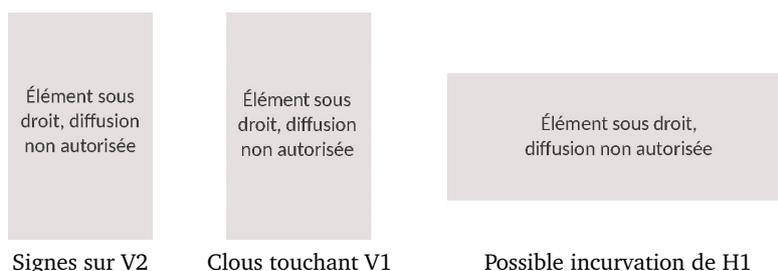


FIGURE VI.12. Temporalité des inscriptions du diagramme de la section MS 3052 #1⁸⁶

Enfin, plusieurs observations peuvent être faites concernant la temporalité des lignes de délimitation du diagramme. Le point le plus évident est que le texte principal du problème résolu a été rédigé sur la tablette après que les lignes de délimitation ont été tracées : cela se remarque en bas, où la ligne horizontale est légèrement déviée par les clous les plus hauts de l'un des signes et voit les bords de son sillon s'infléchir aux endroits de deux autres signes (voir les deux premiers gros plans sur la page suivante), et de manière encore plus claire sur la droite, où la ligne verticale s'efface derrière les clous et n'est visible que par intermittence.⁸⁷ Mais on repère également que les deux morceaux de la ligne V3 du dessin, de part et d'autre de la ligne de délimitation horizontale qui la coupe de manière nette, sont décalés l'un par rapport à l'autre (voir le troisième gros plan sur la page suivante), ce qui indique clairement que la grande base du trapèze – et probablement en fait le dessin entier – a été réalisée avant

84. On peut remarquer que la séquence de tracé observée ici semble différente de celle utilisée pour dessiner le trapèze sur la tablette BNUS 367 discutée dans le chapitre V.

85. Notons toutefois que le dernier indice est moins clair que les deux premiers car, comme nous avons déjà été amenés à le signaler, ces deux lignes horizontales sont assez sinueuses sans que toutes leurs sinuosités ne s'expliquent par la présence de texte à leurs côtés, ce qui rend l'interprétation de la situation malaisée.

86. Les trois images sont des gros plans sur la photographie de la face de la tablette trouvée sur le site [CDLI].

87. Le signe à hauteur duquel le trait de délimitation est dévié est le signe « RA » de la ligne 4 du problème, et ceux à hauteur desquels les bords du sillon s'infléchissent sont les signes « U \bar{H} » et « IR » de cette même ligne.

que cette ligne de délimitation – et probablement en fait les deux lignes de délimitation – ne soit tracée.⁸⁸

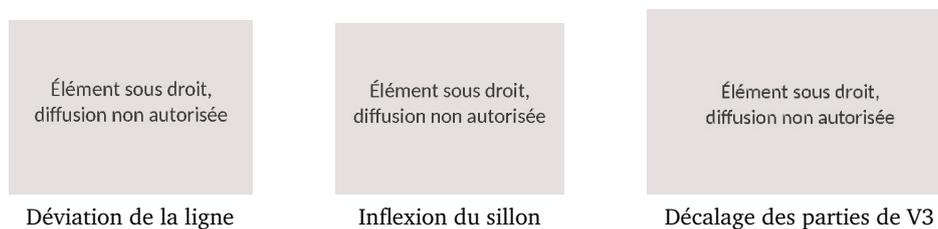


FIGURE VI.13. Temporalité des traits de délimitation du diagramme de la section MS 3052 #1⁸⁹

Il se dégage finalement de toute cette longue analyse une séquence de production, certes incertaine concernant quelques détails mais tout de même relativement assurée dans sa globalité, selon laquelle le dessin aurait été réalisé en premier dans l'un des ordres décrits ci-dessus – avec les inscriptions ajoutées après qu'il a été achevé ou éventuellement insérées au fur-et-à-mesure après que les lignes auprès desquelles elles se trouvent ont été tracées – puis les traits de délimitation auraient été marqués et enfin le texte principal du problème résolu aurait été inscrit autour.

VI.2.1.6. Édition avec le logiciel DRaFT

Pour conclure notre description du diagramme, le schéma ci-dessous montre l'édition que j'en ai réalisée au moyen du logiciel DRaFT, laquelle reprend, avec la même manière de procéder que dans le chapitre précédent, la plupart des éléments présentés dans cette partie.

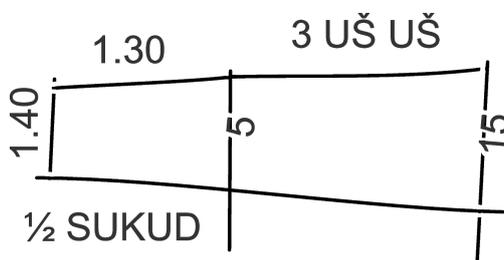


FIGURE VI.14. Édition du diagramme de la section MS 3052 #1⁹⁰

VI.2.2. Lecture et explication du texte

Afin de pouvoir avancer, lisons maintenant le problème résolu accompagnant ce diagramme, dont le texte est globalement bien préservé, et essayons d'en expliquer le contenu.

VI.2.2.1. Translittération et traduction

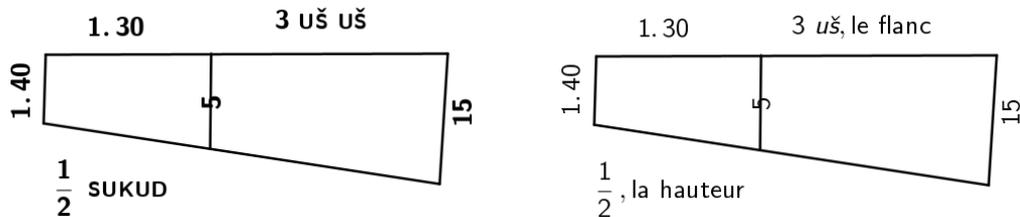
88. Le croisement des deux lignes de délimitation étant peu visible et situé à un endroit où elles sont relativement fines, il me semble trop hasardeux d'essayer de déterminer laquelle d'entre elles a été tracée la première.

89. Les trois images sont des gros plans sur les photographies de la face de la tablette trouvées sur le site [CDLI].

90. Voir la section IV.2.4.2 pour une présentation du logiciel spécialisé DRaFT (développé par K. Saito) et le détail des choix généraux que j'ai faits pour l'édition des diagrammes cunéiformes à l'aide de ce logiciel. Ici, les trois lignes verticales, qui sont courtes et droites, ont été rendues par des segments, tandis que les deux lignes horizontales, plus longues et plus sinueuses, ont été rendues à l'aide de courbes de Bézier.

Voici tout d'abord la translittération et la traduction que j'ai retenues pour ce problème – basées à la fois sur ma propre lecture des photographies et de la copie et sur une comparaison de cette lecture avec l'édition initiale – ainsi qu'un ensemble de notes dans lesquelles je donne des précisions sur les différences entre ma version et celle de J. Friberg, sur les doutes que l'on peut avoir, sur les lectures alternatives que l'on peut envisager, etc.

MS 3052 #1



1. IM.DÙ.A 3 UŠ 'UŠ' 3 KÙŠ *i-na* SUĤUŠ DAGAL
Un mur de terre. 'Le flanc' (est) 3 uš. La largeur (est) 3 kuš à la base,
2. 1/3 KÙŠ *a-na mu-uh' -hi-im sú' -hu-ur* 1/2 NINDA 'SUKUD'
(elle) retourne[?] à 1/3 kuš au 'sommet'. 'La hauteur' (est) 1/2 ninda.
3. *i-na šà 20 NINDA 'pe' -er-šum lu pa-ri-iš*
À l'intérieur, qu'une brèche' (de) 20 ninda ait été ouverte.
4. *ki ma-ši lu-uh'-ra-am' -ma pe-er-ši lu-uk-šu-ur ZA' .E KÌ.DA.ZU.NE*
Combien dois-je prélever pour 'réparer' ma brèche? 'Toi', en procédant,
5. 15 ù 1.40 GAR.GAR 16.40 1/2 16.40 GAZ-*ma* 8.20 *a-na* 6 SUKUD' NIM-*ma* 50 *e-bi-ir*
additionne 15 et 1.40. 16.40. Brise 1/2 (de) 16.40 : 8.20. Éleve(-le) 'à 6, la hauteur' : l'étendue[?] (est) 50.
6. 50 *a-na* 3 UŠ NIM-*ma* 2.30 SAĤAR 20 'pe' -er-ša-am *a-na* '3' UŠ 'DAĤ' -*ma* 3.20 IN.SUM
Éleve 50 à 3, le flanc : le volume (est) 2.30. 'Ajoute' 20, 'la brèche', à '3', le flanc : cela donne 3.20.
7. IGI 3.20 DU₈ *a-na* 2.30 SAĤAR NIM-*ma* '45' *a-na* 2.E TAB-*ma* 1.30 *a-na* 2.13.20 *in-da-nim* NIM-*ma*
Dénoue l'inverse de 3.20. Éleve(-le) à 2.30, le volume : '45'. Répète(-le) jusqu'à 2 : 1.30. Éleve(-le) à 2.13.20, le (coefficient) *indanum* :
8. 3.20 IN.SUM 15 SAG.KI.TA DU₇.DU₇-*ma* 3.45 IN.SUM 3.20 *i-na* 3.'45' ZI 25 IN.SUM
cela donne 3.20. Fais se rencontrer 15, le front inférieur : cela donne 3.45. Retranche 3.20 de '3.45'. Cela donne 25.
9. 25.E '5 ÍB'.SI₈' 1 KÙŠ DAGAL ŠID' *aš-šum ša ta-aĥ'-ra-am* 'a' -*ma-ri-i*'-[ka]
Après de 25, '5 est égal'. La largeur ...[?] (est) 1 kuš. Pour que 'tu voies' ce que tu as prélevé,
10. 5 'ša ÍB.SI₈' UGU 1.40 EN.NAM 'DIRIG' 3.20 DIRIG IGI 2.13.20 'in' -*da-nim* DU₈-*ma*' [27 IN.SUM]
de quoi 5, 'qui a été rendu égal, est-il en excédent' par rapport à 1.40? Il est en excédent de 3.20. Dénoue l'inverse de 2.13.20, 'le (coefficient) *indanum* : ' [cela donne 27].
11. [*a*]-*na* 3.20 *ša* DIRIG' NIM-*ma* 1.30 IN.SUM 1 1/2 KÙŠ *ša aĥ'-ra-a-am*
Éleve(-le) 'à 3.20, qui est en excédent' : cela donne 1.30. Ce que j'ai prélevé (est) 1 1/2 kuš.

Notes philologiques

Ligne 1 : Le texte de cette section s'ouvre sur le sumérogramme « IM.DÙ.A », connu pour être l'équi-

valent du terme akkadien « *pitiqtum* » qui signifie « mur de terre ». Il est utile de remarquer dès à présent qu'il s'agit d'un terme féminin, et que les verbes ou les pronoms qui s'y rapportent sont effectivement accordés (au moins la plupart du temps) au féminin. Nous serons amenés à prendre en compte cette caractéristique à plusieurs reprises dans les notes suivantes.

Ligne 2 : Dans son édition, J. Friberg a translittéré le verbe conjugué du milieu de la ligne sous la forme « *su-ḥu-ur* ». Il semble toutefois, à partir des photographies et de la copie, que le premier signe de cette séquence soit un signe « ZU », qui devrait être transcrit « *sú* » et non « *su* ». Par ailleurs, plusieurs lectures de cette séquence sont envisageables. Celle qui me paraît la plus naturelle de prime abord est la lecture « *šú-ḥu-ur* », pour « *šuhḫur* », permansif de troisième personne masculin singulier du verbe « *šehērum (i)* » au système II, que l'on pourrait traduire littéralement par « il est rendu petit » ou « il a été rendu petit ». Le sujet de cette forme verbale étant masculin, il ne peut s'agir a priori du mur lui-même (puisque nous venons de signaler que le nom *pitiqtum* était féminin), et il s'agirait donc probablement plutôt de sa largeur (« DAGAL », pour « *rupšum* »), mentionnée à la ligne précédente. La phrase complète pourrait alors être comprise comme « (la largeur) a été rendue petite de $\frac{1}{3}$ *kuš* au sommet », c'est-à-dire « la largeur a été réduite à $\frac{1}{3}$ *kuš* au sommet », ce qui serait tout simplement une manière d'indiquer que la largeur du mur est plus petite au sommet qu'à la base. J. Friberg a toutefois choisi pour sa part la lecture « *sú-ḥu-ur* », pour « *suhḫur* », permansif de troisième personne masculin singulier du verbe « *saḫārum (u)* » au système II, que l'on pourrait traduire littéralement par « il retourne », « il revient en arrière » ou « il est repoussé ». Il obtient alors pour la phrase complète la traduction « (la largeur) est revenue à $\frac{1}{3}$ *kuš* au sommet ». Cette interprétation semble a priori moins adaptée que la première à la situation décrite, mais J. Friberg a un argument intéressant pour la retenir : dans certaines tablettes administratives de l'époque d'Ur III, une deuxième mesure d'une dimension non uniforme d'un objet (par exemple la largeur au sommet d'un mur dont la section n'est pas rectangulaire, comme ici) est introduite au moyen du terme technique sumérien « BA.AN.GI₄ », et il se trouve que le sens premier de « GI₄ » est « se tourner » ou « revenir en arrière », soit un sens similaire à celui du verbe akkadien « *saḫārum* ». ⁹¹ Les verbes « GI₄ » et « *saḫārum* » ne sont malheureusement explicitement associés l'un à l'autre dans aucune liste lexicale connue, ce qui nous empêche de valider définitivement la proposition de J. Friberg, mais il me semble tout de même, au vu de ces différents éléments, que l'idée selon laquelle la notion de retour serait associée à la plus petite valeur d'une dimension non uniforme d'un objet est suffisamment convaincante pour être conservée. ⁹²

Ligne 3 : La forme « *lū pariš* », dans laquelle on reconnaît le permansif du système I du verbe « *parāsum (a/u)* » à la troisième personne du masculin singulier précédé de la particule de souhait *lū*, pourrait être traduite au présent passif par « qu'elle soit ouverte » comme l'a proposé J. Friberg. Toutefois, dans la mesure où, comme nous le verrons plus loin, la brèche est supposée déjà ouverte à ce stade, il me semble que la traduction au passé passif « qu'elle ait été ouverte » est plus appropriée.

Ligne 4 : À partir d'ici, et jusqu'à la fin du problème, le premier ou les deux premiers signes de chaque ligne sont peu visibles sur les photographies. Les lectures que j'en donne sont donc princi-

91. Les tablettes de l'époque d'Ur III concernées sont AO 7667 (un relevé de livraisons de briques pour la construction d'un temple, édité dans [SCHEIL1915] et réétudié dans [ROBSON1999] pages 143-149, [FRIBERG2001] pages 136-140 et [HEIMPEL2004]), CUNES 48-06-103 (un texte administratif contenant des calculs de volumes de murs de terre, édité dans [OWEN&MAYR2007]) et YBC 3879 (un plan de parcelles de terrain accompagné de calculs de surfaces, copié dans [CLAY1915] planche XIV et étudié dans [FRIBERG2009]). Une revue de ces différentes occurrences et une discussion sur le sens et la traduction du terme « BA.AN.GI₄ » sont proposées dans [HEIMPEL2004], en particulier page 7 où il résume : « (...) it designates the tapering from the value mentioned immediately before *ba-an-gi₄* to the value that is qualified by *ba-an-gi₄*. 6 *kuš₃* *dagal* 1 *kuš₃* *ba-an-gi₄* designates a tapering from a width of 6 cubits to a width of 1 cubit, 2 $\frac{1}{2}$ *kuš₃* *sukud* 1 *kuš₃* *ba-an-gi₄* a tapering from a height of 2 $\frac{1}{2}$ cubits to a height of 1 cubit, and 16 *ninda sag* 14 *ninda* 4 *kuš₃* *ba-gi₄* a tapering from a length of 16 poles to a length of 14 poles 4 cubits (...) ».

92. W. Heimpel explique dans [HEIMPEL2004], page 7, pourquoi l'expression sumérienne « BA.AN.GI₄ » semble devoir être traduite comme un nom bien qu'il s'agisse a priori d'une chaîne verbale. Il est ainsi envisageable que, de manière parallèle, « *suhḫur* » soit à comprendre comme l'état absolu d'un substantif « *suhḫurum* » qui signifierait « le retour » dans le sens que nous venons de préciser. Toutefois, en l'absence d'éléments supplémentaires, je préfère m'en tenir à une traduction sous forme de verbe, qui correspond mieux à l'analyse grammaticale.

palement basées sur la copie de F. Al-Rawi.

Ligne 4 : L'avant-dernier signe de la séquence translittérée « *lu-uh₃-ra-am-ma* », qui ressemble à un signe « BI » sur les photographies et la copie, doit probablement bien être lu en tant que « AM » comme l'a fait J. Friberg. Cependant, l'identification de la racine dont dérive cette séquence est malaisée. Deux verbes « *ḥarāmum* » différents sont répertoriés dans les dictionnaires d'akkadien : l'un, bien attesté et de voyelle fondamentale « i », signifie « envelopper », et l'autre, beaucoup plus rare et de voyelle fondamentale inconnue, fait référence à l'action de « séparer ». La forme « *luḥram* » que l'on trouve ici, ainsi que les formes « *tahram* » et « *aḥram* » aux lignes 9 et 11 de ce même problème, montrent que la voyelle fondamentale du verbe auquel nous avons à faire est « a », ce qui tend à exclure qu'il puisse s'agir du premier des deux homophones, par ailleurs totalement inadapté du point de vue du sens. N'ayant trouvé aucune lecture alternative de la séquence qui permette de la rattacher à une autre racine bien documentée, je pense donc que le verbe employé aux trois endroits cités est, malgré sa rareté, le deuxième verbe « *ḥarāmum* » mentionné ci-dessus (et que la voyelle fondamentale de ce verbe est en conséquence « a »). Nous verrons dans le commentaire que l'idée de séparation qu'implique ce verbe, même si elle n'est pas complètement limpide, se comprend relativement bien : il s'agit de « séparer », c'est-à-dire d'enlever, une certaine quantité de terre sur le sommet du mur. Afin de concilier au mieux cette idée de séparation et la clarté de la traduction obtenue, j'ai choisi de le rendre par « prélever ».

Ligne 4 : J. Friberg a transcrit les deux signes « LU » de cette ligne comme des particules de souhait « *lū* » indépendantes. Il me semble toutefois que celles-ci doivent plutôt être rattachées aux formes verbales qui les suivent afin de constituer les optatifs « *luḥram* » et « *lukšur* » et ainsi d'expliquer les voyelles initiales « u ». Par ailleurs, la lecture « *lu(-)ug-šu-ur* » indiquée par J. Friberg pour la deuxième de ces formes verbales semble la faire dériver de la racine « *gašārum (i)* » signifiant « être fort/puissant », ce qui d'une part pose un problème de voyelle fondamentale et d'autre part n'est pas cohérent avec la traduction « I may repair » qu'il en donne. Il me semble donc qu'il s'agit d'une coquille, et qu'il faut bel et bien lire à cet endroit « *lu-uk-šu-ur* », sur la racine « *kašārum (a/u)* » signifiant « réparer », comme je le propose ici.

Ligne 4 : L'explication la plus satisfaisante pour la terminaison en « i » de la forme « *pe-er-ši* » me semble être qu'il s'agisse d'une marque de possessif de première personne du singulier à l'accusatif (« *peršī* »).⁹³ Je pense donc qu'il faut traduire ce groupe nominal par « ma brèche », et pas seulement « la brèche » comme le fait J. Friberg. Cette traduction est tout à fait plausible puisque l'énoncé est entièrement rédigé à la première personne du singulier et qu'au moins la tablette YBC 4675, que j'ai analysée en détail même si je n'ai pas mis en forme son étude, contient un suffixe possessif de première personne dans l'énoncé de son problème.

Ligne 5 : L'identification des trois signes « E », « BI » et « IR » à la fin de cette ligne est claire, mais leur translittération et leur traduction soulèvent de vraies difficultés conceptuelles. La lecture « *e-bi-ir* » proposée par J. Friberg fait de la séquence formée par ces trois signes le permansif du verbe « *ebērum (i)* » signifiant « s'étendre sur », ou plutôt l'état absolu d'un nom construit sur cette même racine, et implique ainsi qu'elle véhicule l'idée d'une « étendue », c'est-à-dire d'un type de surface.⁹⁴ Mais une autre possibilité, tout aussi envisageable a priori et extrêmement intéressante du point de vue du sens, serait la lecture « *e-pé-er* », qui correspondrait à l'état absolu du nom « *eperum/eprum* »

93. Une autre explication grammaticalement satisfaisante consisterait à comprendre cette forme comme l'accusatif-génitif pluriel du terme « *peršum* », mais il n'y a aucune raison qu'il soit subitement question ici de plusieurs brèches alors qu'une seule était considérée dans la phrase précédente.

94. Si l'on analyse la forme « *e-bi-ir* » comme le permansif du verbe « *ebērum* », celui-ci est conjugué à la troisième personne du masculin et du singulier. Or le seul sujet que ce permansif pourrait admettre du point de vue du sens est le mur, et nous avons déjà signalé que le terme « *pitiqtum* » qui le désigne est un terme féminin en général bien traité comme tel. C'est ce problème d'accord qui conduit à voir plutôt dans la forme « *e-bi-ir* » l'état absolu d'un adjectif verbal substantivé ayant le sens d'« étendue » (voir les sections 4.3 et 4.4 de [HUEHNERGARD2011] pour la notion d'adjectif verbal substantivé). Cette alternative n'est pas parfaite d'un point de vue grammatical puisque je ne trouve pas de raison satisfaisante pour expliquer que le nom obtenu soit à l'état absolu (un point que J. Friberg ne commente pas du tout), mais elle me semble tout de même très acceptable.

et qui impliquerait cette fois au contraire que la séquence véhicule l'idée d'un « volume »!⁹⁵ Le choix entre ces deux options ne peut se justifier qu'à partir d'une analyse approfondie de la procédure et à une réelle incidence sur la manière dont nous comprenons les raisonnements sous-jacents. Il sera donc discuté sur la base d'arguments mathématiques dans le commentaire.

Ligne 7 : Le choix de la translittération « *a-na* 2.E.TAB-*ma* » plutôt que la translittération standard « *a-na* 2 E.TAB-*ma* » retenue par exemple par J. Friberg est justifié dans l'entrée « TAB » du glossaire des sumérogrammes. Ce choix permet entre autres de comprendre la forme verbale comme un impératif (« répète »), à la manière de tous les autres verbes de la procédure, et non plus nécessairement comme un présent-futur à la deuxième personne du singulier (« you repeat », « tu répètes », dans la traduction de J. Friberg).

Ligne 7 : À cette ligne apparaît pour la première fois le terme akkadien « *indanum* », qui n'est pas répertorié sous cette forme dans les dictionnaires usuels et ne figure pas non plus dans les lexiques mathématiques des ouvrages de référence.⁹⁶ L'idée de le comprendre comme le substantif « *imdum/indum* » (« poteau », « soutien », « taxe ») muni du suffixe particularisant « *-ān* » s'avère assez rapidement devoir être abandonnée puisqu'elle ne produit aucun sens plausible. Il semblerait donc que nous soyons ici face à un terme technique spécifique, attesté à ma connaissance seulement dans cette tablette-ci et la tablette MS 2792, une autre tablette mathématique de la collection Schøyen qui contient des problèmes résolus portant sur des situations tridimensionnelles et pourvus de diagrammes.⁹⁷ L'analyse mathématique proposée dans la suite de cette partie nous permettra de comprendre que ce terme désigne très vraisemblablement un certain coefficient caractéristique des trapèzes. J'ai fait le choix de ne pas le traduire, mais sa signification exacte et une hypothèse de J. Friberg sur son étymologie seront discutées dans la section VI.2.2.7.

Ligne 9 : J. Friberg a proposé pour le signe qui se trouve juste après celui lu « DAGAL » la translittération « MÚR / MURUB₄ » (avec un point d'interrogation), qui renvoie à l'équivalent sumérien de l'adjectif akkadien « *qablûm* » signifiant « médian » ou « du milieu ». Cependant, la forme du signe présent sur la tablette, que l'on distingue très clairement sur les photographies et la copie, ne correspond pas exactement à celle du signe « MÚR » : le dernier clou vertical ne semble pas être doublé comme il devrait l'être dans le signe « MÚR », et les clous intérieurs de la partie droite sont verticaux alors qu'on les attendrait horizontaux ou obliques dans le signe « MÚR ».⁹⁸ De plus, dans la seule tablette mathématique d'époque paléo-babylonienne où il apparaît à ma connaissance – qui se trouve être la tablette YBC 4675 que j'ai étudiée dans le cadre de ma thèse – le terme « *qablûm* » qualifie systématiquement une transversale partageant une surface en deux parties de même aire, ce qui semble lui conférer un sens technique spécifique qui ne convient pas ici. Ces deux objections, qui relèvent de registres différents et sont ainsi complémentaires, me conduisent, sans la rejeter complètement, à émettre des réserves vis-à-vis de l'interprétation de J. Friberg. D'un point de vue purement visuel, le signe présent sur la tablette semble pouvoir être identifié de manière relativement assurée comme un signe « ŠID ».⁹⁹ Parmi toutes les lectures possibles pour ce signe, deux méritent d'être mentionnées. La première est le sumérogramme « LAG », équivalent du terme akkadien « *kirbānum* », dont les significations tournent autour de l'idée de « motte » et renvoient au champ lexical de la terre ou de l'argile. On pourrait alors être tenté d'imaginer pour l'expression

95. On retrouve avec cette lecture le même problème d'état absolu que dans le premier cas.

96. Plus précisément, ce terme n'est mentionné ni dans [CDA] ni dans [CAD-IJ] pour ce qui est des dictionnaires d'akkadien, et ni dans [NEUGEBAUER1935b] pages 11-35, ni dans [NEUGEBAUER1937] pages 67-75, ni dans [THUREAU-DANGIN1938a] pages 215-229, ni dans [NEUGEBAUER&SACHS1945] pages 158-175, ni dans [ROBSON1999] page 333-334, ni dans [HØYRUP2002] pages 43-46 pour ce qui est des lexiques mathématiques.

97. L'édition et le commentaire complets de cette tablette, que je n'évoque pas ici pour ne pas me disperser, peuvent être consultés dans [FRIBERG2007a] pages 278-294.

98. Voir le signe 337 dans [LABAT2011] et le signe 207b dans [MITTERMAYER2006]. On peut d'ailleurs comparer le signe présent sur cette tablette-ci avec celui présent sur le diagramme de la tablette YBC 4675, qui semble lui bel et bien être un signe « MÚR ».

99. Voir le signe 314 dans [LABAT2011] et les signes 112a et 212 dans [MITTERMAYER2006]. On pourrait également envisager d'autres signes ayant une forme proche, notamment « LUĪ » (signe 321L/196M), « DUB » (signe 138L/112bM) ou « LĪL » (signe 313L/163M), mais ceux-ci ressemblent moins à la graphie observée sans pour autant permettre d'obtenir un sens plus convaincant.

« DAGAL.LAG » une interprétation exprimant l'idée que la largeur considérée joue un rôle particulier vis-à-vis de la terre manipulée, par exemple qu'il s'agit de celle jusqu'à laquelle on doit prélever de la terre (ce qui, comme nous le verrons dans le commentaire, est bien le sens attendu), mais cette hypothèse est incertaine et ne convient à mon avis pas dans le quatrième problème, où ré-apparaît très probablement la même expression.¹⁰⁰ La deuxième lecture du signe « ŠID » qui peut être envisagée est le sumérogramme « šID », équivalent du terme akkadien « *minūtum* » signifiant « compte », « nombre » ou « calcul ». On pourrait alors comprendre le groupe nominal « DAGAL.ŠID » comme « la largeur du calcul », « la largeur (utilisée dans) le calcul », ce qui pourrait s'accorder avec le sens de la procédure exposé dans le commentaire. Cette interprétation est cependant elle aussi très hasardeuse, et me semble beaucoup trop lourde de conséquences pour que je l'adopte dans ma traduction sans arguments supplémentaires. Finalement, au vu de ces différentes analyses, la situation me paraît trop ouverte pour proposer une hypothèse plutôt qu'une autre dans la traduction, et je préfère y laisser ce signe comme incompris.

Ligne 9 : On constate que la forme verbale « *ša ta-ah-ra-am* » (pour « *ša taḥram* », de « *ḥarāmum* ») est dépourvue du « -u » subordonnant que l'on attendrait.

Ligne 9 : La fin de la ligne est endommagée et la lecture du (ou des deux) dernier(s) signe(s) n'est pas claire. Sur la photographie, on distingue un signe « I », et J. Friberg a donc restitué ensuite un signe « KA » permettant d'obtenir l'infinitif avec suffixe possessif « *a-ma-ri-i-ka* ». Sur la copie, en revanche, il ne semble pas y avoir de signe « I » mais directement un signe « KA », ce qui donne la même forme avec suffixe possessif « *a-ma-ri-ka* » écrite d'une manière différente. Le sens est bien sûr identique dans les deux cas.

Ligne 10 : La séquence « *ša íB.SI₈* » au début de la ligne n'est pas lisible sur les photographies à ma disposition et n'a pu être vérifiée qu'à partir de la copie de F. Al-Rawi.

Ligne 10 : À la fin de la ligne, sur la tranche droite, se trouve une zone endommagée dans laquelle plus rien n'est lisible à l'heure actuelle mais qui contenait probablement le résultat de l'opération précédente, annoncé par la particule enclitique « -ma » visible juste avant la cassure. J. Friberg propose de restituer à cet endroit la phrase « 27 IN.SUM », ce qui me semble pertinent du fait du résultat attendu et de la récurrence de cette tournure tout au long du problème.

Ligne 11 : Les premiers signes de la ligne, qui sont marqués par J. Friberg comme entièrement restitués dans sa translittération, sont en fait partiellement lisibles sur les photographies. Les traces que l'on distingue sont bien compatibles avec sa proposition, qui est par ailleurs naturelle du point de vue du sens du texte.

Ligne 11 : J. Friberg propose de compléter le dernier mot du texte, « *ah-ra-a-am* », en lui ajoutant au début la syllabe « ta- », qui aurait été omise par le scribe, et à la fin la syllabe « -mu », qui aurait été présente mais serait désormais perdue. Le premier ajout lui permet de transformer « *ahram* » (« j'ai coupé », à la première personne du singulier) en « *taḥram* » (« tu as coupé », à la deuxième personne du singulier). Toutefois, bien qu'une deuxième personne puisse paraître légèrement plus cohérente à cet endroit, le texte fait parfaitement sens avec une première personne, et il ne me semble donc pas nécessaire de supposer une erreur du scribe : il n'y a aucune raison qu'après un énoncé exprimé à la première personne puis une procédure de résolution présentée à la deuxième personne, la conclusion ne puisse pas revenir à une formulation à la première personne.¹⁰¹ Le

100. Il peut être intéressant de mentionner que le terme « *kirbānum* » est attesté dans deux listes de coefficients : en akkadien dans une tablette de Suse (TMS 3 ; voir [BRUINS&RUTTEN1961] pages 25-34 pour son édition) et sous la forme du sumérogramme « LAG » dans une tablette provenant probablement de Babylonie du Sud (YBC 7243 ; voir [NEUGEBAUER&SACHS1945] pages 136-139 pour son édition et [KILMER1960] page 301 pour une révision de la lecture du passage en question). Le contexte de ces occurrences est toutefois très différent du problème que nous sommes en train d'analyser, et elles ne me semblent donc pas être d'un grand secours.

101. Le mode d'énonciation des conclusions, seulement occasionnellement présentes de manière explicite à la fin des procédures et généralement purement descriptives quand elles existent, n'est pas discuté dans le passage de [HØYRUP2002] consacré au format standard des problèmes résolus (pages 31-32). Un rapide parcours des éditions de textes ne m'a pas permis de relever d'autres exemples de conclusions à la première personne, mais ce point mériterait probablement une étude plus systématique.

deuxième ajout permet quant à lui à J. Friberg d'introduire la particule « -u » subordonnante que l'on attendrait pour que la phrase soit grammaticalement correcte. Toutefois, l'espacement des signes à cet endroit (avec les deux derniers volontairement décalés par rapport à l'antépénultième afin d'aligner la fin du texte à droite) et l'absence de « -u » subordonnant déjà relevée à la ligne 9 me portent plutôt à croire que le signe « AM » était bien le dernier de la phrase.

VI.2.2.2. Structure d'ensemble du problème

On constate, en parcourant rapidement le texte de ce problème, que celui-ci est composé d'un énoncé, qui correspond approximativement aux quatre premières lignes, d'une procédure de résolution, qui correspond approximativement aux sept lignes suivantes, et d'une conclusion, qui se trouve à la fin de la dernière ligne.

L'énoncé commence, comme nous en avons maintenant l'habitude, par un mot-clé indiquant quel type d'objet va être considéré dans le problème. Il fournit ensuite un certain nombre de précisions et de données numériques relatives à cet objet. Enfin, il pose, à la première personne du singulier et au moyen du pronom interrogatif akkadien « *kī maši* » (« combien ? », ligne 4), une question portant sur la situation ainsi décrite. J'en propose une analyse complète dans la section VI.2.2.3 ci-après.

La procédure de résolution s'ouvre par la formule standard « ZA.E KÌ.DA.ZU.NE » (« toi, en procédant », ligne 4), que nous avons déjà relevée dans la tablette BNUS 367, puis décrit, à l'impératif, une succession d'instructions dont l'exécution permet de trouver la réponse à la question posée. Bien qu'elle ne contienne aucun terme faisant explicitement apparaître sa structure interne, il me semble utile de la diviser dans les explications en deux grandes phases qui se dégagent très nettement d'un point de vue mathématique. J'en propose une analyse détaillée dans les sections VI.2.2.4 à VI.2.2.7 ci-après.

Enfin, la conclusion quitte les formulations à l'impératif et revient à la première personne du singulier pour fournir une réponse à la question posée qui fait écho à la manière dont elle était présentée dans l'énoncé. J'en propose une discussion à la fin de la section VI.2.2.6.

VI.2.2.3. L'énoncé : un mur de terre, une brèche et une réparation (lignes 1 à 4)

Le premier mot de l'énoncé nous indique que l'objet dont il va être question dans ce problème est l'objet concret appelé « IM.DÙ.A » (ligne 1), un sumérogramme composé signifiant littéralement « argile qui a été construite » mais connu pour être l'équivalent du terme akkadien « *pitiqtum* » et désigner un « mur de terre ».¹⁰²

102. Le terme « *pitiqtum* » est traduit par « ouvrage en briques » ou « mur de briques en argile » dans le dictionnaire [CAD-P], par « terre à bâtir » dans [SALLABERGER2014], et par « mur de terre » dans les dictionnaires [AHW-2] et [CDA], ce qui donne lieu à une image un peu confuse... Cependant, M. Sauvage, archéologue ayant une excellente connaissance des questions relatives à l'utilisation des briques en Mésopotamie, m'a confirmé qu'il s'agissait bel et bien selon lui d'un mur de terre massive et non d'un mur de briques (communication personnelle du 21 octobre 2018). Des informations sur ce type de mur peuvent être trouvées dans les livres et articles [AURENCHÉ1977] (pages 119-122), [GASCHE1983], [SAUVAGE2001], [SAUVAGE2009] et [SAUVAGE2016]. On y apprend notamment que la terre à bâtir était fabriquée à partir de terre argileuse à laquelle était adjoint un dégraissant végétal (paille, balle de grain), animal (poils) ou minéral (sable, graviers), puis à laquelle était ajoutée de l'eau, avant que le tout ne soit mélangé à plusieurs reprises à quelques heures d'intervalle. Elle pouvait ensuite être montée en murs de deux manières différentes : soit en empilant à la main des mottes de terre sur l'ouvrage à construire (on parle alors de « mur en terre massive empilée ») soit en versant la terre entre des panneaux de bois appelés des banches et en la tassant au fur et à mesure par piétinement (on parle alors de « mur en terre massive moulée »). La question de la forme de ces murs a été traitée par [ROBSON1999] pages 99 et suivantes, [FRIBERG2001] pages 104 et suivantes, et [HEIMPEL2004].

Les phrases suivantes nous fournissent alors différentes informations sur les dimensions de ce mur de terre. Nous apprenons pour commencer que son flanc (« UŠ », ligne 1), c'est-à-dire son plus long côté, mesure 3 uš, soit un peu plus d'un kilomètre. Nous apprenons ensuite que sa largeur (« DAGAL », ligne 1) n'est pas uniforme, et plus précisément qu'elle mesure 3 kuš, soit environ un mètre et demi, à la base (« ina SUHUŠ », ligne 1), mais seulement $\frac{1}{3}$ kuš, soit une quinzaine de centimètres, au sommet (« ana muḥḥim », ligne 2). Cela nous permet de comprendre que ce mur n'est pas droit mais a une section trapézoïdale – sans qu'il ne nous soit possible de savoir s'il est incliné des deux côtés ou seulement d'un seul côté. Enfin, nous apprenons que sa hauteur (« SUKUD », ligne 2) mesure $\frac{1}{2}$ ninda, soit environ trois mètres. Toutes ces données sont récapitulées sur le schéma de la figure VI.15 ci-dessous, pour lequel j'ai fait le choix, dans l'attente de discuter ce point plus en détail, de représenter la section sous la forme d'un trapèze isocèle.

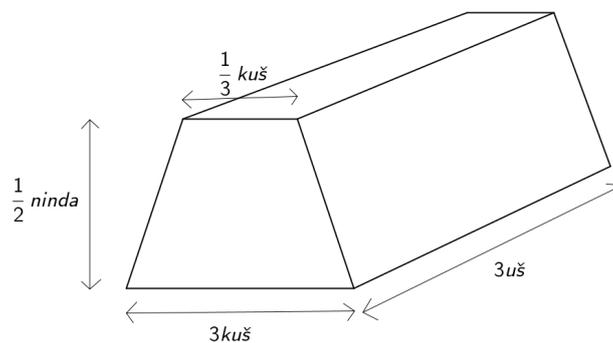


FIGURE VI.15. Dimensions du mur de terre décrit dans l'énoncé du problème MS 3052 #1

Ces premières données appellent quelques remarques. Tout d'abord, il est intéressant d'observer que, contrairement à ce que nous avons relevé dans les cas précédents, toutes les dimensions sont indiquées sous la forme de vraies mesures, c'est-à-dire de nombres suivis d'une unité de mesure. Ensuite, il est intéressant de repérer que ces mesures sont toutes exprimées sous la forme d'entrées des listes métrologiques, et en particulier que la largeur au sommet est dite être de $\frac{1}{3}$ kuš plutôt que de 10 šusi et que la hauteur est dite être de $\frac{1}{2}$ ninda plutôt que de 6 kuš.¹⁰³ Enfin, il est intéressant de constater que le vocabulaire employé pour décrire ces dimensions est celui des configurations tridimensionnelles, et en particulier que la largeur du mur est désignée par le terme « DAGAL » et non par le terme « SAG », pour sa part employé pour faire référence à la largeur de formes géométriques planes.

On peut par ailleurs noter que, si cet énoncé décrit une situation plausible inspirée de la réalité, alors la longueur d'environ un kilomètre qu'il indique exclut que le mur étudié puisse être un mur de bâtiment et laisse penser qu'il s'agirait plutôt d'une construction publique, par exemple d'une levée de terre pour un canal d'irrigation.¹⁰⁴

La suite de l'énoncé nous demande de considérer, en utilisant un verbe au permansif précédé d'une particule de souhait, qu'une brèche de 20 ninda a été ouverte dans ce mur (« ina

103. Voir par exemple [PROUST2007] pages 97-102 pour une présentation des listes et tables métrologiques et pages 311-315 pour leur texte composite.

104. Cette dernière idée m'a été suggérée par M. Sauvage dans la communication personnelle susmentionnée, pour l'ensemble des cinq premiers problèmes de la tablette. Elle permet, comme il me l'a fait remarquer, d'expliquer à la fois le fait que les murs considérés soient bâtis en terre massive et non en briques, le fait qu'ils aient des longueurs très importantes, le fait que certains d'entre eux aient une hauteur trop faible pour un mur de bâtiment, et le fait que certains d'entre eux soient percés dans la largeur.

šÀ (...) *peršum lū pariš* », ligne 3). Il est assez naturel de penser que cette brèche a été percée dans la longueur du mur et que la dimension de 20 *ninda* indiquée est celle de sa propre longueur, ce qui nous place dans la situation illustrée par le schéma de la figure VI.16 ci-dessous, qui s'avérera plus loin être faux sur un aspect mais me semble être la meilleure perception de la situation que nous puissions avoir à ce stade de la lecture du texte.

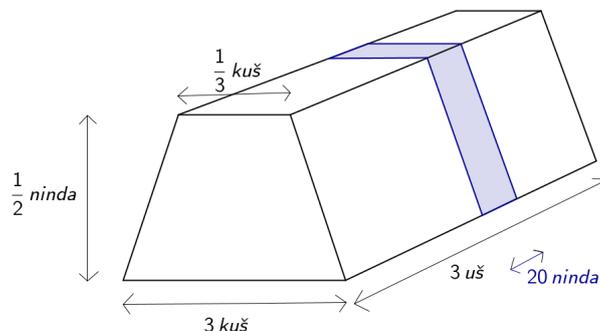


FIGURE VI.16. Brèche décrite dans l'énoncé du problème MS 3052 #1
(ce schéma s'avérera faux par la suite)

Enfin, la dernière phrase de l'énoncé demande de déterminer ce qu'il faut « prélever pour réparer (la) brèche ». Le sens de cette question n'est pas parfaitement clair dans l'immédiat, au moins pour des lecteurs modernes, mais elle semble néanmoins signifier dans les grandes lignes qu'il faut trouver quelle quantité de terre doit être prise d'un certain endroit du mur de manière à pouvoir colmater la brèche de longueur 20 *ninda*.

VI.2.2.4. Première phase : transformation en un problème plan (lignes 4 à 7)

Les premières étapes de la procédure de résolution sont relativement claires et nous donnent l'occasion, tout en exposant le début du raisonnement, d'affiner notre compréhension des données de l'énoncé et de la question à laquelle le problème cherche à répondre.

La procédure demande dans un premier temps de calculer la somme de 15 et 1.40, ce qui donne 16.40, d'en prendre la moitié, ce qui donne 8.20, et de multiplier le résultat par 6, ce qui donne 50. Ces opérations peuvent paraître déroutantes de prime abord dans la mesure où aucun des nombres qui y interviennent n'apparaît directement dans l'énoncé du problème. Cependant, le nombre 6 est explicitement signalé dans le texte comme correspondant à la hauteur, et il s'avère que 6 est effectivement le nombre sexagésimal positionnel flottant associé dans la table métrologique des hauteurs à la mesure de $\frac{1}{2}$ *ninda* qui a été indiquée dans l'énoncé comme étant celle de la hauteur du mur. De la même manière, et bien que cela ne soit cette fois pas du tout signalé dans le texte, on constate que 15 et 1.40 sont les nombres sexagésimaux positionnels flottants respectivement associés dans la table métrologique des longueurs aux mesures 3 *kuš*, qui a été indiquée dans l'énoncé comme étant celle de la largeur du mur à la base, et $\frac{1}{3}$ *kuš*, qui a été indiquée dans l'énoncé être celle de la largeur du mur au sommet – ce qui explique d'ailleurs que leur somme donne dans ce contexte 16.40 et non 1.55 par exemple. Finalement, on comprend que cette première étape de la procédure consiste à calculer la moyenne des largeurs du mur à la base et au sommet puis à multiplier cette moyenne par la hauteur du mur. Le résultat obtenu, 50, correspond en conséquence à l'aire de la section du mur, comme illustré par le schéma de la figure VI.17 sur la page suivante.

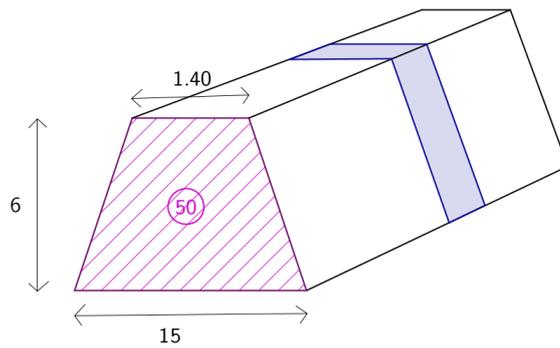


FIGURE VI.17. Calcul de l'aire de la section du mur du problème MS 3052 #1

Le résultat 50 obtenu de cette façon est désigné dans le texte par un terme qui mérite que l'on s'y attarde et auquel je consacrerai en conséquence la section suivante.

La procédure demande ensuite de multiplier la valeur 50 obtenue par 3, qui est décrit comme correspondant au flanc et est effectivement le nombre associé dans la table métrologique des longueurs à la mesure de 3 *uš* indiquée dans l'énoncé comme étant celle de la longueur du mur. Cette opération donne comme résultat 2.30, qui correspond alors, comme cela est explicitement affirmé par le texte, au volume du mur.

L'étape suivante consiste à ajouter 20, le nombre sexagésimal positionnel flottant correspondant à la longueur de la brèche, à 3, celui correspondant à la longueur du mur, ce qui donne 3.20, puis à prendre l'inverse du résultat et à le multiplier par le volume 2.30 obtenu précédemment, ce qui donne 45. Force est de constater que cette succession d'opérations ne correspond à rien de concret si l'on envisage la situation étudiée telle que je l'ai décrite dans la section précédente. La lecture de ce passage nous invite donc à reconsidérer les informations fournies dans l'énoncé sous un nouvel angle, et nous amène à comprendre deux choses.

La première chose que ce passage nous amène à comprendre est que la longueur de 20 *ninda* indiquée pour la brèche ne fait pas partie de la longueur de 3 *uš* indiquée pour le mur mais vient s'y ajouter. Autrement dit, le mur que l'on considère n'est pas un mur de longueur totale 3 *uš* dans lequel une brèche de 20 *ninda* aurait été ouverte mais un mur dans lequel une brèche a été ouverte et dont la longueur cumulée des parties encore en place de part et d'autre de la brèche est de 3 *uš*, comme montré par le schéma de la figure VI.18 ci-dessous. Ainsi, en calculant la somme de 3 et de 20, on détermine la longueur totale, 3.20, qu'aura le nouveau mur une fois que la brèche aura été réparée comme demandé dans l'énoncé.

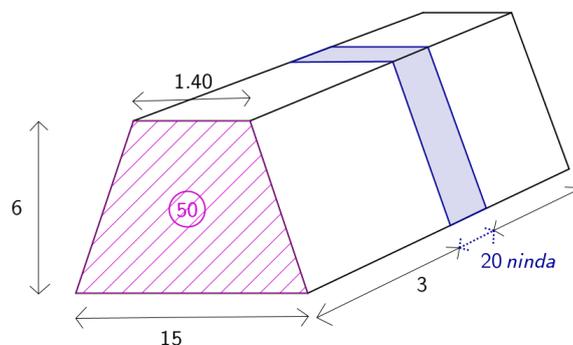


FIGURE VI.18. Configuration rectifiée du problème MS 3052 #1

La deuxième chose que ce passage nous amène à comprendre est la manière dont la terre doit être prélevée du mur actuel pour effectuer cette réparation. En effet, le volume calculé plus haut s'avère être, avec cette nouvelle perspective, le volume de terre effectivement présent dans le mur tel qu'il se présente avant la réparation. En multipliant ce volume par l'inverse de la longueur totale du mur actuel augmenté de la brèche que l'on vient de déterminer, on le divise par cette longueur totale. Or, la seule manière qu'une telle opération fasse sens et se rattache au problème posé est de considérer que la terre doit être prélevée uniformément sur l'un des trois côtés du mur perpendiculaires à sa section et que l'on calcule en conséquence ici l'aire de la section d'un nouveau mur qui contiendrait le même volume de terre que le premier mais aurait comme longueur la longueur augmentée. Il est vrai que rien ne nous indique encore à ce stade sur lequel des trois côtés possibles ce prélèvement doit être effectué. Cependant, à la fois une approche pragmatique de la situation décrite et un petit coup d'œil au schéma nous laissent penser que ce doit être le sommet du mur – ce que confirmera la suite du texte et que j'admets dès à présent afin de ne pas alourdir les explications de trop nombreuses incertitudes.

Pour résumer, le problème que l'on cherche à résoudre porte sur un mur de terre de section trapézoïdale dont toutes les dimensions linéaires sont connues mais à l'intérieur duquel une brèche a été ouverte, et il consiste alors à déterminer quelle hauteur de terre doit être prélevée uniformément sur le sommet de ce mur de manière à ce que la quantité prélevée permette de colmater exactement la brèche jusqu'à la nouvelle hauteur de sorte à obtenir un mur un peu moins haut mais continu, comme illustré par le schéma de la figure VI.19 ci-dessous.¹⁰⁵

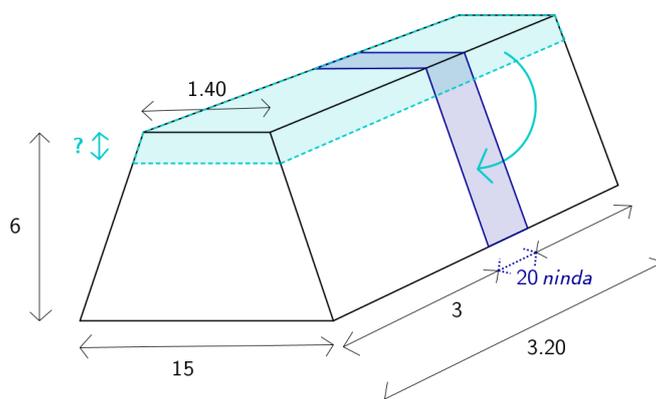


FIGURE VI.19. Illustration de ce qu'il est demandé de déterminer dans le problème MS 3052 #1

Les premières opérations effectuées, que je viens de décrire dans les paragraphes précédents, consistent à déterminer l'aire de la section du mur actuel, puis le volume de terre disponible dans le mur actuel, et, ce volume devant être le même que le volume de terre dans le mur final, à en déduire quelle doit être l'aire de la section du mur abaissé obtenu après réparation, comme illustré par le schéma de la figure VI.20 ci-dessous.

105. Le fait qu'il faille colmater la brèche jusqu'à la nouvelle hauteur, qui tombe sous le sens d'un point de vue pratique, est évidemment essentiel pour l'intérêt mathématique du problème : s'il s'agissait de déterminer la hauteur de terre à prélever pour colmater la brèche jusqu'à la hauteur du mur actuel, le problème serait non seulement totalement farfelu mais aussi immédiat à résoudre par de simples calculs de volumes.

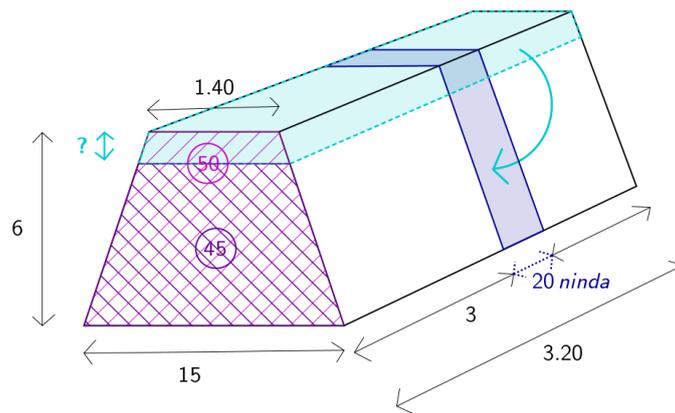


FIGURE VI.20. Aires des sections du mur avant et après réparation dans le problème MS 3052 #1

Il est important de noter que l'on a, ce faisant, ramené le problème tridimensionnel à résoudre à un problème bidimensionnel de partage du trapèze. En effet, il est possible d'oublier à partir de maintenant la troisième dimension du mur et de travailler uniquement sur sa section : comme le résume le schéma de la figure VI.21 ci-dessous, on se trouve, suite aux premiers calculs effectués, en présence d'un trapèze divisé en deux bandes par une transversale, dans lequel on connaît la hauteur, les deux bases et les deux aires partielles (plus précisément l'aire totale et l'une des deux aires partielles, mais cela revient exactement au même) et dans lequel on cherche alors à déterminer la hauteur de l'une des deux bandes.

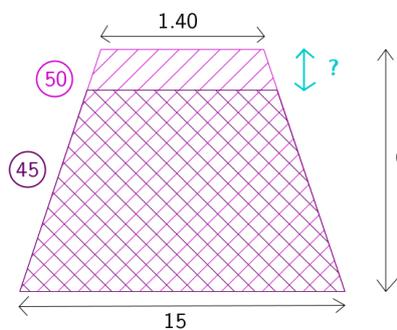


FIGURE VI.21. Schéma du problème plan auquel est ramené le problème MS 3052 #1 après la première phase de la procédure de résolution

Tous les calculs effectués jusqu'à présent sont valables quelle que soit la forme exacte du mur, c'est-à-dire que sa section soit un trapèze rectangle, un trapèze isocèle et ou un trapèze quelconque, puisque la dimension qui est donnée dans l'énoncé est sa hauteur et non l'un de ses côtés. Il s'avérera que c'est encore le cas des calculs qui suivent, mais que les schémas explicatifs peuvent vite y devenir très chargés si l'on y représente un trapèze isocèle ou quelconque. Pour cette raison, à partir de maintenant, et sans que cela ne doive être considéré comme une prise de position sur la forme du mur – sur laquelle je reviendrai plus loin –, je dessinerai systématiquement la section du mur comme un trapèze rectangle, comme sur le schéma de la figure VI.22 ci-dessous.

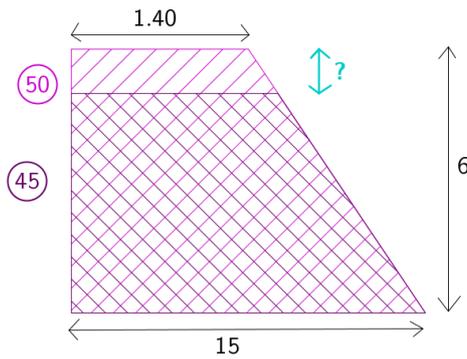


FIGURE VI.22. Schéma du problème plan auquel est ramené le problème MS 3052 #1 (redessiné dans le cas d'un trapèze rectangle)

VI.2.2.5. Une petite parenthèse : l'« étendue », une surface verticale ?

Il me semble utile, avant d'étudier la manière dont ce problème plan est résolu, d'ouvrir une petite parenthèse pour revenir sur le terme au moyen duquel est qualifié dans le texte le résultat 50 obtenu en multipliant, comme je l'ai expliqué plus haut, la moyenne des largeurs du mur avec sa hauteur.

Ce terme, qui apparaît tout à la fin de la ligne 5, est écrit au moyen de trois signes dont l'identification individuelle est claire mais dont l'ensemble peut être lu de deux manières différentes qui renvoient à deux points de vue complètement différents. La première lecture possible est « *e-bi-ir* », qui serait une forme du substantif akkadien « *ebrum* » formé sur le verbe « *ebērum* » signifiant « s'étendre », et véhiculerait ainsi l'idée d'une surface. La deuxième lecture possible est « *e-pé-er* », qui est une forme du substantif akkadien « *eperum* » ou « *eprum* » signifiant littéralement « terre » mais prenant dans les textes mathématiques le sens technique de « volume », et véhiculerait ainsi l'idée d'un volume.¹⁰⁶

Il pourrait être tentant de décider, au vu de la manière dont j'ai expliqué le calcul menant au nombre qualifié par ce terme dans la section précédente, que c'est la première option qui est la bonne. Toutefois, une telle prise de position renvoie à ce à quoi correspond réellement ce nombre, qui s'avère être bien plus délicat à cerner que ce que l'on pourrait penser à la première lecture et nous invite à nous plonger dans quelques considérations sur le calcul des volumes.

En règle générale, les volumes sont calculés dans les textes mathématiques d'époque paléo-babylonienne en multipliant entre eux les nombres sexagésimaux positionnels flottants associés aux mesures des longueurs des côtés horizontaux de l'objet considéré dans la table métrologique des longueurs, ce qui donne le nombre sexagésimal positionnel flottant associé à la mesure de l'aire de la base de cet objet dans la table métrologique des surfaces, puis en multipliant ce nombre par le nombre sexagésimal positionnel flottant associé à la mesure de la longueur du côté vertical de l'objet dans la table métrologique des hauteurs, de manière à obtenir le nombre sexagésimal positionnel flottant associé à la mesure du volume de l'objet dans la table métrologique des volumes, comme résumé par le schéma de la figure VI.23 sur la page suivante. Cependant, ici, les deux nombres qui sont multipliés entre eux sont non pas les nombres sexagésimaux positionnels flottants associés aux mesures de deux côtés horizontaux dans la table métrologique des longueurs mais un nombre sexagésimal positionnel

106. Voir la note philologique correspondante et l'entrée dédiée du glossaire des sumérogrammes pour des précisions complémentaires sur l'analyse linguistique de ce terme.

flottant associé à la mesure d'un côté horizontal dans la table métrologique des longueurs et un nombre sexagésimal positionnel flottant associé à la mesure d'un côté vertical dans la table métrologique des hauteurs, ce qui a pour conséquence que le résultat obtenu n'est le nombre sexagésimal positionnel flottant associé à aucune mesure de surface exprimable dans une unité de surface existante, comme résumé par le schéma de la figure VI.24 ci-dessous.

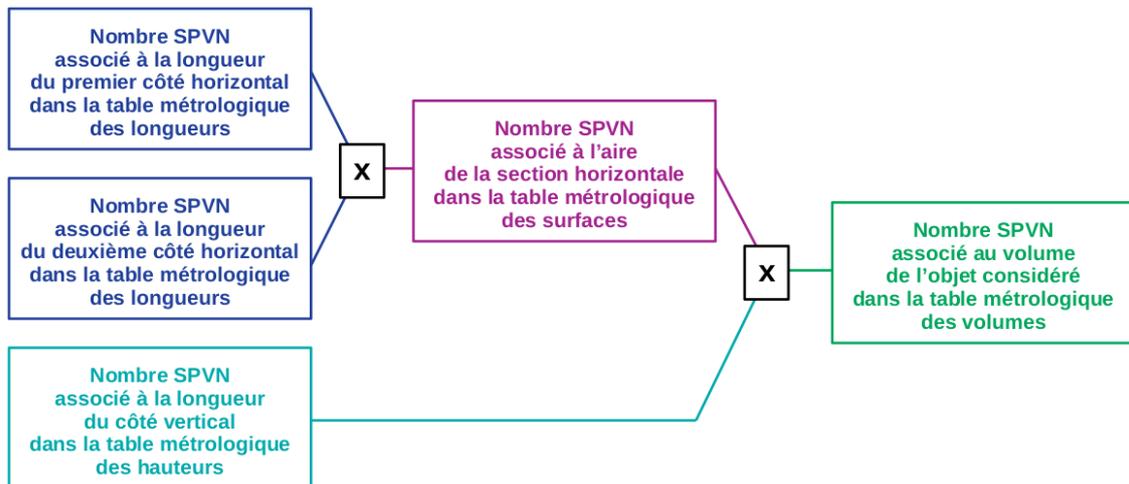


FIGURE VI.23. Procédure habituelle de calcul d'un volume

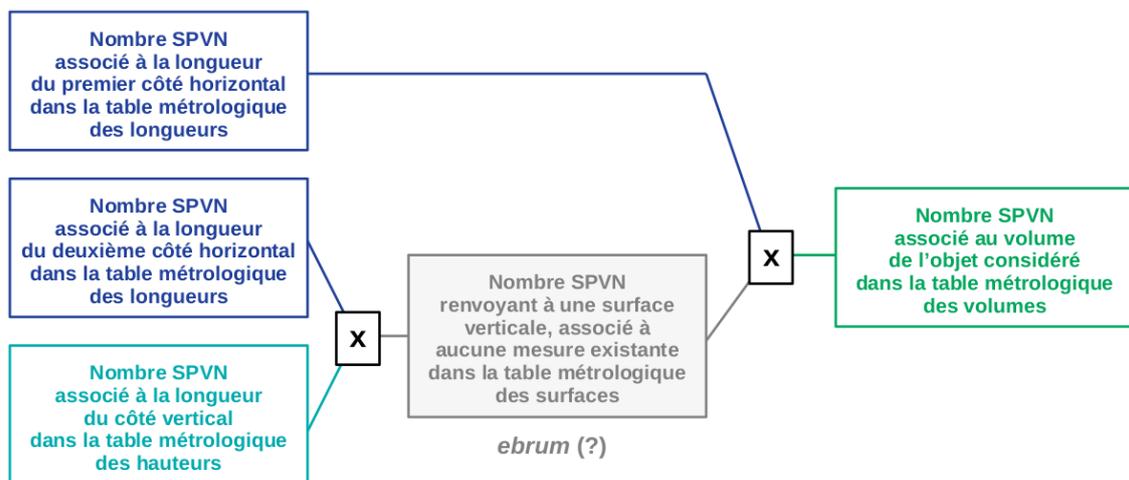


FIGURE VI.24. Procédure de calcul du volume dans la tablette MS 3052 #1

Deux manières de voir les choses sont alors possibles. La première option consiste à considérer que le nombre 50 obtenu renvoie effectivement à une surface verticale qui ne peut pas être exprimée dans une unité existante. Cette surface verticale très particulière serait alors désignée par le terme « *ebrum* », c'est-à-dire « étendue », qui n'apparaît dans aucune autre texte et permettrait de marquer la différence avec surfaces horizontales usuelles appelées « A.šÀ » en sumérien ou « *eqlum* » en akkadien, comme indiqué sur le schéma de la figure VI.24 ci-dessus. La deuxième option consiste à considérer que le nombre 50 calculé dans ce passage ne renvoie pas vraiment à une surface, mais plutôt, grâce à une multiplication par 1 qui aurait été passée sous silence, au volume d'une « tranche » de mur de longueur 1 *ninda*. Ce point de vue a

l'avantage de permettre à ce nombre d'être vu comme le représentant de la mesure du volume de la tranche dans la table métrologique des volumes et donc de correspondre cette fois à une mesure exprimable dans une unité existante, comme résumé par le schéma de la figure VI.25 ci-dessous. Ce volume « élémentaire » d'une « tranche » de mur serait alors désigné par le terme « *eperum* », qui est le mot akkadien correspondant au sumérogramme « SAḪAR » pour sa part utilisé dans ce même problème en référence aux « vrais » volumes.

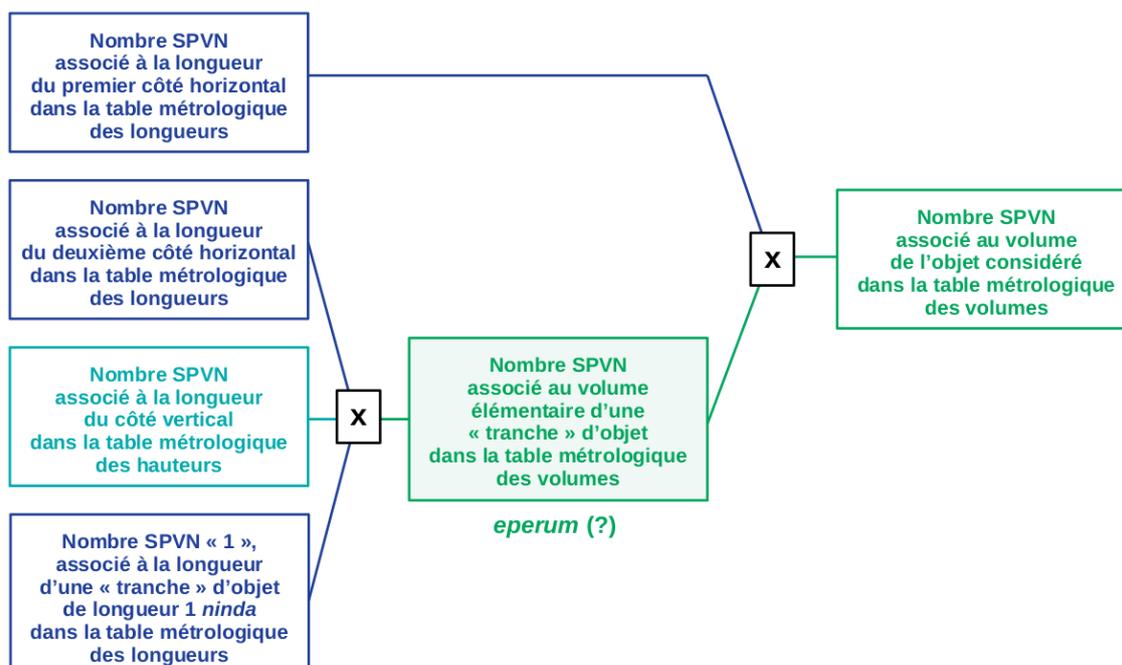


FIGURE VI.25. Autre manière de comprendre la procédure de calcul du volume dans le problème MS 3052 #1

J'ai pour ma part choisi de retenir dans ma traduction la première option, pour trois raisons. Premièrement, on pourrait s'attendre, dans le cas du calcul du volume élémentaire d'une « tranche » de mur, à ce que la multiplication par 1 soit explicitement signalée dans le texte, comme on l'observe assez régulièrement – bien que pas systématiquement – pour diverses autres multiplication par 1 qui aident à comprendre le sens des calculs effectués.¹⁰⁷ Deuxièmement, l'interprétation en termes de volume élémentaire entraînerait qu'un terme akkadien, « *eperum* » et son sumérogramme associé « SAḪAR » seraient utilisés dans le même texte pour désigner deux choses différentes, ce qui serait un cas tout à fait peu commun, voire unique. Enfin, l'interprétation en termes de surface verticale ne me semble finalement pas réellement problématique dans la mesure où les seuls nombres manipulés dans toute la procédure de résolution sont exprimés dans le système de numération sexagésimal positionnel flottant et où le retour aux mesures ne se fait qu'au moment des conclusions et ne concerne donc pas cette surface verticale qui n'est utilisée que temporairement dans le raisonnement.¹⁰⁸

107. Voir par exemple l'explication mathématique de la tablette BNUS 367 dans le chapitre V pour des cas dans lesquels de telles multiplications sont explicitées.

108. Notons que le verbe utilisé pour désigner la multiplication permettant d'aboutir à cette valeur pourrait être un indice nous aidant à déterminer s'il faut la voir plutôt comme une surface verticale ou comme un volume élémentaire. Toutefois, ce verbe est le verbe sumérien « NIM », qui est employé dans de nombreuses situations différentes, de sorte qu'il ne me semble pas possible de tirer d'informations de cet aspect.

VI.2.2.6. Deuxième phase : résolution du problème plan (lignes 7 à 11)

Reprenons maintenant le fil de la procédure de résolution là où nous l'avions laissé, c'est-à-dire au moment où le problème à résoudre a été ramené à un problème plan portant sur une situation de partage de trapèze. À partir de cet endroit, les opérations décrites dans le texte deviennent plus difficiles à comprendre.

Nous nous étions arrêtés, juste avant la parenthèse, au calcul de l'aire de la section transversale du mur abaissé, qui donnait 45. Il est ensuite demandé de doubler cette valeur, ce qui donne 1.30, puis de la multiplier par un certain coefficient appelé « *indanum* » qui est dit valoir 2.13.20, ce qui donne 3.20. Dans la mesure où ce coefficient *indanum* n'est attesté à ma connaissance que sur deux tablettes, il nous faut déterminer sa signification à partir du contexte. Cependant, l'opération effectuée ici ne nous livre pas d'informations susceptibles de nous aider à identifier à quoi il correspond ou à quoi il sert, de sorte que nous sommes contraints de continuer à avancer en laissant provisoirement ce passage incompris et en espérant être en mesure d'y revenir plus tard.

La procédure revient ensuite au nombre 15 qui était apparu à la cinquième ligne comme le représentant sexagésimal positionnel flottant de la largeur du mur à sa base, mais en le faisant cette fois explicitement suivre de l'incise « le front inférieur » (« SAG.KI.TA », ligne 8). Cette précision est extrêmement intéressante par au moins deux aspects. Premièrement, elle révèle un changement de point de vue qui appuie la manière de rendre compte du raisonnement et le découpage de la procédure que je propose ici : alors qu'un vocabulaire renvoyant spécifiquement à des configurations tridimensionnelles était utilisé dans l'énoncé et ce que j'ai identifié comme une première phase de la procédure, c'est désormais le vocabulaire usuel des configurations géométriques planes qui est employé. Je m'alignerai d'ailleurs moi-même sur ce changement de perspective dans mes explications, en parlant à partir d'ici de « fronts », de « flancs » et de « transversale » du trapèze comme dans les études de cas précédentes. Deuxièmement, on voit que celui des deux fronts qui est qualifié d'« inférieur » est non pas le plus court des deux, comme dans la très grande majorité des textes, mais celui qui correspond à la base inférieure du mur – un point sur lequel nous reviendrons dans la section VI.2.3. Je m'alignerai également sur cette manière d'envisager la situation dans la suite de mes explications, en parlant, au contraire de d'habitude, de « front inférieur » ou de « surface inférieure » pour les éléments situés du côté de la grande base et de « front supérieur » ou de « surface supérieure » pour les éléments situés du côté de la petite base.

Ce nombre 15 correspondant au front inférieur du trapèze est alors dit devoir être multiplié par lui-même, ce qui donne 3.45, ou, plus exactement, devoir être fait « se rencontrer avec lui-même » (« DU₇.DU₇ », ligne 8), ce qui indique que le résultat 3.45 doit être compris comme l'aire d'un carré construit sur le front inférieur. Il est ensuite demandé de retrancher au résultat 3.20, qui a été obtenu comme le produit du double de la surface de la bande inférieure et du coefficient *indanum*, ce qui donne 25. Il ne nous est pas possible d'expliquer le sens de cette opération tant que nous n'avons pas compris celui du coefficient *indanum* lui-même, mais elle nous apprend néanmoins que 3.20 doit être de la dimension d'une surface (pour pouvoir être retranché à une autre surface), donc que multiplier une surface par le coefficient *indanum* donne une nouvelle surface, ce qui pourra éventuellement nous être utile plus loin. Par la suite, il est demandé de prendre la racine carrée du dernier résultat, ce qui donne 5, ou, plus précisément, de déterminer « auprès de quoi il est égal » (« (...)E ÍB.SI₈ », ligne 9), ce qui nous permet de comprendre, même s'il nous manque encore une fois des clés pour saisir ce qu'il se passe exactement, que le nombre 25 obtenu par soustraction lors du calcul précédent doit être vu comme l'aire d'un carré.

Cette étape est suivie d'une sorte de petite conclusion intermédiaire, qui, d'une part, explicite la mesure associée au résultat 5, à savoir 1 *kuš*, et, d'autre part, indique à quoi celle-ci correspond. Malheureusement, l'expression employée pour ce faire est difficile à déchiffrer et n'est en conséquence pas très éclairante : 1 *kuš* serait une « largeur » (« DAGAL », ligne 9), dont la nature exacte est précisée par un signe qui semble être le signe « ŠID » (ligne 9), pour lequel plusieurs interprétations différentes peuvent être envisagées mais aucune n'est complètement convaincante.¹⁰⁹ En revanche, si l'on regarde rapidement le diagramme, que je n'analyserai en détail que dans la section VI.2.3. mais peut déjà nous aider ici, on constate que le nombre 5 a été inscrit sur la transversale du trapèze dessiné. Cela nous fait penser que ce nombre, ou la mesure 1 *kuš* à laquelle il correspond, se rapporte à la longueur de cette transversale, c'est-à-dire à la largeur au sommet du mur abaissé. Cette hypothèse est d'autant plus plausible qu'elle est tout à fait compatible avec l'emploi du terme « largeur » à cet endroit du texte, et nous place alors à ce stade du texte dans la situation représentée par le schéma de la figure VI.26 ci-dessous : on connaît maintenant (entre autres) la hauteur du trapèze, ses deux fronts et sa transversale, et l'on cherche alors à déterminer la hauteur de sa bande supérieure.

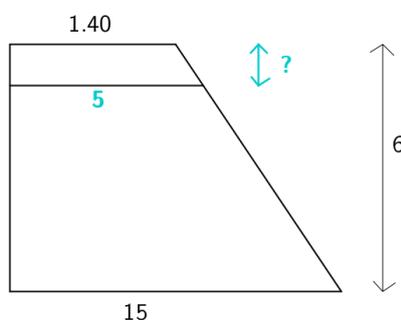


FIGURE VI.26. Situation intermédiaire obtenue lors de la deuxième phase de la résolution du problème MS 3052 #1

Enfin, les deux dernières lignes de la procédure demandent de déterminer la différence entre la longueur de la transversale qui vient d'être obtenue, 5, et celle du front supérieur, 1.40, ce qui donne 3.20, puis de multiplier ce résultat par l'inverse du coefficient *indanum*, qui est 27, ce qui donne 1.30.

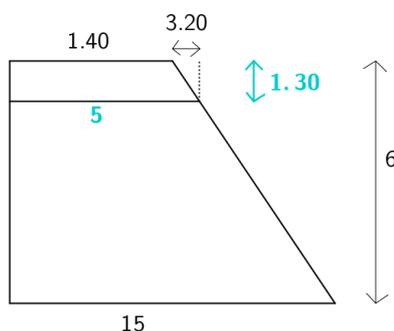


FIGURE VI.27. Situation finale obtenue lors de la deuxième phase de la résolution du problème MS 3052 #1

109. On pourra se reporter aux notes philologiques de la section VI.2.2.1 pour des précisions sur les interprétations possibles de ce signe dans ce contexte.

Cette dernière étape est alors suivie d'une petite phrase de conclusion générale qui, tout comme la conclusion intermédiaire discutée un peu plus haut, explicite la mesure associée au résultat 1.30 et indique à quoi celle-ci correspond, en l'occurrence la réponse au problème, mais cette fois en revenant à une formulation à la première personne qui fait directement écho à la manière dont la question était posée dans l'énoncé. On y apprend que le dernier nombre trouvé, 1.30, est à comprendre comme le représentant de la mesure $1\frac{1}{2}$ *kuš* et correspond à « ce qui a été prélevé », c'est-à-dire la hauteur de terre prélevée uniformément en haut du mur pour pouvoir réparer la brèche, comme indiqué sur le schéma de la figure VI.27 sur la page précédente.

VI.2.2.7. La clé : le coefficient *indanum*

On constate à la lecture des explications qui précèdent que ce qui nous manque pour comprendre intégralement la procédure de résolution présentée dans ce problème est la signification du coefficient *indanum*. Or, si celle-ci ne me semblait pas pouvoir être déterminée à partir du seul contexte de sa première occurrence, au début de la deuxième phase du raisonnement, le contexte de sa deuxième occurrence, à la fin de la deuxième phase, est beaucoup plus facile à appréhender. En effet, à cet endroit, le calcul consistant à diviser la différence des deux fronts de la bande supérieure du trapèze par le coefficient *indanum* s'avère donner la hauteur de cette même bande. Cela nous permet a posteriori de déduire que le coefficient *indanum* est égal au quotient de la différence des fronts de ce trapèze par sa hauteur, c'est-à-dire en termes moins algébriques, à la variation de front de ce trapèze par unité de hauteur, soit encore en quelque sorte à la « pente » de ce trapèze, qui est bien sûr aussi la pente du trapèze initial.

Étant donné que seule la valeur du coefficient *indanum* est indiquée dans le texte, et pas la manière dont celui-ci est trouvé, une bonne manière de tester l'interprétation proposée dans le paragraphe précédent est de calculer le coefficient obtenu selon ce principe et le comparer à celui annoncé. Les deux fronts du trapèze initial et sa hauteur sont tous trois connus par l'énoncé. Les nombres sexagésimaux positionnels flottants associés aux deux fronts étant, comme nous l'avons vu, 15 pour le plus grand et 1.40 pour le plus petit, leur différence est 13.20. Par ailleurs, le nombre sexagésimal positionnel flottant associé à la hauteur étant 6, son inverse est 10. On obtient ainsi que la pente du trapèze est 13.20 multiplié par 10, qui donne bien la valeur 2.13.20 indiquée à la septième et la dixième lignes.

Il apparaît ainsi que le coefficient *indanum* est un coefficient propre à chaque trapèze, qui correspond à sa pente et qui permet alors de passer de sa hauteur à la différence de ses fronts (par multiplication) ou bien inversement de la différence de ses fronts à sa hauteur (par multiplication par l'inverse), comme résumé par le schéma de la figure VI.28 ci-dessous.

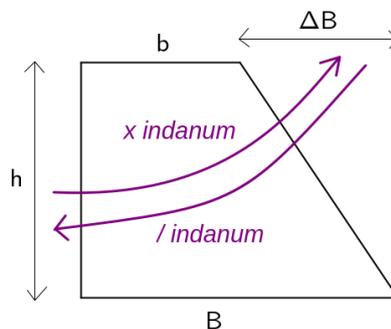


FIGURE VI.28. Coefficient *indanum* d'un trapèze (vu comme agissant sur les longueurs)

Forts de cette nouvelle information, qui explique parfaitement la deuxième utilisation du coefficient *indanum*, à la fin de la deuxième phase du raisonnement, nous pouvons revenir à la première, plus difficile à comprendre, au début de cette deuxième phase. Cependant, la transposition n'est pas aussi aisée que l'on pourrait l'espérer car il s'avère que le coefficient *indanum* est appliqué à cet endroit à des surfaces et non plus des longueurs, de sorte que son interprétation en termes de pente ne nous aide guère. Pour continuer à avancer, il nous faut selon moi s'affranchir de l'idée de pente telle que nous pouvons la concevoir aujourd'hui et remarquer que le même coefficient permet par ailleurs de transformer l'aire d'un trapèze en l'aire du trapèze de mêmes fronts « tassé » (ou « dilaté ») de manière à avoir une pente unitaire, comme indiqué sur le schéma de la figure VI.29 ci-dessous.

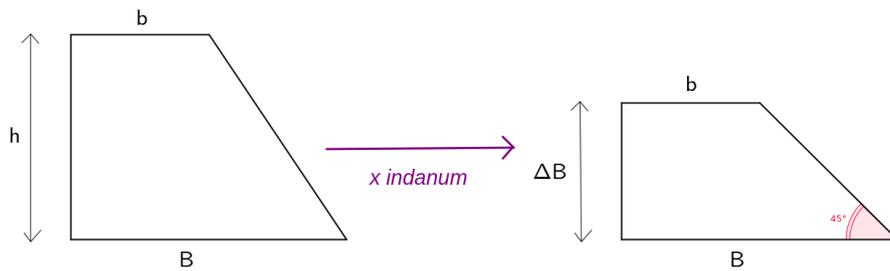


FIGURE VI.29. Coefficient *indanum* d'un trapèze (vu comme agissant sur les surfaces)

Nous avons à présent toutes les clés en main pour revenir en arrière et proposer une explication complète de la deuxième phase du raisonnement.

La schéma de gauche de la figure VI.30 ci-dessous rappelle la situation à laquelle nous étions arrivés à la fin de la première phase. En particulier, nous venons de déterminer, suite à la dernière opération de cette phase, que la surface de ce que l'on peut voir comme la bande inférieure du trapèze était 45, comme montré par le schéma de droite de la figure VI.30 qui est celui sur lequel nous allons majoritairement raisonner à partir de maintenant.

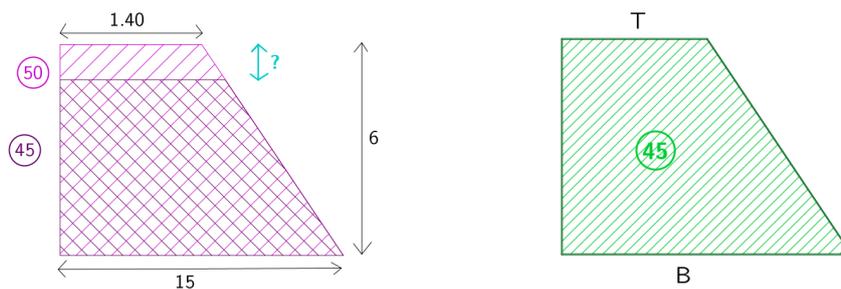


FIGURE VI.30. Rappel de la situation au début de la deuxième phase de la procédure de résolution du problème MS 3052 #1

Les deux premières étapes proposées consistaient à doubler cette surface et la multiplier par le coefficient *indanum*. Il est difficile de leur donner un sens géométrique dans cet ordre, mais il est probable que l'on puisse les considérer comme une sous-procédure devenue routinière et dont la séquence d'exécution n'est plus forcément représentative de la séquence de raisonnement. En multipliant la surface du trapèze formé par la bande inférieure de celui de

départ par le coefficient *indanum*, on obtient, comme je viens de l'expliquer, la surface du trapèze qui a les mêmes fronts (à savoir le front inférieur du trapèze initial comme front inférieur et la transversale du trapèze de départ comme front supérieur) et une hauteur modifiée de manière à avoir une pente unitaire, comme montré par le schéma de gauche de la figure VI.31 ci-dessous. Le côté oblique de ce trapèze peut alors être vu comme une diagonale de carré. Ainsi, en doublant la surface du nouveau trapèze, on obtient la surface d'un gnomon formé en plaçant le long de ce côté un deuxième trapèze identique retourné en miroir, comme montré par le schéma de droite de la figure VI.31 ci-dessous.

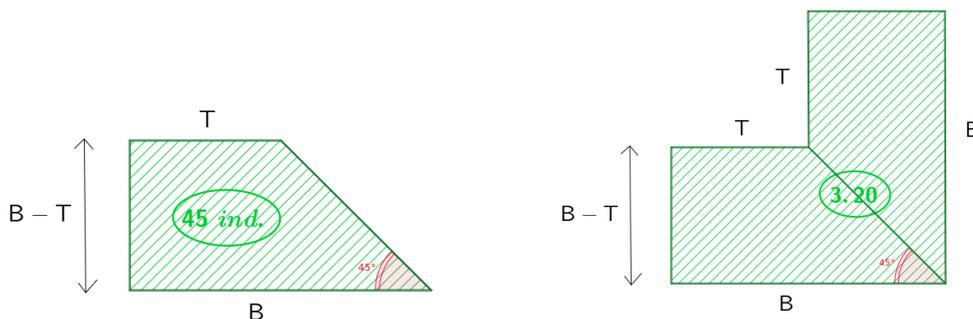


FIGURE VI.31. Premières étapes de la deuxième phase de la procédure de résolution du problème MS 3052 #1

Les opérations suivantes consistaient à calculer l'aire d'un carré dont le côté était le front inférieur du trapèze de départ puis retrancher à l'aire de ce carré la valeur précédente. On comprend maintenant qu'elles permettent de déterminer l'aire du petit carré apparaissant entre les deux « branches » du gnomon, comme montré pas à pas sur les deux schémas de la figure VI.32 ci-dessous. Il est alors clair que le côté de ce carré, que la procédure demandait ensuite de calculer, est le front supérieur du sous-trapèze considéré et donc effectivement la transversale du trapèze de départ.

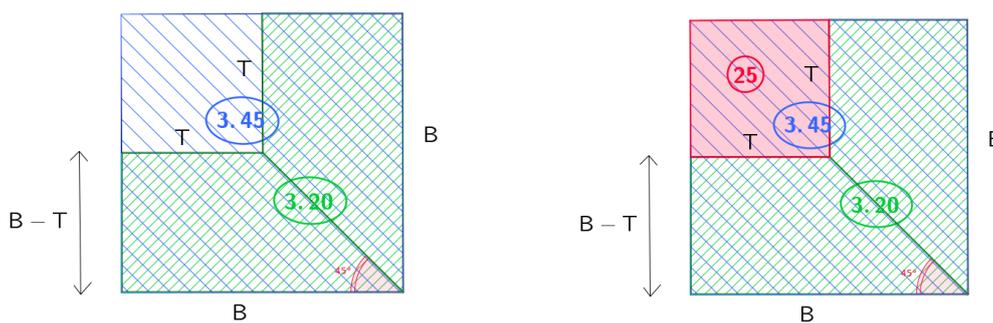


FIGURE VI.32. Étapes suivantes de la deuxième phase de la procédure de résolution du problème MS 3052 #1

Une fois ceci établi, on connaît les deux fronts, la transversale et la hauteur du trapèze de départ. La procédure demande alors de calculer la différence entre la transversale et le front supérieur, c'est-à-dire entre les deux fronts de la bande supérieure, puis de diviser ceci par le coefficient *indanum*, ce qui donne bien la hauteur de cette bande par les explications précédentes et répond ainsi bien à la question posée.

VI.2.2.8. Synthèse

Pour résumer, le premier problème de la tablette MS 3052 porte sur un mur de terre de section trapézoïdale interrompu par une brèche, dont on connaît toutes les dimensions linéaires et pour lequel il faut déterminer la hauteur de terre à prélever uniformément sur tout le sommet pour pouvoir colmater exactement la brèche et former un nouveau mur abaissé mais continu.

Une première phase de la procédure de résolution proposée consiste à transformer, par des calculs de volumes relativement simples bien que soulevant la question délicate de ce qui semble être une surface verticale, ce problème tridimensionnel en un problème bidimensionnel. On est alors ramené à résoudre un problème plan portant sur une situation de partage de trapèze, dans lequel on connaît les deux fronts, la hauteur et les aires des bandes et on cherche la hauteur de l'une des bandes.

La résolution de ce problème plan est faite en utilisant à deux reprises un coefficient appelé *indatum*, que l'on rencontre uniquement dans la présente tablette et une deuxième tablette conservée dans la même collection. La signification de ce coefficient et la manière dont il est calculé ne sont pas précisées dans le texte, mais il est possible de les reconstituer à partir de la façon dont il est utilisé dans le raisonnement. Il s'avère que ce coefficient est un coefficient propre à chaque trapèze qui a deux facettes différentes et peut être envisagé selon les besoins tantôt sous l'une de ces facettes et tantôt sous l'autre : il peut être vu d'une part comme une pente par laquelle on peut multiplier la hauteur d'un trapèze pour obtenir la différence de ses fronts ou par l'inverse de laquelle on peut multiplier la différence des fronts d'un trapèze pour obtenir sa hauteur, et d'autre part comme un facteur d'affinité orthogonale par lequel on peut multiplier l'aire d'un trapèze pour obtenir l'aire du trapèze ayant les mêmes fronts mais « tassé » de manière à avoir une pente unitaire.

Une étape complètement passée sous silence dans la procédure, mais probablement réalisée d'une manière ou d'une autre en dehors du texte, consiste à calculer le coefficient *indatum* du trapèze considéré dans le problème, ce qui est possible étant donné qu'à la fois ses deux fronts et sa hauteur sont donnés dans l'énoncé. Une fois ce coefficient connu, il est utilisé une première fois sous sa deuxième facette de manière à obtenir, par un raisonnement consistant en des transformations successives d'une configuration géométrique, la longueur de la transversale, puis une deuxième fois sous sa première facette pour en déduire, par un calcul plus direct, la hauteur de la bande cherchée.

Il est intéressant de constater que toutes les données fournies dans l'énoncé de ce problème y sont exprimées sous la forme de mesures, mais que ces mesures sont ensuite converties dans la procédure de résolution en leurs représentants sexagésimaux positionnels flottants, d'une manière essentiellement transparente, que tous les calculs sont alors effectués sur ces nombres sexagésimaux positionnels flottants, et que seules une petite conclusion intermédiaire et la conclusion finale reviennent à des mesures.

VI.2.3. Analyse des interactions entre le texte et le diagramme

Maintenant que nous avons discuté en détail le contenu mathématique de ce problème, et que nous en avons trouvé une explication faisant intervenir moins d'arguments algébriques que celle proposée auparavant, nous pouvons passer à l'analyse du diagramme qui lui est associé et des interactions de ce diagramme avec le texte.

VI.2.3.1. Un diagramme représentant un objet concret tridimensionnel

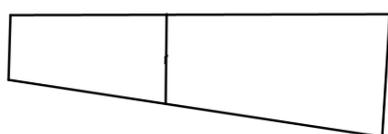
Le mot-clé sur lequel s'ouvre le problème suggère, et d'autres indices confirment, que le diagramme accompagnant ce problème représente un mur de terre, ce qui en fait le premier

diagramme rencontré dans nos études de cas qui représente un objet concret tridimensionnel.¹¹⁰ Cela appelle plusieurs remarques.

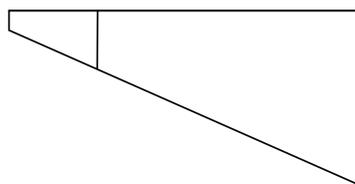
On constate tout d'abord que ce mur de terre a été représenté non pas avec ses trois dimensions apparentes mais sous la forme d'un simple trapèze divisé en deux bandes qui reflète sa seule section transversale, ce qui est l'un des modes de représentation d'objets tridimensionnels signalés dans la section III.1.1.3.

On note de plus que le dessin géométrique constituant ce diagramme a un aspect tout à fait comparable à celui des dessins de diagrammes représentant des formes abstraites. Il ne recourt en particulier à aucune technique picturale qui permettrait à un lecteur de reconnaître visuellement l'objet représenté ou même de comprendre que celui-ci est un objet concret. Il n'a pas non plus été tracé avec plus de précision que les dessins de diagrammes représentant des formes géométriques abstraites, et a notamment la plupart de ses lignes qui dépassent largement des intersections auxquelles on peut penser qu'elles étaient destinées à s'arrêter.

On remarque en outre que ce dessin géométrique n'a pas non plus été réalisé avec un plus grand respect des proportions que ceux des diagrammes représentant des objets géométriques abstraits que nous avons étudiés dans le chapitre précédent, puisque le rapport entre les longueurs de ses deux bases est beaucoup plus petit que ce qu'il devrait être s'il était à l'échelle et que la transversale n'est pas du tout placée au bon endroit, comme le montrent les schémas de la figure VI.33 ci-dessous qui montrent côte à côte un croquis du dessin géométrique du diagramme et un croquis présentant le même dessin respectant cette fois les proportions que l'on connaît par le texte et/ ou les inscriptions. Comme dans le cas de la tablette BNUS 367, il est d'ailleurs possible de comprendre au moins en partie les raisons pour lesquelles les proportions de ce dessin ont été déformées : diminuer le rapport entre les deux bases permet de rendre le diagramme beaucoup plus compact, ce qui était probablement important dans le cas d'une grande tablette très dense comme celle-ci, et placer la transversale plus au milieu que ce qu'elle devrait être permet de laisser davantage d'espace à l'inscription apparaissant le long d'un des côtés qu'elle délimite.



Tel qu'il est dessiné sur la tablette



Redessiné à l'échelle

FIGURE VI.33. Forme du trapèze considéré dans le problème MS 3052 #1

En revanche, on remarque que ce dessin géométrique apparaît avec l'orientation inverse de celle que l'on observe presque systématiquement sur les diagrammes mathématiques d'époque paléo-babylonienne, à savoir couché mais avec sa petite base vers la gauche et sa grande base vers la droite. Or, si l'on prend en compte le fait que les diagrammes semblent, comme je l'ai expliqué dans la section III.1.4., avoir été vu pivotés d'un quart de tour vers la droite par

110. Les indices en question apparaîtront progressivement au cours de la discussion qui suit. Cependant, il peut être utile de signaler dès à présent celui qui est pour moi réellement décisif, à savoir la présence sur le diagramme d'une inscription faisant référence à la longueur du mur, qui n'aurait absolument aucune raison d'être si celui-ci représentait simplement le trapèze qu'il montre.

rapport à la manière dont ils apparaissent sur les tablettes, alors cette orientation est celle dans laquelle la grande base du trapèze se trouve en bas et sa petite base en haut, autrement dit celle dans laquelle la plus grande largeur de la section du mur de terre se trouve en bas et la plus petite largeur en haut, ce qui se trouve correspondre à la description donnée dans le texte. Autrement dit, on voit, de manière fort intéressante, que ce diagramme privilégie l'orientation réelle de l'objet concret qu'il représente à l'orientation standard des formes géométriques qui est utilisée à chaque fois qu'il n'y a aucune raison particulière de ne pas le faire.

VI.2.3.2. Un diagramme comportant des inscriptions au contenu peu commun

Une deuxième particularité inhabituelle de ce diagramme que nous avons relevée lors de sa description concerne le contenu de ses inscriptions, puisque deux des six qui apparaissent font intervenir des nombres qui ne sont pas écrits dans le système et numérations sexagésimal positionnel flottant et des termes techniques. Penchons-nous donc sur le placement et la signification de chacune des inscriptions afin de tenter d'expliquer cette situation.

Quatre des inscriptions apparaissant sur le diagramme sont, de manière standard, des nombres écrits dans le système de numération sexagésimal positionnel flottant ou des nombres se présentant sous une forme qui peut correspondre à différents systèmes de numération mais entre autres à celui-ci. La première de ces quatre inscriptions, « 1.40 », est placée contre la petite base du trapèze, à l'extérieur de celui-ci, dirigée verticalement du bas vers le haut, et se rapporte effectivement d'après le texte, comme son placement le laisse penser au vu des conventions implicites décrites dans la section III.1.2.3 et mises en évidence dans les études de cas précédentes, à la largeur du mur à son sommet. La deuxième, « 15 », apparaît de la même manière contre la grande base du trapèze, qu'elle chevauche même, à l'extérieur de celui-ci, dirigée verticalement du bas vers le haut, et se rapporte effectivement d'après le texte, comme son placement le laisse penser, à la largeur du mur à sa base. La troisième, « 5 », apparaît sur la transversale, toujours dirigée verticalement du bas vers le haut, et se rapporte effectivement d'après le texte, comme son placement le laisse penser, à la longueur de cette transversale. Enfin, la quatrième, « 1.30 », apparaît cette fois contre la partie gauche du long côté du trapèze, à l'extérieur de celui-ci, dirigée horizontalement de la gauche vers la droite, et se rapporte là encore d'après le texte, si l'on considère que le trapèze est rectangle (ce qu'il semble être au moins sur le dessin), à la longueur de cette ligne qui correspond à la hauteur de terre prélevée au sommet du mur. Autrement dit, les quatre inscriptions consistant en des nombres écrits ou possible écrits dans le système de numération sexagésimal positionnel flottant renvoient toutes à des longueurs de la configuration étudiée qui sont directement visibles sur le dessin géométrique et sont alors positionnées de manière à ce qu'un lecteur familier du corpus mathématique cunéiforme comprenne facilement leur signification.

La situation est un peu différente pour les deux inscriptions apparaissant sur le diagramme qui ont un contenu moins standard.

La première d'entre elles, « $1/2$, la hauteur », se rapporte à la hauteur totale du mur, donc à la hauteur totale du trapèze, une idée qu'il est moins facile de faire passer de manière purement visuelle dans la mesure où la ligne à laquelle cette donnée correspond sur le dessin est partagée en deux parties par la transversale et où une autre inscription doit de plus figurer le long de l'une de ces deux portions (toutes deux devant se trouver du côté où les angles apparaissent rectangles étant données qu'elles se rapportent à des hauteurs). On peut penser que c'est pour cette raison que la personne qui a réalisé le diagramme a choisi de ne pas inscrire un simple nombre le long de cette ligne et de plutôt placer l'inscription à un endroit moins chargé en lui intégrant le terme « hauteur » (« SUKUD ») permettant de lever toute ambiguïté. La raison

pour laquelle la valeur numérique devant ce sumérogramme est écrite sous la forme du signe-fraction « $\frac{1}{2}$, après lequel il faut vraisemblablement sous-entendre l'unité *ninda*, plutôt que sous la forme du représentant sexagésimal positionnel flottant de la mesure, 6, ce qui aurait donné « 6, la hauteur », que l'on rencontre d'ailleurs à la ligne 5 du texte, est moins claire. Une motivation possible pourrait avoir été d'éviter des confusions liées au fait que ce représentant est pris dans la table métrologique des hauteurs, et non des longueurs comme tous les autres, mais cette explication n'est probablement pas complète.

La deuxième inscription au contenu non standard, « 3 *uš*, le flanc », se rapporte pour sa part à la longueur du mur. Or, il s'agit de la dimension de cet objet qui n'apparaît pas du tout sur le diagramme, de sorte que son auteur n'avait pas de moyen de faire comprendre clairement ce que désignait cette inscription par son seul placement sur le dessin. Il est très probable que ce soit pour cette raison qu'il lui a intégré le terme « flanc » (« *UŠ* »), qui permet d'indiquer ce qu'elle désigne tout en la plaçant à un endroit qui n'a aucun rapport avec sa signification, en l'occurrence horizontalement de gauche à droite le de la portion de droite du côté du trapèze apparaissant en haut du dessin. De plus, cette fois, la raison pour laquelle la valeur numérique précédent le sumérogramme est écrite sous la forme d'une mesure plutôt que d'un nombre en numération sexagésimale positionnelle flottante, ce qui est extrêmement rare sur les diagrammes mathématiques paléo-babyloniens, me semble pouvoir être identifiée de manière relativement convaincante. Dans la mesure où l'unité de mesure de longueur *uš* et le terme sumérien désignant le flanc, « *UŠ* », s'écrivent avec le même signe cunéiforme, l'inscription consistant en le représentant sexagésimal positionnel flottant de la mesure 3 *uš* suivie du sumérogramme indiquant à quoi elle se rapporte aurait été « 3 *UŠ* ». Or, une telle inscription aurait tout aussi bien pu être lue « 3 *uš* », une forme sous laquelle l'information clé n'y aurait pas figuré et qui aurait en conséquence pu prêter à confusion en laissant notamment penser que la partie du côté du mur située sous la transversale mesure 3 *uš*, ce qui n'est pas du tout le cas. La meilleure manière d'éviter ce risque de confusion, en dehors de l'option consistant à remplacer le terme sumérien « *UŠ* » par son équivalent akkadien « *šiddum* », qui avait peu de chances d'être retenue étant donné que ce dernier mot est extrêmement rare dans les textes mathématiques, consiste à faire figurer l'un à la suite de l'autre l'unité *uš* et le sumérogramme « *UŠ* ».

Il ressort ainsi de cette discussion que le diagramme du premier problème de la tablette MS 3052 utilise les conventions de placement habituelles pour faire comprendre la signification des inscriptions se rapportant à des longueurs directement visibles sur le dessin géométrique, qui consistent alors en des nombres sexagésimaux positionnels flottants seuls, mais recourt en revanche à des termes techniques pour faire comprendre la signification des inscriptions se rapportant à des longueurs n'apparaissant pas ou pas suffisamment clairement sur le schéma, qui consistent alors de manière non standard en une valeur numérique suivie d'un sumérogramme. Les valeurs numériques ne sont de plus, pour les deux inscriptions relevant de la deuxième catégorie, pas exprimées sous la forme usuelle de nombres sexagésimaux positionnels flottants, une situation qui s'explique bien dans au moins l'un des deux cas.

On voit ainsi que le diagramme analysé combine les ressources issues de la communication visuelle et de la communication textuelle de manière encore plus riche que ce que j'avais signalé de manière générale pour l'ensemble des diagrammes mathématiques paléo-babyloniens : en plus de faire passer certaines informations visuellement et d'autres par des inscriptions dont le contenu fournit textuellement une valeur numérique et le placement indique visuellement à quoi se rapporte cette valeur numérique, il fait intervenir dans certains cas des termes techniques associés aux valeurs numériques présentes dans les inscriptions pour appeler l'attention sur le fait que celles-ci ne se rapportent pas à l'élément auquel on pourrait

avoir tendance à les associer visuellement et/ou faire comprendre qu'elles se rapportent à un élément qui n'est pas perceptible visuellement.

VI.2.3.3. Un diagramme qui n'est pas une illustration de l'énoncé

Un certain nombre d'éléments mis en évidence dans les deux sections précédentes, ainsi que d'autre que je n'ai pas encore soulignés mais qui viennent s'y ajouter, montrent clairement que le diagramme associé au premier problème de la tablette MS 3052 n'est pas une illustration de l'énoncé de ce problème.

Premièrement, ce diagramme représente certes le mur décrit dans l'énoncé du problème, mais il le fait en montrant un trapèze correspondant à sa section, autrement dit en montrant (un aspect de) la modélisation géométrique de l'objet considéré qui est utilisée dans la procédure (sans jamais être introduite explicitement, d'ailleurs). Cela entraîne que le diagramme est, au niveau du dessin géométrique qui le compose, un peu plus avancé dans la résolution du problème que ne l'est l'énoncé.

Deuxièmement, ce dessin géométrique ne montre pas seulement un trapèze renvoyant au mur décrit dans l'énoncé, mais également une transversale à l'intérieur de ce trapèze, qui correspond pour sa part au nouveau sommet du mur dont on cherche à déterminer la position pour répondre à la question posée et qui n'apparaît vraiment qu'au cours de la procédure de résolution. Cela implique que le diagramme contient, toujours au niveau du dessin géométrique qui le compose, au moins un élément ne correspondant pas à l'énoncé du problème.

Troisièmement, les inscriptions de ce diagramme font apparaître toutes les données numériques fournies par l'énoncé sauf une, mais, pour au moins deux d'entre elles, sous une forme différente de celle sous laquelle on les trouve dans l'énoncé. Plus précisément, ces données sont exprimées dans l'énoncé sous la forme de mesures qui permettent de connaître les dimensions réelles du mur étudié mais sur le diagramme sous la forme de nombres sexagésimaux positionnels flottants. Or, cette deuxième forme est celle sous laquelle on les retrouve ensuite dans la procédure de résolution et sur laquelle sont effectuées les différentes opérations nécessaires. Ainsi, on retrouve ici l'idée que le diagramme est, cette fois au niveau des inscriptions qu'il porte, un cran plus avancé dans la résolution du problème que ne l'est l'énoncé.

Quatrièmement, deux inscriptions supplémentaires de ce diagramme renvoient pour leur part non pas à des données fournies par l'énoncé mais à des valeurs obtenues par des calculs au cours de la procédure de résolution, l'une d'entre elles étant un résultat intermédiaire et l'autre le résultat final.

Finalement, il ressort de cette discussion que le diagramme étudié ne peut en aucun cas être considéré comme une illustration de l'énoncé du problème qu'il accompagne, pour deux grands types de raisons : d'une part parce qu'il fait apparaître des éléments qui ne relèvent pas de cet énoncé et d'autre part parce qu'il fait apparaître des éléments liés à cet énoncé sous une forme différente de celle sous laquelle on les y trouve, qui est déjà un peu plus avancée dans la résolution du problème.

VI.2.3.4. Circulation des valeurs numériques entre le diagramme et le texte

La remarque faite dans le dernier et, à plus forte raison, l'avant-dernier points ci-dessus, nous invitent à nous interroger plus en détail sur la circulation des valeurs numériques entre le diagramme que nous sommes en train d'étudier et le texte auprès duquel il apparaît.

Les six inscriptions présentes sur le diagramme se répartissent, comme nous l'avons vu en quatre inscriptions correspondant à des données de l'énoncé, une inscription correspondant à

un résultat intermédiaire déterminé au cours de la procédure de résolution et réutilisé ensuite, et une inscription correspondant au résultat final obtenu à la fin de la procédure de résolution. Celles correspondant à des données de l'énoncé couvrent toutes les données qui y sont fournies sauf une, à savoir la longueur de la brèche. En revanche, celles correspondant à des résultats déterminés au cours de la procédure de résolution ne couvrent qu'une petite partie de ces résultats, qui s'avère être ceux qui consistent en des longueurs ayant un sens concret vis à vis du mur considéré et laisser de côté ceux qui consistent en des aires ayant un sens concret vis à vis de ce mur ou ceux qui n'ont pas de sens concret vis à vis de ce mur.

Ainsi que je l'ai déjà évoqué, les deux données de l'énoncé qui ont été portées sur le diagramme sans être suivies d'un terme technique l'ont été sous la forme de nombres sexagésimaux positionnels flottants, qui est celle sous laquelle elles sont manipulées dans la procédure plutôt que celle sous laquelle elles sont fournies dans l'énoncé, tandis que les deux données de l'énoncé qui ont été portées sur le diagramme avec un terme technique associé dans la même inscription l'ont été sous la forme d'un signe-fraction ou d'une mesure, qui est celle ou une partie de celle sous laquelle elles sont fournies dans l'énoncé. Or, on constate que la conversion des mesures correspondant aux deux données de la première catégorie sont totalement passées sous silence dans le texte, où elles apparaissent dès le début de la procédure de résolution sous la forme des nombres sexagésimaux positionnels flottants associés sans que rien ne mentionne à quoi elles font référence, tandis que les mesures correspondant aux deux données de la deuxième catégorie ainsi qu'à la donnée qui n'a pas du tout été portée sur le diagramme, sans être explicitement converties dans le texte, voient toutes les trois la première occurrence de leur représentant sexagésimal positionnel flottant accompagnée d'une incise qui précise à quoi ce nombre correspond. Bien sûr, cette situation pourrait n'être qu'un hasard, d'autant plus que l'insertion d'incises aidant à l'identification des valeurs numériques paraît parfois être relativement aléatoire dans les procédures, mais elle pourrait également être révélatrice d'un certain impact de la présence du diagramme sur la manière dont le texte est rédigé : lorsqu'une donnée est présente sur le diagramme sous la forme de son représentant sexagésimal positionnel flottant, l'auteur se dispense facilement de préciser à quoi correspond ce nombre la première fois qu'il l'utilise puisque le lecteur peut le voir sur le diagramme, tandis que, lorsqu'une donnée est présente sur le diagramme sous une autre forme ou n'y est pas présente du tout, il préfère donner une précision lors de la première apparition de son représentant.

Par ailleurs, les deux valeurs déterminées au cours de la procédure de résolution y apparaissent toutes deux deux fois, la première comme résultat d'un calcul sous la forme d'un nombre sexagésimal positionnel flottant et la deuxième dans une petite conclusion sous la forme de la mesure à laquelle correspond ce nombre. On remarque alors que celle de ces deux formes qui est reprise sur le diagramme est dans les deux cas celle du nombre sexagésimal positionnel flottant, c'est-à-dire celle issue des calculs, et non celle à laquelle l'auteur semble avoir cherché à aboutir au final, ce qui est un autre constat intéressant.

VI.2.3.5. Rôles possiblement joués par le diagramme

J'ai exclu dans la section VI.2.3.3 que le rôle du diagramme associé au premier problème de la tablette MS 3052 ait été d'illustrer l'énoncé de ce problème.

Une autre idée possible, étant donné que ce diagramme montre la section du mur qui se trouve être ce sur quoi porte finalement le raisonnement, serait qu'il illustre plutôt le problème plan en lequel le problème complet est transformé dans la première phase de la procédure de résolution. Cependant, celle-ci s'avère encore moins pertinente dans la mesure où, au delà du fait qu'il y a à nouveau dans ce cas des données manquantes (les aires de la section et de sa bande inférieure) et des valeurs qui ne correspondent pas à des données (la longueur

de la transversale et la hauteur de la bande supérieure), l'une des inscriptions fait clairement référence à la configuration tridimensionnelle dans son ensemble (la longueur du mur).

Il me semble également possible d'exclure assez facilement que ce diagramme ait été destiné à illustrer la situation finale obtenue après la résolution du problème, puisque toute la partie supérieure du trapèze et la largeur initiale au sommet, qui apparaissent sur le diagramme, n'ont plus lieu d'être dans cette situation.

Ces premières remarques évidentes nous amènent à réaliser que la situation telle qu'elle est montrée par le diagramme n'est ni celle du mur de terre initial avant réparation de la brèche (puisque la transversale correspondant à son sommet abaissé n'y a pas lieu d'être), ni celle du mur de terre final après réparation de la brèche (puisque le front supérieur et les parties supérieures des flancs du trapèze initial n'y ont plus lieu d'être), mais plutôt à un état hybride du mur ne correspondant à aucun moment réel, dans lequel l'ancien sommet et le nouveau sommet du mur coexistent.

Cette remarque nous incite à envisager le diagramme comme un support de réflexion plutôt que comme une illustration. Il ne me semble pas que l'on puisse voir en lui un « outil de travail » de manière aussi claire que ce que j'ai mis en évidence pour celui de la tablette YBC 8633 dans le chapitre précédent, puisque certaines valeurs obtenues dans la procédure de résolution et réutilisée plus loin n'y apparaissent pas, que certaines valeurs y apparaissent sous une forme qui n'est pas celle utilisée dans la procédure de résolution, et que la réponse finale au problème y apparaît alors qu'elle n'est jamais réutilisée.¹¹¹ Néanmoins, il est probable que celui-ci ait fourni un support visuel utile lors de l'élaboration ou de la lecture de la résolution du problème, qui aidait à visualiser la situation et à se remémorer très rapidement, lorsqu'un nombre est mentionné dans le texte, à quelle dimension celui-ci fait référence.

Il ne me semble en revanche pas que ce diagramme ait explicité le texte, qui est déjà très clair et complet en lui-même, et dans lequel les quelques éléments difficiles à comprendre que nous avons relevés l'étaient sans doute beaucoup moins pour un lecteur ancien.

De plus, il ne reflète pas du tout le raisonnement utilisé pour résoudre le problème posé, en dehors peut-être du fait que l'on travaille pour ce faire sur sa section et que l'on passe par la détermination de la longueur de la transversale. En particulier, on n'y repère rien qui renvoie soit aux calculs de volumes présentés dans la première phase de la procédure soit au raisonnement figuratif exposé dans la deuxième phase.

VI.3. Les problèmes suivants, d'autres murs de terre

Afin de pouvoir étudier de quelle manière les propriétés des diagrammes et leurs interactions avec les textes évoluent au sein de la collection de problèmes consacrés à des murs de terre qui apparaît sur la tablette MS 3052, ce qui était mon objectif principal en la sélectionnant, il est nécessaire de répéter le type d'analyse que je viens d'effectuer sur le premier problème pour chacun des quatre problèmes suivants. Cependant, bien que j'aie déjà significativement avancé ce travail, et que je l'aie présenté à plusieurs reprises dans des séminaires, sa mise en forme complète s'est avérée demander un temps qui dépasse très largement celui qu'il m'était possible d'y consacrer durant la phase de rédaction de la thèse. En conséquence,

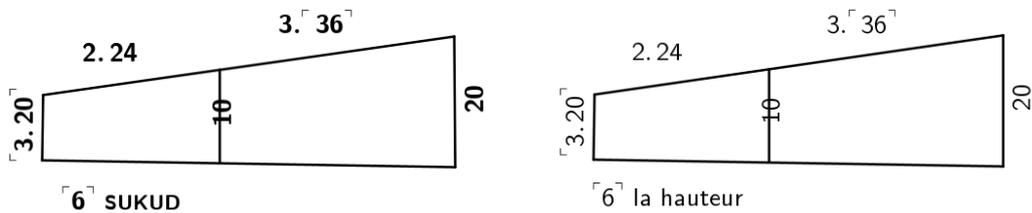
111. On remarque également que ni le coefficient *indanum*, qui joue un rôle clé dans le raisonnement, ni directement les informations nécessaires pour le calculer n'apparaissent sur le diagramme.

et ainsi que je l'ai déjà annoncé dans l'introduction du chapitre, l'étude complète que j'envisageais initialement est reportée à une publication ultérieure, et je me contente ici de fournir, sans analyse, de très brèves descriptions des problèmes concernés et les révisions complètes de leurs translittérations et traductions suivies des notes philologiques associées.

VI.3.1. Le deuxième problème, un mur de section trapézoïdale mesuré à une certaine hauteur

Le deuxième problème de la tablette porte à nouveau sur un mur de terre de section trapézoïdale, dont sont cette fois connus la longueur, le volume, la hauteur et la largeur à une certaine hauteur, et dont il est alors demandé de déterminer les largeurs à la base et au sommet.

MS 3052 #2



1. IM.DÙ.A 22.30 UŠ 26.15 SAḪAR 1/2 NINDA SUKUD
Un mur de terre. Le flanc (est) 22.30. Le volume (est) 26.15. La hauteur (est) 1/2 ninda.
2. i-na 3 1/2 KÙŠ 3 ŠU.SI SUKUD ap-lu-si-ma 2 KÙŠ
Je l'ai regardé à 3 1/2 kuš 3 šu-si de hauteur : 2 kuš.
3. i-na iš-di-im ki ma-ši ik-bi-ir a-na mu-ḫi ki ma-ši KAL? GAR?
De combien est-il épais à la base? De combien ...? au sommet?
4. [ZA].E KÌ.DA.ZU.NE IGI 22.30 DU₈-ma 2.40 a-na 26.15 SAḪAR NIM-ma 1.10 IN.SUM
"Toi", en opérant, dénoue l'inverse de 22.30 : 2.40. Élève(-le) à 26.15, le volume : cela donne 1.10.
5. [6] SUKUD a-na 2 KÙŠ ÍL-ma 1 IN.SUM 1 DU₇.DU₇-ma 1 IN.SUM 1 i-na 1.10 ZI-ma 10 IN.SUM
Porte [6], la hauteur, à 2 kuš : cela donne 1. Confronte 1 : "cela donne 1. Arrache 1 de 1.10 : cela donne 10."
6. 10 re-eš-ka li-ki-il 3 1/2 KÙŠ 3 ŠU.SI SUKUD 3.36 lu-pu-ut 3.36 i-[na 6 SUKUD ZI]
Que ta tête retienne "10". La hauteur (est) 3 1/2 kuš 3 šu-si. Inscris 3.36. [Arrache] 3.36 "de" [6, la hauteur].
7. 2.24 IN.SUM 2.24 e-le-nu ta-la-pa-at 3.36 DU₇.DU₇-ma 12.57.36 IN.[SUM]
Cela donne "2.24". Tu inscris 2.24 au-dessus. Confronte 3.36 : "cela donne" 12.57.36.
8. 2.24 DU₇.DU₇-ma 5.45.36 IN.SUM 5.45.36 i-na 12.57.36 ZI-ma
Confronte "2.24" : cela donne 5.45.36. "Arrache" 5.45.36 de 12.57.36 :
9. 7.12 1/2 7.12 GAZ-ma 3.36 IN.SUM IGI 3.36 DU₈-ma 16.40 IN.SUM
7.12. Brise 1/2 de 7.12 : cela donne 3.36. Dénoie l'inverse de 3.36 : cela donne 16.40.
10. 16.40 a-na 10 NIM-ma 2.46.40 a-na 3.36 NIM-ma 10 IN.SUM 10 a-na 10 DAḪ 20 SAG.KI.TA
Élève 16.40 "à" 10 : 2.46.40. Élève(-le) à 3.36 : cela donne 10. Ajoute 10 à 10. Le front inférieur (est) 20.

11. 2.46.40 a-na '2'.24 NIM-ma 6.40 IN.SUM 6.40 i-na 10 DAL ZI-ma 3.20 SAG.AN.NA

Élève 2.46.40 à '2.24' : cela donne 6.40. Arrache 6.40 de 10, la transversale : le front supérieur (est) 3.20.

Notes philologiques

Diagramme : Le signe « 20 » dans l'inscription sur la gauche du diagramme est indiqué par J. Friberg comme entièrement cassé. On vérifie toutefois sur les photographies et la copie que celui-ci est bien partiellement lisible.

Ligne 2 : La forme verbale de cette ligne a été translittérée « *ap-lu-ší-ma* » et traduite « I drilled through » par J. Friberg. Il me semble toutefois que, si l'on choisit de faire dériver cette forme de la racine « *palāšum (a/u)* » comme il le propose, il faudrait plutôt l'analyser comme l'accompli de première personne du singulier « *aplusš* » suivi du pronom personnel enclitique de troisième personne féminin singulier « *-ši* », dont le contact donne la forme « *aplussi* », et donc la translittération « *ap-lu-si* » et la traduction « je l'ai percé » (le pronom personnel féminin se rapportant clairement au mur). Par ailleurs, une étude systématique de toutes les racines verbales pouvant donner lieu à cette même séquence de signes montre que la racine « *palāšum (a/u)* » n'est pas la seule à être possible. La racine « *palāsum (a/u)* », qui signifie « regarder », fait également sens et me semble même préférable : il paraît plus naturel, pour connaître la largeur d'un mur à une certaine hauteur, de le « regarder » à cette hauteur que de l'y « percer » !

Ligne 3 : La forme verbale « *ik-bi-ir* », formée sur la racine « *kabārum (i)* » qui signifie « être/devenir épais », est à l'accompli. J'arrive pas à expliquer l'emploi de cet aspect et pense, tout comme J. Friberg, qu'il a ici le sens d'un présent : « De combien est-il épais à la base ? ».

Ligne 3 : J. Friberg a proposé, dans la deuxième partie de la ligne, la translittération « *a-na mu-uh-ḫi* ». Toutefois, bien que cette séquence de signes ne soit pas parfaitement claire puisqu'elle figure à la jonction de la face et de la tranche droite, il ne semble pas y avoir de signe « Uḫ » entre les signes « MU » et « ḪI » d'après les photographies, et F. Al-Rawi n'a pas non plus représenté ce signe sur sa copie. Je lis donc plutôt « *a-na mu-ḫi* ».

Ligne 3 : Les deux derniers signes de cette ligne ont été translittérés par J. Friberg « *suḫ[?]-ur[?]* », une proposition de lecture qui a l'avantage de produire le sens attendu. Il est en effet clair, au vu des expressions « *ina išdim* » et « *ana muḫḫim* », qu'après la question portant sur l'épaisseur du mur à la base vient une question portant sur l'épaisseur du mur au sommet, et il est assez naturel d'envisager que celle-ci puisse être exprimée au moyen du verbe « *sahārum* » qui semble être utilisé dans ce contexte à la ligne 2 du premier problème. Néanmoins, les formes des deux signes concernés, que l'on distingue assez clairement sur les photographies de la tranche droite de la tablette et qui semblent avoir été reproduites de manière fidèle par F. Al-Rawi, ne correspondent pas vraiment à celle des signes « SUḫ » (aucune des graphies répertoriées dans [LABAT2011] et [MITTERMAYER2006] ne fait apparaître de clous empilés sur la droite alors que l'on en voit très nettement sur la droite du signe présent sur la tablette) et « Uḫ » (outre le fait que le petit clou horizontal semble manquer, le clou du bas devrait être horizontal alors que la photographie ne laisse pas de doute sur le fait qu'il est vertical). D'un point de vue purement visuel, ces deux signes peuvent selon moi être identifiés comme un signe « KAL » (éventuellement « NIR » avec moins de *gunus* verticaux que dans les syllabaires ou « BUR » si l'on admet que le premier clou est en fait horizontal, ce qui semble possible) et un signe « GAR ». ¹¹² N'étant pas parvenue à trouver une lecture de la séquence « KAL GAR » qui soit satisfaisante dans le contexte, je préfère ne pas en proposer de traduction.

112. Il pourrait être tentant de voir dans le premier un signe « GIR », qui a une allure générale assez proche de celle du signe « BUR » et qui peut entre autres être lu comme le sumérogramme « PEŠ », équivalent du terme akkadien « *rapāšum* » signifiant « être large ». Cependant, la partie droite du signe visible sur la tablette ne présente pas tous les éléments nécessaires (que deux clous verticaux sur la rangée inférieure et aucun chevron), et le sumérogramme « PEŠ » n'est par ailleurs attesté dans aucun des principaux glossaires de termes mathématiques, où l'idéogramme associé à « *rapāšum* » est systématiquement « DAGAL ». Cette option semble donc devoir être abandonnée.

Ligne 5 : Un signe « 1 », non indiqué par J. Friberg, est bien présent juste avant la séquence « *i-na* 1.10 ZI ». La traduction est donc « Arrache 1 de 1.10 » et non « Arrache(-le) de 1.10 ».

Ligne 5 : Le deux signes « MA » et « 10 » à la fin de la ligne se trouvent dans une zone à la fois endommagée et située à la jonction de la face et de la tranche droite, et ne sont ainsi pas visibles sur les photographies à ma disposition. Cependant, F. Al-Rawi les ayant discernés, je les place seulement entre demi-crochets.

Ligne 6 : La fin de la ligne, qui se trouvait sur la tranche droite de la tablette, est entièrement perdue et a été restituée ici d'après la proposition de J. Friberg. Bien entendu, si l'opération attendue dans cette phrase ne fait aucun doute d'un point de vue mathématique, des formulations légèrement différentes peuvent être envisagées (par exemple « *i-na* 6 ZI-*ma* », etc).

Ligne 7 : On remarque que le verbe « *lapātum* (*a/u*) », qui signifie « inscrire », est ici à la deuxième personne de l'inaccompli, et non à l'impératif comme tous les autres verbes de la procédure.

Ligne 9 : Le nombre « 7.12 » au début de la ligne, qui est indiqué par J. Friberg comme complètement cassé, est en fait entièrement lisible en combinant les différentes photographies. Par ailleurs, le « it gives » qu'il introduit juste après dans sa traduction est une coquille : il faut bel et bien lire simplement « 7.12 » et non « cela donne 7.12 ».

Ligne 9 : Étonnamment, le verbe désignant le calcul d'un inverse a été traduit ici par J. Friberg « resolve », alors qu'il utilise aux autres endroits la traduction « release ». Le sumérogramme utilisé est toutefois toujours le même, à savoir « DU₈ ». J'emploie ainsi pour ma part la traduction habituelle « dénoue ».

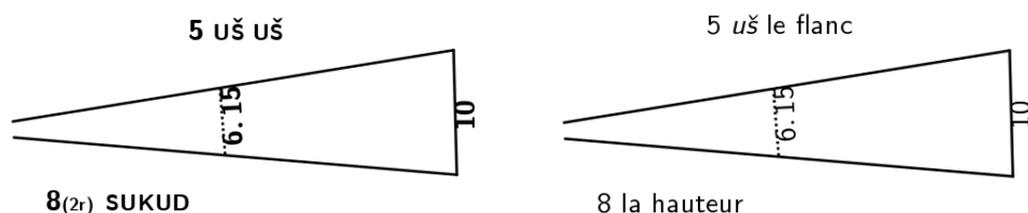
Ligne 10 : Encore une fois, le signe « NIM » au début de la ligne, qui est indiqué par J. Friberg comme entièrement cassé, est globalement bien visible sur les photographies.

Ligne 11 : Tout à la fin de la ligne, on pourrait être tenté de lire « 3.30 » d'après la copie de F. Al-Rawi, mais on vérifie sur les photographies qu'il n'y a que deux chevrons, ce qui donne bien le nombre « 3.20 » que l'on attend.

VI.3.2. Le troisième problème, un mur de section triangulaire mesuré à une certaine hauteur

Le troisième problème porte sur une situation similaire à celle du deuxième problème mais dans le cas d'un mur de terre qui a une section triangulaire et non plus trapézoïdale. Il précise la longueur de ce mur, son volume et sa largeur à une certaine hauteur, et demande alors de déterminer sa largeur à la base et sa hauteur.

MS 3052 #3



1. IM.DÙ.A 5 UŠ UŠ 2(*iku*) SAĤAR GÚ[?] KUD-(*a*)š[?]
Un mur de terre. Le flanc (est) 5 uš. Le volume (est) 2 *iku* (*gan*). Le côté[?] est coupé[?].
2. *i-na* 3 KÙŠ SUKUD *ap-lu-si-ma* 1 KÙŠ 7_(2r) 1/2 ŠU.SI *ku-bu-ru-ša*
Je l'ai regardé à 3 *kuš* de hauteur : son épaisseur (est) 1 *kuš* 7 1/2 *šu-si*.
3. *i-na* SUĤUŠ *ki ma-ši* DAGAL ù SUKUD EN.NAM

De combien est-il large à la base, et quelle (est) la hauteur ?

4. ZA.E KÌ.DA.ZU.NE IGI 5 UŠ DU₈ 12 IN².SUM
Toi, en opérant, dénoue l'inverse de 5, le flanc. Cela donne 12.
5. 12 a-^rna¹ 3.20 SAĤAR NIM-ma 40 IN.SUM IGI 3 KÙŠ SUKUD DU₈-ma 20 IN.SUM
Élève 12 à 3.20, le volume : cela donne 40. Dénoie l'inverse de 3, (le nombre de) *kuš* (de) la hauteur : cela donne 20.
6. 20 ^ra¹-na 40 NIM-ma 13.20 IN.SUM 13.20 re-eš-ka li-ki-il
Élève 20 ^ra¹ 40 : cela donne 13.20. Que ta tête retienne 13.20.
7. 13.20 UGU ^r6¹.15 EN.NAM DIRIG 7.5 DIRIG 7.5 DU₇.DU₇-ma 50.10.25 IN.SUM
De combien 13.20 est-il en excédent par rapport à ^r6.15¹ ? Il est en excédent de 7.5. Croise 7.5 : cela donne 50.10.25.
8. 6.15 DU₇.DU₇-ma 39.3.45 IN.SUM 39.3.45 i-na 50.10.25 ZI-ma
Croise 6.15 : cela donne 39.3.45. Arrache 39.3.45 de 50.10.25 :
9. 11.6.40 IN.SUM 11.6.40.E 3.20 ÍB.SI₈ 3.20 i-na 13.20 ZI-ma 10 IN.SUM
cela donne 11.6.40. Au près de 11.6.40, 3.20 est égal. Arrache 3.20 de 13.20 : cela donne 10.
10. 2 KÙŠ SAG.KI.TA 1/2 10 GAZ-ma 5 IN.SUM 5 DU₇.DU₇-ma 25 IGI 25 DU₈ 2.24 IN.SUM
Le front inférieur (est) 2 *kuš*. Brise 1/2 de 10 : cela donne 5. Croise 5 : 25. Dénoie l'inverse de 25. Cela donne 2.24.
11. 2.24 a-na 3.20 SAĤAR NIM-ma 8 IN.SUM 1/2 NINDA 2 KÙŠ SUKUD-^rša¹
Élève 2.24 à 3.20, le volume : cela donne 8. ^rSa¹ hauteur (est) 1/2 *ninda* 2 *kuš*.

Notes philologiques

Diagramme : Le « 5 » à la fin de l'inscription « 6.15 » n'est pas clair à la première lecture car le deuxième clou vertical de sa rangée inférieure se trouve sur l'un des côtés du triangle. Toutefois, en regardant attentivement, on constate que la tête de ce clou est bien visible, et qu'il n'y a donc aucun doute.

Ligne 1 : La séquence constituée des trois derniers signes de cette ligne, dont la lecture retenue ici est celle proposée par J. Friberg dans son édition, mérite que l'on s'y attarde. En effet, bien que l'identification de ces trois signes comme « GÚ », « TAR » et « AZ/UG » soit relativement claire au vu des photographies et de la copie,¹¹³ il est difficile de trouver un sens convaincant à la phrase qu'ils forment. J. Friberg propose de lire le signe « GÚ » comme le sumérogramme « GÚ » et de le comprendre comme l'équivalent du terme akkadien « *aḫum* » (« bras », « côté », « bord », « rive ») ou « *idum* » (« bras », « côté »). Il le traduit par « côté » et semble l'interpréter comme désignant la face supérieure du mur. Cette explication reste assez hypothétique dans la mesure où les termes « *aḫum* » et « *idum* » ne sont pas attestés dans les textes mathématiques et ne sont probablement pas la manière la plus naturelle de faire référence au sommet du mur, mais elle semble néanmoins possible en l'absence de meilleure option. J. Friberg lit les deux signes suivants comme le sumérogramme « KUD » suivi du complément phonétique « -aš », et indique entre parenthèses qu'il comprend l'ensemble comme le verbe conjugué « *aḫarraš* » qui signifie « je coupe ». Les raisons pour lesquelles il privilégie le verbe akkadien « *ḫarāšum* » à tous les autres auxquels peut correspondre l'idéogramme « KUD » ne sont pas explicitées mais tiennent selon toute vraisemblance au fait que c'est l'un des seuls dont la troisième consonne est compatible avec l'un des compléments phonétiques « *as/aš/az* » ou « *ug/uk/uq* » et le seul qui est attesté dans les textes mathématiques (même si c'est avec le sens de « soustraire » qui ne convient pas ici). J. Friberg traduit alors la phrase complète par « je coupe le côté » et estime qu'elle sert à indiquer que la section du mur considéré dans ce problème est triangulaire (ce qui est effectivement le cas et n'est précisé à aucun autre moment dans l'énoncé). Du

113. On ne peut bien sûr pas exclure que le premier soit en fait l'un des signes graphiquement proches « AM » ou « DUR », mais ces lectures alternatives ne me semblent pas donner lieu à une séquence plus facile à comprendre.

point de vue du sens, cette expression serait un hapax apparaissant seulement ici et à la première ligne du problème suivant, mais l'idée selon laquelle un mur de triangulaire serait un mur de section trapézoïdale dont l'un des côtés a été « coupé », c'est-à-dire supprimé, se conçoit assez bien et peut selon moi être conservée en l'absence de meilleure explication. Du point de vue de l'aspect de la forme verbale, en revanche, il semble difficile d'adopter cette lecture : une première personne de l'inaccompli dénote complètement dans l'énoncé, à plus forte raison avant une première personne de l'accompli à la ligne suivante... Aucune autre analyse grammaticale intégrant le complément phonétique « -aš » en tant que tel ne s'avère plus satisfaisante, mais il a par contre été relevé par F. Thureau-Dangin et O. Neugebauer qu'au moins deux textes mathématiques paléo-babyloniens emploient le signe « AZ » pour le son « uš ». ¹¹⁴ On peut ainsi tout à fait envisager que le complément phonétique « aš » soit ici à prendre uniquement pour la consonne « š » et que la forme verbale se termine en fait par « uš ». Cette remarque permet plusieurs nouvelles traductions, par exemple « j'ai coupé » (« ahruš »), qui est plus adapté qu'un présent, ou « il est coupé » (« nahruš »), qui est selon moi encore plus cohérent. En rassemblant tout ce que nous avons expliqué dans cette note, on peut finalement obtenir la lecture « le côté est coupé », une version très légèrement modifiée de celle proposée par J. Friberg, qui n'est pas parfaitement satisfaisante mais a l'avantage de produire un sens plausible. Puisque je ne suis pas parvenue à trouver d'alternative acceptable en combinant les nombreuses valeurs syllabiques et idéogrammatiques possibles de chacun des trois signes, j'ai fait le choix de conserver cette lecture.

Ligne 2 : Les mêmes remarques que dans le problème précédent s'appliquent à la séquence de signes translittérée *ap-lu-si-ma*.

Ligne 2 : J. Friberg a proposé pour la fin de la ligne la translittération *ku-ub-ru-ša*. Sa lecture coïncide avec ce que l'on voit sur la copie de F. Al-Rawi, mais il me semble que l'on peut lire très clairement sur les photographies « *ku-bu-ru-ša* ». J'ai donc choisi de retenir cette deuxième forme, qui a d'ailleurs l'avantage de mieux correspondre à la forme grammaticale sous-jacente analysée dans le glossaire.

Ligne 3 : Le signe « DAGAL » n'est pas complètement clair sur les photographies à ma disposition, mais la copie ne laisse aucun doute sur sa lecture.

Ligne 3 : Cette ligne contient deux questions reliées par la conjonction « *ù* » : la question « *i-na SUHUŠ ki ma-ši DAGAL* » d'une part et la question « *SUKUD EN.NAM* » d'autre part. La traduction de la deuxième sous la forme « Combien (est) la longueur ? » semble s'imposer. Le sumérogramme « DAGAL » de la première pourrait alors être vu comme le pendant de « *SUKUD* » et compris comme le substantif « largeur », ce qui donnerait la traduction « Combien (est) la largeur à la base ? ». Il me semble toutefois que l'on attendrait alors plutôt l'ordre de mots « *i-na SUHUŠ DAGAL ki ma-ši* ». De plus, la construction observée dans cette question se trouve en fait être complètement parallèle à celle de la question « *i-na iš-di-im ki ma-ši ik-bi-ir* » posée dans le deuxième problème. Ces différents éléments m'incitent à traduire plutôt le sumérogramme « DAGAL » comme le verbe « être large », tout comme l'a fait J. Friberg dans son édition.

Ligne 5 : L'éclairage rend les trois premiers signes de cette ligne très peu visibles sur les photographies à ma disposition, et je n'ai donc pu vérifier leur lecture qu'à partir de la copie.

Ligne 5 : Comme dans le problème précédent, J. Friberg change ici de verbe pour désigner l'action qui consiste à déterminer l'inverse d'un nombre, mais le sumérogramme utilisé dans le texte original est bien toujours le même (« *DU₈* »).

Ligne 5 : J. Friberg adopte dans son édition la traduction naturelle « The opposite of 3 cubits, the height, resolve, then 20 it gives » pour la deuxième partie de la ligne. Cette traduction n'est

114. Il s'agit du célèbre prisme mathématique AO 8862, où l'on trouve notamment l'écriture « *hu-ru-(a)š-ma* » (voir [NEUGEBAUER1935a] page 109 et [THUREAU-DANGIN1938a] page 66), et de la tablette BM 85210, où l'on trouve l'écriture « *lu-(a)š-ba-at* » (voir [NEUGEBAUER1935a] page 220 et [THUREAU-DANGIN1938a] page 46). La prononciation « uš » du signe « AZ » est parfois rendue dans les translittérations au moyen de la valeur rare « *uš₄* », mais F. Thureau-Dangin semble en avoir assez vite abandonné l'usage au profit de la transcription « *(a)š* », que j'ai choisi d'utiliser également.

pas fausse si l'on admet que prendre l'inverse d'une mesure ait un sens : le nombre sexagésimal positionnel associé à 3 *kuš* dans la table des hauteurs est 3, et l'inverse de 3 est bien 20. J'ai toutefois préféré opter pour une traduction qui fasse porter le calcul de l'inverse sur le nombre sexagésimal positionnel lui-même, en plaçant l'unité *kuš* en apposition : « Dénoue l'inverse de 3, les *kuš* de la hauteur », à comprendre comme « Dénoue l'inverse de 3, (qui correspond aux) *kuš* de la hauteur », une construction attestée dans plusieurs autres textes.¹¹⁵ Nous aurons l'occasion de revenir sur cette phrase dans le commentaire de la procédure.

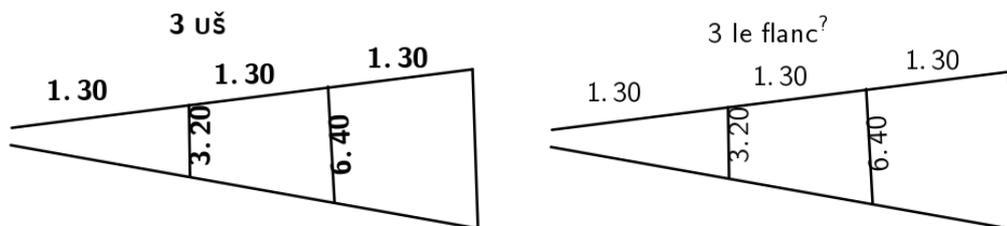
Ligne 8 : Seuls les quatre chevrons finaux du signe « ZI » à la fin de la ligne sont visibles sur les photographies, le reste se trouvant sur la courbure entre la face et la tranche droite. Ce signe est toutefois clair sur la copie, et correspond de toute manière au verbe que l'on attend ici.

VI.3.3. Le quatrième problème, un mur de section triangulaire avec une brèche mesuré à une certaine hauteur

Le quatrième problème combine des éléments du premier problème et des éléments des deuxième et troisième problèmes. Il porte sur un mur de terre de section triangulaire percé d'une brèche dont on connaît la longueur, le volume, la largeur à une certaine hauteur ainsi que la hauteur après réparation de la brèche, et dont on cherche à déterminer la largeur à la base, la hauteur et la longueur de la brèche.

Il est à noter qu'à partir de la dix-septième ligne de ce problème, le texte se trouve sur le revers de la tablette qui est très endommagé. J'ai fait le choix de transcrire dans ce qui suit uniquement les passages qui peuvent être lus à partir des photographies ou au moins de la copie, qui sont très limités, et de ne pas proposer de restitutions de ceux qui manquent à partir des trop maigres indices disponibles. Le lecteur intéressé pourra néanmoins trouver de telles propositions dans [FRIBERG2007a] page 268.

MS 3052 #4



- Obv. 1. IM.DÙ.A 3 UŠ UŠ 1.7.30 SAḪAR GÚ? KUD-(a)ṣ?
Un mur de terre. Le flanc (est) 3 uš. Le volume (est) 1.7.30. Le côté? est coupé?.
2. i-na 1 1/2 KÙŠ SUKUD ap-lu-si-ma 1 1/3 KÙŠ DAGAL
Je l'ai regardé à 1 1/2 *kuš* de hauteur : la largeur (est) 1 1/3 *kuš*.
3. i-na šÀ? pe-er-šum pa-ri-iš ma-ku-šu šu?-ú NU.ZU?
À l'intérieur, une brèche a été ouverte. Je ne connais pas ce manque.
4. iš-tu e-le^(tu)-nu a-di a-na 2/3 KÙŠ ir-pi-šu
Depuis le dessus, (et) jusqu'à ce qu'il ait atteint une largeur de 2/3 *kuš*,

115. Ce phénomène a été décrit par F. Thureau-Dangin dans [THUREAU-DANGIN1938a] page xvi, notamment sur la base d'exemples discutés dans [THUREAU-DANGIN1936] pages 182-184 et [THUREAU-DANGIN1937] page 144. Il a également été analysé par C. Gonçalves dans le cadre d'une classification des types d'associations possibles entre nombres sexagésimaux positionnels flottants et mesures dans les textes de la Diyala, dans [GONÇALVES2022].

5. *ak-šu-ra-am-ma pe-er-ša-am šu-a-ti ak-šu-ur pe-er-šum šu-ú ki ma-ši UŠ-šu*
j'ai réparé (le mur), et ainsi j'ai réparé cette brèche. Cette 'brèche', combien (est) sa longueur?
6. 'ù IM'.DÙ.'A' *ki ma-ši 'i-na'* SUĤUŠ DAGAL 'ù *ki' ma-ši* SUKUD ZA.E KÌ.DA.ZU.NE
'Et le mur de terre', combien (est sa) largeur 'à' la base 'et combien' (est sa) hauteur? Toi, en opérant,
7. IGI 3 UŠ DU₈-*ma' 20 a-na 1.7'.30* SAĤAR NIM-*ma 22.30* IN[?].SUM *e-bi-ir*
dénoue l'inverse de 3, la longueur : 20. Élève(-le) à '1.7.30', le volume : cela donne 22.30. (C'est) l'étendue.
8. IGI 1.30 DU₈-*ma' 40* IN'.SUM *a-na 22.30* NIM-*ma 15* [IN]. 'SUM' UGU 6.40 EN.NAM DIRIG
Dénoue l'inverse de 1.30 : 'cela donne 40'. Élève(-le) à 22.30 : 'cela donne' 15. De combien (15) est-il en excédent par rapport à 6.40?
9. 8.20 DIRIG 8.20 'DU₇.DU₇'-*ma 1.9.26.40* IN.'SUM 6'.40 DU₇.DU₇-*ma*
Il est en excédent de 8.20. 'Croise' 8.20 : 'cela donne' 1.9.26.40. Croise '6.40' :
10. 44.26.40 IN.SUM '44.26'.40 *i-na 1.9.26.40* ZI 25 IN.SUM
cela donne 44.26.40. Arrache '44.26.40' de 1.9.26.40. Cela donne 25.
11. 25.E 5 ÍB.SI₈ 5 *i-na' 15* ZI'-*ma 10* 'IN'.SUM 2 KÙŠ *i-na* SUĤUŠ DAGAL
Auprès de 25, 5 est égal. 'Arrache' 5 de '15' : 'cela donne' 10. La largeur à la base (est) 2 *kuš*.
12. *aš-šum* SUKUD *a-ma-ri-ka 10* 'UGU' [6.40 DAGAL] ŠID[?] EN.NAM DIRIG 3.20 DIRIG
Pour que tu voies la hauteur, de combien 10 est-il en excédent 'par rapport à' [6.40, la largeur] ...? Il est en excédent de 3.20.
13. IGI 1.30 SUKUD DU₈-*ma 40 a-na 3.20* 'NIM' 2.13.20 IN.SUM 2.13.20 *in-da-nu*
Dénoue l'inverse de 1.30, la hauteur : 40. 'Élève(-le)' à 3.20. Cela donne 2.13.20. Le (coefficient) *indanum* est 2.13.20.
14. 6.40 UGU 3.20 EN.NAM DIRIG 3.20 DIRIG 'IGI' 2.13.20 *in-da-nim* DU₈ 27 IN.SUM
De combien 6.40 est-il en excédent par rapport à 3.20? Il est en excédent de 3.20. Dénoue 'l'inverse' de 2.13.20, le (coefficient) *indanum*. Cela donne 27.
15. 27 *a-na 3.20 ša* DIRIG NIM-*ma 1.30* IN.[SUM] '1'.30 SUKUD KI.2
Élève 27 à 3.20, qui est en excédent : 'cela donne' 1.30. La hauteur numéro 2 (est) '1.30'.
16. 3.20 UGU *mi-im-ma ú-la* EN.NAM 'DIRIG' [3.20] 'DIRIG' 27 *a-na 3.20 ša* DIRIG NIM
De combien 3.20 'est-il en excédent' par rapport à rien? 'Il est en excédent de' [3.20]. Élève 27 à 3.20, qui est en excédent.
- Rev. 17. 1.30 SUKUD 'KI.3' [...] KÙŠ[?] DAGAL
La hauteur 'numéro 3' (est) 1.30. [...] La largeur (est) [...] *kuš*[?].
18. 1/2 3.20 'GAZ'-*ma* [...] '2'.20[?] IN.SUM
'Brise' 1/2 de 3.20 : [...] Cela donne '2.20'?
19. 2.30 [...] 'ZI-*ma' 1* IN.SUM
[...] 2.30. [...] 'Arrache' [...] : cela donne 1.
20. 1 [...] 'NIM' 20 *e-bi-ir*
[...] 1 [...] 'Élève' [...] L'étendue? (est) 20.
21. 'IGI' [...] 'SAĤAR[?] NIM'-*ma 22.30* IN.SUM
[...] l'inverse de [...] 'Élève' [...] 'le volume'[?] : cela donne 22.30.
22. '22.30' [...] 'ša' *pa-ri-iš*
[...] '22.30' [...] 'Ce qui' a été ouvert (est) [...].

Notes philologiques

Diagramme : L'inscription « 3 UŠ » qui apparaît en haut du diagramme peut être vue comme une version abrégée des inscriptions plus complètes « 3 UŠ UŠ » et « 5 UŠ UŠ » qui apparaissent sur les diagrammes du premier et du troisième problèmes. Elle peut être traduite soit par « 3 le flanc » (si l'on comprend le signe « UŠ » comme le sumérogramme pour « šiddum ») soit par « 3 uš » (si l'on comprend le signe « UŠ » comme l'unité de mesure du même nom). Les raisons qui m'ont fait préférer la première version seront discutées dans la publication que je consacrerai à la tablette, mais il est important de souligner dès à présent qu'aucun argument fort ne permet de trancher véritablement entre les deux options.

Diagramme : Le signe « 20 » de l'inscription « 3.20 » se trouve dans l'ombre sur les photographies dont je dispose, et je l'ai donc vérifié uniquement à partir de la copie.

Ligne 1 : Les trois derniers signes de cette ligne sont les mêmes que ceux de la première ligne du problème 3. On pourra se reporter à la section VI.3.2. pour une discussion de leur lecture.

Ligne 2 : Les mêmes remarques que dans les deuxième et troisième problèmes s'appliquent à la séquence de signes translittérée « *ap-lu-si-ma* ».

Ligne 3 : Le troisième signe de cette ligne ne me semble vraiment clair ni sur les photographies ni sur la copie, mais la lecture « ŠÀ » retenue par J. Friberg est la plus plausible.

Ligne 3 : La forme verbale « *pa-ri-iš* », qui s'analyse comme le permansif de « *parāšum (a/u)* » à la troisième personne du masculin et du singulier, peut être traduit par un présent passif (« est ouverte ») comme le fait J. Friberg. Il m'a toutefois semblé plus clair, pour rendre compte de la situation décrite dans l'énoncé, de la traduire plutôt par un passé passif (« a été ouverte »).

Ligne 3 : La fin de cette ligne a été translittérée par J. Friberg « x x šu-ú NU.ZU ». Je suis d'accord avec sa lecture des quatre derniers signes, bien que le signe « ŠU » et le signe « ZU » paraissent un peu confus sur les photographies et la copie. Il me semble par ailleurs que l'on peut identifier assez clairement les trois signes précédents comme des signes « MA », « KU » et « ŠU ». Leur enchaînement pourrait être lu « *ma-ku-šu* », ce qui correspondrait au substantif akkadien « *makûm* » à l'état construit suivi du pronom personnel enclitique « *-šu* » et se traduirait par « son manque », probablement à comprendre comme « le manque de la brèche » ou, plus explicitement, « le manque de mur dû au fait qu'il y a une brèche ». La phrase complète « *ma-ku-šu šu-ú NU.ZU* » signifierait alors « Je ne connais pas ce sien manque » ou, plus explicitement, « Je ne connais pas ce manque de mur dû au fait qu'il y a une brèche ». Cette interprétation, sur laquelle nous nous attarderons plus longuement dans le commentaire, me semble faire tout à fait sens dans le contexte et mériter d'être proposée. Néanmoins, dans la mesure où la construction grammaticale associant possessif et démonstratif est une particularité de l'akkadien difficile à rendre en français d'une manière qui soit claire pour des lecteurs extérieurs, j'ai choisi d'alléger ma traduction en ne conservant que le démonstratif.

Ligne 4 : Le deuxième et le quatrième signes de cette ligne apparaissent complètement identiques sur les photographies. Il me semble donc, bien que cela ne soit pas mentionné dans l'édition de J. Friberg et ne change pas notre compréhension du texte, que le scribe a écrit par erreur « *iš-tu e-tu-nu* » à la place de « *iš-tu e-le-nu* ». Précisions par ailleurs qu'il est volontaire de ma part de traduire ce groupe nominal par « depuis le haut » plutôt que par « depuis le sommet » (qui paraîtrait plus naturel en français), car je réserve dans mes traductions le mot « sommet » au terme technique « *muhḥum* ».

Ligne 4 : La forme verbale à la fin de cette ligne a été translittérée par J. Friberg « *er-ši-šu* », ce qui la fait dériver de la racine « *erēšum (i)* » signifiant « demander, souhaiter ». J'ai toutefois l'impression, aussi bien à partir des photographies que de la copie, que le signe du milieu de cette séquence est un signe « WA » et non un signe « ŠI ». Cela me conduit à proposer plutôt la translittération « *ir-pi-šu* », sur la racine « *rapāšum (i)* » signifiant « être large » ou « s'élargir ». Dans cette optique, le terme devant « $2/3$ », qui a été translittéré « A.NA » par J. Friberg (l'équivalent sumérien du terme akkadien « *mala* » qui signifie « autant que »), me semble pouvoir être compris tout simplement comme la préposition akkadienne « *a-na* ». La proposition « *ana 2/3 kuš irpiš* » exprimerait alors

l'idée qu'« il (le mur) s'est élargi à $\frac{2}{3}$ *kuš* », c'est-à-dire qu'« il (le mur) a atteint une largeur de $\frac{2}{3}$ *kuš* ». La phrase complète obtenue avec cette interprétation correspond parfaitement à ce que nous attendons d'un point de vue mathématique.

Ligne 5 : La même remarque que dans le premier problème s'applique aux séquences de signes que je translittère « *ak-šu-ra-am-ma* » et « *ak-šu-ur* ».

Ligne 5 : Les deux derniers signes de la ligne sont translittérés par J. Friberg « *uš-šu* », une forme qu'il analyse (implicitement) comme l'état construit du terme akkadien « *uššum* » suivi du pronom personnel enclitique « *-šu* », qu'il traduit par « sa fondation » et qu'il interprète comme désignant la longueur de la brèche.¹¹⁶ Toutefois, étant donné que le sens mathématique de ce terme est bien celui d'une longueur, il me paraît plus naturel de translittérer ce groupe de signes sous la forme « *Uš-šu* » (le sumérogramme pour « *šiddum* » suivi du pronom personnel enclitique « *-šu* ») et de le traduire directement par « sa longueur ». Cette lecture présente certes une petite faiblesse grammaticale, puisque l'on attendrait plutôt la forme « *šissu* » (et donc une orthographe du type « *Uš-su_x* » qui n'est pas compatible avec le signe « ŠU »), mais le problème est de toute manière le même avec la lecture de J. Friberg où l'on attendrait normalement la forme « *ussu* ».

Ligne 7 : Encore une fois, ici et dans les lignes suivantes, J. Friberg emploie pour le calcul d'un inverse la traduction « resolve » plutôt que sa traduction habituelle « release », mais le texte contient bien le sumérogramme standard « *DU₈* ».

Ligne 7 : Au sujet de la séquence de signes lue « *e-bi-ir* » à la fin de la ligne, on pourra se reporter aux notes sur la cinquième ligne du premier problème dans la section VI.2.2.1.

Ligne 12 : J. Friberg propose de comprendre « *SUKUD* » comme un pluriel (« les hauteurs »). Cette suggestion est probablement motivée par le contenu de la procédure, qui détermine effectivement plusieurs hauteurs différentes, mais le singulier fait sens également et, en l'absence de signe « *MEŠ* » explicite, je préfère conserver la traduction « la hauteur ».

Ligne 12 : Le passage qui se trouve juste après « *10 UGU¹* », au milieu de la ligne, est entièrement cassé. La restitution que j'en propose est celle donnée par J. Friberg dans son édition, qui, comme nous le verrons dans le commentaire, me semble convaincante à la fois du point de vue du sens et du point de vue de la cohérence syntaxique avec la partie préservée de la phrase. Il y a par ailleurs de bonnes raisons de penser que le signe qui se trouve juste après la cassure est le même que celui que nous avons longuement discuté à la ligne 9 du premier problème (voir la note correspondante dans la section VI.2.2.1) : d'une part on voit sur les photographies et la copie que ces deux signes ont exactement la même forme, et d'autre part la reconstitution que nous venons de proposer pour le passage perdu nous fait comprendre que nous attendons le même sens aux deux endroits. Conformément au choix que j'ai fait et justifié pour la première occurrence, je ne propose ni lecture ni traduction de ce qualificatif.

Ligne 13 : On retrouve à la fin de cette ligne (puis à la ligne suivante) le terme « *indanum* » déjà rencontré dans le premier problème et discuté dans la section VI.2.2.7. J. Friberg n'explique pas pourquoi il le traduit à cet endroit, et seulement à cet endroit, sous la forme « le ninda ». Je conserve pour ma part le terme akkadien comme je le fais pour les autres occurrences.

Ligne 16 : Le deuxième signe « *DIRIG* » de la ligne, marqué par J. Friberg comme restitué, est en fait presque entièrement visible sur les photographies.

Ligne 17 : Le signe avant « *DAGAL* » ne me paraît pas ressembler à un signe « *Ú* » d'après les photographies. Je me base toutefois sur la copie de F. Al-Rawi qui semble l'avoir lu clairement.

Ligne 18 : Il est probable qu'un nombre ait été inscrit avant « *IN.SUM* » à la fin de la ligne. Ce nombre semble se terminer par « *20* » sur les photographies, semble être « *2.20* » d'après la copie, mais a été transcrit « *2.30* » par J. Friberg pour le faire correspondre au « *2.30* » que l'on voit au début de la ligne suivante. Il est certain que la lecture de J. Friberg s'accorde mieux avec l'idée que l'on se

116. L'interprétation du terme « fondation » comme désignant la longueur de la brèche est donnée à la page 269 de [FRIBERG2007a].

fait des opérations effectuées dans la fin de la procédure, mais il faudrait pouvoir travailler sur la tablette elle-même pour trancher.

Ligne 19 : Le signe après « 2.30 » ressemble à « 7 » sur la copie. Ce nombre n'étant pas attendu à cet endroit, J. Friberg considère plutôt que le signe est entièrement cassé et restitué « *a-na* » à la place. Les photographies dont je dispose n'étant pas d'assez bonne qualité pour lever le doute, je n'ai pas d'avis clair sur la question et préfère ne pas proposer de lecture à cet endroit.

Ligne 19 : Le nombre figurant avant le signe « ZI » est trop endommagé pour pouvoir être lu. La restitution « 1.7.30 » proposée par J. Friberg est plausible au vu des traces discernables.

Ligne 20 : Le signe dessiné au début de cette ligne par F. Al-Rawi est « ŠI ». Il est toutefois assez clair d'après les photographies qu'il s'agit en fait d'un signe « 1 » comme l'indique J. Friberg.

Ligne 21 : Le signe avant « NIM », qui se termine par un clou vertical très clair, ne peut pas être le chiffre « 30 » comme le propose J. Friberg. La lecture « SAḪAR » me semble en revanche bien s'accorder avec les traces que l'on discerne, tout en étant compatible avec le sens général restitué par J. Friberg.

Ligne 22 : Le nombre au début de la ligne n'est absolument pas visible sur les photographies dont je dispose et a été transcrit seulement à partir de la copie.

VI.3.4. Le cinquième problème, un mur avec une brèche ?

Enfin, il ne reste du cinquième problème que quelques signes lisibles, qui nous laissent deviner qu'il porte à nouveau sur un mur de terre peré d'une brèche mais ne sont pas suffisants pour nous permettre d'identifier exactement en quoi il consiste. La qualité des photographies dont je dispose n'étant pas suffisante pour étudier un texte en aussi mauvais état, la lecture que je propose ci-dessous se base principalement sur la copie de F. Al-Rawi.

MS 3052 #5

Diagramme trop endommagé pour pouvoir être reconstitué.

1. 'IM.DÙ.A 40²¹ NINDA 'UŠ 42.30 *i-na* x¹ x
 'Un mur de terre. La longueur (est) 40²¹ *ninda*. [...] '(est) 42.30¹.
2. [...] 'ak¹-šu-ur
 [...] 'j'ai réparé¹ [...]
3. [...] '3²¹ [...] 'SUKUD-ša²¹ IGI ša²
 [...] '3²¹ [...] 'sa² hauteur¹ [...] L'inverse de
4. [...] 'x¹ [...] 'x A²¹ BA² DI² NU² NIM
 [...]
5. 3.40 [...] 'ZA.E KÌ.DA.ZU¹.NE
 [...] 3.40 [...] 'Toi, en opérant¹,
6. 3.40 [...] 'a-na¹ 10 NIM-ma
 [...] 3.40 [...] Élève(-le) 'à¹ 10 :
7. '13² E¹ x [...] 'NIM¹-ma 5 IN.SUM
 [...] '13²¹ [...] 'Élève¹ [...] : cela donne 5.
8. 6.'15¹ [...] '25²¹ IN.SUM
 [...] '6.15¹ [...] Cela donne '25²¹.
9. 6.'15 a-na¹ [...] x UŠ a-na 2.E TAB-ma
 [...] '6.15 à¹ [...] Répète [...], la longueur, 2 fois :

10. 25 'x' [...] '5' NIM¹-ma 2.36.15 IN.SUM
25. [...] 'Élève' [...] '5' : cela donne 2.36.15.
11. 2.36.15' [...] 'x 52.30 ZI' 7.30 DAL
[...] '2.36.15' [...] 'Arrache' [...] '52.30'. La transversale (est) 7.30.
12. 12.30 'x x' [...] 'a²-na² 7.30 DAḤ² 20 IN.SUM
[...] 12.30 [...] 'Ajoute²' [...] 'à 7.30'. Cela donne 20.
13. 20 a-na [...] DA [...] UGU² 3.30 EN.NAM DIRIG
[...] 20 à [...] De combien [...] est-il en excédent 'par rapport à²' 3.30?
14. 5 DIRIG x [...] 'IN.SUM' a-na 5 NIM-ma 3 IN.SUM
Il est en excédent de 5. [...] 'Cela donne' [...]. Élève(-le) à 5 : cela donne 3.
15. 3 'KÜŠ' [...] KÜŠ x DAGAL² ŠI
[...] 3 'kuš' [...] la largeur² [...]

Notes philologiques

Diagramme : Nous pouvons être certains, en rassemblant un certain nombre d'indices, qu'un diagramme était présent en haut à gauche de cette section de la tablette. Toutefois, comme nous l'avons vu dans cette même partie, il est impossible de reconstituer, ne serait-ce que partiellement, ce diagramme.

Ligne 1 : Les quatre premiers signes de la ligne ne sont pas du tout visibles sur les photographies dont je dispose. En particulier, rien ne me permet de me faire un avis personnel sur celui placé juste avant le signe « NINDA », qui ressemble plutôt à un « 40 » sur la copie de F. Al-Rawi mais a été lu « 50 » par J. Friberg. Dans un cas comme dans l'autre, la mesure donnée peut paraître étonnante puisqu'elle correspond à un mur beaucoup plus court que ceux des quatre problèmes précédents.

Ligne 1 : Les deux derniers signes de la ligne n'ont pas été lus par J. Friberg, et je n'ai pas non plus d'idée vraiment satisfaisante à proposer. Une lecture globalement compatible avec la forme des traces que l'on distingue pourrait être « SUḤUŠ DAGAL », qui s'accorderait bien avec la préposition « ina » placée juste avant et donnerait une tournure similaire à celle employée dans l'énoncé du premier problème. Le signe « DAGAL » aurait toutefois un aspect assez différent de celui de ses autres occurrences sur la tablette, et la valeur 42.30 associée (qui serait par ailleurs donnée sans unité de mesure alors que l'on en trouve la plupart du temps dans les énoncés précédents) serait bien plus grande que celle des largeurs à la base rencontrées dans les autres problèmes, ce qui semble étonnant pour un mur bien plus court...

Ligne 3 : La lecture « NIM-ma » proposée par J. Friberg à la fin de la ligne me semble exclue, car on voit clairement sur les photographies et la copie que le premier des deux signes en question ne se termine pas par un clou vertical. La lecture « SUKUD-ša », qui renverrait vraisemblablement à la hauteur du mur, me semble correspondre davantage à ce que l'on observe. En revanche, les deux signes suivants, dont le premier semble être un signe « IGI » et le deuxième un signe « DA » (ou peut-être « ŠA »), sont plus problématiques. En particulier, la lecture « IGI-ša » adoptée par J. Friberg renverrait à l'inverse d'un nombre associé à un terme féminin, ce qui, sans être impossible, me semble peu probable, en particulier après le terme pour « hauteur » qui est masculin. La lecture « IGI DA », elle aussi envisageable, pourrait désigner « l'inverse du côté », ce qui aurait du sens a priori mais n'est à ma connaissance pas une tournure commune dans les textes mathématiques. Finalement, la lecture qui me paraît la plus plausible, sans que rien ne permette bien sûr de la valider, est la lecture « IGI ša », qui renverrait à l'inverse d'un objet donné au début de la ligne suivante.

Ligne 4 : Un certain nombre de signes de la fin de cette ligne sont préservés bien que J. Friberg n'en ait lu aucun dans son édition. Toutefois, si ceux-ci peuvent globalement être identifiés, je ne parviens pas à les relier entre eux en l'absence d'éléments supplémentaires. En particulier, le dernier signe, « NIM », pourrait être soit le verbe « NIM » soit la terminaison « -nim » d'un substantif akkadien au génitif.

Ligne 7 : Il est presque certain, étant donnée la fin de la ligne précédente, que cette ligne-ci commence par un nombre. Celui-ci, partiellement endommagé, n'a pas été lu par J. Friberg. Il semble être formé de deux signes, un chevron puis un ensemble de clous verticaux comprenant au moins une rangée de trois. Il pourrait donc a priori s'agir de n'importe quel nombre entre 13 et 19. Le troisième signe est un signe « E », que je ne sais pas comment raccorder à ce nombre sans connaître la suite de la phrase. Enfin, ce qui suit, qui ressemble à un signe « UM », pourrait être une séquence « TAB-*ma* », ce qui pourrait être plutôt cohérent avec la présence du signe « E » mais ne semble pas faire sens à ce endroit.

Ligne 10 : Le signe qui suit « 25 » au début de la ligne ressemble à un signe « I », qui pourrait par exemple être le début de la préposition « *ina* », ou bien à la première partie d'un signe « IN », qui pourrait être le début de l'expression « IN.SUM » qui annonce le résultat.

Ligne 12 : Les deux signes représentés de manière vague sur la copie après le nombre « 12.30 » ont été transcrits par J. Friberg « NIM-*ma* ». Cette lecture correspond bien aux formes dessinées par F. Al-Rawi, mais elle ne convient pas du point de vue de la construction de la phrase. Les deux signes en question n'étant pas du tout visibles sur les photographies à ma disposition, je ne suis pas en mesure de me faire un avis personnel pour résoudre le problème et préfère donc laisser ce passage incompris.

Ligne 13 : Le signe avant « 3.30 » semble être la conjonction « *ù* » d'après la copie mais a été transcrit « UGU » par J. Friberg. Il est vrai que seule cette lecture permet d'obtenir la construction de phrase attendue avec le verbe « DIRG », et qu'elle est plus ou moins compatible avec les traces de signes visibles sur les photographies. Je l'ai donc également adoptée, tout en signalant qu'elle est incertaine.

Ligne 15 : Je ne parviens pas à trouver de lecture satisfaisante des trois derniers signes de cette ligne, qui sont aussi les trois derniers du problème. J. Friberg les a translittérés « DAL iš-šī ». Cependant, si le troisième est clairement un signe « ŠI », il est assez douteux que le premier soit un signe « RI » (il en a certes approximativement l'allure sur la copie de F. Al-Rawi, mais la situation est bien moins claire sur les photographies) et surtout que le deuxième soit un signe « IŠ » (je vois plutôt un signe « DAGAL » ou éventuellement « LU »). Une collation serait utile.

Chapitre VII

Un groupe de tablettes de Babylonie du Nord présentant des diagrammes qui relèvent d'une tradition mathématique différente : Ist Si 181 *et al.*

Dans les deux premiers chapitres d'études de cas, je me suis attachée à mieux comprendre dans leur diversité, à travers une petite sélection de documents, la forme sous laquelle se présentaient et les fonctions que remplissaient les diagrammes mathématiques produits en Babylonie durant l'époque paléo-babylonienne qui apparaissent sur des tablettes en relation avec des problèmes mathématiques résolus et qui s'inscrivent dans ce que j'ai identifié dans le premier chapitre de la thèse comme étant une tradition commune de production des diagrammes mathématiques dans ce cadre. Dans ce troisième et dernier chapitre d'étude de cas, je propose cette fois de sortir des limites de mon corpus tel que je l'ai défini dans le premier chapitre à partir de cette tradition commune, et de confronter les caractéristiques des diagrammes qui en relèvent à celles de diagrammes qui, tout en ayant eux aussi été produits en Babylonie durant l'époque paléo-babylonienne et en se présentant eux aussi sous la forme de dessins géométriques portant des inscriptions essentiellement numériques, semblent appartenir à une tradition assez différente.

J'ai choisi pour ce faire d'étudier un petit groupe de tablettes paléo-babyloniennes conservées au Musée Archéologique d'Istanbul qui comportent des diagrammes se trouvant exactement dans cette situation et qui, comme je l'expliquerai un peu plus loin, présentent d'une part l'avantage de former un lot particulièrement homogène par plusieurs aspects et d'autre part l'intérêt d'être en grande partie inédites.

L'étude de ces tablettes me permettra notamment d'approfondir les questions suivantes, que j'ai évoquées dans le premier chapitre afin de suggérer une définition de la notion de diagramme mathématique : En quoi les diagrammes apparaissant sur les tablettes sélectionnées ressemblent-ils, et au contraire se distinguent-ils, des diagrammes que j'ai définis comme « diagrammes mathématiques » ? Les différences relevées portent-elles plutôt sur leur matérialité, sur la configuration géométrique qu'ils montrent, sur les inscriptions qu'ils comportent, sur la manière dont ils doivent être compris, sur les rôles qu'ils semblent avoir joué, ou encore sur d'autres éléments ? Peut-on trouver des explications à ces différences ? Plus généralement, dans quel contexte ces diagrammes semblent-ils avoir été produits, et quelles fonctions semblent-ils avoir remplies ? Dans quelle mesure ce contexte et ces fonctions paraissent-ils relever du champ des mathématiques ? Quel éclairage supplémentaire ces diverses observations, réalisées à partir d'exemples précis, apportent-elles sur la délimitation de la notion de diagramme mathématique dans le Proche-Orient ancien que j'ai proposée dans le premier chapitre sur la base d'une étude beaucoup plus globale ?

Ce chapitre est divisé en trois grandes parties. Dans la première, je présente le groupe de tablettes retenu dans son ensemble, en expliquant notamment les raisons pour lesquelles il me semble constituer un lot relativement homogène et en exposant les éléments de contexte dont nous disposons à son sujet. Dans la deuxième, je fournis une édition et un commentaire détaillé de l'une des tablettes qui le constituent. Enfin, dans la troisième, je reviens à l'échelle du groupe complet afin de proposer une analyse des différences entre les diagrammes que l'on y trouve et ceux rencontrés précédemment ainsi qu'une discussion de la nature de ces diagrammes et des objectifs auxquels ils semblent avoir cherché à répondre.

VII.1. Présentation de l'ensemble du groupe

Commençons, donc, avant d'entrer dans les détails et de procéder aux analyses annoncées, par une présentation d'ensemble du petit groupe de documents que j'ai choisi d'étudier dans ce chapitre et de son contexte.

VII.1.1. Un petit groupe de tablettes du Musée d'Istanbul relativement homogène

Le petit groupe de documents que j'ai retenu est composé de cinq tablettes d'époque paléo-babylonienne en grande partie inédites qui ont été repérées et photographiées par C. Proust au Musée Archéologique d'Istanbul en juillet 2006 et qui constituent un lot assez remarquablement homogène à la fois de par leur origine (comme je l'expliquerai dans la section VII.1.2.), de par leur format (comme je l'expliquerai au début de la section VII.1.1.2) et de par leur contenu (comme je l'expliquerai à la fin de la section VII.1.1.2).

VII.1.1.1. Liste des tablettes du groupe

Les cinq tablettes composant ce groupe sont listées dans le tableau VII.1 ci-dessous, construit selon le même modèle que ceux au moyen desquels j'ai présenté mon corpus dans le premier chapitre : la première colonne cite les numéros de ces tablettes dans la collection du Musée Archéologique d'Istanbul ainsi que dans la base de données du CDLI pour celles qui y sont répertoriées, la deuxième indique leur provenance (sur laquelle je reviendrai dans la section VII.1.2.2), la troisième précise leur type (mais pas leur genre, qui ne pourra être décrit qu'au terme de l'étude présentée dans ce chapitre), la quatrième indique le nombre de diagrammes qu'elles comportent (sans se prononcer à ce stade sur le fait que ces diagrammes soient ou non des diagrammes mathématiques), et la cinquième liste les références très limitées qui existent à leur sujet (que je présenterai plus en détail dans la section VII.1.2.3).

NOM(S)	PROVENANCE	TYPE	NOMBRE DE DIAGRAMMES	RÉFÉRENCES
Ist Si 169	Sippar	Type IV	1 (presque entière)	[SCHEIL1902] page 124
Ist Si 178 P491699	Sippar	Type IV	1 (entière)	[SCHEIL1902] page 125 (voir mise en garde page 476)
Ist Si 180 P491700	Sippar	Type IV	2 (presque entière)	[SCHEIL1902] page 125
Ist Si 181	Sippar	Type IV	1 (entière)	[SCHEIL1902] page 125 (voir mise en garde page 476)
Ist Si 718 P491711	Sippar	Type IV	1 (presque entière)	[SCHEIL1902] page 138

TABEAU VII.1. Lot de tablettes paléo-babyloniennes du Musée d'Istanbul étudié dans ce chapitre

Par ailleurs, il me faut mentionner que deux autres tablettes conservées au Musée Archéologique d'Istanbul, que je n'ai pas incluses dans le groupe sur lequel porte ce chapitre dans la mesure où je n'ai pas à ma disposition de photographies me permettant de les étudier par moi-même de manière aussi complète, ont la même origine et sensiblement les mêmes caractéristiques que les cinq composant le petit lot que je viens de décrire. Il s'agit des deux tablettes listées dans le tableau VII.2 ci-dessous.

NOM(S)	PROVENANCE	TYPE	NOMBRE DE DIAGRAMMES	RÉFÉRENCES
Ist Si 427 RT 17, 33, 1 P128359	Sippar	Type IV	1 (presque entière)	[SCHEIL1895] page 33 [SCHEIL1902] page 134 [MANSFIELD2020]
Ist Si 650 P491710	Sippar	Type IV	1 (entière ?)	[SCHEIL1902] page 137

TABLEAU VII.2. Tablettes du Musée d'Istanbul apparentées à celles du lot présenté dans le tableau VII.1

VII.1.1.2. Des tablettes ayant des formats et des contenus très proches les uns des autres

La figure VII.1 ci-dessous fournit une image d'ensemble des faces et des revers des cinq tablettes du petit groupe étudié.



FIGURE VII.1. Aperçu du lot de tablettes de Sippar étudié dans ce chapitre¹

Cette image fait apparaître de manière frappante que les tablettes composant le lot ont un format identique : ce sont toutes des tablettes rondes, de diamètre légèrement inférieur à 10 centimètres, avec un profil plano-convexe très prononcé.

Une observation un peu plus attentive révèle de plus que ces tablettes ont un autre point commun, celui de présenter, bien qu'à des degrés divers, des traces d'effacement assez nombreuses et assez grossières, comme illustré par la figure VII.2 sur la page suivante.

Enfin, un premier examen rapide permet de se rendre compte qu'elles présentent également de fortes similitudes quant à leur contenu, qui est d'ailleurs le critère principal sur lequel je les ai sélectionnées : toutes font apparaître, sur leur face plane, un dessin géométrique consistant essentiellement en un assemblage de rectangles et portant divers types d'inscriptions en grande partie numériques, et, sur leur revers bombé, quelque chose d'autre qui peut

1. Pour chacune des tablettes sont montrées une photographie de la face (en haut) et une photographie du revers (en bas). Toutes les photographies ont été réalisées par C. Proust au Musée Archéologique d'Istanbul.

être soit une sorte de brouillon où l'on distingue des nombres (dans trois cas), soit un petit texte dans un cadre (dans un cas), soit rien (dans un cas).



FIGURE VII.2. Traces d'effacement repérées sur les tablettes du lot²

Tous ces éléments montrent que les cinq tablettes du petit groupe auquel je consacre ce chapitre forment un lot relativement homogène en termes de format et de contenu.

VII.1.2. Contexte et parcours des tablettes du groupe

En plus de ces premières caractéristiques qui permettent de les rapprocher, ces cinq tablettes présentent le point commun très fort d'avoir la même origine, et plus précisément de provenir de la même ville et d'avoir été exhumées lors des mêmes fouilles archéologiques.

VII.1.2.1. Des tablettes issues de fouilles de V. Scheil

Les cinq tablettes que je discute dans ce chapitre – ainsi que les deux qui peuvent y être rattachées et que j'ai citées dans le tableau VII.2 ci-dessus – ont été exhumées lors de fouilles menées sur le site de l'ancienne ville de Sippar par le père dominicain et assyriologue français Vincent Scheil entre début janvier et fin avril 1894 pour le compte de l'Empire Ottoman.³ Il s'agissait de fouilles nationales officielles, qui faisaient suite à des fouilles précédemment menées sur le même site par Hormuzd Rassam en 1882 puis par la Liste Civile de l'Empire Ottoman (qui y cherchait en parallèle des matériaux pour ses travaux d'irrigation et d'endiguement) en 1889, et dont les frais étaient supportés par le souverain de l'Empire Ottoman.⁴ Outre le Père Scheil, l'équipe mobilisée se composait du directeur général des fouilles et musées

2. La première image est un gros plan sur une photographie de la face de la tablette Ist Si 169. La deuxième est un gros plan sur une photographie du revers de la tablette Ist Si 178. La troisième est un gros plan sur une photographie de la face de la tablette Ist Si 181. La quatrième est un gros plan sur une photographie du revers de la tablette Ist Si 718. Toutes les photographies ont été réalisées par C. Proust au Musée Archéologique d'Istanbul.

3. Voir [SCHEIL1902] pages 1-3. Des éléments biographiques sur Vincent Scheil peuvent notamment être trouvés dans son éloge funèbre, [ROQUES1940], dans l'entrée qui lui a été consacrée par B. André-Salvini pour le *Dictionnaire critique des historiens de l'art* de l'INHA, [ANDRÉ-SALVINI2010], et dans deux publications de D. Charpin, [CHARPIN2020] et [CHARPIN2022]. On y apprend que Vincent Scheil est né en Lorraine en 1858 et décédé à Paris en 1940. Son prénom de naissance est Jean, mais il reçut le prénom de Vincent lors de son entrée dans l'Ordre des Dominicains à l'âge de 23 ans, ce qui explique que l'on rencontre les deux noms de « Vincent Scheil » et « Jean-Vincent Scheil » pour le désigner. Après avoir étudié la théologie, les langues modernes européennes, les langues anciennes de la Bible et les langues anciennes orientales, il décida de se tourner vers l'assyriologie. Il participa à de nombreuses campagnes de fouilles, notamment en Turquie en 1893, à Sippar en 1894 et à Suse de 1898 à 1902. Il s'investit d'ailleurs beaucoup dans la Mission de Susiane, dont il devint plus tard directeur scientifique, et c'est comme éditeur du Code de Hammurabi et pionnier du déchiffrement de l'élamite qu'il reste aujourd'hui le plus connu. Vincent Scheil enseigna également l'assyriologie à l'École des Hautes Études de 1895 à 1933, et codirigea la publication de la *Revue d'Assyriologie et d'Archéologie Orientale* avec F. Thureau-Dangin de 1910 à sa mort. Il fut membre au cours de sa vie de plusieurs institutions honorifiques et reçut plusieurs distinctions.

4. Voir [SCHEIL1902] pages 1-3 et 79-80.

ottomans Bedri Bey, qui jouait les rôles de gestionnaire et de photographe, et d'un cinquantaine d'ouvriers embauchés sur place, dont certains avaient déjà participé aux fouilles de Nippur.⁵



FIGURE VII.3. Photographies de Vincent Scheil et de ses fouilles à Sippar⁶

Un rapport de fouilles intitulé *Une saison de fouilles à Sippar* a été préparé par V. Scheil et publié quelques années après la mission.⁷ Dans la mesure où il s'agit de la première étude de cas que je consacre à des documents issus d'une campagne de fouilles légale plutôt qu'à des documents exhumés lors de pillages et achetés sur le marché des antiquités, il est particulièrement intéressant de prendre le temps de se pencher sur les données qui peuvent être rassemblées à travers ce rapport de fouilles sur le contexte archéologique des tablettes étudiées. Malheureusement, il s'avère que celui-ci tient davantage du récit que du compte-rendu scientifique à proprement parler, et que les données générales qui y ont été consignées et le catalogue de trouvailles qui y a été établi sont très imprécis et ne permettent finalement de reconstituer qu'une image très vague du contexte dans lequel les tablettes considérées ont été mises au jour.⁸ Néanmoins, quelques indications générales utiles peuvent malgré tout être tirées d'une lecture attentive de l'ensemble de ce rapport.

VII.1.2.2. Des tablettes provenant de Sippar mais sans contexte archéologique précis

Un premier élément qui peut être établi à partir du rapport de fouilles est le site dont proviennent les tablettes considérées. En effet, plusieurs villes voisines portaient le nom de

5. Voir [SCHEIL1902] pages 1-3 et 13.

6. La première image est tirée du *Dictionnaire biographique des frères prêcheurs* publié en ligne sur le site <<https://journals.openedition.org/>> (dernier accès le 29 mars 2024). La deuxième est tirée de [SCHEIL1902] page 7.

7. Il s'agit de [SCHEIL1902].

8. Outre ce manque d'informations sur les contextes archéologiques des documents, M. Tanret a mis en garde sur le fait que toutes les tablettes cataloguées dans [SCHEIL1902] pourraient ne pas provenir de ses propres fouilles, puisqu'il est indiqué dans [SCHEIL1894] que 679 tablettes et fragments ont été exhumés lors de la mission mais que 1022 sont ensuite catalogués dans le rapport de fouilles (voir [TANRET2002] pages 162-164). Il me semble qu'il faut nuancer cette mise en garde de M. Tanret dans la mesure où V. Scheil ne catalogue pas réellement 1022 tablettes dans la rapport de fouilles, mais plutôt 311 tablettes dont les numéros sont compris entre 1 et 1022 (plus précisément 302 tablettes ayant des numéros entre 1 et 749, la tablette 1022 isolée et 8 tablettes non numérotées), de sorte qu'il est numériquement possible que toutes les tablettes cataloguées à cet endroit fassent bel et bien partie de celles issues des fouilles considérées. Toutefois, la situation étant particulièrement embrouillée, on ne peut en effet écarter totalement l'éventualité selon laquelle V. Scheil aurait inclus dans le catalogue final figurant dans son rapport de fouilles, qui est présenté comme une liste des tablettes conservées au Musée de Constantinople, des tablettes provenant des fouilles antérieures de la Liste Civile, voire des tablettes issues de fouilles clandestines du site – ce qui entraînerait alors que les informations présentés ci-dessous ne s'appliquent pas aux tablettes concernées, sans que rien ne nous permette de savoir desquelles il s'agit !

Sippar dans l'Antiquité et sont parfois confondues dans les publications anciennes, mais les explications que donne V. Scheil montrent qu'il était pour sa part tout à fait conscient de cette situation et qu'il distinguait notamment clairement la ville qu'il appelle « Sippar ša Šamaš » – c'est-à-dire « Sippar du (dieu du Soleil) Šamaš », plus connue à l'heure actuelle sous le nom de Sippar-Yahrurum – et celle qu'il appelle « Sippar ša Anunit » – c'est-à-dire « Sippar de (la déesse de la guerre) Annunitum », plus connue à l'heure actuelle sous le nom de Sippar-Amnānum. Il indique alors explicitement que celle dont il est question dans son livre, et qu'il appelle simplement « Sippar », est la principale, « Sippar ša Šamaš ». Son récit des fouilles confirme d'ailleurs ensuite cette indication, puisqu'il relate que le site qu'il a fouillé se trouvait à une vingtaine de minutes de marche au nord du village de Abu Habbah, ce qui ne peut correspondre qu'à cette même ville, et qu'il est allé visiter pendant son séjour le site de Dêir, c'est-à-dire de Tell ed-Dêr qui correspond à l'ancienne Sippar-Amnānum, mais que ses ouvriers n'y ont trouvé que quelques fragments de contenu religieux qui se sont effrités pendant le transport. Il ressort donc sans ambiguïté de tous ces éléments que les tablettes étudiées proviennent de la ville de Sippar-Yahrurum, et non de celle de Sippar-Amnānum.⁹

V. Scheil explique par ailleurs que la ville de Sippar se divisait, à l'intérieur de son enceinte, en deux parties bien distinctes séparées par une dépression d'une largeur d'environ 40 mètres : le massif du temple de l'Ebabbar et de ses dépendances servant de comptoirs et de greniers d'une part, et le massif de la ville proprement dite d'autre part.¹⁰ Il relate avoir exploré durant sa mission des parties de chacun de ces deux secteurs, et avoir effectué quelques sondages supplémentaires à l'extérieur de la ville. Toutefois, il indique que les fouilles du temple n'ont livré que deux tablettes, dont la description ne correspond pas à celles qui nous intéressent, et que les sondages en-dehors de l'enceinte n'en ont livré aucune, ce qui permet d'établir que les tablettes que je considère dans ce chapitre doivent provenir du secteur de la ville à proprement parler, entouré en rouge sur le plan reproduit par la figure VII.4 ci-dessous.¹¹

V. Scheil rapporte, plus précisément, n'avoir rencontré en explorant ce secteur de Sippar que des maisons privées.¹³ Il estime en outre que, contrairement au secteur du Temple où des textes ont été produits à toutes les périodes, le secteur de la ville n'a livré que des documents d'époque paléo-babylonienne, datables du fondateur de la première dynastie de Babylone Sumu-abu à son dernier représentant Samsu-ditana.¹⁴ Il est donc possible de déduire, en croisant ses différentes explications, que les tablettes que j'étudie ici ont probablement été exhumées dans des maisons privées d'époque paléo-babylonienne.¹⁵

À l'intérieur du secteur de la ville elle-même, certaines zones ont livré davantage de tablettes que les autres. Dans l'une d'entre elles se trouvait en particulier une maison de petites dimensions que V. Scheil identifie comme une « école », et qui renfermait de très nombreuses tablettes crues de contenus divers incluant des exercices scolaires élémentaires et des listes

9. Sur la distinction entre Sippar-Yahrurum et Sippar-Amnānum de manière générale, voir [CHARPIN1988], [CHARPIN&SAUVAGE2001] pages 782-783, [CHARPIN2018] et [KALLA2011] pages 528-529. Pour la manière dont cette distinction apparaît dans le rapport de fouilles de V. Scheil, voir [SCHEIL1902] pages 2-3, 6-8 et 21-22.

10. Voir [SCHEIL1902] pages 24-26. Voir également, pour des descriptions plus récentes et plus précises de la topologie de la ville, [CHARPIN&SAUVAGE2001] pages 783-784, [KALLA2011] page 531 et [GASCHE&TANRET2011] pages 538-539.

11. Voir [SCHEIL1902] pages 4-6 et 10-13.

12. Le plan est tiré de [GASCHE&TANRET2011] page 539.

13. Voir [SCHEIL1902] page 6.

14. Voir [SCHEIL1902] pages 64-66.

15. Évidemment, cette déduction n'est valable que si les tablettes considérées sont bien issues des fouilles de V. Scheil lui-même, comme expliqué dans une note précédente.

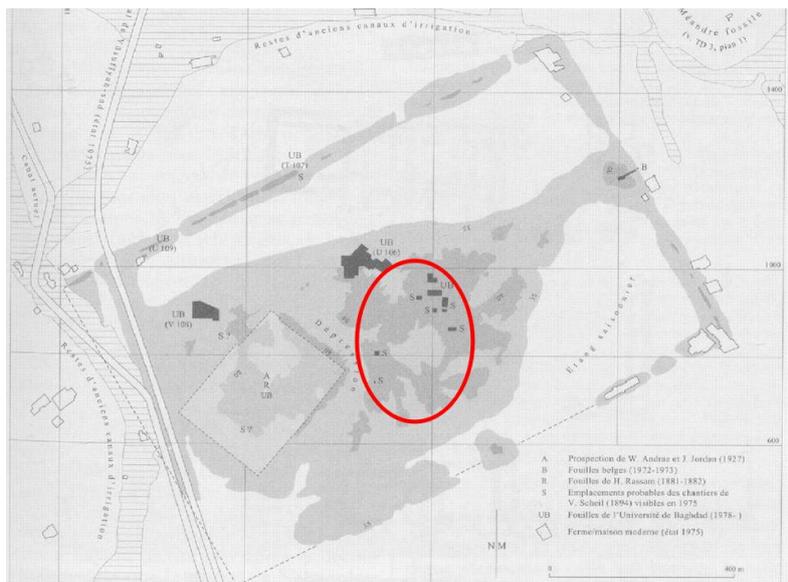


FIGURE VII.4. Plan de Sippar, montrant la zone où semblent avoir été trouvées les tablettes du lot¹²

métrologiques, en partie effacées et écrasées, qu'il estime pouvoir dater du règne du roi Hammurabi (première moitié du dix-huitième siècle avant notre ère).¹⁶ Il serait évidemment particulièrement intéressant pour mon étude de savoir si les cinq tablettes sur lesquelles je me concentre dans ce chapitre font partie de celles qui ont été exhumées dans cette « école ». Cependant, le catalogue des tablettes inséré à la fin du rapport de fouilles ne mentionne pas du tout les zones dans lesquelles chacune d'entre elles a été découverte, et l'on peut d'ailleurs noter que le plan du site n'a été relevé par V. Scheil qu'au mois de mars, alors que de nombreuses tablettes avaient probablement déjà été sorties de terre.¹⁷ Ainsi, tout ce que l'on peut dire à ce sujet est qu'il est possible que les tablettes que j'étudie proviennent du bâtiment que V. Scheil identifie comme une « école » et datent alors plus précisément du dix-huitième siècle mais qu'aucun élément ne nous permet de confirmer ou d'infirmer cette hypothèse.

Plus généralement, je pense qu'il nous est impossible de savoir, à partir du peu d'informations consignées par V. Scheil, si ces cinq tablettes ont été trouvées ensemble ou non, ou encore avec quels autres types de documents elles étaient éventuellement groupées (et en particulier s'il s'agissait plutôt d'exercices scolaires ou de textes administratifs), ce qui aurait constitué des données très précieuses pour la discussion qui suit. Si l'on considère leur numérotation, on remarque que quatre d'entre elles ont des numéros d'inventaire très proches, de 169 à 181, ce qui pourrait laisser penser qu'elles ont été découvertes globalement en même temps, tandis que la dernière (ainsi que les deux tablettes supplémentaires mentionnées dans le tableau VII.2) a un numéro isolé, beaucoup plus grand, ce qui pourrait laisser penser qu'elle a été découverte plus tard. Toutefois, je n'ai pu trouver absolument aucune information sur le moment et la manière dont les numéros ont été attribués aux tablettes exhumées à Sippar, de

16. Voir [SCHEIL1902] pages 8-9 et 33-34. Comparer toutefois à l'opinion exprimée dans [TANRET2002] pages 162-163, où il est stipulé que V. Scheil ne donne aucune information permettant de préciser la datation des tablettes trouvées dans « l'école », ce qui est probablement une manière d'indiquer que les arguments sur lesquels il se fonde pour avancer qu'elles datent du règne de Hammurabi sont insuffisants.

17. Voir [SCHEIL1902] pages 8-9 et 12. La seule chose que l'on peut supposer est, comme suggéré dans [TANRET2002] pages 162-164, que les tablettes dont V. Scheil cite des extraits dans son chapitre consacré à l'« école » en proviennent bien, mais aucune d'entre elles ne fait partie du groupe que j'étudie ici.

sorte qu'il est possible que l'ordre ait été choisi postérieurement aux fouilles pour des raisons totalement indépendantes des dates de découverte des tablettes et qu'il me paraît plus prudent de simplement considérer que nous ne savons rien à ce sujet.

Pour résumer, nous pouvons déduire du récit fait par V. Scheil dans son rapport de fouilles que les cinq tablettes que j'étudie dans ce chapitre ont été exhumées sur le site de Sippar-Yahrurum, probablement dans des maisons privées d'époque paléo-babylonienne situées dans le secteur de la ville elle-même (par opposition à celui du temple), mais nous sommes par contre incapables de déterminer si elles proviennent du bâtiment de ce secteur que V. Scheil a identifié comme une « école » et/ou près de quelles autres tablettes chacune d'entre elles se trouvait au moment de sa découverte. Nous en sommes ainsi réduits, pour tenter de déterminer leur statut, à nous baser avant tout sur leurs caractéristiques matérielles et leur format.

VII.1.2.3. Des tablettes en grande partie inédites

Dans son rapport de fouilles, V. Scheil donne une très brève description de chacune des cinq tablettes du petit lot que j'étudie, qui est invariablement « cadastre » ou « tablette cadastrale », et fournit de plus des copies de certaines d'entre elles.¹⁸ Pour cette raison, celles de ces tablettes qui sont répertoriées dans la base de données du CDLI sont considérées comme « publiées ». Cependant, cette « publication » s'avère très insuffisante, pour deux raisons principales. D'une part, les copies ne sont accompagnées d'aucune translittération, d'aucune traduction ou d'aucun commentaire permettant de comprendre en quoi consiste le contenu de ces tablettes. D'autre part, même les copies elles-mêmes sont en fait, quand on les regarde plus en détail, incomplètes (montrant souvent seulement la face), peu fidèles (sans indication de la forme de la tablette et avec un respect très approximatif des tracés que l'on y observe) et non exemptes d'erreurs de diverses natures (une copie attribuée à la mauvaise tablette, des inscriptions oubliées, etc).¹⁹ Pour ces différentes raisons, il me semble qu'il est plus juste de dire que ces quelques tablettes sont « essentiellement inédites ».

J'ai d'ailleurs pour projet d'en préparer, conjointement avec C. Proust qui les a repérées et en a réalisé des photographies, une édition complète incluant de nouvelles copies, des translittérations, des traductions et des commentaires détaillés – édition qui constituera une contribution au « Istanbul Sippar Project », un projet mené par I. Gerçek, S. Adalı, D. Cefer et M. Özcan, qui vise à cataloguer, photographier, et, à terme, éditer, toutes les tablettes du Musée Archéologique d'Istanbul qui proviennent de Sippar.²⁰

VII.2. Édition et étude détaillée de la tablette Ist Si 181

N'ayant pu achever pour l'instant les éditions et les commentaires approfondis de toutes les tablettes du lot, je me concentre dans ce chapitre sur l'étude d'une seule d'entre elles, la tablette Ist Si 181, qui permet d'illustrer les principaux points qu'il me semble intéressant de discuter à propos de ce groupe de documents.

18. Il s'agit du rapport de fouilles [SCHEIL1902].

19. Les deux notices biographiques que j'ai consultées sur V. Scheil s'accordent d'ailleurs à dire que sa personnalité n'était pas de soigner son travail pour le rendre le plus précis possible, mais plutôt de publier rapidement des éditions concises des textes pour mettre sans délai à disposition de ses collègues les informations leur permettant de réaliser ensuite des études plus approfondies (voir [ROQUES1940] pages 381-382 et [ANDRÉ-SALVINI2010]).

20. Voir au sujet de ce projet l'épisode [GERÇEK&ADALI2021] du podcast « Thin End of the Wedge » de J. Taylor.

Ainsi que je l'ai indiqué plus haut, cette tablette, qui n'est à l'heure actuelle pas répertoriée dans la base de données du CDLI, est décrite dans le catalogue [SCHEIL1902] comme une « tablette cadastrale » – indication vague sur laquelle nous reviendrons à la fin du chapitre. Aucune copie ne semble en être donnée, mais on constate en fait que ce qui est présenté, à la page 125 de ce catalogue, comme le revers de la tablette Ist Si 178, correspond à la face de la tablette Ist Si 181 ! Aucune copie du revers, aucune translittération ou traduction, et aucun commentaire, n'en ont été réalisés jusqu'à présent.

Dans cette partie, je propose ainsi de présenter la première étude complète de cette tablette, en commençant par réaliser une description générale de ses propriétés matérielles et une description détaillée du diagramme qui y apparaît, puis en en fournissant une translittération et une traduction, et enfin en procédant à une analyse détaillée de son contenu.

VII.2.1. Description matérielle générale

Je commence donc, comme à mon habitude, cette étude de la tablette par une description matérielle minutieuse, qui est d'autant plus importante ici qu'il s'agit d'un document d'un genre assez mal connu dont je cherche à préciser autant que possible le statut.

VII.2.1.1. État et conservation de la tablette

La tablette Ist Si 181, montrée par les photographies de la figure VII.5 ci-dessous, est une tablette en très bon état. Il est possible que de petits fragments de son bord soient tombés (à moins qu'il ne s'agisse de marques de contrôle volontaires, ce que je ne suis pas en mesure de déterminer à partir des seules photographies), mais elle est néanmoins essentiellement entière. Sa surface présente un léger dépôt blanchâtre qui semble correspondre à des sels minéraux incrustés mais est par ailleurs très bien préservée.



FIGURE VII.5. Photographies de la tablette Ist Si 181²¹

Son numéro de collection a été inscrit au feutre sur sa face, sur le diagramme, ce qui est un choix surprenant, mais dans une zone qui semble avoir été vierge. Il ne me paraît pas gêner l'étude, et aucune autre intervention moderne n'est visible à partir des photographies.

VII.2.1.2. Une tablette façonnée avec un certain soin

La tablette Ist Si 181 a été façonnée dans une argile qui semble de très bonne qualité et ne contient pas d'incrustations visibles. Elle a vraisemblablement, au vu de sa forme et de

21. Les trois photographies ont été réalisées par C. Proust au Musée Archéologique d'Istanbul.

la parfaite uniformité de sa structure interne au niveau de l'une de ses cassures, été façonnée directement à la main, entre les paumes et peut-être avec l'appui d'une surface plane en complément. Sa forme d'ensemble, ses bords, et, dans une moindre mesure, sa surface, sont relativement réguliers, ce qui montre qu'un certain soin a été apporté à sa confection.²²

Cette tablette présente par ailleurs à plusieurs endroits de sa face, aussi bien dans la zone occupée par le diagramme qu'à côté de lui, de très nettes traces de lissage globalement horizontales, montrées par les deux gros plans de la figure VII.6 ci-dessous.²³ Celles-ci semblent avoir été laissées par un outil dur, strié ou denté de manière régulière, similaire à celui qui semble avoir été utilisé pour plusieurs tablettes de mon corpus.²⁴ Il est intéressant de noter qu'aucune trace de ce type ne peut en revanche être détectée au revers.



FIGURE VII.6. Traces de lissage sur la face de la tablette Ist Si 181²⁵

VII.2.1.3. Une tablette lenticulaire à profil plano-convexe

La tablette Ist Si 181 est une tablette lenticulaire, de forme ronde et de diamètre assez régulier. Elle présente un profil « plano-convexe », avec l'un de ses côtés relativement plan (celui qui contient le dessin) et l'autre assez fortement bombé (celui qui contient seulement des nombres). Les profils de tablettes généralement observés nous incitent à penser que le côté plan est sa face et le côté bombé son revers, et cette hypothèse s'accorde plutôt bien avec le contenu que je décris plus loin ; dans toute la suite, je retiendrai cette manière d'identifier la face et le revers. Par ailleurs, cette tablette ne possède pas de tranches à proprement parler, la jonction entre la face et le revers se faisant plutôt de manière arrondie dans la continuité de la courbure du revers, et j'emploierai ainsi le terme de « tranche » uniquement par commodité pour faire référence à ce que l'on voit quand on regarde la tablette de côté.

Des mesures réalisées par C. Proust au Musée Archéologique d'Istanbul lui ont permis de déterminer que cette tablette avait un diamètre d'environ 8 centimètres et une épaisseur d'environ 2,4 centimètres. Elle pouvait en conséquence tout à fait être tenue dans la main.

22. Les principales irrégularités que l'on observe sur sa surface semblent, comme nous le verrons un peu plus loin, être postérieures à sa fabrication.

23. La direction horizontale que je décris ici fait référence à l'orientation de la tablette que je juge la plus probable dans la section VII.2.1.4. Il est possible que les traces de lissage montrées ici soient liées à des effacements, comme je le mentionnerai dans la section VII.2.1.6.

24. Des informations générales à ce sujet sont données dans la section II.1.1.3.

25. L'image est un montage composé d'une photographie de la face de la tablette Ist Si 181 réalisée par C. Proust au Musée Archéologique d'Istanbul et de deux gros plans sur cette même photographie.

VII.2.1.4. Une tablette dont la face et le revers paraissent indépendants

La tablette Ist Si 181 est inscrite recto-verso. L'orientation de son revers, qui contient uniquement des nombres tous écrits dans la même direction, peut être déterminée sans ambiguïté : la partie la plus irrégulière du bord, qui peut servir de point de repère, doit clairement être positionnée vers la droite. L'orientation de sa face, qui contient un dessin sur lequel sont présentes des inscriptions dans trois directions différentes, est en revanche plus difficile à déterminer, et deux possibilités semblent raisonnablement envisageables : soit la partie irrégulière du bord doit être positionnée vers le bas soit elle doit être positionnée vers la gauche.

Si la partie irrégulière du bord se trouve en bas de la face, trois inscriptions sont horizontales, trois inscriptions sont verticales de bas en haut, une inscription est à l'envers, et les restes d'inscriptions effacées dans la partie vierge, que je décrirai dans la section VII.2.1.6, paraissent plutôt horizontaux. En revanche, il n'y a pas d'axe de rotation permettant de passer d'un côté à l'autre par un retournement simple de la tablette.

Si la partie irrégulière du bord se trouve sur la gauche de la face, trois inscriptions sont à l'endroit, une inscription est verticale de bas en haut, trois inscriptions sont verticales de haut en bas (y compris une inscription qui se rapporte à la surface d'un rectangle de la figure, comme nous le verrons plus loin), et les restes d'inscriptions effacées dans la partie vierge paraissent plutôt verticaux de haut en bas. Dans ce cas, il n'y a aucune inscription à l'envers et l'on peut passer de la face au revers en retournant la tablette selon un axe vertical.

Bien qu'il ne me semble pas possible de trancher avec certitude entre ces deux options, un choix d'orientation de référence est nécessaire pour pouvoir étudier la face. Je choisirai la première d'entre elles, c'est-à-dire celle où la partie irrégulière du bord apparaît en bas, comme sur la photographie donnée au début de la section, pour plusieurs raisons. Tout d'abord, la répartition des différentes inscriptions me semble légèrement plus plausible dans ce premier cas, puisqu'il est assez peu probable que plusieurs inscriptions verticales présentes sur le diagramme, notamment, comme nous le verrons plus loin, une inscription qui fait référence à une surface, aient été placées de haut en bas sans raison particulière. Ensuite, la direction des inscriptions effacées à côté du diagramme, qui n'ont pour leur part pas de contraintes spatiales particulières à respecter, me semble être un bon indicateur du sens dans lequel était tenue la tablette et est beaucoup plus naturelle dans le premier cas. Enfin, l'argument de l'axe de rotation qui tendrait à favoriser la deuxième hypothèse me semble peu déterminant puisque les axes de rotation verticaux sont rares de manière générale et que les autres tablettes mathématiques provenant de Sippar et conservées au Musée d'Istanbul ont plutôt des axes de rotation horizontaux.²⁶ Si cette orientation est correcte, cela signifie que cette tablette n'avait pas d'axe de retournement, ni horizontal ni vertical, permettant de passer facilement de sa face à son revers, et que les deux côtés étaient donc utilisés de manière plus ou moins indépendante l'un de l'autre.

Les « zones de texte » de la face et du revers ne sont pas délimitées par des lignes et ne sont pas entourées de marges particulières. La face contient un diagramme (au sens de dessin géométrique qui comporte des inscriptions, et sans présumer pour l'instant de son caractère mathématique ou non mathématique), qui serait situé en haut à gauche avec l'orientation

26. Voir par exemple les tablettes Ist Si 207, Ist Si 485 et Ist Si 639 pour lesquelles cela est particulièrement clair. On pourrait ajouter à cette liste d'arguments le fait que cette orientation coïncide avec celle qui semble avoir été donnée à la tablette par la personne qui y a apposé le numéro d'inventaire, mais le cas de la tablette Ist Si 180 pour laquelle le numéro d'inventaire a assez clairement été inscrit dans un sens différent du sens de lecture du texte montre que cet élément, bien qu'il nous conforte légèrement dans ce choix, ne peut pas être considéré comme une indication fiable.

adoptée et qui occupe la majeure partie de l'espace disponible, ainsi qu'une zone qui semble être une surface de travail désormais effacée, située dans l'espace laissé vide par la forme de la configuration géométrique montrée par le diagramme. Le revers contient quant à lui deux nombres inscrits en haut l'un en-dessous de l'autre, et un peu plus bas une zone vraisemblablement effacée (ou presque « évidée ») qui semble avoir contenu au moins un autre nombre.

VII.2.1.5. Une tablette inscrite avec un calame en roseau

On observe sur plusieurs clous de la face de la tablette Ist Si 181, et notamment ceux reproduits en gros plan par la figure VII.7 ci-dessous, le « motif de Messerschmidt » que j'ai décrit dans le chapitre II. La présence de ce motif indique que les signes en question ont très probablement été écrits au moyen d'un calame en roseau.



FIGURE VII.7. « Motifs de Messerschmidt » repérés sur la tablette Ist Si 181²⁷

La hauteur des signes est d'environ 5 à 6 millimètres. L'écriture n'est pas particulièrement fine mais ne semble pas non plus particulièrement maladroite.

VII.2.1.6. Une tablette comportant de nombreuses traces d'effacement

Ainsi que j'ai déjà commencé à le mentionner au détour d'explications précédentes, on distingue, à plusieurs endroits de la tablette Ist Si 181, des traces d'effacement assez clairement visibles, qu'il me semble important de décrire plus en détail.

La première zone qui mérite que l'on s'y attarde est celle qui se trouve en bas à droite de la face avec l'orientation retenue, dans l'espace laissé libre par la forme de la configuration géométrique montrée par le dessin, qui est reproduite en gros plan par la figure VII.8 sur la page suivante. Dans cette zone, la surface de la tablette présente un aspect très irrégulier, avec plusieurs traînées relativement larges et légèrement enfoncées, parallèles les unes aux autres, qui la couvrent entièrement, et dont au moins une se termine par une petite accumulation d'argile à son extrémité droite. De plus, plusieurs clous résiduels ou « fonds de clous » peuvent y être repérés, principalement sur les bords de la zone, en bas à gauche, en haut à droite et en bas à droite. Enfin, les traces de lissage y sont beaucoup plus denses et marquées que dans les autres zones de la tablette. Tous ces éléments laissent penser qu'un effacement de l'ensemble de cette zone a été pratiqué, et probablement, plus précisément, que cet espace a servi de « zone de travail », par exemple pour effectuer des calculs au brouillon, avant que son contenu ne soit effacé. La largeur des traces laisse penser que l'effacement a été réalisé au doigt, l'emplacement des signes résiduels et de l'accumulation d'argile à l'extrémité de l'une des traces laisse penser qu'il a été pratiqué de la gauche vers la droite, et la présence de traces de lissage plus dense laisse penser que le scribe a dû passer ensuite un outil par dessus.

27. Les trois images sont des gros plans sur une photographie de la face de la tablette Ist Si 181 réalisée par C. Proust au Musée Archéologique d'Istanbul.

28. L'image est un montage composé d'une photographie de la face de la tablette Ist Si 181 réalisée par C. Proust au Musée Archéologique d'Istanbul et d'un gros plan sur cette même photographie.



FIGURE VII.8. « Zone de travail » sur la face de la tablette Ist Si 181²⁸

Il y a de plus trois potentielles traces d'effacement local sur le diagramme lui-même, une première en bas à gauche, une deuxième au niveau de la deuxième inscription horizontale, et une troisième en haut à droite, que je décrirai et discuterai davantage dans la section VII.2.2.6.

Enfin, on observe à peu près au centre du revers, sous les deux nombres que j'ai mentionnés plus haut, une large zone très en creux et très irrégulière en haut de laquelle apparaissent très clairement les restes de plusieurs signes, montrée en gros plan par la figure VII.9 ci-dessous. Cette zone pourrait correspondre à une deuxième zone de travail, ou bien simplement à l'emplacement d'une inscription erronée, qui aurait été effacée au point d'être presque évidée.



FIGURE VII.9. Zone très en creux au revers de la tablette Ist Si 181²⁹

VII.2.1.7. Synthèse des observations

En conclusion, les différentes caractéristiques matérielles que nous avons relevées sur la tablette Ist Si 181 nous ont permis de rassembler un certain nombre d'éléments qui peuvent être utiles pour comprendre son contexte, sans toutefois pointer de manière très claire dans une direction unique. Plusieurs de ces caractéristiques peuvent laisser penser qu'il s'agit d'un

29. L'image est un montage composé d'une photographie du revers de la tablette Ist Si 181 réalisée par C. Proust au Musée Archéologique d'Istanbul et d'un gros plan sur cette même photographie.

exercice scolaire ou du moins d'un document ayant servi de support de travail : elle a une forme lenticulaire plano-convexe et une taille qui lui permet d'être tenue dans la main, sa face et son revers semblent avoir été utilisés de manière indépendante l'un de l'autre sans qu'un simple retournement permette de passer facilement de l'un à l'autre, et elle présente de nombreuses traces d'effacement qui d'une part tendent à indiquer que des erreurs y ont été corrigées (du moins pour celles que je décrirai dans la section VII.2.2.6 ci-après) et d'autre part montrent probablement que certaines zones ont été utilisées comme « surface de travail » ou comme « brouillon » pendant la réflexion qui a accompagné son inscription. Toutefois, elle n'est pas aussi grossière qu'un certain nombre de tablettes de ces deux catégories connues par ailleurs, puisque son argile semble fine, qu'elle paraît avoir été façonnée avec un certain soin, qu'elle présente des traces de lissage, et que son écriture est relativement assurée.

VII.2.2. Description détaillée du diagramme

L'unique diagramme présent sur la tablette Ist Si 181 apparaît sur le côté que j'ai identifié comme étant sa face, sur une surface relativement plane et lisse. Il est de plus très bien préservé et d'une taille assez importante, ce qui nous offre des conditions idéales pour l'étudier.

VII.2.2.1. Emplacement et délimitation

Ce diagramme est situé, avec l'orientation que j'ai suggérée plus haut, en haut à gauche de la face. Il occupe la majeure partie de l'espace disponible, s'étendant presque jusqu'au bord inférieur de la tablette (sur la gauche) et jusqu'à son bord droit (en haut), avec un espace laissé libre en bas à droite du fait de la forme de la configuration géométrique qu'il montre. Il n'est entouré ni de lignes ni de marges particulières.

VII.2.2.2. Configuration géométrique montrée

Ce diagramme montre une configuration géométrique composée de trois quadrilatères presque rectangulaires. Un premier « rectangle » très allongé est placé horizontalement en haut de cette configuration ; il ne paraît pas fermé sur la droite, mais une marque présente à cet endroit (qui peut être soit une trace d'effacement soit une marque involontaire, comme je l'indiquerai plus bas) nous empêche de savoir s'il l'a été à un moment donné. Un deuxième « rectangle » un peu moins fin est placé verticalement sous le premier, avec son côté supérieur confondu avec la partie gauche du côté inférieur du premier rectangle. Enfin, un troisième « rectangle », encore moins allongé, est placé dans le coin formé par les deux premiers, avec ses côtés gauche et supérieur respectivement confondus avec la partie supérieure du côté droit du deuxième rectangle et la partie gauche du côté inférieur du premier rectangle. Un schéma de cette configuration géométrique est proposé par la figure VII.10 ci-dessous.

Aucune particularité relative aux longueurs des côtés représentés ne saute aux yeux en observant la seule forme de la configuration géométrique, et j'indique simplement, sur le schéma de gauche de la figure VII.11 ci-dessous, les longueurs indicatives des différentes lignes du dessin telles que j'ai pu les mesurer grâce à l'échelle présente sur la photographie de C. Proust. Par ailleurs, les angles semblent visuellement être à peu près droits, au moins pour la majeure partie d'entre eux, et des mesures plus précises révèlent qu'aucun d'entre eux ne s'écarte d'un angle droit de plus de 4° , comme indiqué par le schéma de droite de la figure VII.11.

30. Il me semble utile de rappeler que ces données sont fournies seulement à titre purement indicatif, pour offrir une alternative un peu plus objective aux impressions visuelles, et doivent être manipulées avec la plus grande prudence, notamment parce que les côtés de la figure considérée ne sont pas parfaitement rectilignes, parce qu'une

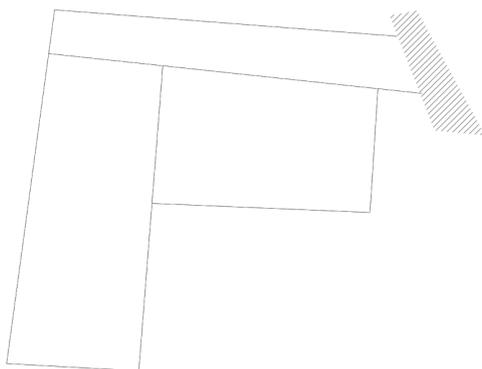


FIGURE VII.10. Configuration géométrique montrée par le diagramme de la tablette Ist Si 181

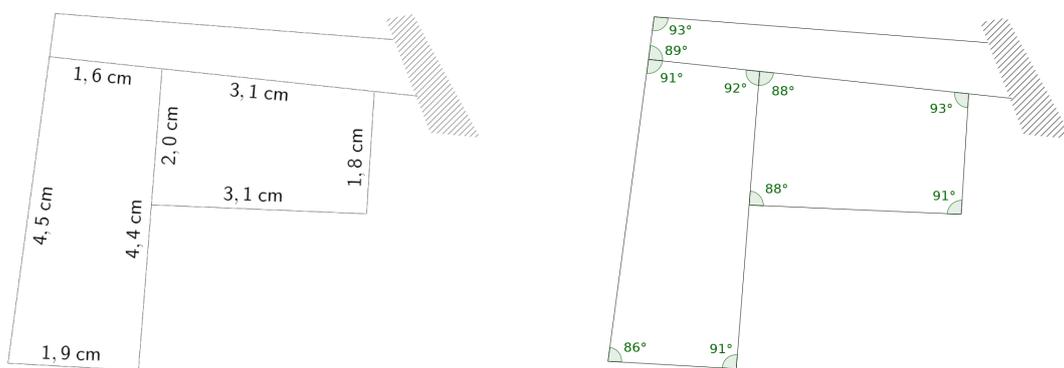


FIGURE VII.11. Mesures indicatives de longueurs et d'angles sur le diagramme de la tablette Ist Si 181³⁰

L'impression d'ensemble que donne cette configuration géométrique est plutôt que le scribe a voulu dessiner des formes géométriques dont tous les angles étaient droits, c'est-à-dire de vrais rectangles, tel qu'illustré par le schéma de la figure VII.12 ci-dessous. Je donnerai d'ailleurs dans le commentaire un argument supplémentaire en faveur de cette hypothèse. Toutefois, on ne peut pas exclure totalement qu'il ait volontairement produit des quadrilatères plus irréguliers, et il serait utile de voir le diagramme en vrai pour évaluer la plausibilité de cette éventualité.

VII.2.2.3. Inscriptions

Ce diagramme comporte sept inscriptions insérées à différents endroits du dessin.

Je propose des lectures de ces inscriptions, sous la forme de translittérations et de traductions, dans la section VII.2.3.1 ci-après. Cependant, il me semble utile d'indiquer dès à présent que cinq d'entre elles consistent en des nombres en écriture sexagésimale positionnelle flottante et les deux autres en des groupes nominaux (ou phrases nominales), l'un en akkadien avec un sumérogramme et l'autre entièrement sous la forme de sumérogrammes.

Ces inscriptions sont placées pour la plupart à l'intérieur des formes géométriques montrées par le dessin (les cinq nombres en écriture sexagésimale positionnelle flottante) et pour les autres à l'extérieur (les deux groupes nominaux). Toutes sauf une semblent suivre l'une

incurvation même légère de la face peut fausser l'impression que nous en avons à travers les photographies, et parce que leur représentation sur le schéma à partir duquel j'ai fait les mesures n'est pas parfaitement précise.

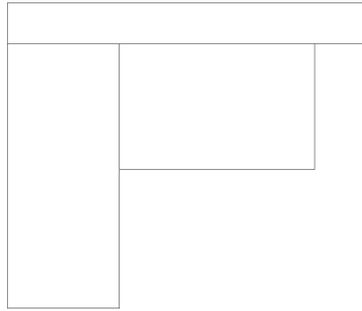


FIGURE VII.12. Probable reconstitution de la configuration géométrique que le diagramme de la tablette Ist Si 181 cherche à montrer

des lignes de la figure, de plus ou moins près : quatre des nombres s'appuient sur la ligne en question, et les deux groupes nominaux la suivent sans la toucher. Elles apparaissent de plus avec trois orientations différentes, qui, du moins avec l'orientation de la face que j'ai proposé plus haut d'adopter, sont les suivantes : trois inscriptions horizontales de gauche à droite (pour le nombre qui s'appuie sur une ligne horizontale, le groupe nominal qui suit une ligne horizontale et le nombre qui ne suit aucune ligne), trois inscriptions verticales de bas en haut (pour les deux nombres qui s'appuient sur une ligne verticale et le groupe nominal qui suit une ligne verticale), et une inscription horizontale de droite à gauche (c'est-à-dire « à l'envers », pour le dernier nombre qui s'appuie sur une ligne horizontale).

Ces inscriptions semblent par ailleurs être écrites d'une manière et d'une taille comparables au « texte » (numérique) du revers. Ainsi que je l'ai mentionné dans la partie sur la technique d'écriture, plusieurs d'entre elles présentent le « motif de Messerschmidt », qui indique qu'elles ont très probablement été réalisées au moyen d'un calame en roseau.

VII.2.2.4. Techniques de tracé

Les traits constituant le dessin géométrique sont assez profonds, larges et évasés, comme on le voit sur le premier gros plan de la figure VII.13 ci-dessous, ce qui rappelle à première vue le profil des impressions. Cependant, on n'y détecte aucune marque de tête de clou, ils ne sont pas parfaitement rectilignes, on y observe de petites boules d'argile accumulées au fond de certains sillons, et leur largeur et leur profondeur sont irrégulières, comme on le voit sur les quatre gros plans suivants de la figure VII.13, ce qui montre que cette première idée n'est en fait vraisemblablement pas correcte.³¹ Bien que tous les éléments relevés ne pointent pas de manière univoque vers une même technique de tracé, le plus probable pour concilier au mieux toutes ces caractéristiques me semble être que les lignes aient été tracées par incision, mais que cette incision ait été pratiquée avec un outil large tel que le calame et non un outil à pointe fine. On repère d'ailleurs sur les flancs de certaines des lignes des traces de fibres parallèles à la ligne qui tendent à confirmer que le tracé a été réalisé au moyen d'un calame en roseau, qui a alors toutes les chances d'être le même que celui qui a été employé pour écrire le texte.

31. Il y a certainement une exception concernant les têtes de clou, à savoir la petite ligne tout en bas du diagramme, où l'on voit une telle marque sur la gauche, un peu masquée par les inscriptions qui se trouvent à cet endroit. Néanmoins, il est possible que cette ligne, beaucoup plus courte que les autres, ait été tracée d'une autre manière, de sorte que cette observation n'altère pas vraiment les conclusions générales.



FIGURE VII.13. Aspect des traits du diagramme de la tablette Ist Si 181³²

Le fait que les lignes composant le dessin ne soient pas parfaitement rectilignes, avec plusieurs d'entre elles incurvées et au moins l'une d'entre elles légèrement sinueuse, montre que le tracé a été réalisé à main levée, sans recours à une règle.

Étant donné qu'il n'y a pas de marques de têtes de clous au début des lignes, et où leur largeur varie de manière irrégulière, je ne suis pas en mesure de déterminer dans quelle direction elles ont été tracées. La seule chose qui peut être dite à ce sujet est qu'aucun élément ne vient contredire l'idée selon laquelle qu'elles auraient été tracées de manière usuelle, de gauche à droite pour celles qui sont horizontales et de haut en bas pour celles qui sont verticales.

On remarque que les lignes débutent et se terminent à plusieurs endroits exactement là où l'on peut s'attendre à ce qu'elles débutent et se terminent, formant alors de vrais coins, comme on le voit par exemple sur les deux premiers gros plans de la figure VII.14 ci-dessous, mais que ce n'est pas systématiquement le cas. À au moins deux autres endroits, les deux lignes qui devraient vraisemblablement se rencontrer ne se poursuivent pas l'une jusqu'à l'autre, laissant alors un espace vide là où l'on attendrait un coin, comme illustré par le troisième gros plan de la figure VII.14 ci-dessous. Enfin, à au moins un dernier endroit, les deux lignes se prolongent au contraire au delà de leur intersection, comme illustré par le quatrième et dernier gros plan de la figure VII.14 ci-dessous.



FIGURE VII.14. Aspect des sommets du diagramme de la tablette Ist Si 181³³

VII.2.2.5. *Ordre de réalisation des différents éléments*

Dans la mesure où les lignes composant ce diagramme n'ont pas été tracées par impression et où peu d'entre elles s'intersectent vraiment, il ne me semble pas possible de reconstituer leur séquence de tracé. Les seuls éléments qui pourraient éventuellement être avancés à ce sujet, qui concernent d'une part l'intersection entre la ligne verticale du milieu et la ligne horizontale en bas à droite et d'autre part l'intersection entre la ligne verticale de droite et la

32. Les cinq images sont des gros plans sur une photographie de la face de la tablette Ist Si 181 réalisée par C. Proust au Musée Archéologique d'Istanbul.

33. Les quatre images sont des gros plans sur une photographie de la face de la tablette Ist Si 181 réalisée par C. Proust au Musée Archéologique d'Istanbul.

ligne horizontale en bas à droite, sont à mon sens trop incertains et trop isolés pour qu'il soit envisageable de les exploiter.

En revanche, il est possible d'étudier au moins en partie l'ordre de réalisation relatif du dessin et des inscriptions qui y apparaissent. En effet, comme je l'ai signalé plus haut, il y a en tout sur ce diagramme quatre inscriptions qui touchent une ligne et pour lesquelles on peut tenter de déterminer cet ordre. Pour deux d'entre elles, à savoir les deux inscriptions verticales à l'intérieur des rectangles, la situation est claire, et l'on voit nettement qu'elles ont été tracées après la ligne sur laquelle elles s'appuient puisque les clous qui les constituent apparaissent clairement sur le trait, comme illustré par les deux premiers gros plans de la figure VII.15 ci-dessous. En revanche, pour les deux autres, à savoir la première inscription horizontale dans le rectangle de droite et l'inscription à l'envers dans celui de gauche, la situation est plus ambiguë. En ce qui concerne la première d'entre elles, il semble d'une part que le signe « 40 » à la fin ait été tracé après la ligne et d'autre part que le signe « 50 » au début ait été tracé avant elle puisque ses deux chevrons du haut paraissent interrompus par la ligne, comme on le voit sur le troisième gros plan de la figure VII.15 ; il est possible que cette situation « hybride » soit à mettre en relation avec la possibilité, évoquée ci-dessous, que l'inscription en question ait été écrite suite à une correction. En ce qui concerne la deuxième d'entre elles, il est difficile de distinguer correctement les indices utiles sur la photographie mais il me semble que la ligne a été tracée plutôt après l'inscription, comme on le voit sur le quatrième gros plan de la figure VII.15 ; là encore, cette situation inattendue pourrait être liée à la confusion que l'on repère dans cette zone de la tablette, même s'il est difficile de l'expliquer précisément.



FIGURE VII.15. Ordre de réalisation des traits et inscriptions sur le diagramme de la tablette Ist Si 181³⁴

VII.2.2.6. Retour sur les traces d'effacement

Pour finir, plusieurs potentielles traces d'effacement repérables sur le diagramme, que j'ai déjà évoquées rapidement plus haut, méritent d'être décrites et discutées plus en détail.

On relève tout d'abord sur la droite du diagramme une trace en creux, montrée en gros plan par la figure VII.16 sur la page suivante, qui semble être une trace d'effacement bien que l'on ne puisse pas exclure totalement qu'il ne s'agisse que d'une marque involontaire. Si cela en est bien une, on peut envisager que le scribe ait voulu rectifier a posteriori le tracé du rectangle allongé du haut, qu'il avait poursuivi trop loin vers la droite.

On repère de plus une zone assez confuse en bas à gauche du diagramme, montrée par le gros plan de la figure VII.17 sur la page suivante, dans laquelle on distingue quelques restes de lignes semblant ne pas appartenir à la figure actuelle et peut-être un léger enfoncement de la surface. L'état de cette zone pourrait s'expliquer par le fait que le scribe y a effacé des

34. Les quatre images sont des gros plans sur une photographie de la face de la tablette Ist Si 181 réalisée par C. Proust au Musée Archéologique d'Istanbul.

lignes (voire des signes) s’y trouvant avant de tracer et inscrire le contenu actuel. Il me semble que l’on peut exclure l’hypothèse selon laquelle ces lignes antérieures auraient appartenu à une précédente strate de contenu, aucun autre élément n’allant dans le sens d’un effacement global en vue d’une réutilisation. Il s’agissait ainsi plus vraisemblablement soit de lignes du présent diagramme que le scribe avait mal tracées et a souhaité rectifier, soit de marques que le scribes a produites involontairement et a voulu faire disparaître.



FIGURE VII.16. Potentielle trace d’effacement sur la droite du diagramme de la tablette Ist Si 181³⁵

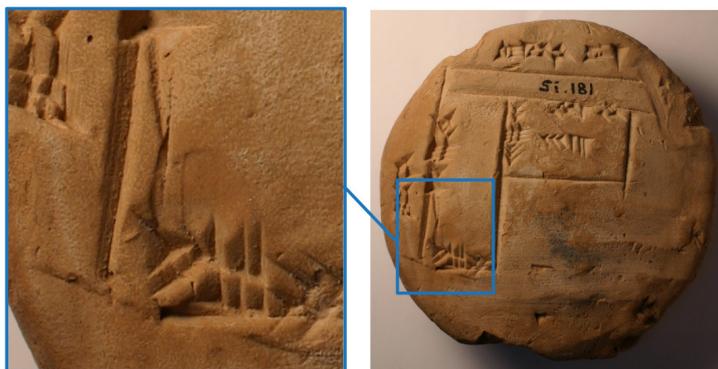


FIGURE VII.17. Zone confuse en bas à gauche du diagramme de la tablette Ist Si 181³⁶

Par ailleurs, le premier signe de la deuxième inscription horizontale est un peu plus confus et brillant que les autres, comme on le voit sur le gros plan de la figure VII.18 sur la page suivante, et pourrait ainsi avoir été imprimé sur une zone ré-humidifiée, peut-être suite à une correction. Le fait qu’à cet endroit précis la ligne appartenant au diagramme située juste au-dessus du signe semble avoir été tracée après lui alors qu’elle l’a été visiblement avant le signe qui le suit immédiatement à sa droite semble aller dans le sens de cette hypothèse, puisque cela suggère que le scribe aurait d’abord tracé la ligne, puis écrit l’inscription juste en dessous en la chevauchant, puis effacé le premier signe de cette inscription, puis réinscrit un nouveau signe à la place, puis complété la ligne qui avait été interrompue par l’effacement.

35. L’image est un montage composé d’une photographie de la face de la tablette Ist Si 181 réalisée par C. Proust au Musée Archéologique d’Istanbul et d’un gros plan sur cette même photographie.

36. L’image est un montage composé d’une photographie de la face de la tablette Ist Si 181 réalisée par C. Proust au Musée Archéologique d’Istanbul et d’un gros plan sur cette même photographie.

Enfin, d'autres traces, encore moins claires et plus difficiles à interpréter, peuvent être relevées. En haut à gauche du diagramme, le long de la ligne verticale, on distingue une petite bosse d'argile qui a été poussée vers l'intérieur de la tranchée comme cela arrive parfois lorsqu'un effacement est opéré à proximité, visible sur le premier gros plan de la figure VII.19 sur la page suivante. Et, juste au-dessus de la première inscription horizontale en haut du diagramme, on distingue un enfoncement local de forme globalement ovale, visible sur le deuxième gros plan de la figure VII.19. Je ne peux toutefois guère faire mieux que mentionner ces observations.



FIGURE VII.18. Inscription dans une zone ré-humidifiée sur le diagramme de la tablette Ist Si 181³⁷

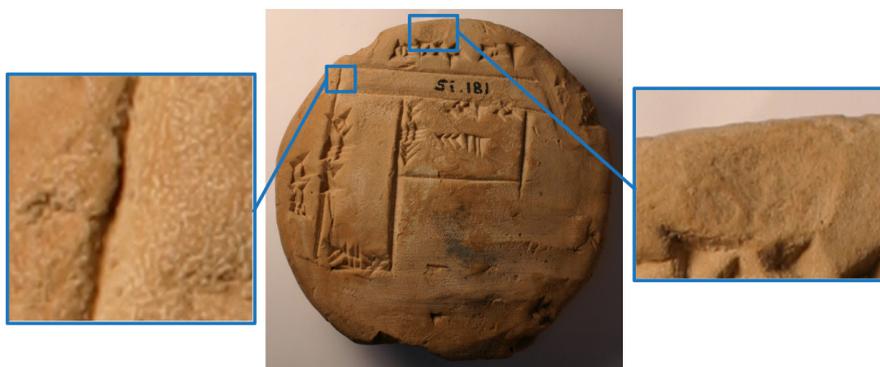


FIGURE VII.19. Autres traces d'effacement potentielles sur le diagramme de la tablette Ist Si 181³⁸

VII.2.3. Lecture et analyse du contenu

Pour avancer dans l'étude de ce diagramme, il nous faut maintenant comprendre le contenu de la tablette. La première étape pour ce faire consiste à lire d'une part les inscriptions qui apparaissent sur le diagramme lui-même et d'autre part le petit texte numérique qui apparaît au revers, et j'en propose donc une édition dans la section VII.2.3.1, avant de procéder à une analyse pas à pas dans les sections VII.2.3.2 à VII.2.3.6.

37. L'image est un montage composé d'une photographie de la face de la tablette Ist Si 181 réalisée par C. Proust au Musée Archéologique d'Istanbul et d'un gros plan sur cette même photographie.

38. L'image est un montage composé d'une photographie de la face de la tablette Ist Si 181 réalisée par C. Proust au Musée Archéologique d'Istanbul et de deux gros plans sur cette même photographie.

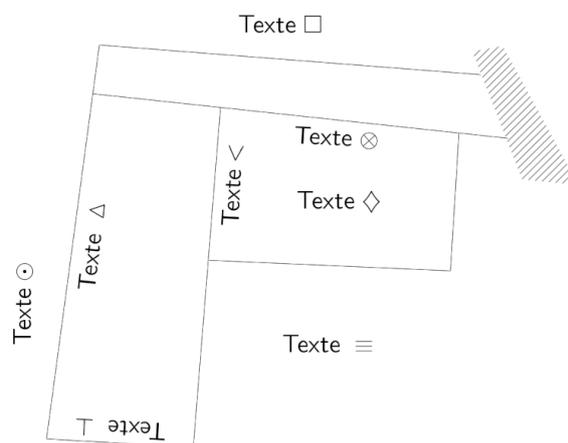
VII.2.3.1. Translittération et traduction des inscriptions et du texte

La translittération et la traduction que je propose pour les différents éléments textuels présents sur la tablette Ist Si 181 sont données ci-dessous, suivies, comme toujours, des notes philologiques qui leur sont associées. Étant donné que le très bref texte numérique apparaissant au revers de la tablette peut se lire de manière plutôt linéaire, je présente son édition de la manière habituelle. En revanche, les inscriptions apparaissant sur la face ne sont pour leur part pas du tout organisées de manière linéaire, mais au contraire placées à différents endroits du dessin avec différentes orientations, de sorte qu'il me semble nécessaire de présenter leur édition en lien avec un schéma. Une première possibilité aurait été de les insérer directement sur un tel schéma, aux endroits et avec les orientations du texte original, mais cela aurait présenté d'une part l'inconvénient d'obliger le lecteur à tourner la page pour pouvoir lire toutes les inscriptions et d'autre part l'inconvénient de rendre impossibles les recherches de chaînes de caractères dans l'édition. Pour cette raison, j'ai fait le choix de plutôt donner côte à côte, ci-dessous, d'une part un schéma du diagramme sur lequel sont placés des symboles aux endroits approximatifs des inscriptions, orientés de la même manière que le texte qui s'y trouve, et d'autre part une édition donnant la translittération et la traduction de chaque inscription en regard du symbole correspondant. Il est à noter qu'aucun ordre de lecture particulier ne peut à mon avis être déterminé ; l'ordre dans lequel je présente les inscriptions dans cette édition du texte de la face n'est pas significatif et consiste simplement en un parcours du diagramme qui suit globalement le sens horaire, ce qui explique que j'utilise des symboles neutres plutôt que des nombres ou des lettres qui suggéreraient une progression ordonnée.

Enfin, comme à mon habitude, je fais suivre la translittération et la traduction que je propose de notes philologiques détaillées.

Ist Si 181

OBV.	⊙	<i>i-ta</i> SILA À côté de la rue.
	△	1.16.40 [?] 1.16.40 [?]
	□	SAG.BI SILA.DAGAL [?] Son front (donne sur) la grand-rue [?] .
	<	39.20 39.20
	⊗	51.40 51.40
	◇	33 33
	⊥	ʿ56ʿ.40 ʿ56ʿ.40
	≡	(Restes de signes effacés)
REV.	1.	56.40 56.40
	2.	ʿ1ʿ.16.40 ʿ1ʿ.16.40



Notes philologiques

Ligne Δ : Les chiffres « 1 » et « 16 » sont clairement lisibles. Le chiffre « 40 » est moins clair, et l'on pourrait croire distinguer un chevron supplémentaire. Toutefois, ce dernier chevron n'est pas positionné de la manière usuelle pour former un groupe « 50 », et, de plus, le premier nombre écrit au revers de la tablette, que je proposerai de mettre en relation avec la face dans le commentaire, laisse penser qu'il faut effectivement plutôt lire « 1.16.40 ».

Ligne \square : L'identification des signes « BI » et « SILA » de cette inscription est assurée, et celle du signe « SAG » est très probable bien que la forme observée ne soit pas exactement la même que celle répertoriée dans les syllabaires [LABAT2011] et [MITTERMAYER2006] (qui comporte un clou vertical de plus), et permet de plus de former l'expression « SAG.BI », soit « son petit côté », qui est couramment utilisé dans les textes administratifs (et que je choisis de traduire plutôt ici par « son front » pour des raisons expliquées dans le glossaire de l'annexe D). L'identification du signe « DAGAL » à la fin est plus incertaine dans la mesure où le signe observé est écrit de manière confuse et sa structure n'est pas exactement celle que l'on attend d'après les syllabaires, mais la silhouette générale correspond néanmoins à celle de ce signe. De plus, cette lecture permet de former le sumérogramme composé « SILA.DAGAL », soit « la grand-rue », qui fait parfaitement sens dans ce contexte, et je n'ai trouvé aucune alternative, de sorte que je l'adopte.

Ligne \perp : Cette inscription est plus difficile à étudier que les autres dans la mesure où elle apparaît à l'envers et où l'éclairage ne la fait donc parfaitement ressortir sur aucune des deux photographies de la face dont je dispose. Sa lecture laisse cependant peu de doutes, et celle que je propose semble d'ailleurs confirmée par le deuxième nombre inscrit au revers, que je proposerai de mettre en relation avec la face dans le commentaire.

Ligne \equiv : Les restes de signes observables sont trop ténus pour qu'il soit envisageable de proposer des lectures. On distingue sur la gauche un clou horizontal, plus bas un clou vertical ou un chevron légèrement pivoté, en haut à droite un chevron, et en bas à droite ce qui semble être une signe 50.

Ligne 2 : Le clou vertical que l'on attend au début de cette inscription en raison des correspondances entre la face et le revers que je discuterai dans le commentaire n'est pas clairement lisible : il semble s'être trouvé dans une zone où la surface est légèrement endommagée, et l'on en voit seulement un reste de queue situé relativement loin du signe suivant. Toutefois, la lecture des autres chiffres du nombre concerné étant assurée et renvoyant assez clairement au même nombre sur la face, il me semble vraisemblable qu'il faille bien considérer qu'il était initialement présent.

Ligne 3 : On distingue sur la gauche de cette zone effacée ce qui semble être un clou vertical, suivi d'un chevron très net et de deux restes de têtes de clous verticaux. Bien que le clou vertical soit encore une fois un peu plus éloigné de la suite que ce à quoi l'on s'attend, cette séquence pourrait être le début d'un nombre commençant par « 1.12 », ou plus généralement par « 1.1x », avec x un chiffre entre 2 et 9.

VII.2.3.2. Représentation d'un terrain

Sur le diagramme de la face de la tablette, les deux inscriptions qui ne sont pas des nombres contiennent les expressions « *i-ta* SILA » et « SAG.BI SILA.DAGAL », deux expressions bien connues typiques du formulaire des contrats de vente ou de location paléo-babyloniens de Sippar, qui y sont utilisées pour localiser le terrain ou le bâtiment considéré dans le contrat. Il est donc très vraisemblable que nous ayons ici à faire à la représentation d'un ou de plusieurs terrains ou bâtiments, dont la situation géographique est indiquée au moyen du même vocabulaire que celui employé dans les contrats.

Une fois ce constat établi, il se pose tout d'abord la question de savoir de quel type de terrain ou de bâtiment il s'agit. Dans la mesure où celui-ci se trouve à l'angle de deux rues

(« SILA » et « SILA.DAGAL »), une comparaison avec la localisation des terrains qui font l'objet de contrats montre qu'il est peu plausible qu'il s'agisse d'un champ.³⁹ Il doit donc vraisemblablement s'agir soit d'une maison (le plus souvent « É.DÙ.A » ou « *bitum epšum* ») soit d'un terrain urbain nu (le plus souvent « É.KI.GÁL » ou « *kikallûm* »), tous deux bien attestés dans les contrats paléo-babyloniens de Sippar.⁴⁰ Or, les quelques éléments de description généraux des plans de bâtiments et de terrains que j'ai donnés dans la section I.1.2.1 du premier chapitre font apparaître que les premiers sont généralement représentés avec des contours doubles figurant leurs murs, comme on l'observe également sur certaines autres tablettes de ce petit lot du Musée d'Istanbul (ainsi que l'on peut le voir sur la figure VII.1 ci-dessus), tandis que les seconds sont représentés avec des contours simples figurant leurs limites, comme c'est le cas sur la tablette que nous sommes en train d'étudier. Pour toutes ces raisons, le plus probable est que l'on ait ici à faire à la représentation d'un terrain urbain nu, même si les autres hypothèses ne peuvent être totalement écartées, et, pour alléger les explications, je parlerai dans la suite simplement de « terrain » sans mentionner les autres éventualités.

On pourrait ensuite chercher à situer précisément sur un plan de Sippar le terrain ainsi représenté. Toutefois, aucune des deux rues servant à le localiser n'est nommée et, si la grande-rue non nommée semble pouvoir être identifiée avec une bonne probabilité comme la rue que L. Dekiere appelle « Broad Street » bien qu'il ait existé d'autres grand-rues à Sippar-Yaḥrurum, rien ne nous permet de savoir quelle était la deuxième rue.⁴¹ Je reviendrai plus loin sur cette imprécision de la localisation du terrain.

Il est intéressant de noter que les deux inscriptions contenant les informations permettant de localiser le terrain représenté sont placées à l'extérieur du dessin, le long des côtés correspondants et sans les toucher, tandis que les cinq autres inscriptions (qui, comme nous le verrons plus loin, se rapportent au terrain lui-même) sont placées à l'intérieur du dessin, et s'appuient sur ses contours pour quatre d'entre elles.

On observe par ailleurs plus précisément que les deux quadrilatères du bas du dessin contiennent des inscriptions tandis que celui du haut, qui est de plus particulièrement allongé et ouvert sur la droite, ne contient aucune indication écrite.⁴² Il semble donc raisonnable de

39. Cette affirmation est basée sur la consultation de plusieurs dizaines de contrats de vente de champs (« A.ŠÀ ») paléo-babyloniens provenant de Sippar édités par L. Dekiere dans les volumes [DEKIERE1994a], [DEKIERE1994b], [DEKIERE1995a] et [DEKIERE1995b]. Il ressort de cette documentation que les champs sont localisés dans les contrats au moyen des noms des terroirs ou districts (« A.GÀR », « *tawirtum* ») dans lesquels ils se trouvent, des noms des propriétaires des champs voisins, des noms des canaux ou rigoles (« ÍD », « *atappum* », « *namkarum* », « PA₅ ») qui les bordent, occasionnellement des noms des routes (« KASKAL ») qu'ils longent, des noms des digues (« E ») qui les bordent ou des types de plantations qui les entourent, mais une seule fois au moyen d'un nom de rue (« *sūqum* ») pour tous ceux que j'ai consultés (dans la tablette BM 80103 datant du règne de Samsu-iluna, éditée dans le volume [Dekiere1995a]). Notons par contre que l'absence de mention d'un canal autour du terrain auquel nous avons ici à faire, qui pourrait paraître de prime abord rendre impossible le fait qu'il s'agisse d'un champ, n'est en revanche pas un argument supplémentaire, puisqu'il est en fait assez fréquent dans les contrats qu'aucun cours d'eau ne soit nommé pour localiser un champ (soit parce que les éléments de localisation ne sont pas donnés pour tous les côtés, soit simplement parce que le champ ne semble pas s'être trouvé au bord d'un cours d'eau).

40. Dans la mesure où le présent travail n'est pas une étude géographique ou économique, cette liste de possibilités mentionne seulement les deux principaux types de biens immobiliers auxquels cette tablette pourrait faire référence, et n'est bien sûr pas exhaustive. On trouve également dans les contrats de vente et de location de biens immobiliers d'autres types de bâtiments (par exemple des greniers, des remises, des ruines) et d'autres types de terrains (dont les noms ne sont à ma connaissance pas toujours compris).

41. À propos de l'identification des rues appelées simplement « SILA.DAGAL » avec « Broad Street », voir les volumes de L. Dekiere cités dans la note 39 ci-dessus. Plusieurs autres grand-rues sont attestées à Sippar-Yaḥrurum, telles que la grand-rue de Bunene, la grand-rue de Nin-ḫegal, la grand-rue de Šin et la grand-rue des gens d'Isin, comme indiqué dans [KALLA2011] page 531).

42. Rappelons que, comme mentionné plus haut, il n'est pas impossible que le quadrilatère du haut ait été

supposer que le terrain étudié lui-même correspond seulement aux deux quadrilatères du bas, et que le troisième quadrilatère, assez sensiblement différent, n'en fait pas partie et représente en fait la grand-rue le long de laquelle il se trouve.

Ayant ainsi avancé dans l'identification des objets représentés, on constate alors que ce que je propose de voir comme le terrain considéré apparaît comme deux zones rectangulaires ou presque rectangulaires adjacentes. On peut alors envisager plusieurs possibilités : il pourrait s'agir soit de deux terrains différents voisins l'un de l'autre, soit d'un unique terrain composé de deux éléments différents (par exemple, si l'on revient à l'idée de bâtiment que nous n'avions pas pu écarter tout à fait, une maison et un terrain nu associé, ou deux pièces d'une maison), soit d'un unique terrain divisé de manière réelle pour un besoin particulier (par exemple dans le cadre de la vente partielle d'une propriété ou du partage d'une propriété entre deux héritiers), soit encore d'un unique terrain divisé de manière fictive par le scribe pour des raisons techniques (par exemple pour lui permettre de calculer l'aire de la forme gnomoidale à étudier en se ramenant à deux aires de rectangles bien que ce découpage ne corresponde à aucune réalité concrète). La dernière hypothèse, qui correspond à une pratique bien connue des arpenteurs, est très probable, et les trois autres, qui se rencontrent occasionnellement dans les contrats, sont également plausibles. Bien que je ne puisse pas trancher, je parlerai dans la suite, pour simplifier, d'un « terrain », au singulier, composé de deux « parcelles ».

Enfin, dans un autre registre, il me semble intéressant de revenir, forts de toutes ces nouvelles données, à la description de la configuration géométrique montrée par le diagramme que j'ai proposée dans la section VII.2.2.2. J'avais, à ce moment-là, indiqué qu'elle était composée de quadrilatères qui ressemblaient à des rectangles. Or, des fouilles menées à Sippar-Yahrurum par l'Université de Bagdad ont montré que les rues de cette ville étaient, au moins dans un quartier de maisons privées, parallèles les unes aux autres.⁴³ Cela nous conforte donc dans l'idée que les quadrilatères dessinés, dont nous savons maintenant qu'ils représentent vraisemblablement les parcelles d'un terrain de Sippar situé à l'angle de deux rues, doivent bien être envisagés comme des rectangles. C'est un exemple intéressant de cas dans lequel des données archéologiques autres que celles liées au contexte d'une tablette peuvent nous aider, même s'il faut rester prudents, à identifier plus clairement ce qui est montré par un diagramme.

Afin de résumer tous les premiers éléments rassemblés grâce à la discussion proposée dans cette partie, la figure VII.20 ci-dessous propose un schéma illustrant la situation qui semble finalement être représentée par le diagramme apparaissant sur la face de la tablette Ist Si 181.

VII.2.3.3. Dimensions du terrain

Parmi les cinq inscriptions que je n'ai pas analysées jusqu'ici, quatre se trouvent le long d'un côté d'une des parcelles rectangulaires du terrain, s'appuyant sur celui-ci du côté intérieur à la parcelle. On peut raisonnablement penser, au vu de tout ce que nous avons établi dans le cas des diagrammes mathématiques, et même si celui considéré ici n'en est probablement pas un, que ces quatre inscriptions indiquent les longueurs des côtés correspondants.

On remarque que seule une valeur est fournie par couple de côtés opposés, ce qui renforce encore une fois l'idée que les quadrilatères montrés sont à comprendre comme des rectangles. Les deux inscriptions relatives aux côtés des parcelles qui apparaissent verticaux sur le dessin (avec l'orientation retenue) sont placées à droite du côté gauche du rectangle correspondant,

initialement fermé et n'ait perdu son côté droit que lors d'un effacement involontaire, mais cela ne me semble pas être la situation la plus plausible et ne modifie de toute manière pas significativement la discussion proposée ici.

43. Voir [CHARPIN&SAUVAGE2001] page 784.

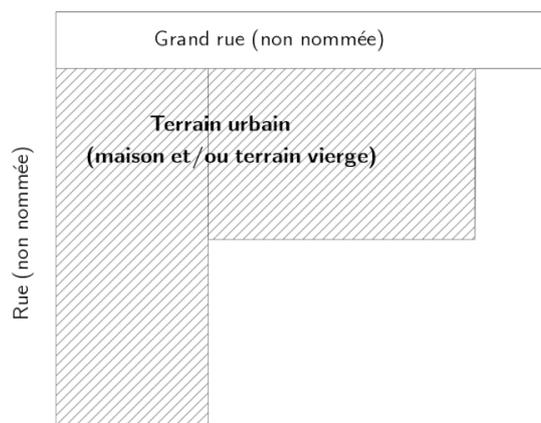


FIGURE VII.20. Interprétation de la situation représentée par le diagramme de la tablette Ist Si 181

et sont orientées verticalement de bas en haut. L'inscription relative aux côtés « horizontaux » du deuxième rectangle est placée sous son côté du haut, et est orientée horizontalement de gauche à droite. En revanche, étonnamment, l'inscription relative aux côtés « horizontaux » du premier rectangle est placée au-dessus de son côté du bas et est orientée horizontalement de droite à gauche, c'est-à-dire à l'envers ! Le fait que cette inscription soit placée près du côté du bas, et non de celui du haut comme on l'observe généralement sur les diagrammes (au moins mathématiques), peut peut-être s'expliquer par le fait que le scribe avait inscrit en premier la longueur du côté gauche et s'est ensuite aperçu qu'il n'avait pas laissé suffisamment de place pour écrire celle du côté du haut – explication d'autant plus envisageable que, dans le rectangle de droite également, le décalage de l'inscription horizontale semble suggérer qu'elle a été écrite après l'inscription verticale. Mais même si le positionnement de cette inscription peut trouver une explication pratique, son orientation inhabituelle, qui donne l'impression qu'à chaque côté est associé un sens d'écriture de telle sorte que, si tous les côtés des rectangles portaient des inscriptions, on pourrait les lire les unes à la suite des autres en tournant dans le sens des aiguilles d'une montre, constitue un élément à relever.

Au delà de la position des inscriptions, il est frappant de constater que, bien que ce diagramme se présente sous la forme d'un plan de terrain dont la situation est décrite avec un vocabulaire issu des textes de la pratique, toutes ses dimensions sont données sous la forme de nombres sexagésimaux positionnels flottants, ou de nombres écrits sous une forme qui peut entre autres correspondre à des nombres sexagésimaux positionnels flottants, et non sous la forme de mesures : « 1.16.40 », « 39.20 », « 51.40 », « 56.40 ».

Pour essayer de reconstituer quelles mesures étaient envisagées à travers ces nombres abstraits, il nous faut nous reporter aux tables métrologiques, et en l'occurrence plus précisément à celle des longueurs, dans laquelle sont répertoriées les correspondances entre les différentes mesures de longueurs exprimées avec leurs unités et les représentants sexagésimaux positionnels flottants qui sont associés à ces mesures. Il est bien connu que, dans ces tables, chaque nombre sexagésimal positionnel flottant apparaît plusieurs fois, pour différentes mesures séparées les unes des autres par des facteurs 60.⁴⁴ Cependant, sachant qu'il y a de bonnes raisons de penser que le terrain auquel nous avons affaire ici est un terrain urbain ou éventuellement une

44. Voir l'annexe B à la fin de ce travail pour quelques explications de base sur cet aspect, et [PROUST2007] et [PROUST2008a] pour des explications beaucoup plus complètes.

maison, il est possible de déterminer laquelle des différentes mesures correspondant à chaque nombre est la plus susceptible d'avoir été celle envisagée. Nous pouvons pour cela nous fonder sur plusieurs observations. Une première observation est que les quatre mesures considérées sont très probablement du même ordre de grandeur puisqu'il paraît difficilement envisageable d'avoir en ville un côté de terrain une soixantaine de fois plus grand qu'un autre sans que le premier ne soit ridiculement petit. Une deuxième observation est que les représentants sexagésimaux positionnels qui apparaissent sur le diagramme sont tous relativement « proches de 1 », qui est associé dans la table métrologique des longueurs à 6 *šusi* (environ 10 centimètres), 1 *ninda* (environ 6 mètres), 1 *uš* (environ 360 mètres) et 2 *danna* (environ 21 kilomètres). La première et la dernière éventualités peuvent clairement être exclues par simple bon sens étant donnée la situation considérée, et la troisième très probablement aussi compte tenu du fait que les surfaces relevées dans les contrats immobiliers paléo-babyloniens de Sippar sont toujours de l'ordre de quelques *sar* seulement, c'est-à-dire quelques *ninda* carrés.⁴⁵ Tous ces éléments rassemblés tendent finalement à indiquer que tous les représentants sexagésimaux positionnels flottants indiqués sur le dessin renvoient à des mesures de l'ordre du *ninda*, ce qui entraîne alors que les dimensions de la première parcelle doivent être de 1 *ninda* 3 *kuš* 10 *šusi* (soit environ 7,66 mètres) sur 11 *kuš* 10 *šusi* (soit environ 5,66 mètres), et celles de la deuxième parcelle de 7 *kuš* 26 *šusi* (soit environ 3,92 mètres) sur 10 *kuš* 10 *šusi* (environ 5,15 mètres) – ce qui donne des superficies de l'ordre de 43,4 mètres carrés pour la première et 20,2 mètres carrés pour la deuxième.⁴⁶

Plusieurs remarques au sujet de ces valeurs s'imposent.

Premièrement, si l'ordre de grandeur supposé est correct, ce qui est probablement le cas, alors ces valeurs sont données au *šusi* près, c'est-à-dire à environ deux centimètres près, ce qui est très précis pour des mesures de terrain. Je reviendrai sur ce point plus loin.

Deuxièmement, avec cette manière de comprendre les valeurs, le côté du terrain qualifié de « SAG », de « front », mesure en tout 1 *ninda* 9 *kuš* 20 *šusi* tandis que l'autre mesure, comme indiqué plus haut, seulement 1 *ninda* 3 *kuš* 10 *šusi*.⁴⁷ Or, ceci est surprenant aussi bien dans le contexte des textes mathématiques, où les valeurs fournies pour décrire les formes géométriques révèlent que le terme « SAG » y est toujours employé pour désigner les deux petits côtés des rectangles (leurs largeurs), que dans celui des contrats immobiliers, où les mesures des côtés des terrains ne sont pas indiquées mais où des considérations topographiques et agricoles laissent penser que le terme « SAG » désigne en règle générale également leurs petits côtés – ce qui est d'ailleurs la traduction qui figure dans les dictionnaires.⁴⁸

Troisièmement, si nous comparons rapidement les proportions qui nous sont suggérées par ces valeurs à celles qui apparaissent effectivement sur le dessin, nous remarquons que le diagramme n'est, comme nous en avons l'habitude, pas du tout à l'échelle, avec deux principaux

45. Voir à nouveau à ce sujet les volumes d'édition de contrats immobiliers de Sippar préparés par L. Dekiere et cités dans la note 39.

46. Si l'on regarde le texte composite de la table métrologique des longueurs fourni dans [PROUST2008a] pages 91-92, on trouve que 1 correspond, dans l'ordre de grandeur des *ninda*, à 1 *ninda*. Dans l'ordre de grandeur inférieur, 16 n'apparaît pas directement, mais 15 correspond à 3 *kuš* et 1 à 6 *šusi*. Enfin, dans l'ordre de grandeur encore inférieur, 40 correspond à 4 *šusi*. En rassemblant toutes ces correspondances, on obtient que le nombre 1.16.40 est le représentant sexagésimal positionnel flottant de la mesure 1 *ninda* 3 *kuš* 10 *šusi* que j'ai indiquée dans le corps de texte. Les trois autres s'obtiennent de la même manière.

47. Avec les ordres de grandeur retenus, le côté total du terrain a pour longueur la somme de 11 *kuš* 10 *šusi* et de 10 *kuš* 10 *šusi*, qui vaut 21 *kuš* 20 *šusi*, c'est-à-dire, en convertissant, 1 *ninda* 9 *kuš* 10 *šusi*.

48. On pourrait envisager, pour expliquer cette situation, que le groupe nominal « SAG.BI » se rapporte ici seulement à l'une des deux parcelles et non au terrain complet, mais il me semble que cette éventualité peut être exclue du fait du placement de l'inscription correspondante bien à cheval entre les deux parcelles.

points qui ne sont pas représentés fidèlement. Tout d'abord, le rapport entre la longueur et la largeur du premier rectangle est de 1,3 d'après les valeurs indiquées mais de 2,5 sur le dessin, ce qui signifie que ce rectangle a été dessiné deux fois plus allongé que ce qu'il est vraiment !⁴⁹ Ensuite, le rapport entre les côtés horizontaux des deux rectangles est de 0,9 d'après les inscriptions mais de 1,8 sur le dessin, ce qui signifie que le côté horizontal du rectangle de droite a été représenté beaucoup trop long, et même, bien plus long que celui du rectangle de gauche alors qu'il est censé être un peu plus court !⁵⁰ Le schéma de la figure VII.21 sur la page suivante montre, à titre indicatif, le terrain considéré redessiné aux proportions qui semblent être les siennes d'après les inscriptions (si l'on suppose, comme je l'ai justifié, que toutes les mesures doivent être du même ordre de grandeur).⁵¹

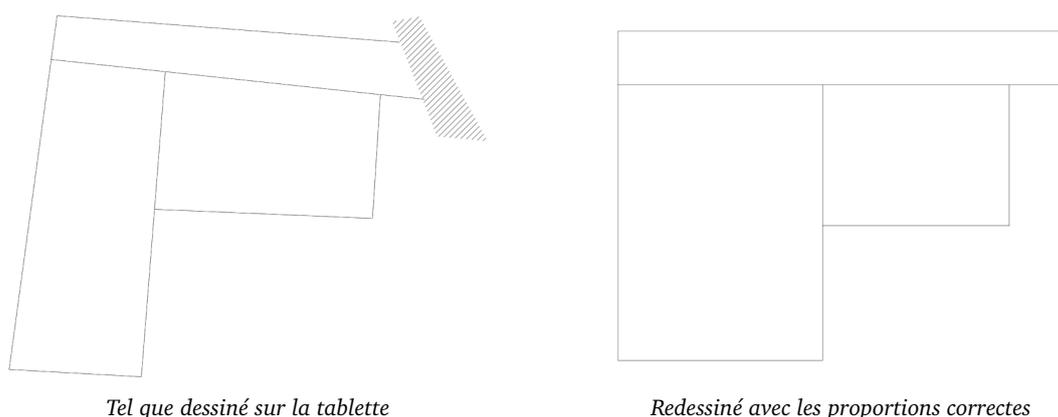


FIGURE VII.21. Terrain montré par le diagramme de la tablette Ist Si 181, tel qu'il apparaît sur le dessin et redessiné avec les proportions correctes

Enfin, quatrième, ainsi que l'a remarqué D. Mansfield, qui a eu l'occasion de voir cette tablette, tous les représentants sexagésimaux positionnels flottants apparaissant sur le diagramme sont des nombres irréguliers, c'est-à-dire des nombres qui ne possèdent pas d'inverse ayant une écriture finie dans le système sexagésimal.⁵²

VII.2.3.4. Calcul des aires des parcelles du terrain

Il reste à ce stade une dernière inscription que je n'ai pas discutée : l'inscription horizontale placée à l'intérieur du deuxième rectangle du dessin, qui semble être plutôt centrale et ne suivre aucun des côtés de ce rectangle. Étant donnés à la fois son emplacement et la signification attribuée aux autres inscriptions, on s'attend à ce qu'elle indique la surface de la parcelle correspondante. Nous avons vu que cette parcelle devait probablement être comprise comme rectangulaire, et qu'elle avait des côtés de représentants sexagésimaux positionnels flottants 39.20 et 51.40, de sorte que le représentant sexagésimal positionnel flottant de la mesure de sa surface est 33.52.13.20. Or on constate que ce qui est écrit à cet endroit n'est pas ce nombre sexagésimal à quatre positions mais seulement le nombre 33, qui en est une troncature à une

49. Le rapport entre la longueur et la largeur du deuxième rectangle est pour sa part de 1,3 d'après les inscriptions et de 1,6 sur le dessin, ce qui est relativement proche.

50. Le rapport entre les côtés verticaux des deux rectangles est pour sa part de 1,9 d'après les inscriptions et de 2,3 sur le dessin, ce qui n'est pas excessivement éloigné.

51. Là encore, ces « anomalies » peuvent être résolues en adoptant une vision de la situation dans laquelle tous les côtés n'ont pas le même ordre de grandeur, mais cela est, comme je l'ai déjà expliqué, très improbable d'un point de vue pratique.

52. Communication personnelle de D. Mansfield à C. Proust du 16 août 2019.

seule position.⁵³ Plusieurs hypothèses peuvent être envisagées pour rendre compte de ce point, même si aucune ne me paraît parfaitement convaincante à ce stade.

Une première possibilité serait que le scribe ait commencé à écrire le résultat complet qu'il avait calculé ailleurs, et se soit ensuite interrompu en s'apercevant qu'il n'aurait pas la place de l'écrire en entier. Cette éventualité me semble cependant peu plausible, d'une part car il restait la place d'écrire un peu plus de chiffres même sans aller jusqu'à la fin du nombre, et d'autre part car le chiffre « 33 » est bien centré dans l'espace disponible, comme si le scribe savait déjà en l'écrivant qu'il ne poursuivrait pas.

Une deuxième possibilité serait que le scribe ait commencé le calcul de la surface mais n'ait pas réussi à le mener jusqu'au bout et n'ait donc indiqué que le premier chiffre – ce qui ferait d'ailleurs écho à ce qui pourrait s'être passé pour le calcul de la surface de la parcelle de gauche, comme nous le verrons dans la section suivante. Cette explication impliquerait toutefois l'utilisation d'une technique de multiplication traitant en premier les chiffres de plus grand ordre de grandeur dans les nombres...

Une troisième hypothèse envisageable est que le scribe ait volontairement donné seulement une approximation du résultat, par exemple parce qu'une plus grande précision ne lui était pas utile. En effet, l'écart relatif entre la vraie valeur et cette approximation est de 2,5%, ce qui est relativement faible et représente un écart d'environ un demi mètre carré seulement avec l'ordre de grandeur des mesures jugé plus haut comme étant le plus probable. Il faut néanmoins préciser à propos de cette hypothèse que le nombre indiqué n'est pas le meilleur arrondi à un chiffre du résultat attendu, qui serait 34, mais une troncature qui est moins précise que cet arrondi... Une explication à cette situation pourrait être que le scribe n'a pas calculé le produit exact des deux nombres pour ensuite l'approximer, mais a calculé uniquement le produit de leurs premiers chiffres, 51 et 39, ce qui donne 33.9, et a ensuite approximé cette approximation en 33. Cette hypothèse est peut-être la plus satisfaisante, même s'il me faudrait étudier plus en détail les travaux qui ont été réalisés sur les techniques de calcul et d'approximation pour me prononcer réellement.⁵⁴

Enfin, une quatrième possibilité est le scribe se soit interrompu pour une raison extérieure qui n'a pas laissé de trace sur la tablette et que nous ne pouvons donc pas deviner.

Pour revenir au diagramme qui nous occupe, on remarque que l'aire de la parcelle de droite, que nous venons de discuter, est la seule à être indiquée : ni l'aire de la parcelle de gauche ni l'aire totale du terrain n'ont été portées sur le dessin.

VII.2.3.5. Liens entre la face et le revers de la tablette

Bien que l'aire de la parcelle de gauche du terrain ne soit, comme je viens de le signaler, pas indiquée sur le diagramme, on note que les deux représentants sexagésimaux des longueurs des côtés de cette parcelle, qui doivent être multipliés pour calculer l'aire en question, ont été inscrits l'un en-dessous de l'autre en haut du revers de la tablette, au-dessus de la zone très chaotique qui semble avoir été effacée ou presque évidée et qui contient quelques restes de signes. On peut ainsi envisager que le scribe ait écrit ces deux nombres à cet endroit dans l'optique d'y effectuer le calcul nécessaire, ait tenté de faire ce calcul mais n'y soit pas parvenu, ait donc effacé plusieurs fois ou avec insistance la zone où il avait pris des notes qui

53. On pourrait se demander si ce nombre 33 ne fait pas référence à l'aire totale du terrain plutôt qu'à celle de la seule parcelle de droite, mais des calculs qu'il est possible de réaliser rapidement suite à la discussion proposée dans l'ensemble de cette partie permettent d'exclure cette éventualité.

54. Voir notamment [MIDDEKE-CONLIN2020].

n'ont pas abouti, et n'ait finalement rien reporté dans le rectangle de gauche de la face. Cette hypothèse, ou du moins les premières étapes de celle-ci, est d'ailleurs corroborée par le fait que les quelques traces que l'on parvient à lire dans la zone effacée, sous les deux nombres à multiplier, que j'ai décrites dans l'édition du texte comme le début d'un nombre commençant par 1.12, correspondent tout à fait au début du résultat que le scribe aurait obtenu s'il avait achevé son calcul, à savoir le nombre sexagésimal à cinq positions 1.12.24.26.40.

Il est ainsi tentant de penser, au vu des inscriptions observées, que le revers de la tablette a été utilisé par le scribe comme une sorte de « brouillon » pour effectuer des calculs liés au contenu de la face et dont le résultat était probablement destiné à figurer ensuite sur la face. Une partie de ce « brouillon », celle qui devait contenir les calculs eux-mêmes et/ou le résultat, a été effacée, tandis qu'une autre partie, celle qui contient les données recopiées depuis la face en vue de ces calculs, ne l'a pas été. Cette différence de traitement pose bien sûr question. On peut par exemple imaginer que le scribe a effacé les calculs qui étaient peut-être faux ou incomplets en conservant les données initiales pour pouvoir les recommencer.

Ces observations impliquent que les contenus de la face et du revers de cette tablette sont liés l'un à l'autre, mais ne s'enchaînent pas, et peuvent donc être considérés séparément bien qu'ils ne soient pas indépendants, ce qui rend possible le fait, évoqué dans la section VII.2.1.4, qu'il n'y ait pas eu d'axe de retournement permettant de passer d'un côté à l'autre.

J'ai signalé plus haut, dans la partie sur les traces d'effacement, qu'il y avait également une zone de « brouillon » en bas à droite de la face de la tablette, dans l'espace laissé libre par la forme de la configuration géométrique dessinée. Il est donc naturel de se demander à quoi a servi cette seconde surface de travail et comment elle s'articulait à celle du revers. Malheureusement, le fait qu'elle ait été effacée beaucoup plus soigneusement que cette dernière, et que l'on n'y distingue plus que quelques traces de clous isolées sur les bords, rend quasiment impossible une reconstitution des opérations qui ont pu s'y dérouler. On peut imaginer que le scribe y a effectué les calculs nécessaires à la détermination de la surface du rectangle de droite, mais de nombreuses autres possibilités restent ouvertes (première tentative de calcul de la surface du rectangle de gauche, calculs préalables à la réalisation du diagramme tels que des conversions de mesures en nombres sexagésimaux positionnels flottants, plusieurs de ces opérations les unes à la suite des autres séparées par des effacements, etc).

VII.2.3.6. Brève synthèse

Pour résumer, cette tablette semble avoir contenu deux éléments principaux. Sur une partie de sa face, on trouve un diagramme qui représente probablement un terrain urbain de Sippar, dont la localisation est précisée au moyen de formules semblables à celles utilisées dans les contrats immobiliers et dont certaines dimensions sont indiquées sous la forme de nombres sexagésimaux positionnels flottants. Et sur le reste de sa face et son revers, on trouve des zones effacées comportant des restes de clous qui ont vraisemblablement été utilisées comme zones de brouillon pour réaliser des calculs en lien avec le terrain représenté par le diagramme.

VII.3. Les diagrammes de ce groupe, des « exercices de plans » ?

Maintenant que nous avons compris au moins en bonne partie le contenu de la tablette Ist Si 181, plusieurs questions essentielles se posent à son sujet et à celui des autres tablettes du petit lot considéré : Quelle est la nature des diagrammes qui apparaissent sur ces tablettes ? S'agit-il plutôt de diagrammes mathématiques tels que je les ai définis dans le premier chapitre

de la thèse, de plans de champs ou de bâtiments utilisés à des fins administratives, ou encore de diagrammes d'un autre type ? Dans quel contexte ces documents s'inscrivaient-ils ? Quelles fonctions visaient-ils à remplir ?

Dans cette dernière partie du chapitre, j'apporte quelques éléments de réflexion autour de ces questions, en comparant les diagrammes trouvés dans le petit lot étudié aux diagrammes mathématiques de mon corpus, puis aux plans de champs et de bâtiments et aux textes administratifs de manière plus générale, avant de discuter des activités dans le cadre desquelles les présentes tablettes pourraient avoir été produites.

VII.3.1. Des diagrammes qui ne s'inscrivent pas dans la même tradition mathématique que ceux étudiés jusqu'à présent

De prime abord, un certain nombre d'éléments relevés sur ces tablettes peuvent faire penser que les diagrammes qu'elles comportent sont des diagrammes mathématiques : ils sont composés de dessins géométriques relativement simples, portent des inscriptions en grande partie numériques, et sont souvent accompagnés de calculs à côté d'eux ou de l'autre côté de la tablette, ce qui évoque spontanément les exercices scolaires centrés sur des diagrammes que j'ai mentionnés dans le chapitre III. Néanmoins, nous avons entrevu au cours de l'analyse de la tablette Ist Si 181 un certain nombre de propriétés qui tendent au contraire à indiquer que celui qui y apparaît ne relève pas de la même tradition que les diagrammes mathématiques paléo-babyloniens de Babylonie accompagnant les problèmes résolus – et donc plus généralement sur les diagrammes de mon corpus étant donnée la manière dont je l'ai défini –, et ces propriétés se retrouvent sur les autres tablettes du lot.⁵⁵

VII.3.1.1. Caractéristiques des dessins constituant les diagrammes du groupe

Un premier ensemble de propriétés pointant dans cette direction concernent les dessins géométriques constituant ces diagrammes.

Nous avons constaté que la configuration géométrique montrée par le diagramme de la tablette Ist Si 181 n'appartenait pas au répertoire standard que j'ai identifié dans les sections I.2.2.1 et I.3.4.1, et il en va de même pour celles montrées par les diagrammes des autres tablettes du lot. Tout d'abord, certaines des formes y apparaissant ne sont pas fermées, comme le rectangle en haut du diagramme de la tablette Ist Si 181 et probablement le rectangle en bas à gauche du diagramme de la tablette Ist Si 178 (qui semble se terminer sur le bord de cette tablette), et ne sont ainsi même pas des « formes géométriques » telles que je les ai définies dans la section I.1.1.2. Ensuite, certaines de ces formes géométriques ont des bords doublés, comme celles des diagrammes des tablettes Ist Si 178, Ist Si 180 et Ist Si 718, ce qui ne se produit jamais dans le corpus des diagrammes mathématiques tel que je l'ai défini. Enfin, plusieurs des configurations géométriques complètes consistent en des assemblages de formes géométriques différents de ceux du répertoire standard, en particulier celle montrée par le diagramme de la tablette Ist Si 181 que nous venons de décrire mais également celle montrée par le diagramme de la tablette Ist Si 169, qui comporte notamment un petit triangle inséré à l'intérieur d'un grand rectangle, ou celle montrée par le diagramme de la tablette Ist Si 718, qui présente deux triangles adjacents saillant en pointe hors d'un grand rectangle.

De plus, il est fréquent que ces configurations géométriques ne soient, lorsque l'on tient les tablettes de la manière qui semble la plus naturelle au vu notamment de la direction de la

55. Pour tout ce qui a trait aux propriétés « standard » des diagrammes mathématiques paléo-babyloniens de Babylonie apparaissant sur les tablettes en lien avec des problèmes résolus et à la délimitation de mon corpus, se reporter au premier chapitre de la thèse.

plupart de leurs inscriptions, pas orientées de la manière régulière identifiée dans la section I.2.2.2. En effet, les rectangles que l'on pourrait considérer comme « principaux » dans les diagrammes des tablettes Ist Si 178, Ist Si 180 et Ist Si 181 apparaissent « dressés », alors que nous avons vu que ceux du corpus des diagrammes mathématiques tel que je l'ai défini étaient apparaissaient d'ordinaire « couchés ».

VII.3.1.2. Caractéristiques des inscriptions portées sur les diagrammes du groupe

Un deuxième ensemble de propriétés pointant dans la même direction concerne les inscriptions présentées par ces diagrammes.

Nous avons remarqué que deux des inscriptions figurant sur le diagramme de la tablette Ist Si 181 consistaient en des groupes nominaux (ou phrases nominales) ne faisant intervenir aucune valeur numérique, ce qui ne se produit essentiellement jamais dans le cas des inscriptions des diagrammes mathématiques paléo-babyloniens de Babylonie associés à des problèmes, comme je l'ai montré dans la section I.2.2.3. Le même type d'inscriptions peut également être observé sur le diagramme de la tablette Ist Si 178. De plus, le diagramme de la tablette Ist Si 180 semble présenter une inscription qui consiste en une mesure complète avec son unité, ce qui est très rare dans le cas des diagrammes susmentionnés. En outre, les diagrammes des tablettes Ist Si 178 et Ist Si 180 présentent tous deux des inscriptions consistant en, ou faisant intervenir, des noms propres, ce qui ne se produit absolument jamais dans le cas des mêmes diagrammes susmentionnés. Bref, d'assez nombreuses inscriptions parmi celles apparaissant sur les diagrammes du petit lot étudié ont un contenu qui diffère sensiblement de celui, très homogène, identifié dans le cas des diagrammes paléo-babyloniens de Babylonie associés à des problèmes.

Le positionnement des inscriptions sur ces diagramme n'obéit, lui non plus, pas aux conventions de placement observées de manière quasiment systématique dans le corpus des diagrammes mathématiques, par au moins trois aspects. Premièrement, nous avons relevé sur le diagramme de la tablette Ist Si 181 une inscription écrite à l'envers lorsque la tablette est orientée de la manière la plus probable, et on repère de même sur les diagrammes des tablettes Ist Si 180 et Ist Si 718 des inscriptions écrites verticalement de haut en bas, ce qui ne fait pas partie des quelques orientations standard que j'ai constatées dans la section I.2.2.4. Deuxièmement, les inscriptions faisant référence à des longueurs de côtés de la configuration géométrique montrée sont, sur le diagramme de la tablette Ist Si 181 et tous les autres, placées le long des côtés correspondants à l'intérieur des dessins alors que j'ai précisé dans la section III.1.2.3 qu'elles étaient aussi souvent que possible placées à l'extérieur dans le cas des diagrammes de mon corpus. Enfin, troisièmement, nous avons observé que sur le diagramme de la tablette Ist Si 181 qu'une inscription indiquant la longueur des deux côtés opposés d'un rectangle était placée près de celui du bas, alors qu'on l'attendrait plutôt près de celui du haut dans le cas des diagrammes de mon corpus.

VII.3.1.3. Conclusion intermédiaire

En rassemblant toutes ces observations, il apparaît que les diagrammes apparaissant sur le petit lot de tablettes paléo-babyloniennes de Sippar que j'étudie dans ce chapitre présentent des caractéristiques très différentes de celles des diagrammes mathématiques paléo-babyloniens de Babylonie associés à des problèmes mathématiques, et donc plus généralement de celles des diagrammes mathématiques de mon corpus étant donnée la manière dont je l'ai défini. Cela ne signifie pas que ceux-ci ne s'inscrivent pas dans le cadre d'une activité mathématique, mais montre en tout cas clairement que, même si c'est le cas, ils ne relèvent pas du tout de

la tradition, remarquablement homogène par certains aspects, dans laquelle semblent s'inscrire les diagrammes associés aux problèmes ainsi qu'un certain nombre de diagrammes non associés à du texte qui leur sont très similaires.

À ces nombreuses observations spécifiques aux diagrammes mérite peut-être d'être ajoutée la remarque faite par D. Mansfield que j'ai évoquée plus haut, à savoir que, au moins dans le cas de la tablette Ist Si 181, toutes les valeurs numériques apparaissant sur le diagramme sont des nombres irréguliers – une situation qui, sans être impossible dans un document mathématique, est relativement peu commune.

VII.3.2. Des diagrammes qui ne semblent pas être de vrais plans administratifs

Suite à cette conclusion, une deuxième idée très naturelle que l'on peut avoir, au vu d'un certain nombre d'éléments relevés, est que ces diagrammes soient en fait non pas des diagrammes mathématiques mais des plans de terrains ou de bâtiments produits dans un contexte administratif.

VII.3.2.1. Des caractéristiques communes avec les plans de terrains et de bâtiments

Les éléments qui peuvent faire envisager cette option sont principalement de deux types.

Tout d'abord, l'allure des configurations géométriques montrées par les diagrammes de trois des tablettes, Ist Si 178, Ist Si 180 et Ist Si 718, dont la forme principale apparaît avec un contour formé de deux lignes parallèles l'une à l'autre séparées de quelques millimètres, évoque très clairement les représentations de murs sur les plans de bâtiments connus, que j'ai décrits dans la section I.1.2.1 du premier chapitre. De plus, les petits triangles ajoutés en traits simples sur les diagramme de deux des tablettes, Ist Si 169 et Ist Si 718, leur confèrent un aspect qui évoque cette fois très clairement les plans de champs connus, que j'ai également décrits dans la section I.1.2.1 du premier chapitre.

Outre ces ressemblances au niveau de la configuration géométrique montrée, la présence, sur les diagrammes des tablettes du lot, d'inscriptions consistant en des noms propres ou en des indications géographiques exprimées avec les mêmes formules que celles employées dans les contrats immobiliers rapprochent indéniablement ces tablettes de documents administratifs.

VII.3.2.2. Des caractéristiques étonnantes pour des documents administratifs

Néanmoins, les points communs entre les tablettes étudiées et les vraies tablettes administratives s'arrêtent là, et un examen plus attentif fait apparaître un certain nombre de caractéristiques qui seraient très étonnantes dans le cadre de véritables documents produits et utilisés dans un contexte administratif.

Tout d'abord, les tablettes elles-mêmes ne sont ni datées ni signées, ce qui, sans être un critère infaillible, est un premier élément qui attire notre attention.

Ensuite, les terrains ou bâtiments représentés se trouvent être identifiés de manière très vague seulement : l'indication du nom du propriétaire du terrain concerné, des noms des propriétaires des terrains voisins et des autres points de repère qui pourraient aider à le situer, qui sont des éléments standards et attendus dans les textes de la pratique, sont ici loin d'être systématiques, et les indications géographiques, quand il y en a, ne sont pas suffisamment précises pour permettre de localiser vraiment les parcelles représentées.

Par ailleurs, la forme des nombres qui ont été portés sur les diagrammes est très surprenante pour des textes administratifs : ces nombres sont presque tous écrits dans le système

sexagésimal positionnel flottant plutôt que sous la forme de mesures, ce qui est d'ordinaire réservé aux textes mathématiques et n'est absolument pas pratique pour un texte administratif dont le but est de consigner des informations sur les dimensions ou surfaces de terrains.

De plus, les situations représentées semblent ne pas toujours être très réalistes. Nous avons par exemple vu dans le cas de la tablette Ist Si 181 que les longueurs indiquées semblaient être bien plus précises que ce qui peut être déterminé facilement et est susceptible de présenter un intérêt pour un acte administratif. Dans un ordre d'idée un peu différent, le terrain dessiné sur cette même tablette a son côté qualifié de « petit côté » plus grand que l'autre, ce qui donne l'impression l'on n'a pas affaire à un plan relevé à partir de l'observation et de la mesure d'une propriété réelle mais plutôt à une situation imaginée dans laquelle les dimensions ont été choisies un peu au hasard (la personne qui les a choisies n'ayant alors pas prêté attention au fait qu'elles rendaient le « petit côté » plus grand que l'autre).

Enfin, ces plans paraissent inachevés, avec, comme nous l'avons vu dans le cas de la tablette Ist Si 181, des données manquantes et des calculs qui n'ont pas été menés jusqu'à la fin, ce qui semble étrange pour des plans réellement produits par un scribe dans le cadre de vraies tâches administratives.

Ainsi, malgré un certain nombre de ressemblances claires qui peuvent évoquer des plans de terrains ou de bâtiments, plusieurs éléments de différentes natures montrent qu'il est peu probable que les cinq tablettes du petit lot que j'étudie ici aient été de véritables documents administratifs.

VII.3.3. Des diagrammes à la croisée des mathématiques et de l'administration ?

Maintenant que nous avons montré que les diagrammes apparaissant sur les tablettes du lot considéré, qui ressemblent à la fois aux diagrammes mathématiques et aux plans de terrains et de bâtiments, ne relevaient en fait ni de la tradition de production des diagrammes mathématiques que j'ai identifiée dans le chapitre I ni d'une vraie activité administrative, il se pose la question de savoir quelle peut être leur nature exacte.

VII.3.3.1. Quelques observations supplémentaires

Avant de tenter de répondre à cette question, il me semble utile de rappeler, en plus de tous les éléments que j'ai déjà soulignés dans cette partie, un certain nombre d'autres éléments que j'ai mis en évidence plus haut et dont je n'ai pas encore reparlé ici.

Les cinq tablettes considérées sont toutes des tablettes lenticulaires plano-convexes d'une taille suffisamment petite pour être tenues dans la main, ce qui est entre autres l'un des formats par excellence des petits exercices scolaires. De plus, ces tablettes présentent de nombreuses traces d'effacement, pour certaines assez grossières, ce qui fait là encore entre autres penser à des exercices. Par ailleurs, les approximations, données manquantes et calculs non aboutis donnent l'impression qu'elles ont été produites par une personne peu expérimentée.

VII.3.3.2. Une hypothèse sur la nature des diagrammes du groupe

En rassemblant tous ces éléments, on peut suggérer que les tablettes de ce groupe aient été des « exercices de plans », c'est-à-dire des exercices scolaires qui semblent avoir eu pour but d'entraîner un apprenti scribe à divers aspects du travail administratif au travers de la réalisation d'un plan comportant à la fois des éléments relevant de ce type de travail et des

éléments aménagés pour les besoins de sa formation.⁵⁶ Dans le cas de la tablette Ist Si 181, par exemple, l'apprenti se serait exercé à dessiner le plan d'une propriété, à indiquer sa situation géographique au moyen des formules consacrées et à en calculer la surface à partir de longueurs déjà exprimées sous la forme de nombre sexagésimaux positionnels flottants (sans forcément y parvenir), mais il ne se serait en revanche entraîné ni à écrire les noms propres de rues et de propriétaires qui auraient permis de localiser la propriété pour de bon, ni à faire lui-même le lien entre les vraies mesures concrètes des terrains et leurs représentants sexagésimaux positionnels utiles pour les calculs.

Cela fait de ces tablettes des documents se trouvant en quelque sorte à la croisée des mathématiques et de l'administration, qui ont été produits pour travailler, dans un contexte simulant un contexte administratif, à la fois des compétences purement administratives et des compétences mathématiques pour les besoins des tâches administratives.

VII.3.3.3. Synthèse

Pour revenir à mon sujet principal, il apparaît donc que cette troisième et dernière étude de cas nous a permis de nous confronter à des diagrammes paléo-babyloniens de Babylonie qui, tout en ressemblant à première vue à des diagrammes mathématiques, s'avèrent présenter des caractéristiques très différentes de celles que j'ai mises en évidence dans le cadre des diagrammes mathématiques contemporains et de la même région qui ont été produits en relation avec des problèmes mathématiques. Un examen plus approfondi nous a alors permis de nous rendre compte que ces diagrammes partageaient également un certain nombre de points communs avec les plans de terrains et de bâtiments, sans pour autant en être de véritables, puis nous a permis de discuter de leur nature exacte et du cadre dans lequel ils pourraient avoir été produits.

L'intérêt de la prise en compte de ce groupe de tablettes pour mon étude me semble ainsi triple. Premièrement, elle permet de faire ressortir, par contraste, la forte homogénéité – malgré bien sûr des différences essentielles que je me suis attachée à mettre en lumière par ailleurs – de la tradition de production de diagrammes mathématiques sur laquelle je me suis concentrée dans les pages qui précèdent. Deuxièmement, elle apporte par ce biais un éclairage sur la façon dont j'ai choisi de délimiter la notion de diagramme mathématique dans le contexte du Proche-Orient ancien qui est complémentaire de celui fourni par l'étude globale que j'ai proposée dans le premier chapitre. Et enfin, troisièmement, elle illustre une manière dont l'étude, très centrée sur les productions mathématiques, que j'ai proposée dans cette thèse, peut en fait avoir des applications un peu plus générales et aider à appréhender de manière mieux documentée des tablettes qui ne relèvent pas à strictement parler du champ des mathématiques.

56. Ce que je décris ici renvoie à une catégorie de tablettes appelée en anglais « model documents », qui consiste en de « faux » documents de la pratique, tels que des lettres ou des contrats, copiés ou rédigés par des apprentis scribes à titre d'exercice. E. Robson a envisagé, la première à ma connaissance, que ces « model documents » aient pu porter également sur des plans de terrains ou de bâtiments, comme indiqué dans [ROBSON1999] pages 12-13, et a identifié quelques tablettes qui pourraient se trouver dans ce cas. Les cinq tablettes que je présente ici viendraient ainsi s'ajouter à sa petite liste. Mais il me paraît important de préciser que j'ai veillé à définir ici un « exercice de plan » comme un exercice ayant pour but d'entraîner un apprenti scribe à *divers aspects du travail administratif au travers de la réalisation d'un plan* et non comme un exercice ayant pour but d'entraîner un apprenti scribe à *la réalisation d'un plan*. Il me semble en effet que les plans de terrains d'époque paléo-babylonienne, que je présente dans la section I.1.2.1 du premier chapitre, sont trop peu nombreux et trop mal connus pour que l'on puisse être sûr que les scribes réalisaient effectivement de vrais plans pour les besoins administratifs à cette période, et je préfère ainsi ne pas exclure l'idée selon laquelle la réalisation de plans aurait été limitée aux contextes de formation dans le but de faire travailler certaines compétences plus générales.

CONCLUSION

Ce travail, qui avait pour but de proposer la première étude substantielle des diagrammes mathématiques d'époque paléo-babylonienne, a permis d'établir de premiers résultats importants sur ces objets, de contribuer à plusieurs réflexions méthodologiques d'intérêt plus général en histoire des sciences, et d'ouvrir de nombreuses perspectives de recherche pour l'avenir.

Premiers résultats sur les diagrammes mathématiques paléo-babyloniens

Une question préliminaire essentielle qui se posait était celle de savoir quel périmètre donner à la notion de diagrammes mathématiques dans le contexte de la documentation cunéiforme et quels critères mobiliser pour distinguer ces éléments d'autres éléments qui leur ressembleraient. Dans le premier chapitre, j'ai montré qu'il existait, au moins en Babylonie à l'époque paléo-babylonienne, une manière relativement uniforme de produire des diagrammes mathématiques en relation avec des textes mathématiques, qui se manifeste sur des aspects tels que le répertoire de configurations géométriques montrées par ces diagrammes, l'orientation que les dessins donnent à ces formes géométriques, la nature des inscriptions qui sont portées sur ces dessins, et la manière dont ces inscriptions sont positionnées. À partir de cette observation, j'ai alors proposé d'utiliser les propriétés relevées avec une grande régularité dans ce cadre comme critères de référence pour identifier, parmi les diagrammes apparaissant seuls sur des tablettes, ceux qui s'inscrivent clairement dans la même tradition mathématique que ceux produits en lien avec des textes mathématiques et ceux qui semblent relever d'une tradition différente. Cette approche, que j'ai éprouvée sur de premiers exemples rapides dans le premier chapitre ainsi que sur un exemple beaucoup plus approfondi dans le septième chapitre, m'a permis de définir le corpus que je considère d'une manière qui soit rigoureuse tout en étant fondée sur un examen des sources plutôt que sur des catégories d'observateur.

Ayant clarifié ma méthodologie sur ce point, j'ai établi, toujours dans le premier chapitre, un catalogue complet des tablettes mathématiques paléo-babyloniennes éditées comportant un ou des diagrammes mathématiques au sens de ma définition. J'ai ainsi pu dénombrer, en l'état des sources connues à l'heure actuelle, 180 diagrammes mathématiques d'époque paléo-babylonienne répartis sur 63 tablettes différentes. J'ai de plus mis en évidence à partir de l'inventaire ainsi dressé que produire des diagrammes mathématiques n'était, à l'époque paléo-babylonienne, ni un phénomène local limité à un groupe d'individus ou une zone géographique restreinte, ni un phénomène ponctuel attesté seulement sur un court laps de temps, ni un phénomène réservé à un genre de documents mathématiques spécifique, ni un phénomène lié à un certain format de tablettes, mais au contraire une pratique relativement courante que l'on retrouve à la fois tout au long de la période, dans plusieurs villes couvrant l'ensemble de la Babylonie ainsi qu'une partie des régions voisines, sur des tablettes de formats et de mises en page très différents les uns des autres, et en lien avec des genres de contenus variés.

Après avoir ainsi situé les diagrammes mathématiques au sein de la documentation mathématique paléo-babylonienne dans son ensemble, je me suis attachée à mettre en place des clés d'analyse variées et argumentées pour tenter de mieux comprendre leurs différentes facettes. J'ai ainsi présenté, dans les deuxième et troisième chapitres, une synthèse de lectures de publications d'assyriologie consacrées aux propriétés matérielles des tablettes d'argile et

de l'écriture cunéiforme, que j'ai montré comment adapter à l'étude plus spécifique des diagrammes mathématiques, et une synthèse de lectures de publications d'histoire et philosophie des sciences consacrées aux diagrammes apparaissant dans différentes documentations mathématiques anciennes, dont j'ai montré comment s'inspirer pour construire des questionnements relatifs à ceux de la documentation cunéiforme. J'ai également tiré de ces recherches documentaires, dans le quatrième chapitre, des grilles d'observation très détaillées qui peuvent être utilisées pour analyser en détail les propriétés matérielles des diagrammes de mon corpus, les informations qu'ils véhiculent et les manières dont ils interviennent dans les raisonnements.

L'un des principaux résultats que j'ai obtenus dans le cadre de l'étude matérielle des diagrammes de mon corpus, dans le deuxième chapitre, est une reconstitution assez précise de la manière dont ils étaient réalisés. J'ai tout d'abord mis en évidence, en comparant leur aspect à ceux d'éléments mieux connus tels que les signes cunéiformes, les lignes de structure apparaissant sur les tablettes, et dans une moindre mesure les dessins parfois réalisés sur l'argile, qu'ils pouvaient être tracés, selon les circonstances et l'aspect du résultat souhaité, au moyen de trois gestes différents, tantôt avec le calame utilisé pour écrire et tantôt avec un outil muni d'une pointe plus fine. J'ai ensuite pointé l'utilisation occasionnelle d'outils spécifiques, à savoir des règles et des compas, et j'ai rassemblé toutes les données possibles au sujet des compas, dont la forme n'est pas connue à l'heure actuelle. Enfin, j'ai expliqué en détail comment des indices identifiés par des assyriologues pour étudier l'ordre d'impression des clous dans les signes cunéiformes pouvaient nous permettre dans des cas favorables de reconstituer d'une part la séquence de tracé des lignes composant les dessins géométriques et d'autre part la séquence de production des diagrammes complets comprenant également leurs inscriptions et leurs éventuelles lignes de délimitation.

J'ai par ailleurs appelé l'attention, dans le troisième chapitre, en m'appuyant entre autres sur de premières remarques faites par d'autres historiens des mathématiques cunéiformes que j'ai enrichies et précisées, sur un certain nombre d'observations qui semblent pouvoir être faites relativement à la manière dont les diagrammes de mon corpus véhiculent des informations. J'ai notamment ébauché de premières tendances générales concernant la façon dont ils représentent les objets concrets, les conventions de placement des inscriptions auxquelles ils recourent pour faire passer des messages aussi clairement que possible, leur apparent désintérêt pour la précision des dessins et le respect des proportions, leur orientation sur les tablettes et les raisons pour lesquelles celle-ci est en décalage avec la terminologie relative aux configurations géométriques, ainsi que la manière dont ils combinent des ressources issues de la communication visuelle et des ressources issues de la communication textuelle.

J'ai également ouvert, toujours dans le troisième chapitre, un certain nombre de questions ayant trait à la manière dont les diagrammes de mon corpus intervenaient dans différentes pratiques mathématiques. Puis, ayant défendu l'idée que de telles questions ne pouvaient être abordées sérieusement que dans le cadre d'études de documents approfondies prenant en compte de manière fine les spécificités de chaque cas individuel, j'ai procédé, dans les cinquième et sixième chapitres, à l'analyse détaillée de quelques premières tablettes, et ai ainsi donné un premier aperçu de la diversité des rôles que pouvaient jouer les diagrammes mathématiques paléo-babyloniens et des façons dont ils pouvaient s'articuler avec les éventuels textes discursifs auxquels ils étaient associés.

Enfin, j'ai expliqué pourquoi les bases de données de tablettes cunéiformes existant à l'heure actuelle n'étaient pas adaptées au type de travail que j'avais besoin de mener et j'ai alors proposé, dans le premier chapitre qui complète l'annexe E, des idées générales et des solutions techniques pour mettre en place une base de données permettant entre autres de mieux encoder les informations relatives aux diagrammes mathématiques.

Contribution à des réflexions méthodologiques plus générales

Au delà de ces résultats propres à mon corpus, qui permettent de brosser un premier panorama des propriétés des diagrammes mathématiques paléo-babyloniens, il me semble que les recherches que j'ai exposées dans le cadre de cette thèse sont susceptibles de contribuer à leur manière à certaines réflexions méthodologiques plus générales en histoire des sciences.

J'ai tout d'abord cherché à illustrer, bien que la nécessaire linéarité de l'exposition ne m'ait pas permis de le faire ressortir autant que cela a marqué mes recherches, la manière dont des études d'ensemble d'un corpus et des études approfondies d'éléments de ce corpus peuvent se nourrir et s'enrichir mutuellement, et la manière dont des allers-retours répétés entre ces deux échelles de travail peuvent permettre d'identifier des questions et de mettre en évidence des propriétés que l'on ne détecterait pas en se contentant de l'une d'entre elles.

J'ai également cherché à illustrer la manière dont différentes approches, inspirées de différents champs disciplinaires, peuvent être combinées pour aboutir à une vision aussi complète et précise que possible d'un objet d'étude, et notamment comment une approche qui peut sembler ne pas être la plus naturelle pour aborder une question donnée aide parfois à confirmer, infirmer ou nuancer des idées obtenues par une autre approche. J'ai eu l'occasion d'évoquer différents exemples de telles interactions, et j'ai particulièrement développé l'un d'entre eux en montrant de manière détaillée, dans le troisième chapitre, comment l'étude minutieuse de traces d'effacement présentes sur certaines tablettes pouvait fournir des éléments tangibles alimentant une analyse des pratiques mathématiques dans lesquelles interviennent des diagrammes qui serait restée beaucoup plus spéculative si elle n'avait été basée que sur un examen du contenu mathématique des documents.

J'ai par ailleurs laissé transparaître, bien que le plus souvent en filigrane, de quelle manière une réflexion sur la conception d'une base de données, loin d'être un travail purement technique, pouvait déboucher sur de nouveaux points de vue et de nouveaux outils méthodologiques pour aborder les sources étudiées.

Enfin, j'ai essayé de défendre et mettre en pratique l'idée selon laquelle il est nécessaire, lorsque l'on travaille sur des documents au sujet desquels les informations ne sont ni très nombreuses ni toujours fiables, et afin de ne tomber ni dans le travers consistant à considérer comme faits établis tous les éléments en faveur desquels on a de petits indices ni dans le travers inverse consistant à rejeter tous les éléments qui ne sont pas complètement prouvés, d'apprendre à gérer une certaine « incertitude contrôlée » en s'astreignant à toujours accompagner les résultats auxquels on aboutit de qualificatifs précisant leur degré de certitude.

Projets de recherche pour l'avenir

Si les résultats que je viens de résumer constituent un premier aboutissement et une première avancée significative dans la mise en place d'une méthode d'analyse des diagrammes mathématiques d'époque paléo-babylonienne et la compréhension de leurs propriétés et leurs fonctions, ils sont loin de clore l'étude de ces objets et appellent au contraire à un certain nombre de recherches complémentaires qui constituent autant de projets pour l'avenir.

Un premier élargissement de l'étude présentée ici consistera, maintenant que j'ai acquis une familiarité suffisante avec mon corpus, à enrichir les problématiques et les démarches que j'ai développées par la prise en compte des nombreuses recherches historiques et philosophiques consacrées aux diagrammes mathématiques, ou scientifiques de manière plus générale, dont

je n'ai pas encore eu l'opportunité de prendre connaissance. Cela me permettra tout à la fois d'affiner ma manière d'aborder les sources, d'ouvrir ma réflexion à de nouveaux aspects, et de mieux cerner les éventuelles spécificités des diagrammes mathématiques paléo-babyloniens par rapport à ceux d'autres documentations.

Une deuxième poursuite importante de mon travail consistera à finir d'implémenter la base de données de tablettes mathématiques cunéiformes que j'ai conçue, peut-être en révisant au préalable la structure et le cahier des charges dans le cadre d'une réflexion collective avec des collègues qui pourraient être amenés à l'utiliser également, et à l'alimenter avec toutes les données que j'ai rassemblées lors de la préparation de cette thèse. Lorsqu'elle sera opérationnelle, cette base de données permettra entre autres de reprendre de manière plus exhaustive les différentes études d'ensemble que j'ai exposées dans les trois premiers chapitres, afin d'obtenir des résultats quantifiés relativement aux différents aspects que j'ai pour l'instant examinés seulement d'un point de vue qualitatif, de repérer plus facilement les tablettes qui font exception par certains aspects, et surtout de pouvoir rechercher de manière beaucoup plus systématique des corrélations entre différents aspects – par exemple entre les techniques de tracé utilisées et le contexte des documents, entre la présence de traces d'effacements et le genre de contenu des documents, etc.

Un troisième prolongement crucial consistera à multiplier les études approfondies de tablettes mathématiques comportant des diagrammes afin de mieux comprendre comment les différents détails que j'ai proposé de relever peuvent être exploités conjointement pour aboutir à des conclusions et de mieux mettre en lumière, dans toutes ses subtilités, la diversité des rôles susceptibles d'être joués par les diagrammes mathématiques paléo-babyloniens. Parmi ces études de cas, il sera important d'analyser des tablettes comportant uniquement des diagrammes, par exemple le petit groupe de tablettes lenticulaires conservées à l'Université de Yale que j'ai décrit dans le quatrième chapitre, afin de chercher à comprendre si les diagrammes qui n'étaient pas associés à des textes écrits sur le même support semblent avoir été utilisés de la même manière que ceux qui l'étaient. Il sera également intéressant d'analyser des tablettes provenant d'autres régions que la Babylonie, et notamment les deux tablettes de Suse sur lesquelles j'ai appelé l'attention dans le quatrième chapitre, afin de mieux mettre en évidence ce qui me semble pouvoir être qualifié de sous-cultures mathématiques liées aux diagrammes dans le Proche-Orient ancien. Par ailleurs, et bien que cela ouvre sur des perspectives encore plus larges, il sera vraisemblablement très profitable d'analyser également en détail des tablettes présentant des similitudes avec celles de mon corpus mais ne comportant pas de diagramme, afin de développer une vision plus globale des raisons pour lesquelles de tels éléments graphiques étaient produits dans certains cas et pas dans d'autres ainsi que de l'impact qu'ils pouvaient avoir sur les textes en relation avec lesquels ils apparaissaient.

Enfin, une quatrième extension du présent travail consistera à développer davantage l'étude de plusieurs questions essentielles dont j'ai expliqué l'importance mais qui restent à l'heure actuelle très ouvertes – telles que celle des liens entre les « diagrammes mentaux » reconstitués par les historiens pour rendre compte des procédures de résolution des problèmes et les diagrammes réellement présents sur les tablettes, celle de la nature exacte des activités scolaires et/ou d'érudition en lien avec lesquelles les diagrammes étaient produits, celle de la caractérisation des pratiques orales ou matérielles qui leur étaient éventuellement associées, celle des indices pouvant nous permettre d'identifier leurs auteurs, leur potentielle cible et leur statut textuel, etc – et à enrichir la réflexion que j'ai mise en place par de nouvelles questions que je n'ai évoquées que rapidement – telles que celle de la terminologie générale liée aux dispositions spatiales et de ses articulations avec les diagrammes.

ANNEXES

Annexe A

Abréviations et conventions d'édition

Les trois listes ci-dessous présentent respectivement les abréviations employées dans cette thèse, les conventions et symboles utilisés dans les translittérations des textes étudiés, et enfin les symboles utilisés dans les traductions des textes étudiés.

A.1. Liste des abréviations

Ce travail étant susceptible d'être consulté par des personnes issues de disciplines ayant des habitudes assez différentes les unes des autres, je me suis astreinte, afin de préserver un certain confort de lecture, à réduire au strict minimum le nombre d'abréviations utilisées. Quelques-unes ont néanmoins dû être employées dans des occasions particulières, en particulier pour répondre à des contraintes d'espace spécifiques (dans des tableaux, schémas, etc). Ces abréviations sont définies ci-dessous par ordre alphabétique.

AHw	<i>Akkadisches Handwörterbuch</i> ¹
akk.	Akkadien
CAD	<i>The Assyrian Dictionary of the Oriental Institute of the University of Chicago</i> ²
CDA	<i>A Concise Dictionary of Akkadian</i> ³
CDLI	Cuneiform Digital Library Initiative ⁴
Dgm	Diagramme
Lw.E.	Tranche inférieure de la tablette (<i>lower edge</i> en anglais)
OB	Paléo-babylonien (<i>Old Babylonian</i> en anglais)
Obv.	Face de la tablette (<i>obverse</i> en anglais)
Rev.	Revers de la tablette (<i>reverse</i> en anglais)
SPVN	Nombre exprimé dans le système de numération sexagésimal positionnel flottant (<i>sexagesimal place value number</i> en anglais)
sum.	Sumérien / sumérogramme

1. Voir les entrées [AHw-1] à [AHw-3] de la bibliographie.

2. Voir les entrées de la bibliographie commençant par [CAD-...].

3. Voir l'entrée [CDA] de la bibliographie.

4. Voir une rapide présentation dans la section IV.2.1.1.

A.2. Conventions et symboles utilisés dans les translittérations

Ce que l'on appelle les « translittérations » sont des retranscriptions signe par signe des textes cunéiformes en alphabet latin. Toutes celles présentées dans cette thèse suivent les conventions assyriologiques standard décrites par exemple dans la grammaire de référence de J. Huehnergard et rappelées ci-dessous.⁵

- ki** Signe cunéiforme lu comme syllabe d'un mot akkadien (parfois appelé « syllabogramme ») ; les syllabogrammes homophones sont distingués les uns des autres par des accents (aucun pour le premier, aigu pour le deuxième, grave pour le troisième) puis par des nombres en indice (à partir du quatrième, le cas échéant)
- KI** Signe cunéiforme lu comme logogramme ou idéogramme sumérien (parfois appelé « sumérogramme ») ; les sumérogrammes monosyllabiques homophones sont distingués les uns des autres de la même manière que les syllabogrammes homophones ; les sumérogrammes polysyllabiques homophones sont distingués les uns des autres uniquement par des nombres en indice (à partir du deuxième)⁶
- ki** Signe cunéiforme lu comme déterminatif antéposé (donnant une indication sur le terme qui suit) ou postposé (donnant une indication sur le terme qui précède)
- KI** Signe cunéiforme qui a été identifié mais dont la valeur (syllabique, idéogrammatique ou déterminative) dans le texte n'a pas pu être déterminée
- 8_(2r)** Signe cunéiforme représentant un chiffre écrit avec une graphie non standard⁷
- Symbole reliant une succession de syllabogrammes interprétés comme formant un même mot akkadien / Symbole reliant un sumérogramme à un suffixe ou un complément phonétique akkadien qui s'y rapporte
- .
- Symbole reliant des sumérogrammes interprétés comme appartenant à une même chaîne nominale ou verbale / Symbole reliant des valeurs numériques interprétées comme chiffres d'un même nombre en notation sexagésimale positionnelle flottante⁷
- x** Signe visible mais qui n'a pas pu être identifié
- ki[?]** Signe visible mais dont l'identification ou la lecture est incertaine
- 'ki'** Signe partiellement endommagé dont seuls certains éléments constitutifs peuvent être distingués, restitué à la fois à partir des traces discernables et du sens du texte
- [ki]** Signe entièrement cassé dont la valeur probable a été restituée à partir du sens du texte et d'éventuels parallèles avec des textes similaires

5. Voir les sections 9.2 et 13.2 de [HUEHNERGARD2011]. On pourra par ailleurs se reporter à l'annexe B de la thèse pour des explications détaillées et exemplifiées sur la translittération des nombres et des mesures.

6. Cette notation est celle utilisée et préconisée par R. Labat. Les raisons qui le poussent à la privilégier par rapport à celle « avec accents » sont exposées dans [LABAT2011] page 27.

7. On pourra, encore une fois, se reporter à l'annexe B de la thèse pour des explications détaillées sur les systèmes de numération, les systèmes métrologiques et la translittération des nombres et des mesures.

- [...] Signe(s) entièrement cassé(s) dont la valeur n'a pas pu être restituée
- <ki> Signe qui semble avoir été oublié par le scribe, pris en compte pour la traduction alors qu'il n'est pas présent sur la tablette
- {ki} Signe qui semble avoir été ajouté à tort par le scribe, non pris en compte pour la traduction alors qu'il est présent sur la tablette
- ki¹ Signe considéré fautif
- di^{1(ki)} Signe attendu à la place d'un signe considéré fautif (avec entre parenthèses le signe fautif en question)

A.3. Conventions et symboles utilisés dans les traductions

La plupart des symboles utilisés dans les traductions des textes cunéiformes sont semblables à ceux utilisés dans les translittérations, mais ils peuvent y prendre un sens légèrement différent. Leurs significations exactes sont donc répertoriées dans la liste ci-dessous.

- (de) Mot qui n'est pas présent dans le texte cunéiforme mais doit être ajouté pour obtenir une traduction française syntaxiquement correcte / Mot qui n'est pas présent dans le texte cunéiforme mais dont l'ajout rend la traduction française plus claire
- ...[?] Mot visible mais qui ne peut être lu / Mot qui peut être lu mais n'est pas compris
- de[?] Mot dont la lecture ou la traduction est incertaine
- ᵀde¹ Mot formé en partie de signes préservés ou partiellement préservés et en partie de signes cassés ou partiellement endommagés, restitué à la fois à partir des éléments lisibles et du sens du texte
- [de] Mot entièrement formé de signes cassés, restitué uniquement à partir du sens du texte et d'éventuels parallèles avec des textes similaires
- [...] Mot(s) entièrement formé(s) de signes cassés, qui n'a (ont) pas pu être restitué(s) / Mot(s) partiellement lisible(s) mais trop isolé(s) parmi des signes cassés pour pouvoir être intégré(s) dans une traduction
- kuš Terme akkadien ou sumérien non traduit en français et retranscrit phonétiquement (en particulier toutes les unités de mesure⁷)

Annexe B

Nombres et mesures à l'époque paléo-babylonienne

Les documents mathématiques produits à l'époque paléo-babylonienne font intervenir des nombres et des mesures écrits de différentes manières, dont il est utile d'avoir une connaissance au moins basique pour suivre dans de bonnes conditions les explications que je donne dans certaines des études de cas de la deuxième grande partie. Je présente ainsi rapidement dans cette annexe le fonctionnement des systèmes de numération et des systèmes métrologiques qui interviennent dans les tablettes que j'ai étudiées, en me basant principalement sur les références [FRIBERG1987], [POWELL1990], [CDA], [LABAT2011], [PROUST2007], [PROUST2008b], [PROUST2009b], [PROUST2013] et [CDL1a], qui pourront être consultées pour des informations plus exhaustives.

B.1. Numération sexagésimale positionnelle flottante

Le principal système de numération utilisé dans les textes mathématiques est le système de numération dit « sexagésimal positionnel flottant », qui est parfois désigné par l'acronyme « SPVN » (de l'anglais *sexagesimal place value notation*) dans la littérature.

B.1.1. Principe

Ce système de numération, dont le nom usuel, déjà long, reflète seulement les principales caractéristiques, est, si l'on souhaite le décrire entièrement en termes techniques, un système positionnel en base 60 muni d'un sous-système additif répétitif en base 10 et dans lequel il n'existe ni zéro médian ni zéro final. Une explication de la signification de chacun de ces termes s'impose avant de pouvoir examiner quelques exemples.

Les nombres écrits dans le système sexagésimal positionnel flottant sont composés d'une succession de chiffres occupant chacun une position dans le nombre (c'est le caractère *positionnel* du système). De plus, chaque chiffre placé dans une position donnée représente une valeur soixante fois plus grande que le même chiffre placé dans la position immédiatement à sa droite (c'est le caractère *sexagésimal* ou *en base 60* du système).

Dans un tel système, cinquante-neuf chiffres sont nécessaires pour pouvoir écrire tous les nombres qui existent. Toutefois, plutôt que d'utiliser cinquante-neuf symboles différents, le système sexagésimal positionnel flottant en utilise seulement deux, qu'il combine de manière à exprimer tous les entiers voulus (c'est pourquoi on parle de recours à un *sous-système* dans la numération). Ces deux symboles sont des clous verticaux, qui valent 1, et des chevrons, qui valent 10 (c'est le caractère *décimal* ou *en base 10* du sous-système), et sont accumulés autant de fois que nécessaire dans un chiffre afin d'atteindre la valeur voulue (c'est le caractère *additif répétitif* du sous-système). Ces clous et ces chevrons sont de plus empilés dans chaque chiffre par rangées de trois, avec le groupe de chevrons placé à gauche du groupe de clous, de manière à ce que les limites des différents chiffres s'identifient facilement à l'intérieur des nombres.

Il n'existe dans ce système aucun symbole permettant d'indiquer qu'une position est vide à l'intérieur d'un nombre (c'est l'absence de *zéro médian*). Dans les cas, relativement rares, où une position vide doit être laissée, on observe généralement un espace un peu plus grand

que d'ordinaire entre les deux chiffres séparés par cette position vide, mais il peut y avoir une ambiguïté de lecture à ce niveau.

Il n'existe pas non plus dans ce système de symbole permettant d'indiquer qu'une position est vide au début ou à la fin d'un nombre (c'est l'absence de *zéro final* ou le caractère *flottant* du système). Cela a pour conséquence qu'il n'est pas possible de connaître l'ordre de grandeur d'un nombre écrit dans ce système : un nombre donné, le même nombre multiplié par 60, ou plus généralement multiplié par n'importe quelle puissance de 60, et le même nombre divisé par 60, ou plus généralement divisé par n'importe quelle puissance de 60, s'écrivent tous exactement de la même manière.

Commençons par considérer l'exemple très simple du nombre . On constate que ce nombre est composé d'un seul chiffre. Ce chiffre est lui-même formé d'un chevron et de cinq clous verticaux, et se lit donc 15. Étant donné le caractère flottant du système, le nombre écrit de cette manière peut ainsi correspondre à 15, à 15×60 (c'est-à-dire 900), à 15×60^2 (c'est-à-dire 54000), à $15 \div 60$ (c'est-à-dire $1/4$), et ainsi de suite.

Considérons maintenant l'exemple plus complet du nombre . On constate cette fois que le nombre est composé de trois chiffres. Le chiffre le plus à droite est formé de trois chevrons et six clous verticaux, et se lit donc 36. Celui du milieu est formé d'un chevron et un clou vertical, et se lit donc 11. Enfin, celui de gauche est formé de deux clous verticaux, et se lit donc 2. Compte tenu du caractère sexagésimal positionnel du système, le nombre complet peut correspondre à $2 \times 60^2 + 11 \times 60 + 36$, c'est-à-dire à 7896. Mais, compte tenu du caractère flottant du système, il peut également, selon le même principe que dans l'exemple précédent, correspondre à 7896×60 , ou à $7896 \div 60$, et ainsi de suite.

B.1.2. Conventions de translittération et de traduction

Dans mes translittérations et mes traductions, je rends les nombres écrits dans les textes originaux en utilisant ce système de numération sexagésimal positionnel flottant sous une forme très proche de celle présentée et utilisée dans [PROUST2007] : je remplace chaque chiffre composé de clous et de chevrons par sa valeur écrite dans notre propre système de numération, et je sépare les chiffres successifs par des points sans chercher à restituer les ordres de grandeur comme le font la plupart des autres historiens des mathématiques cunéiformes.

Ainsi, je transcris et traduis le nombre du premier exemple ci-dessus par « 15 », même lorsque le contexte indique par ailleurs qu'il doit en l'occurrence être compris en valeur absolue comme $1/4$ ou comme 900, et celui du deuxième exemple par 2.11.36.

B.1.3. Quelques remarques sur les calculs

Il convient pour finir de souligner que, du fait du caractère flottant de ce système de numération, et du fait de mon choix de ne pas restituer dans les translittérations et les traductions des ordres de grandeur qui n'apparaissent pas dans les textes originaux, les calculs peuvent dans certains cas fournir des résultats qui paraissent surprenants aux lecteurs modernes. Voici une petite sélection de tels résultats tirés de mes études de cas.

On trouve par exemple dans la procédure de résolution du problème de la tablette BNUS 367 l'opération « 15 *a-na* 36 NIM », soit « élève 15 à 36 », qui signifie numériquement « multiplie 15 par 36 », et qui donne le résultat 9. Cela s'explique par le fait que $15 \times 36 = 540 = 9 \times 60$, qui s'écrit de la même manière que 9. Dans le même ordre d'idées, on trouve par exemple dans la procédure de résolution du problème de la tablette YBC 8633 l'opération « 1 *a-na* *ši-na*

he-pe-ma », soit « brise 1 en deux », qui signifie numériquement « prends la moitié de 1 », et qui donne le résultat 30. Cela s'explique par le fait que $30 \times 2 = 60$, qui s'écrit bien 1.

Dans un registre un peu différent, on trouve par exemple dans la procédure de résolution du problème de la tablette BNUS 367 l'opération « 12 *a-na* 36 DAḪ », c'est-à-dire « ajoute 12 à 36 », qui donne le résultat 48, mais dans la procédure de résolution du premier problème de la tablette MS 3052 l'opération similaire « 20 *a-na* 3 DAḪ », c'est-à-dire « ajoute 20 à 3 », qui donne cette fois 3.20. Cette différence s'explique par le fait que, dans le premier cas, les deux nombres 12 et 36 sont considérés comme étant du même ordre de grandeur, tandis que dans le deuxième cas, le nombre 3 est considéré comme étant de l'ordre de grandeur supérieur à celui du nombre 20. Il est à noter que la manière dont les scribes retenaient les ordres de grandeur relatifs des différents nombres afin de pouvoir par exemple les additionner et les soustraire correctement, si elle peut être en partie imaginée, n'est pas connue précisément.

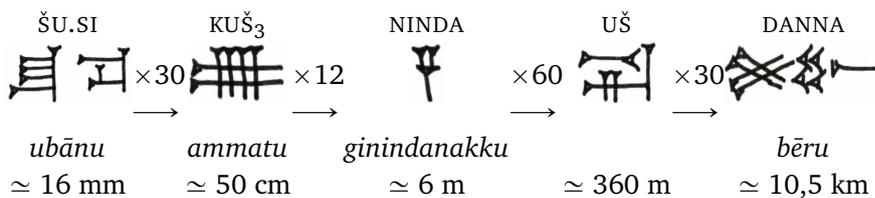
B.2. Système métrologique normalisé paléo-babylonien

Le système métrologique utilisé dans les textes mathématiques paléo-babyloniens est un système standardisé issu de réformes des poids et mesures probablement initiées sous le règne de Sargon d'Akkad (fin du vingt-quatrième et début du vingt-troisième siècles avant notre ère), qui a été adopté dans une grande partie de la Mésopotamie à partir de la troisième dynastie d'Ur (fin du vingt-deuxième et vingt-et-unième siècles avant notre ère) et est communément appelé « système normalisé paléo-babylonien ». Il est constitué de cinq sous-systèmes respectivement dédiés aux mesures de longueurs, de surfaces, de volumes, de capacités et de poids.

Je décris ces cinq sous-systèmes ci-dessous, en utilisant la représentation diagrammatique introduite par J. Friberg dans [FRIBERG1993], qui est désormais couramment utilisée. Les unités y sont listées de la plus petite à la plus grande, et les facteurs placés au-dessus des flèches indiquent combien de fois l'unité à droite de la flèche contient l'unité à gauche de la flèche. Des conversions approximatives dans les unités actuelles sont de plus données à titre indicatif.

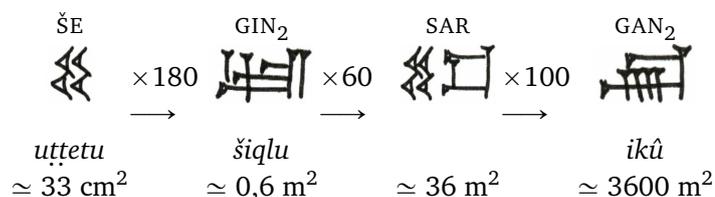
B.2.1. Sous-système des longueurs

Le sous-système des longueurs est défini par les relations suivantes :



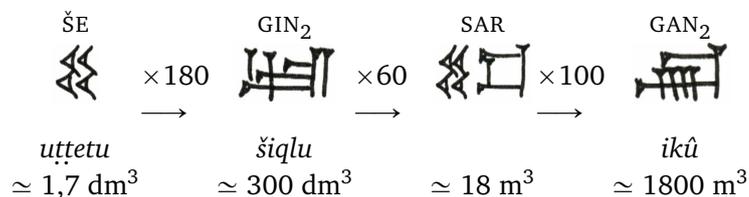
B.2.2. Sous-système des surfaces

Le sous-système des surfaces est relié à celui des longueurs par le biais de l'unité *sar*, qui représente la surface d'un carré de côté 1 *ninda*. Il est défini par les relations suivantes :



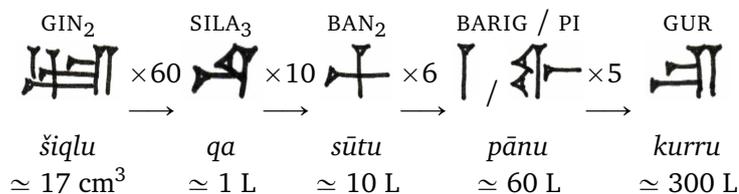
B.2.3. Sous-système des volumes

Le sous-système des volumes est construit comme un décalque de celui des surfaces : chaque unité de volume porte le nom d'une unité de surface et représente le volume d'un solide dont la surface de la base vaut cette unité de surface et la hauteur vaut 1 *kuš*. Les rapports entre les unités de volume sont donc les mêmes qu'entre les unités de surface :



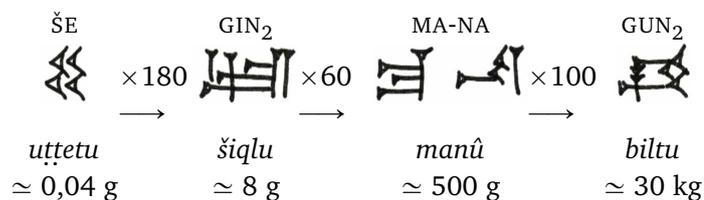
B.2.4. Sous-système des capacités

La notion de capacité, très ancienne et fortement ancrée dans les pratiques, a continué de coexister avec la notion abstraite de volume créée par les scribes dans le cadre des réformes du troisième millénaire. Le sous-système des capacités paléo-babylonien est relié à celui des volumes par la relation 1 *gur* = 1 *gin* (de volume), et est défini par les rapports suivants :



B.2.5. Sous-système des poids

Enfin, le sous-système des poids est défini par les rapports suivants :



Ce sous-système est le seul à être relié aux autres non pas par une unique relation mais par un ensemble de coefficients, qui peuvent être interprétés comme des masses volumiques et qui dépendent de la nature de ce qui est mesuré.

B.2.6. Conventions de translittération et de traduction

Dans les translittérations, je rends les noms d'unités de mesures sous la forme sous laquelle je les ai présentés dans les tableaux ci-dessus. Dans les traductions, je conserve leur nom original, écrit phonétiquement en italique. Ainsi, j'adopte par exemple la forme « *KUŠ₃* » dans les translittérations et la forme « *kuš* » dans les traductions, ou encore la forme « *BAN₂* » dans les translittérations et « *ban* » dans les traductions, etc.

Puisque les unités de volume portent les mêmes noms que les unités de surface associées, il est d'usage de les distinguer dans les traductions en faisant apparaître derrière elles la lettre « *s* » ou « *v* » en indice lorsque l'on est en mesure de déterminer dans quel cas on se trouve. Ainsi, je traduis par exemple « *gin_s* » pour un *gin* de surface et « *gin_v* » pour un *gin* de volume.

B.3. Écriture et manipulation des mesures

Les mesures sont presque toujours exprimées dans les textes sous la forme du nom d'une unité précédé d'un nombre, ou éventuellement d'une succession de tels groupes constitués du nom d'une unité précédé d'un nombre.

B.3.1. Système numérique standard

Dans la plupart des cas, les nombres qui précèdent les unités sont inférieurs à 60 puisque les unités supérieures ou des fractions simples des unités supérieures prennent le relais avant que cette valeur ne soit atteinte. Ces nombres sont alors généralement écrits dans le système de numération appelé « système numérique standard », qui est un système additif répétitif en base 10 identique au sous-système additif répétitif en base 10 que j'ai décrit dans le cadre de la numération sexagésimale positionnelle flottante dans la section B.1.

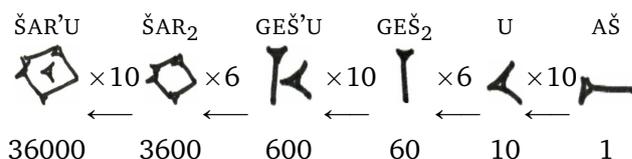
Ce système numérique standard est complété par quelques signes désignant les fractions les plus courantes, ainsi que par la forme générique « IGI.n.GAL₂ » ou « IGI.n.GAL₂.LA » permettant de désigner les fractions du type $1/n$ pour lesquelles il n'existe pas de signe-fraction dédié. Les graphies correspondantes sont les suivantes :



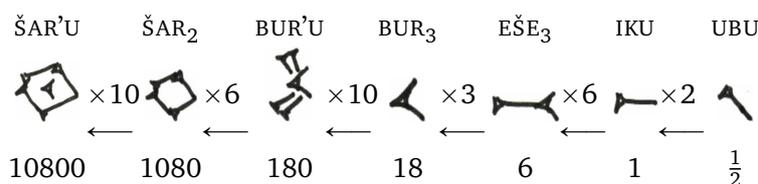
B.3.2. Systèmes de numération utilisés devant les grandes unités

Devant la plus grande unité de chaque système, en revanche, les nombres utilisés peuvent occasionnellement dépasser 60. Ils peuvent alors être écrits au moyen de deux systèmes spécifiques, tous deux de principe additif répétitif : le « système S » devant les unités *gur* (capacités) et *gun* (poids), et le « système G » devant l'unité *gan* (surfaces et volumes), dont les signes sont accumulés autant de fois que nécessaire pour obtenir par addition la valeur voulue.¹

Les symboles utilisés dans le système S sont les suivants :



Les symboles utilisés dans le système G sont les suivants :



1. On peut remarquer qu'il n'y a pas de système spécifique utilisé devant la plus grande unité du sous-système métrologique des longueurs, le *danna*. C. Proust explique qu'un tel système n'est en fait pas nécessaire en pratique dans la mesure où les longueurs qui apparaissent dans les textes ne dépassent pas 59 *danna*, qui vaut déjà environ 600 kilomètres.

B.3.3. Cas particulier des unités BAN₂ et BARIG

Il existe toutefois deux exceptions à la forme générale sous laquelle sont exprimées les mesures : les unités de capacité *ban* et *barig*, pour lesquelles un même signe désigne à la fois l'unité elle-même et le nombre servant à la multiplier, comme illustré ci-dessous :



B.3.4. Conventions de translittération et de traduction

Les nombres écrits dans le système standard sont rendus, à la fois dans mes translittérations et dans mes traductions, par leur valeur écrite dans notre système de numération actuel. Ceux écrits au moyen d'un signe-fraction dédié sont rendus, à la fois dans mes translittérations et dans mes traductions, au moyen de notre notation fractionnaire correspondante. Ceux écrits sous la forme plus générale désignant les inverses sont rendus dans mes translittérations de la manière indiquée ci-dessus et dans mes traductions par l'expression « un *n*-ème ».

Les nombres écrits dans le système S ou le système G sont rendus dans mes translittérations en indiquant successivement, pour chaque signe utilisé, le nombre de fois que ce signe est répété, immédiatement suivi d'un spécificateur consistant en la translittération de ce signe entre parenthèses – éventuellement en omettant pour alléger les spécificateurs (U) et (DIŠ), comme cela se fait souvent. Ils sont rendus dans les traductions sous la forme de la valeur à laquelle correspond l'ensemble.

Sur le même modèle, et bien qu'il s'agisse d'une situation différente, les nombres de *barig* et de *ban* sont rendus dans mes translittérations sous la forme du nombre de ces unités que désigne le signe employé, immédiatement suivi d'un spécificateur consistant en la translittération de l'unité concernée entre parenthèses. Ils sont traduits, comme pour les mesures exprimées de façon usuelle, sous la forme du nombre adéquat suivi du nom de l'unité écrit phonétiquement en italique.

Le tableau ci-dessous présente quelques exemples illustrant ces différents cas :

Exemple	Translittération	Traduction
	23 ŠU.SI	23 <i>šusi</i>
	1/3 KUŠ ₃	1/3 <i>kuš</i>
	1(ŠAR ₂) 1(GEŠ ₂) 3(U) 1(DIŠ) GUR ou 1(ŠAR ₂) 1(GEŠ ₂) 31 GUR	3691 <i>gur</i>
	1(BUR ₃) 1(IKU) GAN ₂	19 <i>gan</i>
	3(BAN ₂)	3 <i>ban</i>

Annexe C

Critères de provenance pour les tablettes mathématiques

Un certain nombre de « critères » destinés à fournir des indications sur la provenance des tablettes mathématiques paléo-babyloniennes issues de fouilles clandestines sur la base de leurs propriétés linguistiques ont été proposés au fil des décennies et sont régulièrement utilisés par les historiens des mathématiques cunéiformes. Souvent regroupés sous le nom générique de « critères de Goetze », ceux-ci recouvrent deux aspects très différents l'un de l'autre : d'une part des caractéristiques orthographiques relevées dans l'ensemble du corpus cunéiforme paléo-babylonien connu au milieu du vingtième siècle et permettant de déterminer si une tablette donnée semble plutôt provenir du Nord ou du Sud de la Babylonie, et d'autre part une combinaison de particularités observées à l'intérieur du seul corpus mathématique et donnant lieu à une classification des tablettes en groupes restreints supposés provenir d'une même ville.

Cette annexe a pour but de résumer la manière dont ces divers « critères » ont été élaborés, d'en fournir une synthèse complète facilement utilisable en pratique et d'évaluer leur fiabilité.

C.1. Distinction des tablettes du Nord et du Sud de la Babylonie

Commençons par ceux de ces critères qui visent à distinguer les tablettes provenant du Nord de la Babylonie de celles provenant du Sud de la Babylonie.

C.1.1. Présentation des critères identifiés par Albrecht Goetze

Les textes cunéiformes non mathématiques d'époque paléo-babylonienne et de provenance documentée connus au milieu du vingtième siècle pouvaient se diviser en deux grands groupes, un groupe provenant du Nord de la Babylonie (principalement formé du code de Hammurabi, de lettres royales, de tablettes de Dilbat et de tablettes de Sippar) et un groupe provenant du Sud de la Babylonie (principalement formé de tablettes de Larsa), qui présentaient plusieurs différences d'orthographe, de grammaire et de vocabulaire. Dans un chapitre de [NEUGEBAUER&SACHS1945], l'assyriologue A. Goetze, qui avait l'habitude d'échanger avec O. Neugebauer, a proposé d'utiliser celles de ces différences qui se retrouvaient dans les textes mathématiques pour déterminer si une tablette mathématique donnée semblait provenir plutôt du Nord de la Babylonie ou du Sud de la Babylonie. Les neuf critères qu'il a dégagés de cette manière sont présentés dans le tableau ci-dessous.¹

ASPECT OBSERVÉ	BABYLONIE DU NORD	BABYLONIE DU SUD
Syllabes « ta/te/ti/tu »	Utilisation des signes - « TA » (lu « tá ») - « TE » (lu « te₄ ») - « TI » (lu « ti ») - « TU » (lu « tú »)	Utilisation des signes - « DA » (lu « ta ») - « DI » (lu « te » ou « ti ») - « DU » (lu « tu »)

1. Voir [NEUGEBAUER&SACHS1945] pages 146-147.

2. Notons qu'A. Goetze mentionne quelques exceptions dans lesquelles les signes spécifiques « SA », « SI » et « SU » sont utilisés dans le Sud également. Il s'agit des cas de contact du son « š » avec un suffixe possessif et de certaines familles de mots (« sānum », « sebet », « samnum », « salānum », « šasūm »).

Syllabes « sa/si/su »	Utilisation des signes - « SA » (lu « sa ») - « SI » (lu « si ») - « SU » (lu « su »)	Utilisation des signes ² - « ZA » (lu « sá ») - « ZI » (lu « sí ») - « ZU » (lu « sú »)
Syllabes « as/us »	Utilisation des signes - « AŠ » (lu « ás ») - « UŠ » (lu « ús »)	Utilisation des signes - « AZ » (lu « as ») - « UZ » (lu « us »)
Syllabe « pi »	Utilisation du signe - « BI » (lu « pí »)	Utilisation du signe - « WA » (lu « pí »)
Son « aya »	Utilisation de la forme « a-ia »	Utilisation de la forme « a-a »
Voyelles longues	Utilisation de signes du type 'voyelle' réservée aux voyelles longues issues de contractions	Utilisation de signes du type 'voyelle' possible pour toutes les voyelles longues
Compléments phonétiques	Utilisation exclusive de signes du type 'voyelle-consonne'	Utilisation de signes du type 'consonne-voyelle-consonne' lorsque ceux-ci existent
Doubles dentales	Absence de nasalisation (formes du type « inaddin »)	Présence possible de nasalisation (forme du type « inandin »)
Propositions infinitives	Absence de suffixes possessifs à la fin de l'infinitif	Présence possible de suffixes possessifs à la fin de l'infinitif

TABLEAU C.1. Critères proposés par A. Goetze pour distinguer les tablettes mathématiques paléo-babyloniennes provenant du Nord et du Sud de la Babylonie

C.1.2. Avis sur la fiabilité de ces critères

Bien que l'un des deux groupes témoins utilisés soit entièrement issu d'une seule ville et ne représente ainsi pas nécessairement l'ensemble des textes de la région concernée, et bien que de nombreuses tablettes de provenance connue aient été découvertes depuis le milieu du vingtième siècle et soient susceptibles d'apporter de nouvelles données, les « critères Nord-Sud » présentés ci-dessus possèdent selon moi trois qualités importantes. Premièrement, ils sont basés sur l'analyse d'un corpus de lettres et de documents administratifs très large, dans lequel l'identification de régularités peut être considérée comme significative. Deuxièmement, ils portent sur des éléments réellement caractéristiques des ensembles considérés, c'est-à-dire dont la présence dans un texte entraîne normalement l'appartenance à l'un des groupes et exclut l'appartenance à l'autre. Enfin, troisièmement, ils sont relativement nombreux, ce qui donne l'opportunité d'en rechercher plusieurs à l'intérieur d'un même texte afin de confirmer les conclusions auxquelles aboutit chacun d'entre eux.³

Pour ces différentes raisons, j'estime que ces « critères Nord-Sud » peuvent être tenus pour suffisamment fiables et que les indications de provenance déduites de leur application peuvent être qualifiées de « presque certaines ».

3. A. Goetze mentionne d'ailleurs lui-même explicitement ce dernier point, en précisant qu'attribuer une tablette à l'une des deux régions sur la base d'un seul des neuf critères est incertain et qu'il est préférable d'en identifier plusieurs dans une même tablette avant de tirer des conclusions, d'autant plus que le style des textes mathématiques a tendance à être stéréotypé.

C.2. Classification des tablettes en « groupes de Goetze »

Présentons maintenant la tentative de classification plus précise des tablettes mathématiques en groupes supposés provenir d'une même ville.

C.2.1. Présentation de la contribution d'Albrecht Goetze

Après avoir décrit les grands critères généraux présentés dans la partie précédente, A. Goetze a proposé de les affiner en critères plus spécifiques basés cette fois sur une analyse ciblée du corpus mathématique. Sa démarche pour ce faire a consisté à rassembler les tablettes mathématiques paléo-babyloniennes en groupes qui présentent des points communs de diverses sortes, puis observer les propriétés linguistiques de chacun des groupes ainsi formés, et enfin essayer de trouver des caractéristiques qui leur sont propres.

Les points communs sur lesquels s'est basé A. Goetze pour rassembler les tablettes en groupes et les indices qu'il a utilisés pour assigner des provenances aux groupes ainsi obtenus sont de natures très variées. Ils peuvent relever aussi bien de l'histoire de l'objet (affirmations des vendeurs des tablettes au sujet de leur provenance, provenance des tablettes avec lesquelles une tablette donnée a été éditée ou cataloguée, présence de fragments d'une même tablette dans deux lots différents), que de ses propriétés générales (apparence, contenu) ou encore de ses propriétés linguistiques (termes, expressions, manières d'écrire).⁴

Les six groupes qu'A. Goetze a formés de cette manière, ainsi que les propriétés qu'il a identifiées pour chacun d'eux, sont résumés dans le tableau ci-dessous.⁵

GROUPE	PARTICULARITÉS D'ÉCRITURE	EXPRESSIONS FRÉQUENTES
Groupe 1 Sud de la Babylonie (probablement Larsa)	- Syllable « pe » écrite avec le signe « WA » (lu « pe ») - Voyelles répétées fréquentes	- « at-ta i-na e-pe-ši-ka » - « i-na-ad-di-kum » - « ba-a (x) ḥepûm »
Groupe 2 Sud de la Babylonie (ville inconnue)	- Syllable « pe » écrite avec le signe « WA » (lu « pe ») - Voyelles répétées rares	- « ZA.E KÌ.DA.ZU.NE » - « i-na-ad-di-ik-kum » - « 1/2 (x) ḥepûm »
Groupe 3 Sud de la Babylonie (Uruk)	- Syllable « pe » écrite avec le signe « BI » (lu « pé »)	- « ZA.E KÌ.DA.ZU.DE » - « IN.SUM » - « ḤÉ.GAR - IN.SUM - ḤÉ.GAR »
Groupe 4 Sud de la Babylonie (peut-être Uruk)	- Syllable « pe » écrite avec le signe « BI » (lu « pé »)	- « it-ta-di-ik-kum » - « (x) ana šina ḥepûm » - « luškun - inaddinam - GAR.RA »
Groupe 5 Nord de la Babylonie (ville inconnue)		- « illiakkum »
Groupe 6 Nord de la Babylonie (textes basés sur des originaux du Sud)		- « ta-mar »

TABLEAU C.2. Groupes de tablettes mathématiques paléo-babyloniennes décrits par A. Goetze

4. Cette démarche appelle des commentaires, que je ferai dans la section C.2.4. ci-après.

5. Voir [NEUGEBAUER&SACHS1945] pages 147-151.

Selon A. Goetze, ces six groupes relèvent de quatre variétés différentes d'akkadien : les groupes 1 et 2 seraient les témoins d'un dialecte paléo-babylonien du Sud probablement écrit dans la ville de Larsa, les groupes 3 et 4 représenteraient un autre dialecte paléo-babylonien du Sud probablement écrit dans la ville d'Uruk, le groupe 5 posséderait des caractéristiques du Nord, et le groupe 6 serait formé de modernisations d'originaux du Sud (ayant les caractéristiques du dialecte de Larsa) réalisées dans le Nord.

C.2.2. Présentation de la contribution de Jens Høyrup

Dans son article et son chapitre intitulés « The 'finer structure' of the Old Babylonian corpus », J. Høyrup a proposé de reprendre et de compléter la catégorisation d'A. Goetze en l'enrichissant de considérations terminologiques plus systématiques et de la prise en compte de nouveaux ensembles de tablettes mathématiques découverts après 1945 (à savoir principalement les tablettes mathématiques de Suse, d'Ešnunna, d'Ur et de Nippur).

Les onze groupes sur lesquels il s'est arrêté au terme de son étude, ainsi que les principales particularités terminologiques qu'il a identifiées pour chacun (en laissant de côté certains détails techniques rarement utiles), sont présentés dans le tableau ci-dessous.⁶

GRUPE	DESCRIPTION	STRUCTURE DES PROBLÈMES RÉSOLUS	VOCABULAIRE TECHNIQUE EMPLOYÉ
Groupe 1 (Larsa?)	Groupe relativement peu homogène, constitué de tablettes qui présentent des formulations surprenantes et témoignent probablement d'une période de créativité et d'assimilation des traditions.	<ul style="list-style-type: none"> - Annonce occasionnelle de résultats d'opérations à la première personne - Pas de formule de clôture des procédures 	<ul style="list-style-type: none"> - Expression des résultats d'additions au pluriel - Utilisations aberrantes du verbe « <i>šutākulum</i> » - Emploi de termes a priori inappropriés pour l'opération de « rectangularisation » et emploi du substantif « A.RÁ » pour désigner la surface produite - Emploi de « <i>wabālum</i> » comme verbe « passe-partout »
Groupe 2 (Sud...)	Sous-groupe 2 Groupe constitué de deux collections de problèmes et plusieurs catalogues associés, qui semblent refléter une tentative d'organiser du matériau venant de la périphérie en agrément avec un canon local.	<ul style="list-style-type: none"> - Annonce explicite de l'objet des problèmes - Formulation explicite des questions posées, avec l'interrogatif « EN.NAM » (ou plus rarement l'interrogatif « <i>kī maši</i> ») - Présence possible de la formule d'ouverture des procédures « ZA.E KÌ.DA.ZU.NE » (ou bien « ZA.E KID₉.DA.ZU.NE ») - Annonce des résultats des opérations avec la forme 	<ul style="list-style-type: none"> - Emploi des verbes « <i>harāsum</i> » pour les opérations soustractives portant sur des lignes et « <i>nasāhum</i> » ou « <i>tabālum</i> » pour celles portant sur des surfaces - Emploi du signe « 1/2 » pour désigner la « moitié nécessaire » - Emploi majoritaire du sumérogramme « UR.UR », exclusif à ce groupe, pour l'opération de « rectangularisation » (plus rare-

6. Voir [HØYRUP2000] et [HØYRUP2002] pages 317-361.

		<p>verbale « <i>inaddikkum</i> » (ou plus rarement la forme « <i>tammar</i> »)</p> <p>Dans un texte, présence de la formule de clôture des procédures « <i>ki-a-amné-pe-šu</i> »</p>	<p>ment « <i>šutākulum</i> »)</p> <p>Emploi du sumérogramme « ÍB.SI₈ » comme substantif pour désigner les « égalisants »</p> <p>Utilisation des prépositions « A.RÁ » avec le verbe « DAḤ » et « <i>ana</i> » avec le verbe « <i>ḥarāsum</i> »</p>
	<p>Sous-groupe ii</p> <p>Groupe constitué de la seule collection de problèmes BM 13901, qui s'inscrit dans une tradition bien établie ayant des points communs avec celle du groupe 4.</p>	<p>Pas d'annonce explicite de l'objet des problèmes</p> <p>Pas de formulation explicite des questions posées</p> <p>Pas de formule d'ouverture des procédures</p> <p>Annonce des résultats des opérations par la particule enclitique « <i>-ma</i> » seule ou bien par rien</p> <p>Pas de formule de clôture des procédures</p>	<p>Écriture majoritairement syllabique</p> <p>Emploi du verbe « <i>nasāḫum</i> » pour les opérations soustractives</p> <p>Emploi du substantif « <i>bāmtum</i> » pour désigner les « moitiés nécessaires »</p> <p>Emploi du verbe « <i>šutākulum</i> » pour l'opération de « rectangularisation »</p> <p>Emploi du sumérogramme « ÍB.SI₈ » comme verbe pour l'opération d'« égalisation »</p> <p>Emploi du substantif « <i>wašītum</i> », exclusif à ce groupe, pour désigner les « lignes épaisses »</p>
<p>Groupe 3 (Uruk?)</p>	<p>Groupe cohérent à la fois du point de vue linguistique et du point de vue du style, qui semble témoigner de la recherche d'un standard contrastant, peut-être délibérément, avec celui du groupe 4.</p>	<p>Description occasionnelle des paramètres inconnus par les formes verbales « NU.ZU » ou « <i>ú-ul i-de</i> »</p> <p>Formulation explicite des questions posées, avec l'interrogatif « EN.NAM » (ou parfois « <i>kī maši</i> »)</p> <p>Présence systématique de la formule d'ouverture des procédures « ZA.EKÍ.DA.ZU.NE »</p> <p>Emploi occasionnel de la marque de structure « <i>rēška likīl</i> »</p> <p>Annonce des résultats des opérations par la formule verbale « IN.SUM » (ou plus rarement « <i>inaddinam</i> » pour les divisions irrégulières)</p> <p>Pas de formule de clôture des procédures</p>	<p>Textes écrits avec une proportion importante de logogrammes, mais avec de nombreux affixes akkadiens, avec toutes les prépositions en akkadien et avec des écritures akkadiennes syllabiques pour les formes moins standard</p> <p>Emploi du verbe « <i>ḥepūm</i> » pour l'opération de « moitié nécessaire », souvent avec le complément « 1/2 » mais jamais avec « en deux »</p> <p>Pas d'occurrences d'opération de « rectangularisation », mais emploi du sumérogramme « DU₇.DU₇ » pour l'opération de « carrage »</p> <p>Emploi du sumérogramme « ÍB.SI₈ » comme verbe pour l'opération d'« égalisation » (avec la formule</p>

			« X.E Y ÍB.SI ₈ ») - Emploi de la formule « <i>mi-nam a-na X HÉ.GAR ša Y IN.SUM Z HÉ.GAR</i> » dans le cas des divisions irrégulières
Groupe 4 (Uruk?)	Groupe constitué de tablettes observant un même standard strict, parfois subdivisé en deux sous-groupes (4A, 4B) très proches l'un de l'autre.	Dans la plupart des cas, pas d'annonce explicite de l'objet des problèmes Dans la plupart des cas, pas de formule d'ouverture des procédures - Emploi fréquent de la marque de structure « <i>rēš-ka likil</i> » - Emploi des connecteurs logiques « <i>šumma</i> » avec diverses fonctions et « <i>aššum</i> » en référence à l'énoncé des problèmes - Annonce des résultats des opérations par la particule enclitique « <i>-ma</i> » seule (ou plus rarement par « <i>inaddinam</i> » ou « <i>it-taddikkum</i> », surtout pour les divisions irrégulières) - Pas de formule de clôture des procédures	Écriture des formes impératives standard au moyen de sumérogrammes et des autres formes en akkadien syllabique - Emploi du verbe « <i>nasā-hum</i> » pour les opérations soustractives ainsi que du verbe « <i>ezēbum</i> », exclusif à ce groupe, pour désigner leurs résultats - Emploi du verbe « <i>he-pûm</i> » construit avec le complément « en deux » pour l'opération de « moitié nécessaire » - Emploi systématique du verbe « <i>šutākulum</i> » pour l'opération de « rectangularisation » - Emploi des sumérogrammes « ÍB.SI ₈ » et « BA.SI » comme substantifs pour désigner les « égalisants »
Groupe 5 (Nord...)	Groupe constitué de trois tablettes qui semblent résulter d'une transformation de la tradition d'Ur III dans les régions de la périphérie et pourraient ou non provenir d'une même école.	Dans certains textes, pas d'annonce explicite de l'objet des problèmes Présence occasionnelle d'une des formules d'ouverture des procédures « <i>at-ta</i> » ou « <i>at-ta i-na e-pé-ši-ka</i> » - Annonce des résultats des opérations au moyen du verbe « <i>elûm</i> », le plus souvent sous la forme « <i>illiakkum</i> »	Emploi du verbe « <i>šutākulum</i> » pour l'opération de « rectangularisation »
Groupe 6 (Sippar?)	Sous-groupe 6A Groupe constitué des tablettes dites « <i>kibsu</i> » et de deux autres tablettes, qui proviennent vraisemblablement d'une même école, certainement à Sippar, et témoignent d'un effort de créer et observer un canon.	Annonce explicite fréquente de l'objet des problèmes, parfois avec la conjonction « <i>šumma</i> » - Formulation explicite des questions posées, avec l'interrogatif « EN.NAM » (ou plus rarement « <i>ki maši</i> ») - Présence de la formule d'ouverture des procé-	Emploi du sumérogramme « UL.GAR » pour les opérations additives - Emploi du sumérogramme « BA.ZI » pour les opérations soustractives - Emploi fréquent du sumérogramme « TAB » pour les opérations de duplication, sous la forme « <i>X ana 2 TAB</i> » ou « <i>X A.RÁ Y TAB</i> »

		<ul style="list-style-type: none"> - dures « ZA.E » - Présence possible de la marque de structure « NIGIN.NA » - Annonce des résultats des opérations par la forme verbale « <i>tammār</i> » - Présence d'une des formules de clôture des procédures « <i>nēpešum</i> » ou « <i>kām nēpešum</i> » 	<ul style="list-style-type: none"> - Utilisation du signe « 1/2 » pour désigner la « moitié nécessaire » - Emploi de la forme verbale « <i>imtaḥḥar</i> » pour l'opération de « carrage » - Emploi du sumérogramme « ÍB.SI₈ » comme verbe pour l'opération d'« égalisation »
	<p>Sous-groupe 6B Groupe constitué de deux tablettes rassemblées avec des réserves, qui ne proviennent pas de la même école que celles du groupe 6A mais en sont suffisamment proches pour pouvoir relever d'un même style local.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Plusieurs caractéristiques communes avec celles du groupe 6A (J. Høyrup ne précise pas lesquelles) 	<ul style="list-style-type: none"> - Plusieurs caractéristiques communes avec celles du groupe 6A (J. Høyrup ne précise pas lesquelles)
	<p>Sous-groupe 6C Groupe constitué de quatre tablettes ayant des propriétés semblables à celles du groupe 6A sur plusieurs aspects.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Plusieurs caractéristiques communes avec celles du groupe 6A (J. Høyrup ne précise pas lesquelles) 	<ul style="list-style-type: none"> - Plusieurs caractéristiques communes avec celles du groupe 6A (J. Høyrup ne précise pas lesquelles)
<p>Groupe 7 (Ešnunna, début du 18e siècle)</p>	<p>Sous-groupe 7A Groupe très homogène, constitué de tablettes qui proviennent toutes d'une même pièce et ont été écrites en l'espace d'un ou deux ans, qui témoigne d'une volonté de créer un langage mathématique standardisé.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Annonce explicite de l'objet des problèmes sous une forme évoquant une énigme, par la phrase « <i>šum-ma ki-a-am i-ša-alka um-ma šu-ú-ma</i> » - Formulation explicite des questions posées, avec l'un des interrogatifs « <i>mīnum</i> » ou « <i>kī maši</i> » - Présence de la formule d'ouverture des procédures « <i>at-ta i-na e-pé-ši-ka</i> » - Présence possible de la marque de structure « <i>na-ás-ḥi-ir</i> » - Annonce des résultats des opérations avec l'une des formes verbales « <i>tammār</i> » ou « <i>i-li-a-ku-um</i> » précédée de la particule enclitique « <i>-ma</i> » - Pas de formule de clôture des procédures 	<ul style="list-style-type: none"> - Emploi préférentiel du verbe « <i>ḥarāšum</i> », plutôt que « <i>nasāḥum</i> », pour les opérations soustractives - Emploi du verbe « <i>ḥepūm</i> » seul, sans complément, pour l'opération de « moitié nécessaire » - Emploi des sumérogrammes « ÍB.SI₈ », « ÍB.SI » et « ÍB.SE.E » comme verbes pour l'opération d'« égalisation »

	<p>Sous-groupe 7B Groupe proche à la fois géographiquement et chronologiquement du groupe 7A mais beaucoup moins uniforme, dont les points communs et les différences avec ce dernier illustrent les limites du développement d'une culture mathématique à une époque donnée et dans une ville donnée.</p>	<p>Attestations de toutes les manières d'annoncer l'objet des problèmes Formulation explicite des questions posées, principalement avec l'un des interrogatifs « <i>mīnum</i> » ou « <i>kī maši</i> » Présence presque systématique de la formule d'ouverture des procédures « <i>at-ta i-na e-pé-ši-ka</i> » Présence possible des marques de structure « <i>ta-á-sa-ḥa-ar</i> », « <i>tu-úr</i> » et « <i>na-ás-ḥi-ir</i> » Utilisation du connecteur logique « <i>šumma</i> » Annonce des résultats des opérations par l'une des formes verbales « <i>tammar</i> » ou « <i>illiakkum</i> »</p>	<p>Emploi des verbes « <i>nasā-ḥum</i> » et « <i>ḥarāṣum</i> » pour les opérations soustractives Emploi d'un vocabulaire variable pour désigner les « moitiés nécessaires » Emploi des sumérogrammes « ÍB.SI » et « BA.SI » comme substantifs pour désigner les « égalisants »</p>
<p>Groupe 8 (Suse, fin de l'époque OB)</p>	<p>Sous-groupe 8A Groupe constitué de toutes les tablettes provenant de Suse sauf une, qui ont été produites selon des standards stricts délibérément choisis comme canons.</p>	<p>Souvent, pas d'annonce explicite de l'objet considéré dans les problèmes Souvent, pas de formulation explicite des questions posées Présence de la formule d'ouverture des procédures « ZA.E » Présence fréquente de la marque de structure « <i>tu-úr</i> » Présence fréquente du connecteur logique « <i>aš-šum</i> » pour donner une justification Annonce des résultats des opérations par la forme verbale « <i>tammar</i> » Présence rare de formules de clôture des procédures, variées</p>	<p>Emploi du sumérogramme « UL.GAR » pour les opérations additives Emploi du sumérogramme « ZI » (seul) pour les opérations soustractives Emploi fréquent du verbe « <i>alākum</i> » pour les opérations de duplication Emploi du signe « $\frac{1}{2}$ » pour désigner la « moitié naturelle » Emploi du sumérogramme « NIGIN » pour l'opération de « rectangularisation » Emploi du sumérogramme « ÍB.SI₈ » comme verbe pour l'opération d'« égalisation » Emploi de la formule « <i>mi-na a-na X GAR šà Y i-na-di-na Z GAR</i> » dans le cas des divisions irrégulières Emploi systématique du sumérogramme « SAG », plutôt que « SAG.KI », pour désigner le « front » d'une forme géométrique</p>

			Présence occasionnelle de zéros médians dans l'écriture des nombres en notation sexagésimale positionnelle
	Sous-groupe 8B Groupe constitué d'une unique tablette de Suse, assez différente de celles du groupe 8A, qui illustre la variabilité des choix sribaux possibles au sein d'un même contexte.	Pas de formule d'ouverture des procédures Présence possible de la marque de structure « <i>ta-ta-a-ar</i> » Annonce directe des résultats des opérations, sans même la particule enclitique « <i>-ma</i> »	Emploi du sumérogramme « KUD » pour les opérations soustractives Emploi occasionnel du sumérogramme « A.RÁ » pour l'opération de « rectangularisation » et emploi du sumérogramme « GU ₇ .GU ₇ » pour l'opération de « carrage » Emploi du sumérogramme « ÍB.SI ₈ » comme substantif pour désigner les « égalisants »
Groupe S (séries)	Groupe constitué de tablettes contenant des séries, qui ne se rattachent pas au groupe 2 comme le pensait A. Goetze mais semblent au contraire provenir de la périphérie.	Présentation occasionnelle des paramètres inconnus en lien avec la question posée avec le sumérogramme « NU.ZU »	Emploi des sumérogrammes « BA.ZI » et « ÍB.TAG ₄ » pour les opérations soustractives, ainsi que de la formule « A.NA UŠ UGU SAG DIRIG » Emploi de la formule « X A.RÁ Y.E TAB » pour les opérations de duplication Emploi du sumérogramme « NIGIN » pour l'opération de « rectangularisation » Emploi de la formule « EN TA.ÀM ÍB.SI ₈ » pour l'opération d'« égalisation »
Groupe U (Ur, début de l'époque OB)	Groupe constitué de tablettes contenant des problèmes résolus, qui se distinguent par le fait qu'elles sont majoritairement écrites en sumérien et peuvent être vues comme le reflet d'une expression indépendante des transformations mathématiques du début de l'époque paléo-babylonienne.	Formulation explicite des questions posées, par l'un des interrogatifs « EN.NAM » ou « A.NA.ÀM » Pas de formule d'ouverture des procédures Annonce des résultats des opérations par le sumérogramme « ED.PÀD » ou la copule « -ÀM » Pas de formule de clôture des procédures	Textes majoritairement écrits en sumérien, avec des éléments grammaticaux beaucoup plus nombreux et corrects que dans le reste du corpus mathématique Emploi du sumérogramme « ÍB.TAG ₄ » pour désigner le résultat des opérations soustractives Emploi de la formule « X A.RÁ Y Û.UR.RÁ » pour les opérations de duplication Emploi des sumérogrammes « ÍB.SI ₈ » et « BA.SI ₈ » comme substantifs pour désigner l'« égalisant »

			<ul style="list-style-type: none"> - Emploi de formules ne faisant pas intervenir le verbe « SUM » pour exprimer les divisions par des nombres irréguliers - Emploi du sumérogramme « IN.GAR », quasiment exclusif à ce groupe, pour l'action de « poser »
Groupe N (Nippur)	Groupe relativement peu homogène, dont le contexte est assez mal connu bien qu'il soit constitué de tablettes issues de fouilles légales.	<ul style="list-style-type: none"> - Présence occasionnelle de la formule d'ouverture des procédures « <i>i-na-e-pe-ši-ka</i> » - Annonce des résultats des opérations par la particule enclitique « <i>-ma</i> » et le verbe « <i>illiakkum</i> » - Pas de formule de clôture des procédures 	<ul style="list-style-type: none"> - Textes écrits en akkadien avec des sumérogrammes - Emploi du sumérogramme « DAḤ », avec la préposition « <i>ana</i> », pour les opérations additives - Emploi du verbe « <i>ḥarā-ṣum</i> » ou du sumérogramme « BA.ZI », avec la locution prépositionnelle « <i>i-na ṣÀ</i> », pour les opérations soustractives - Emploi du verbe « <i>wabā-lum</i> » pour la détermination d'une grandeur concrète au moyen d'une multiplication - Emploi du verbe « <i>šutā-kulum</i> » pour l'opération de « rectangularisation » - Emploi des termes « <i>mit-ḥartum</i> », « <i>ÍB.SI₈</i> » et « <i>LAGAB</i> » pour désigner la configuration du carré

TABLEAU C.3. Groupes de tablettes mathématiques paléo-babyloniennes décrits par J. Høyrup

En complément du tableau ci-dessus qui résume les observations de J. Høyrup sous une forme proche de celle sous laquelle il les expose, il me semble utile, pour pouvoir mobiliser ces données en pratique, d'en fournir une synthèse qui propose un regroupement par aspects plutôt que par ensembles de tablettes. C'est l'objet des deux tableaux ci-dessous, qui listent respectivement les éléments liés à la structure et au format des problèmes et les éléments liés au vocabulaire technique, en indiquant dans quels groupes de tablettes ils ont été relevés.

STRUCTURE DES PROBLÈMES RÉSOLUS		
Annonce de l'objet du problème	Implicite	<ul style="list-style-type: none"> - Groupe ii - Groupe 4 (<i>souvent</i>) - Groupe 5 (<i>parfois</i>) - Groupe 8A (<i>souvent</i>)
	Explicite, non introduit	<ul style="list-style-type: none"> - Groupe 2 - Groupe 6 (<i>souvent</i>)
	Explicite, introduit par « <i>šumma</i> »	<ul style="list-style-type: none"> - Groupe 6 (<i>parfois</i>)

	Explicite, sous forme d'une « énigme » (« <i>šum-ma ki-a-am i-ša-al-ka um-ma šu-ú-ma</i> »)	- Groupe 7A
Présentation des paramètres inconnus	Formule « NU.ZU »	- Groupe 3 (<i>parfois</i>) - Groupe 5 (<i>parfois</i>)
	Formule « <i>ú-ul i-de</i> »	- Groupe 3 (<i>parfois</i>)
Formulation de la question posée	Implicite	- Groupe ii - Groupe 8A (<i>souvent</i>)
	Explicite, introduit par « EN.NAM »	- Groupe 2 (<i>souvent</i>) - Groupe 3 (<i>souvent</i>) - Groupe 6 (<i>souvent</i>) - Groupe U (<i>souvent</i>)
	Explicite, introduit par « A.NA.ÀM »	- Groupe U (<i>parfois</i>)
	Explicite, introduit par « <i>mīnum</i> »	- Groupe 7A (<i>souvent</i>) - Groupe 7B (<i>souvent</i>)
	Explicite, introduit par « <i>kī maši</i> »	- Groupe 2 (<i>rarement</i>) - Groupe 3 (<i>parfois</i>) - Groupe 6 (<i>rarement</i>) - Groupe 7A (<i>souvent</i>) - Groupe 7B (<i>souvent</i>)
Formule d'ouverture de la procédure	Aucune	- Groupe ii - Groupe 4 (<i>souvent</i>) - Groupe 8B - Groupe U
	Forme sumérienne courte « ZA.E »	- Groupe 6 - Groupe 8A
	Forme sumérienne complète « ZA.E KÌ.DA.ZU.NE »	- Groupe 2 (<i>parfois</i>) - Groupe 3 (<i>toujours</i>)
	Forme sumérienne alternative « ZA.E KID ₉ .DA.ZU.NE »	- Groupe 2
	Forme akkadienne courte « <i>at-ta</i> »	- Groupe 5 (<i>parfois</i>)
	Forme akkadienne complète « <i>at-ta i-na e-pe-ši-ka</i> »	- Groupe 5 (<i>parfois</i>) - Groupe 7A - Groupe 7B (<i>très souvent</i>)
	Forme akkadienne alternative « <i>i-na e-pe-ši-ka</i> »	- Groupe N
Marques de structure	« <i>rēška likīl</i> »	- Groupe 3 (<i>parfois</i>) - Groupe 4 (<i>souvent</i>)
	« NIGIN.NA »	- Groupe 6
	« <i>tu-úr</i> »	- Groupe 7B - Groupe 8A
	« <i>ta-ta-a-ar</i> »	- Groupe 8B
	« <i>na-ás-ḫi-ir</i> »	- Groupe 7A - Groupe 7B

	« <i>ta-ás-sa-ḥa-ar</i> »	- Groupe 7B
Connecteurs logiques	« <i>šumma</i> »	- Groupe 4 (<i>emplois variés</i>) - Groupe 7B (<i>parfois</i>)
	« <i>aššum</i> »	- Groupe 4 (<i>références à l'énoncé du problème</i>) - Groupe 8A (<i>justifications</i>)
Annonce des résultats d'opérations	Non introduits	- Groupe ii - Groupe 8B
	Introduits par « <i>-ma</i> » (seul)	- Groupe ii - Groupe 4 - Groupe N
	Introduits par « IN.SUM »	- Groupe 3 (<i>souvent</i>)
	Introduits par « <i>inaddikkum</i> »	- Groupe 4 (<i>souvent</i>)
	Introduits par « <i>inaddinam</i> »	- Groupe 3 (<i>parfois</i>) - Groupe 4 (<i>parfois</i>)
	Introduits par « <i>ittaddikkum</i> »	- Groupe 4 (<i>parfois</i>)
	Introduits par « <i>tammar</i> »	- Groupe 2 (<i>rarement</i>) - Groupe 6 - Groupe 7A - Groupe 7B - Groupe 8A
	Introduits par « ED.PÀD »	- Groupe U
	Introduits par « <i>-AM</i> »	- Groupe U
	Introduits par « <i>illiakkum</i> » ou d'autres formes du verbe « <i>elûm</i> »	- Groupe 5 - Groupe 7A - Groupe 7B - Groupe N
Introduits à la première personne	- Groupe 1 (<i>parfois</i>)	
Formule de clôture de la procédure	Aucune	- Groupe 1 - Groupe ii - Groupe 3 - Groupe 4 - Groupe 7A - Groupe 8A (<i>souvent</i>) - Groupe U - Groupe N
	« <i>nēpešum</i> » ou « <i>kīam nēpešum</i> »	- Groupe 4 (<i>rarement</i>) - Groupe 6

TABLEAU C.4. « Tableau inversé » reprenant les observations de J. Høyrup sur le format et la structure des problèmes dans les différents groupes de tablettes

VOCABULAIRE TECHNIQUE EMPLOYÉ		
Généralités sur l'écriture	Texte écrit majoritairement en akkadien syllabique, avec seulement quelques sumérogrammes	- Groupe ii - Groupe N

	Texte écrit avec une proportion importante de sumérogrammes mais également de l'akkadien syllabique pour les formes moins standard	- Groupe 3 - Groupe 4
	Texte écrit majoritairement en sumérien, avec seulement quelques éléments grammaticaux en akkadien	- Groupe U
Opérations additives	« DAḤ »	- Groupe 2 (avec « A.RÁ ») - Groupe N (avec « ana »)
	« UL.GAR »	- Groupe 6 - Groupe 8A
	Somme au pluriel	- Groupe 1
Opérations soustractives	« <i>nasāḥum</i> »	- Groupe 2 (dans le cas des surfaces) - Groupe ii - Groupe 4 - Groupe 7B (souvent)
	« ZI »	- Groupe 8A
	« BA.ZI »	- Groupe 6 - Groupe S - Groupe N (avec « ina šÀ »)
	« <i>ḥarāṣum</i> »	- Groupe 2 (dans le cas des lignes, avec « ana ») - Groupe 7A (très souvent) - Groupe 7B (souvent) - Groupe N (avec « ina šÀ »)
	« KUD »	- Groupe 8B
	« <i>tabālum</i> »	- Groupe 2 (dans le cas des surfaces)
	Annonce du résultat avec « <i>ezēbum</i> »	- Groupe 4
	Annonce du résultat avec « ÍB.TAG » ou « ÍB.TAG ₄ »	- Groupe 5 - Groupe U
Doublement, duplication	« X ana Y TAB »	- Groupe 6
	« X A.RÁ Y TAB » (éventuellement suivi de « .E »)	- Groupe 6 - Groupe S
	« X A.RÁ Y Û.UB.RÁ »	- Groupe U
	« <i>alākum</i> »	- Groupe 8A
	« <i>wabālum</i> »	- Groupe N
Moitié nécessaire	« 1/2 »	- Groupe N
	« <i>bāmtum</i> »	- Groupe ii

	« <i>ḥepûm</i> »	- Groupe 3 (souvent avec « 1/2 », jamais « en deux ») - Groupe 4 (« en deux ») - Groupe 7A (seul)
Rectangularisation, carrage	« <i>šutākulum</i> »	- Groupe 1 (y compris avec des usages aberrants) - Groupe 2 (rarement) - Groupe ii - Groupe 4 - Groupe 5 - Groupe N
	« UR.UR »	- Groupe 2
	« GU ₇ .GU ₇ »	- Groupe 8B
	« DU ₇ .DI ₇ »	- Groupe 3
	« A.RÁ »	- Groupe 1 - Groupe 8B
	« NIGIN »	- Groupe 8A
	« <i>imtaḥar</i> »	- Groupe 6
	« <i>mithartum</i> », « ÍB.SI ₈ » et « LAGAB »	- Groupe N
	Termes inappropriés	- Groupe 1
Racines carrées et cubiques	« ÍB.SI ₈ » comme nom	- Groupe 1 - Groupe 4 - Groupe 8B - Groupe U
	« ÍB.SI ₈ » comme verbe	- Groupe ii - Groupe 3 - Groupe 6 - Groupe 7A (parfois) - Groupe S (avec une formulation particulière)
	« ÍB.SI » comme nom	- Groupe 7B
	« ÍB.SI » ou « ÍB.SE.E » comme verbe	- Groupe 7A - Groupe 8A
	« BA.SI ₈ » comme nom	- Groupe U
	« BA.SI » comme nom	- Groupe 4 - Groupe 7B
	Division irrégulière	« <i>mi-na a-na X ḤÉ.GAR ša Y IN.SUM Z ḤÉ.GAR</i> »
Forme sans le verbe « SUM »		- Groupe U
« <i>mi-na a-na X GAR ša Y i-na-di-na Z GAR</i> »		- Groupe 8A
Autres	Verbe « <i>wabālum</i> » passe-partout	- Groupe 1
	Terme « <i>waṣītum</i> » pour désigner les « lignes épaisses »	- Groupe ii

	Forme « IN.GAR » pour désigner l'action de « poser »	Groupe U
	Zéros médians occasionnels	Groupe 8A

TABLEAU C.5. « Tableau inversé » reprenant les observations de J. Høyrup sur le vocabulaire technique employé dans les différents groupes de tablettes

Deux mises en garde méritent d'être faites à propos de ces tableaux. Premièrement, ils ne sont pas exhaustifs : ils reprennent seulement les principaux termes relevés par J. Høyrup dans son travail, et le fait qu'un certain mot ne soit pas indiqué comme présent dans un certain groupe de tablettes ne signifie pas qu'il n'y apparaît jamais, et encore moins qu'une tablette dans laquelle on le rencontrerait ne pourrait pas appartenir à ce groupe. Deuxièmement, J. Høyrup souligne que toutes les tablettes connues ne peuvent pas forcément être rattachées à l'un de ces groupes, d'une part parce qu'une tablette isolée ne contient pas toujours suffisamment de texte pour que plusieurs des « propriétés » mises en évidence ci-dessus puissent y être étudiées, et d'autre part parce que les principaux groupes qu'il décrit proviennent probablement de quelques contextes très ciblés et que des tablettes provenant d'autres contextes, même dans les mêmes villes, peuvent s'écarter assez sensiblement de leurs standards (comme l'indique par exemple la différence entre le groupe 7A et le groupe 7B d'Ešnunna).

C.2.3. Présentation de la contribution de Jöran Friberg

Enfin, dans son article sur les mathématiques à Ur à l'époque paléo-babylonienne, J. Friberg, qui cherchait à déterminer si certains des textes publiés dans [NEUGEBAUER1935a] et [NEUGEBAUER&SACHS1945] – et en particulier ceux du 'Groupe 2' pour lesquels aucune provenance n'avait été suggérée – pouvaient provenir de la ville d'Ur, a repris l'étude des groupes de tablettes formés par A. Goetze puis affinés par J. Høyrup, mais en se concentrant cette fois spécifiquement sur les sumérogrammes utilisés et, dans une moindre mesure, la mise en page.

Les résultats qu'il a obtenus sont résumés dans le tableau ci-dessous.⁷

GROUPE ET SOUS-GROUPE		NOMBRE ET MISE EN PAGE	SUMÉROGRAMMES EMPLOYÉS
Groupe 1 (Larsa ?)	1A	Sept tablettes comportant une seule colonne et un prisme à quatre faces	Écritures syllabiques élaborées, même pour des termes normalement exprimés par des sumérogrammes. « DAḪ » (<i>rarement</i>) « X A.RÁ Y » (<i>rarement</i>) « BA.ZI » (<i>rarement</i>) « X.E Y ÍB.SI ₈ » (<i>rarement</i>) « GAR.GAR » (<i>rarement</i>) « X ÍB.SI ₈ -šu te-le-qé-e »
	1B	Une tablette comportant deux colonnes	« GAR.GAR » « X DU ₇ .DU ₇ » « BÍ.DAḪ » « X.E Y ÍB.SI ₈ » « BA.ZI » « IN.GAR » (<i>exclusif</i>)
	1C (ii)	Une tablette comportant deux colonnes	Texte presque entièrement écrit en akkadien syllabique.

7. Voir [FRIBERG2000] pages 159-175. Notons que la première annexe de cet article liste les tablettes mathématiques paléo-babyloniennes de provenance inconnue (autres que les listes et tables) et indique pour chacune d'entre elles à quel groupe elle peut être rattachée.

	7C	Une tablette comportant une seule colonne	Pas de particularités relevées.
	7D	Une tablette comportant deux colonnes	Pas de particularités relevées.
Groupe 8 (Suse)	8A	Dix-neuf tablettes comportant une seule colonne	Les procédures des tablettes de ce groupe commencent par la formule « ZA.E » et utilisent régulièrement les termes sumériens suivants : « ZA.E » (<i>toujours</i>) « X NIGIN » « DAḪ » « X mi-na ÍB.SI » « ZI » « DU ₇ .GAR » « GAR » « GABA » « a-na 2 TAB.BA » « A.RÁ », « X RÁ »
	8B	Une tablette comportant trois colonnes et un fragment	« GAR.GAR » (<i>au lieu de</i> « DU ₇ .GAR »)
	8C	Une tablette	Aucune précision donnée.
Groupe 9		Groupe rajouté par J. Friberg, formé d'une unique tablette qui semble provenir d'Uruk et être postérieure à l'époque paléo-babylonienne (et qui est donc hors-sujet ici).	
Groupe S (Séries, Ur?)	SA	Sept tablettes	Ces textes sont écrits sous une forme extrêmement condensée qui emploie presque exclusivement des sumérogrammes. Tous utilisent à peu près le même vocabulaire sumérien, qui présente des similitudes à la fois avec le groupe 3 et le groupe 4A mais semble plus proche du groupe 3. « NU.ZU » « ÍB.TAK ₄ » « GAR.GAR » « A.RÁ X.E TAB » « DAḪ », « BÍ.DAḪ » « X.ŠÈ ÍL », « X ÍL » « ZI », « BA.ZI » « X Y UR.A.TA SUM » « BA.LÁ » « ŠID.BI X.ÀM » « GIN ₇ », « X Y GIN ₇ .NAM » « X KI Y Í.GU ₇ », « A.NA X UGU Y DIRIG » « X Y Í.GU ₇ »
	SB	Une tablette comportant quatre colonnes et une tablette comportant cinq colonnes	On retrouve dans les deux tablettes de ce groupe certains termes sumériens présents dans celles du groupe SA. « DAḪ », « BÍ.DAḪ » « A.RÁ » « ZI », « BA.ZI » « A.RÁ X.E TAB » « BA.LÁ » « ŠID.BI X.ÀM » « GIN ₇ », « GIN ₇ .NAM »

TABLEAU C.6. Groupes de tablettes mathématiques paléo-babyloniennes décrits par J. Friberg

Tout comme pour les données rassemblées par J. Høyrup, il me semble bénéfique, pour pouvoir utiliser en pratique ce recensement d'occurrences réalisé par J. Friberg, d'en fournir, en plus du tableau ci-dessus, une synthèse qui en propose un regroupement par termes plutôt que par groupes de tablettes. C'est l'objet du tableau qui suit.

TERMES SUMÉRIENS		
Ouverture	« ZA.E »	Groupes 6A, 8A
	« ZA.E KÌ.DA.ZU.NE »	Groupes 2A, 3
	« ZA.E KIN.DA.ZU.NE »	Groupes 3, 6A
	« ZA.E KIN.TA.ZU.NE »	Groupe 6B
	« ZA.E KIN.ZÚ.NE »	Groupe 7B
	« ZA.E KIN.TA.ZU.UN.NE »	Groupe 7B
	« ZA.E GÍD [!] .DA.ZU.NE »	Groupe 2A
	« ZA.E aš-šum »	Groupe 6A
A.NA	« A.NA »	Groupe 2B
A.RÁ	« X A.RÁ Y »	Groupes 1A, 3
	« A.RÁ X.E TAB »	Groupes 3, 5A, 7B
	« X a-na Y RÁ »	Groupes 6B, 6C
	« X a-na Y RÁ.A »	Groupes 6B, 6C
	« A.RÁ X RÁ »	Groupe 8A
BA.SI	« BA.SI »	Groupe 4A
DAḤ	« DAḤ »	Groupes 1A, 2A, 2B, 3, 8A, SA, SB
	« DAḤ.ḤA »	Groupe 6A
	« DAḤ.E »	Groupe 2B
	« BÍ.DAḤ »	Groupes 1B, 2A, 3, SA, SB
DIRIG	« A.NA X UGU Y DIRIG »	Groupe SA
DU₇.DU₇	« X DU ₇ .DU ₇ »	Groupes 1B, 3
DU₈	« DU ₈ »	Groupes 2A, 3
	« DU ₈ .A »	Groupe 6A
	« DU ₈ .DU ₈ »	Groupe 2B
GAR	« GAR »	Groupe 8A
	« GAR.RA »	Groupes 2B, 4A, 4B, 6A
	« ḤÉ.GAR »	Groupe 3
	« ḤÉ.GAR.RA »	Groupe 2B
	« IN.GAR »	Groupe 1B
GAR.GAR	« GAR.GAR »	Groupes 1A, 1B, 2A, 2B, 3, 4A, 8B, SA
GAZ	« 1/2 X GAZ »	Groupe 3
GU₇	« GU ₇ Ì.GU ₇ »	Groupe 2A
	« X Û Y Ì.GU ₇ »	Groupe 2B
	« X KI Y Ì.GU ₇ »	Groupe SA
	« X Y Ì.GU ₇ »	Groupe SA

	« Ī.GU ₇ .E »	Groupe 2B
ÍB.TAK ₄	« ÍB.TAK ₄ »	Groupes 2B, 6A, SA
ÍB.SI ₈ , ÍB.SI	« X.E Y ÍB.SI ₈ »	Groupes 1A, 1B, 3
	« X EN.NAM ÍB.SI ₈ »	Groupe 6A
	« ÍB.SI ₈ X Y »	Groupe 4A
	« ÍB.SI ₈ X <i>mi-nu-um</i> »	Groupe 4B
	« X ÍB.SI ₈ -š <u>u</u> <i>le-qé</i> »	Groupe 2A
	« X ÍB.SI ₈ -š <u>u</u> <i>te-le-qé-e</i> »	Groupe 1A
	« ÍB.SI »	Groupe 7A
	« ÍB.SÍ »	Groupe 7A
	« X <i>mi-na</i> ÍB.SI »	Groupe 8A
IGI.DU ₈	« IGI.DU ₈ »	Groupe 2B
ÍL	« ÍL », « X ÍL »	Groupes 4B, SA
	« X <i>a-na</i> Y ÍL »	Groupe 2B
	« <i>a-na</i> X ÍL »	Groupe 4A
	« X.ŠÈ ÍL »	Groupe SA
	« ÍL.ÍL »	Groupe 2B
NIGIN	« X NIGIN »	Groupe 8A
NIM	« <i>a-na</i> X NIM »	Groupe 3
SAG	« SAG.KI »	Groupe 7A
SUM	« IN.SUM »	Groupe 3
TAB	« TAB.BA »	Groupes 2B, 6A
	« <i>a-na</i> 2.E TAB »	Groupe 3
	« <i>a-na</i> 2 TAB.BA »	Groupe 8A
	« A.RÁ X.E TAB »	Groupes 3, 5A, 7B
TÉŠ.TÉŠ	« X TÉŠ.TÉŠ.A »	Groupe 2A
	« X Û Y TÉŠ.TÉŠ.A »	Groupe 2A
ZI »	« ZI »	Groupes 3, 8A, SA, SB
	« BA.ZI »	Groupes 1A, 1B, 2A, 3, 6A, SA, SB
ZU	« NU.ZU »	Groupes 2B, 3, 8A

TABLEAU C.7. « Tableau inversé » reprenant les termes sumériens relevés par J. Friberg dans les différents groupes de tablettes

C.2.4. Avis sur la fiabilité de cette classification

La classification des tablettes mathématiques d'époque paléo-babylonienne en groupes et sous-groupes censés correspondre à des contextes de production communs que j'ai décrite dans cette partie est le fruit d'études systématiques du corpus réalisées entre 1945 et 2000 par un

assyriologue, A. Goetze, et deux spécialistes des mathématiques cunéiformes, J. Høyrup et J. Friberg. Tous trois ont procédé à un travail de dépouillement des sources extrêmement détaillé et ont ainsi mis au jour de réelles convergences et divergences entre les textes. Toutefois, la manière dont les rapprochements entre tablettes ont été effectués me semble présenter, dès le début et à toutes les étapes, d'importantes faiblesses méthodologiques.

Dans un premier temps, A. Goetze a proposé, à partir du peu d'informations dont il disposait, de premiers regroupements des tablettes de provenance inconnue basés sur des éléments de nature variée et de fiabilité inégale. En effet, si certains des arguments qu'il invoque sont réellement solides, d'autres semblent insuffisants, comme par exemple les déclarations des vendeurs des tablettes ou la présence d'une unique expression commune entre deux textes.⁸ De plus, force est de constater que, comme il le reconnaît lui-même, certains de ses raisonnements sont circulaires puisqu'ils se basent sur les propriétés linguistiques des textes pour les classer en groupes à l'intérieur desquels chercher des propriétés linguistiques communes!⁹ En conséquence, ces premiers regroupements, bien qu'ils reflètent vraisemblablement pour certains de vrais liens entre documents, peinent à convaincre complètement.

Par la suite, J. Høyrup et J. Friberg ont réutilisé cette fragile division du corpus, qu'ils ont d'ailleurs décrite à tort comme fondée sur des critères orthographiques, comme base de leurs travaux plus précis sur la terminologie.¹⁰ Leurs points de vue respectifs leur ont permis de compléter et d'affiner les « groupes de Goetze » de manière intéressante, mais, dans la mesure où ils se sont tous deux placés d'emblée dans le cadre défini par cette classification plutôt que de la comparer à des résultats qu'ils auraient pu obtenir en menant leurs études sans a priori sur les regroupements possibles, les faiblesses méthodologiques initiales sont en grande partie demeurées.¹¹ À cela s'ajoute le fait que les ensembles qu'ils ont définis sont limités à quelques tablettes (au plus une dizaine, et parfois même une seule), ce qui y rend l'identification de régularités assez hasardeuse.

Finalement, les « groupes de Goetze » auxquels aboutissent tous ces travaux me semblent constituer un édifice sophistiqué construit à partir de nombreuses observations pertinentes mais sur des fondations de cristal. Certaines tablettes pourraient tout à fait avoir été mal classées dès l'origine, et les éléments exploités pour décrire les groupes sont parfois tellement ténus

8. On peut noter de plus qu'A. Goetze prend en compte de manière très variable les affirmations des vendeurs des tablettes, comme il ressort d'une comparaison du début de la note 353 avec la note 360 de [NEUGEBAUER&SACHS1945] pages 147-151.

9. Voir la fin de la note 354 dans [NEUGEBAUER&SACHS1945] pages 147-151.

10. Voir notamment [HØYRUP2002] page 317 et *passim*.

11. Quelques précisions peuvent être utiles. J. Høyrup place d'emblée son travail dans le cadre général des groupes formés par A. Goetze, et, si la prise en compte de nouveaux éléments le conduit à identifier des sous-groupes à l'intérieur des groupes existants et à déplacer certaines tablettes d'un groupe à l'autre, ces modifications restent marginales et son étude ne remet finalement jamais vraiment en question cette classification. Les conclusions qu'il formule me paraissent en conséquence un peu hâtives : la méthodologie qu'il adopte, qui part des groupes tels qu'ils ont été délimités et cherche des points communs à l'intérieur de chacun d'eux, favorise l'identification de rapprochements entre les tablettes déjà regroupées, alors que le détail de ses observations montre qu'il existe aussi d'assez nombreuses divergences au sein de chaque groupe, tout comme des similitudes entre des textes de groupes différents, et qu'une analyse terminologique neutre, qui aurait été menée sans aucun a priori sur des groupes pré-formés, aurait potentiellement pu conduire à des rapprochements assez différents. J. Friberg place lui aussi dès le départ son travail dans le cadre des groupes définis par A. Goetze et J. Høyrup, et, bien que proposant quelques aménagements dans leur délimitation, les étudie essentiellement les uns après les autres sans réellement chercher à les remettre en cause. Il déduit de son étude que l'observation des sumérogrammes permet de confirmer efficacement les délimitations de ces groupes, mais cette conclusion me paraît à nouveau un peu hâtive : en structurant ses observations selon les groupes en question, il était naturellement porté à voir d'abord les points communs entre des textes des mêmes groupes qu'entre des textes et groupes différents et avait ainsi un point de vue biaisé sur les rapprochements de tablettes.

que les résultats pourraient différer assez significativement si quelques documents avaient été rassemblés d'une autre manière.

Au delà de ces faiblesses méthodologiques au niveau de leur constitution, il est de plus essentiel de prendre conscience que, à la différence des « critères Nord-Sud » présentés dans la première partie, les « critères d'appartenance » aux différents « groupes de Goetze » ne sont pas de véritables critères. Ce sont des propriétés qui sont vérifiées par les tablettes de certains groupes – ou du moins la plupart des tablettes de certains groupes – et ne sont pas vérifiées par les tablettes de certains autres groupes – ou du moins la plupart des tablettes de certains autres groupes – et qui peuvent donc fournir des indications très utiles. Mais ce ne sont presque jamais des propriétés vérifiées par toutes les tablettes d'un groupe et aucune autre, qui pourraient ainsi véritablement caractériser le groupe en question. Cela implique que, même si la délimitation des groupes était vraiment solide – ce qui, comme nous l'avons vu, n'est pas le cas –, l'attribution suffisamment assurée d'une tablette donnée à l'un d'entre eux ne pourrait se faire qu'à partir de l'accumulation de plusieurs indices pointant dans la même direction.¹²

Au vu de ces différents éléments, et pour conclure, les « groupes de Goetze » et les propriétés qui en ont été identifiées me semblent être un élément intéressant à prendre en compte dans l'étude de la provenance d'une tablette mathématique paléo-babylonienne issue du marché des antiquités, qui est susceptible de fournir des indications utiles pouvant par la suite être confrontées à d'autres types d'indices. Cependant, leur nature et les faiblesses méthodologiques qui leur sont sous-jacentes nous imposent d'exploiter les résultats qu'ils fournissent avec une grande prudence, et en particulier de ne jamais considérer ces résultats comme assurés sans les avoir croisés avec d'autres données. J'estime en conséquence que les indications de provenance déduites de comparaisons des textes avec ces groupes peuvent être qualifiées seulement de « possibles » ou de « probables », le choix entre ces deux niveaux de certitude devant s'effectuer au cas par cas en fonction de la nature exacte des éléments mobilisés parmi ceux décrits dans les pages qui précèdent.

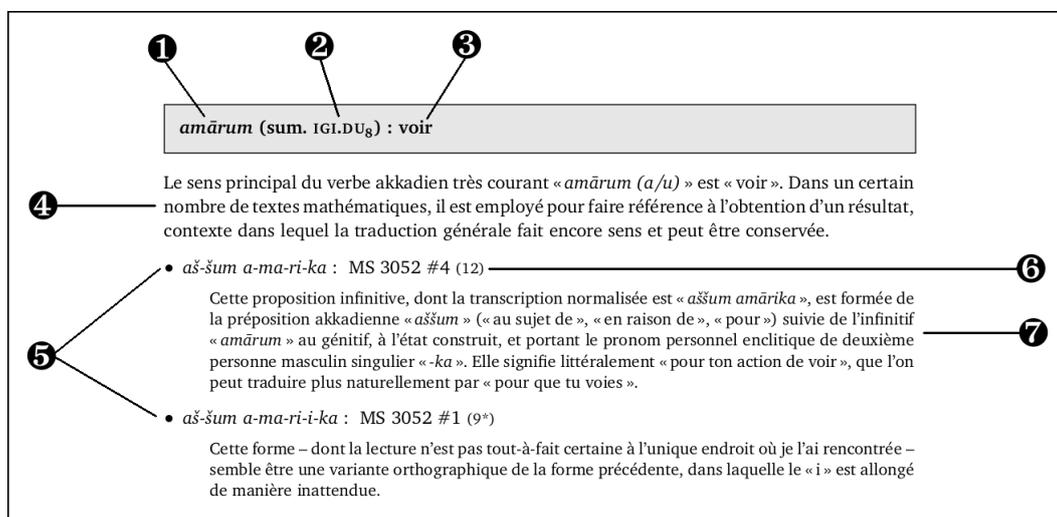
12. J. Friberg souligne à plusieurs reprises dans son article que certains termes sumériens ont été repérés dans un seul des groupes (ce qui est signalé par le mot-clé « exclusif » dans les tableaux ci-dessus) et que leur présence dans une tablette donnée prouve donc immédiatement que celle-ci peut être rattachée au groupe concerné. Toutefois, étant donné l'avis que je viens d'exprimer, cette conclusion me paraît relativement imprudente : la présence dans un texte d'un terme étant attesté dans un unique groupe est certes une indication forte, mais on ne peut exclure complètement que ce terme ait été employé également dans d'autres contextes même si le hasard des sources fait que nous ne l'y avons pas encore rencontré.

Annexe D

Glossaires analytiques des termes rencontrés

Les deux glossaires rassemblés dans cette annexe répertorient et discutent, respectivement, les termes akkadiens et les sumérogrammes apparaissant dans les textes étudiés dans la deuxième partie de cette thèse.¹ Ils se limitent tous deux aux termes « techniques » en un sens très large et ne font figurer ni les prépositions, adverbess ou suffixes les plus courants (dont les traductions retenues sont celles données dans les grammaires de référence) ni les unités de mesure (qui sont présentées dans l'annexe B de ce travail).²

Les entrées des deux glossaires sont toutes construites selon le même modèle. Elles sont constituées des éléments représentés sur le schéma ci-dessous et décrits ci-après :



- 1 Terme discuté dans l'entrée. Le terme est donné avec la normalisation qui apparaît dans les dictionnaires et syllabaires usuels, mais adaptée aux usages de l'époque paléo-babylonienne (avec mimation, « *w* », etc).³ Dans les cas où plusieurs normalisations différentes sont répertoriées dans les ouvrages de référence, l'une d'entre elles a été retenue et les principales autres sont mentionnées dans la partie 4.
- 2 Sumérogramme correspondant au terme akkadien discuté, ou terme akkadien correspondant au sumérogramme discuté, lorsque celui-ci est connu.
- 3 Traduction du terme discuté retenue dans ce travail. Cette traduction peut, selon les cas, se conformer ou au contraire se démarquer des usages de la littérature antérieure. Les choix faits à ce sujet sont exposés et justifiés dans la partie 4.

1. Pour être exacte, ce glossaire répertorie également les termes apparaissant dans le texte de la tablette YBC 4675, qui n'est pas présentée dans la deuxième grande partie mais que j'ai largement étudiée aussi.

2. Les grammaires sur lesquelles je me suis basée, non seulement pour ce point précis mais aussi plus généralement pour l'ensemble de mon travail, sont principalement [HUEHNERGARD2011] pour l'akkadien ainsi que [THOMSEN1984] et [FOXVOG2016] pour le sumérien, parfois complétées en cas de difficulté particulière par [VONSODEN1995] pour l'akkadien et [JAGERSMA2010] pour le sumérien.

3. Les dictionnaires et syllabaires que j'ai consultés tout au long de mon travail sont le CAD, le CDA et le AHW pour l'akkadien, et [LABAT2011], [ePSD] et [ATTINGER2016] pour les sumérogrammes et le sumérien.

- ④ Précisions sur le terme discuté. Ces précisions, plus ou moins étoffées selon la complexité du terme et l'abondance de la littérature à son sujet, peuvent porter sur des points variés : mention de son sens étymologique ou non-technique, explication de sa signification dans les textes mathématiques, énumération des différentes traductions qui en ont été adoptées par les historiens des mathématiques cunéiformes et justification de mon choix dans les cas où il n'y a pas consensus, renvois à des passages de la thèse où il est discuté en contexte, références de livres ou articles qui en proposent une étude plus approfondie, mise en évidence de points qui posent question, etc. Bien entendu, dans la mesure où l'étude du vocabulaire mathématique paléo-babylonien n'est pas l'objet premier de mon travail, ces petites synthèses ne prétendent en aucun cas fournir des études historiographiques exhaustives ni apporter des solutions à des problèmes philologiques débattus depuis plusieurs décennies. Elles sont basées sur les discussions et les index présents dans les principaux recueils d'éditions de textes mathématiques cunéiformes publiés depuis les années 1930, quelques articles complémentaires dédiés à des points spécifiques, les entrées des dictionnaires et manuels d'épigraphie usuels, ainsi que divers échanges que j'ai eus au cours de ma thèse.⁴ Elles ont avant tout pour objectifs de clarifier le sens des termes mathématiques paléo-babyloniens pour les lecteurs non formés en assyriologie, d'une part, et d'exposer aussi clairement que possible les enjeux de traduction dont j'ai eu connaissance ainsi que les choix que j'ai effectués sur cette base nécessairement incomplète, d'autre part.
- ⑤ Liste des différentes formes du terme discuté attestées dans les textes étudiés. Afin de mieux mettre en lumière les variations de construction observables pour un même terme, chaque « forme » englobe toute l'expression au sein de laquelle il est utilisé, et notamment les prépositions en lien avec lesquelles il est employé. Dans la description d'une forme, les lettres « X », « Y » et « Z » représentent soit des éléments numériques, qui peuvent être des nombres ou des mesures, seuls ou spécifiés par des termes techniques, soit des noms d'objets mathématiques dont la nature n'importe pas pour l'analyse de l'expression.⁵ Par ailleurs, chacune des formes répertoriées est identifiée par sa translittération, ce qui implique que deux groupes de signes différents feront toujours l'objet de points différents dans la liste même s'ils correspondent à une même transcription normalisée.
- ⑥ Liste des occurrences de la forme citée relevées dans les textes étudiés. Cette liste énumère toutes les tablettes ou sections de tablettes où la forme considérée a été rencontrée

4. Les principaux recueils d'éditions de textes mathématiques cunéiformes que j'ai consultés sont, par ordre chronologique : [NEUGEBAUER1935b] avec glossaires pages 11-35, [NEUGEBAUER1937] avec compléments de glossaires pages 67-75, [THUREAU-DANGIN1938a] avec discussion de certains termes dans l'introduction pages IX-XL et lexique pages 215-243, [NEUGEBAUER&SACHS1945] avec vocabulaire pages 158-175, [ROBSON1999] avec discussions terminologiques éparses et index pages 333-334, [HØYRUP2002] avec présentation des opérations mathématiques pages 18-32, discussion du « métalangage » mathématique pages 32-43 et glossaire pages 43-46, [PROUST2007] avec glossaire pages 283-284, [FRIBERG2007a] avec glossaire pages 503-508 et [GONÇALVES2015] avec présentation des opérations mathématiques pages 5-7, discussion de difficultés philologiques pages 24-32 et glossaire pages 113-136. Les principaux dictionnaires et manuels d'épigraphie que j'ai utilisés sont, quant à eux, ceux déjà cités plus haut : le CDA, le CAD, [LABAT2011], [ePSD] et [ATTINGER2016].

5. Idéalement, et dans l'objectif d'affiner encore notre compréhension de la terminologie mathématique paléo-babylonienne, il aurait pu être souhaitable de préciser pour chaque forme rencontrée la nature exacte des éléments X, Y et Z en insérant une indication permettant de savoir sans se reporter aux textes s'il s'agit, par exemple, de nombres sexagésimaux positionnels flottants, de nombres écrits dans d'autres systèmes de numération, de mesures, de noms de grandeurs, de valeurs numériques suivies d'un groupe nominal apposé, etc ($X_{(SPVN)}$, $Y_{(mes.)}$, ...), et en distinguant ce-faisant des formes grammaticalement similaires mais employées avec des opérandes de types différents. Un tel recensement détaillé aurait cependant représenté un surcroît de travail trop conséquent dans le cadre de ma thèse, sans être particulièrement utile vis-à-vis des problématiques que j'y aborde, et fera ainsi l'objet d'une amélioration ultérieure des glossaires.

et précise entre parenthèses, pour chacune d’entre elles, toutes les lignes auxquelles on la trouve. Afin de ne pas alourdir la lecture, les numéros de lignes sont toujours donnés une seule fois, y compris dans les cas où une même forme apparaît à plusieurs reprises dans une même ligne, ce qui implique que la liste d’occurrences ne peut pas être utilisée telle quelle pour réaliser des décomptes. Par ailleurs, un numéro de ligne est suivi d’une astérisque (*) lorsque l’occurrence à laquelle il renvoie est considérée incertaine, que ce soit en raison de l’état de la tablette ou d’un doute sur la lecture à adopter ; des précisions sur la nature exacte de ces incertitudes sont fournies dans les notes philologiques relatives à chacun des textes concernés, dans la deuxième partie de la thèse.

- ⑦ Analyse grammaticale de la forme citée. Les analyses proposées sont basées sur les principales grammaires akkadiennes et sumériennes de référence, et justifient les traductions retenues dans les études de textes de la deuxième partie de la thèse.⁶

D.1. Termes akkadiens apparaissant dans les textes étudiés

Ce premier glossaire présente, selon l’organisation décrite dans l’introduction ci-dessus, les différents termes akkadiens apparaissant dans les textes que j’ai étudiés. Seules les occurrences propres des termes en question y sont répertoriées ; les éventuelles occurrences des sumérogrammes associés sont à chercher dans les entrées correspondantes du second glossaire. Par ailleurs, dans le souci de préserver un certain confort de lecture, la présentation de chaque terme a été pensée pour être suffisamment informative en elle-même, ce qui conduit à quelques brèves redondances entre les deux glossaires.

aḫertum : reste

Le substantif akkadien « *aḫertum* » ou « *aḫirtum* » est formé sur la racine du verbe « *aḫārum* » qui signifie principalement « être derrière », « être retardé » ou « rester ». Il apparaît dans un (unique) texte mathématique pour désigner le résultat d’une soustraction exprimée au moyen du verbe « *ḫarāṣum* », ce qui a conduit les dictionnaires puis J. Høyrup à en proposer les traductions anglaises de « remainder » ou de « rest », correspondant toutes deux en français au terme générique de « reste » que je retiens.⁷

- *a-ḫe-er-tum* : YBC 4675 (14)

Il s’agit simplement du nom « *aḫertum* » au nominatif.

akālum → voir *šutākulum*

6. Les grammaires que j’ai utilisées tout au long de mon travail sont celles déjà mentionnées plus haut : [HUEHNERGARD2011] pour l’akkadien ainsi que [THOMSEN1984] et [FOXVOG2016] pour le sumérien, parfois complétées en cas de difficulté particulière par [VONSODEN1995] pour l’akkadien et [JAGERSMA2010] pour le sumérien.

7. O. Neugebauer semble pour sa part avoir interprété l’occurrence de « *aḫertum* » dans la tablette YBC 4675 comme l’adjectif verbal « *aḫrum* » au féminin et en a ainsi choisi la traduction « remaining » (voir [NEUGEBAUER&SACHS1945] page 45 et surtout page 159). Néanmoins, les dictionnaires [CAD-A1] et [CDA] citent tous deux cette même occurrence en considérant que l’adjectif y est substantivé, et je me suis rangée à cet avis. Il peut par ailleurs être utile de mentionner que l’énoncé d’un problème résolu mal compris de la tablette MS 3876 contient la séquence de signes « *a-ḫa-re-em* », qui pourrait correspondre au génitif de l’infinitif « *aḫārum* » (voir [FRIBERG2007a] pages 346-347 pour l’édition et la discussion de ce problème).

***amārum* (sum. IGI.DU₈) : voir**

Le verbe akkadien très courant « *amārum* (*a/u*) » signifie littéralement « voir » mais peut également prendre selon les contextes diverses nuances autour de ce sens principal. Il est employé de manière spécifique dans de nombreux textes mathématiques pour faire référence à l'obtention du résultat d'une opération ou d'une procédure, contexte dans lequel sa traduction générale fait encore sens et peut être conservée.⁸

- *aš-šum a-ma-ri-ka* : MS 3052 #4 (12)

Cette proposition infinitive, dont la transcription normalisée est « *aššum amārika* », est formée de la préposition akkadienne « *aššum* » (« au sujet de », « en raison de », « pour ») suivie de l'infinitif « *amārum* » au génitif, à l'état construit, et portant le pronom personnel enclitique de deuxième personne du masculin singulier « *-ka* ». Elle signifie littéralement « pour ton action de voir », que l'on peut traduire plus naturellement par « pour que tu voies ». Elle est insérée dans l'une des procédures que j'ai étudiées afin d'indiquer le but de la succession d'opérations décrites ensuite.

- *aš-šum a-ma-ri-i-ka* : MS 3052 #1 (9*)

Cette forme, dont la lecture n'est pas tout à fait certaine à l'unique endroit où je l'ai rencontrée, semble être une variante orthographique de la précédente, dans laquelle le « *i* » aurait été allongé de manière inattendue.

***arakarûm* (sum. A.RÁ.KÁR) : (un facteur)**

Le substantif akkadien « *arakarûm* » est dérivé du terme sumérien « A.RÁ.KÁR », lui-même formé à partir des éléments « A.RÁ », qui est employé dans certaines tables de multiplication et peut être traduit par « fois » ou plus littéralement par « pas de », et « KÁR », dont le sens dans ce contexte est moins clair. Il apparaît dans quelques tables numériques et un problème résolu, dans lesquels il peut globalement être compris comme un facteur multiplicatif. Sa signification exacte est difficile à cerner, et j'ai fait le choix de ne pas le traduire et de simplement préciser entre parenthèses dans les traductions qu'il s'agit d'un facteur.⁹

- *a-ra-ka-re-e-em* : YBC 4675 (22, 32)

Cette forme, dont la normalisation est « *arakarê*m », correspond au génitif du nom « *arakarûm* ».

***atta* (sum. ZA.E) : toi**

Le pronom personnel akkadien autonome de deuxième personne du masculin singulier « *atta* » ou « *attā* » est employé dans certains problèmes mathématiques comme forme elliptique de l'expression usuelle « *atta ina epēšika* », c'est-à-dire « toi, en procédant », qui sert à marquer la fin de l'énoncé et le début de la procédure de résolution (voir l'entrée « *epēšum* » du présent glossaire).¹⁰ Il correspond au pronom personnel sumérien « ZA.E », que l'on rencontre également dans certains textes mathématiques comme forme elliptique de l'expression « ZA.E

8. Voir notamment [HØYRUP2002] page 40.

9. Pour des discussions plus précises sur l'étymologie de ce terme et son sens à certains des endroits où il apparaît, voir [NEUGEBAUER&SACHS1945] page 15, [HØYRUP2002] page 248 et [PROUST2007] pages 179-180.

10. La normalisation avec voyelle courte « *atta* » est notamment retenue dans le dictionnaire [CAD-A2] et la grammaire [HUEHNERGARD2011], tandis que celle avec voyelle longue « *attā* » l'est par exemple dans le dictionnaire [CDA]. J'utilise pour ma part la première, choisie par O. Neugebauer, F. Thureau-Dangin, J. Høyrup et C. Gonçalves.

KÌ.DA.ZU.NE », le pendant sumérien de « *atta ina epēšika* » (voir l'entrée « AK » du glossaire des sumérogrammes).

- *at-ta* : YBC 8633 (2)

***bāmtum, būm* : moitié**

Le substantif akkadien « *bāmtum* » ou « *bamtum* », qui ne semble pas avoir de sumérogramme associé, est utilisé dans différents domaines pour faire référence à la moitié de quelque chose et est ainsi presque toujours traduit en anglais par le terme générique « half ». Toutefois, dans le cas spécifique des textes mathématiques, J. Høyrup considère qu'il s'applique uniquement à des moitiés d'un certain type, qu'il qualifie de « moitiés naturelles » ou « moitiés nécessaires », et le traduit ainsi par « moiety » afin de différencier ces moitiés particulières de moitiés d'un autre type, les « moitiés conventionnelles », qui sont pour leur part désignées par le terme akkadien « *mišlum* » auquel il réserve la traduction « half ». Dans la mesure où celles qu'il appelle « moitiés nécessaires » sont celles qui ne peuvent être aucune autre fraction, comme par exemple la moitié de la base d'un triangle que l'on calcule pour déterminer son aire ou la moitié du diamètre d'un cercle que l'on calcule pour obtenir son rayon, tandis que celles qu'il appelle « moitiés conventionnelles » sont celles qui se trouvent être des moitiés par le hasard des valeurs dans une situation donnée mais auraient tout aussi bien pu être d'autres fractions dans d'autres situations, il me semble qu'une manière satisfaisante de rendre en français la distinction entre « *bāmtum* / moiety » et « *mišlum* / half », que j'adopte dans ce travail, consiste à traduire le premier par « moitié » et le second par « demi ».¹¹

Le glossaire de [NEUGEBAUER&SACHS1945] ainsi que les dictionnaires [CDA] et [CAD-B] répertorient, en plus de « *bāmtum* », le terme akkadien phonétiquement proche « *bā'um* » ou « *būm* », qu'ils considèrent comme en étant un synonyme. J. Høyrup estime pour sa part que ce substantif, qui n'est pas attesté en tant que tel et a seulement été reconstitué à partir de formes possessives ou d'autres formes spécifiques, n'existe pas, et que ses supposées occurrences sont en fait des formes irrégulières de « *bāmtum* ».¹² Je ne suis pas en mesure de trancher entre ces deux points de vue, mais je trouve néanmoins plus convaincant de recourir à la forme alternative « *būm* » pour analyser les constructions possessives très éloignées de celles que l'on devrait obtenir avec la forme de base « *bāmtum* » et j'ai donc procédé de cette manière dans la discussion des occurrences de mon corpus.

- *ba-a-ši-na te-ḫe-pe-e-ma* : YBC 4675 (8*, 18*, 29)

Si l'on considère que la forme nominale « *bāšina* » est formée à partir du substantif « *būm* », elle s'analyse comme l'état construit de ce dernier, « *bā* », suivi du pronom personnel enclitique

11. J. Høyrup présente plus précisément la différence entre les deux types de moitiés de la manière suivante : « (...) a particular sign (which I shall translate 1/2) and corresponding words (*mišlum*/šū.ri.a, both to be translated "half") for the half exist. They are used, for instance, when the width of a rectangle is said to be half its length; if one entity is said to exceed another by its half; or to indicate a measure ("half a barleycorn"). Such relations and measures are accidental; they might as well have been different. Besides this conventional half, however, a different, "natural" or "necessary" half (of something) is used in the texts, the *bāmtum* (no Sumerogram seems to exist); I shall translate it "moiety". It occurs in places where something is "broken" (*ḫepum*/gaz) into two necessarily equal parts : viz., when the base of a triangle is bisected for the purpose of an area calculation; when the same is done to the sum of opposing sides in a trapezium; and when the radius is found from a circular diameter. (...) » (voir [HØYRUP2002] page 31).

12. L'avis de J. Høyrup est plus précisément le suivant : « BA and BA.A, used in the function of *bāmtum*, are taken in [MKT] to be Sumerograms; actually, we are confronted with elliptic writings or, more likely, with irregular assimilations to the pronominal suffix -šu, *bāššu* < **bāmat*-šu; the noun **būm* [MCT, 161], constructed backwards from similar forms, should also be *bāmtum*. » (voir à nouveau [HØYRUP2002] page 31).

de troisième personne du féminin pluriel, « *-šina* ». ¹³ Elle figure ici comme complément d'objet direct de la forme verbale « *teheppē-ma* », formée sur le verbe « *hepûm* » qui peut être employé au sein de plusieurs constructions différentes pour désigner l'opération consistant à déterminer une « moitié nécessaire » (voir l'entrée correspondante du présent glossaire). L'ensemble de la phrase ainsi constituée peut être traduit par « tu brises leur moitié » et renvoie en théorie à des possesseurs féminins. Les problèmes d'accords que soulève cette formule aux endroits où elle apparaît méritent d'être discutés.

***ebrum* : étendue**

Le substantif « *ebrum* » n'est pas répertorié en tant que tel dans les dictionnaires d'akkadien et apparaît à ma connaissance uniquement sur la tablette mathématique MS 3052, où ses trois occurrences sont à la fois problématiques (aucune analyse grammaticale entièrement satisfaisante ne peut en être donnée) et ambiguës (elles pourraient a priori également correspondre à une forme du terme bien attesté « *eperum* »). Il y a toutefois des raisons de penser, comme cela a été suggéré par J. Friberg, qu'il s'agit d'un adjectif verbal substantivé construit sur la racine « *ebērum (i)* » signifiant notamment « s'étendre ». ¹⁴ Ce terme inhabituel semble être employé dans un sens technique très particulier et désigner une sorte de 'surface verticale', ou, plus précisément, un nombre sexagésimal positionnel flottant obtenu en multipliant entre eux un nombre sexagésimal associé à une 'longueur horizontale' dans la table métrologique des longueurs et un nombre sexagésimal associé à une 'longueur verticale' dans la table métrologique des hauteurs, ce qui ne correspond à aucune mesure de la table métrologique des surfaces. Je le traduis par « étendue », un mot qui renvoie au sens général du verbe dont il dérive tout en s'accordant relativement bien avec l'idée d'une surface. Pour une discussion argumentée et en contexte de cet hapax, voir les sections VI.2.2.1 et VI.2.2.5.

- *e-bi-ir* : MS 3052 #1 (5) ; MS 3052 #4 (7, 20)

Si l'on choisit de faire dériver la forme « *ebir* » du substantif « *ebrum* », la seule possibilité est de la comprendre comme un état absolu. Cette interprétation n'est pas entièrement satisfaisante dans la mesure où l'emploi de cet état peu courant ne paraît pas justifié aux endroits concernés, mais elle s'avère selon moi moins problématique qu'une analyse verbale ou une lecture basée sur une autre racine. Pour une discussion complète en contexte, voir l'étude de la tablette.

***elēnum* (sum. AN.TA, UGU) : au-dessus**

Le terme akkadien usuel « *elēnum* », qui est attesté d'après les dictionnaires à la fois comme adverbe et comme préposition, signifie de manière générale « au-dessus », « au-dessus de » ou « sur ». Le sens « au-dessus » convient à toutes les occurrences de mon corpus.

- *e-le-nu* : MS 3052 #2 (7)

Cette forme, « *elēnu* », est simplement l'adverbe lui-même sans mimation.

13. Faire plutôt dériver cette forme du substantif « *bāmtum* », comme y invite le point de vue de J. Høystrup qui estime que le substantif synonyme « *bûm* » n'existe pas, me semble difficilement défendable. En effet, à l'accusatif singulier, l'état construit de « *bāmtum* » devant un pronom personnel enclitique est « *bāmat* ». La forme possessive attendue après résolution du contact entre la dentale « t » à la fin de l'état construit et la sifflante « š » au début du pronom personnel enclitique « *-šina* » est donc « *bāmassina* », ce qui est très différent de « *bāšina* ».

14. Voir [FRIBERG2007a] pages 258 et 260. Voir par ailleurs [HUEHNERGARD2011] pages 25-28 pour les notions d'adjectif verbal et de substantivation des adjectifs en akkadien.

- *iš-tu e-le-nu* : MS 3052 #4 (4)

Cette expression, « *ištu elēnu* », fait précéder l’adverbe « *elēnum* », toujours sans mimation, de la préposition akkadienne « *ištu* » qui signifie « depuis ». Elle peut être traduite mot-à-mot par « depuis au-dessus », ou plutôt, pour plus de clarté, par « depuis le dessus ».

***elûm* (sum. E₁₁) : venir**

Le verbe akkadien « *elûm* (*i*) », qui correspond au verbe sumérien « E₁₁ », est extrêmement fréquent dans le langage courant et littéraire. Il renvoie généralement à l’idée de « monter » ou « s’élever » mais peut également prendre, selon les contextes, des nuances telles que « se rendre dans un lieu plus important », « émerger », « sortir » ou « apparaître ». Dans les textes mathématiques, on le rencontre principalement à l’occasion de l’annonce du résultat d’un calcul : après qu’il a été prescrit au lecteur d’effectuer une opération, il peut lui être dit qu’un certain résultat « s’élève pour (lui) », ou, si l’on préfère, « émerge pour (lui) » ou « apparaît pour (lui) ». ¹⁵ Toutefois, bien que l’image évoquée par ces traductions littérales soit assez claire une fois que l’on sait à quoi elles font référence, il me semble que l’emploi de l’une d’entre elles de manière répétée au cours d’une procédure manquerait de naturel et serait susceptible d’égarer les lecteurs non initiés. Pour cette raison, et en l’absence de verbe français permettant de reproduire le compromis « *to come up* » unanimement retenu dans les publications de langue anglaise, je préfère employer pour ce contexte spécifique la traduction « venir » proposée par C. Proust, qui est bien plus claire tout en restant tout à fait acceptable compte tenu de la polysémie de la racine « *elûm* ». ¹⁶

NB : Le sens du verbe « *elûm* » présenté ici ne doit pas être confondu avec l’opération multiplicative désignée par le couple « *elûm/NIM* », que je rends par le verbe français « élever » et au sujet de laquelle on pourra se reporter à l’entrée « *NIM* » du glossaire des sumérogrammes ainsi qu’à l’entrée « *našûm* » du présent glossaire.

- *X i-il-li-a-kum* : YBC 4675 (9, 13, 16, 23, 31)

La séquence de signes « *i-il-li-a-kum* », dans laquelle on note le redoublement du « l », est une des écritures syllabiques possibles de la forme verbale « *illiakkum* ». Cette dernière s’analyse comme l’inaccompli de troisième personne du masculin singulier du verbe « *elûm* » au système I, « *illi* », suivi du ventif « *am* » et du suffixe possessif de deuxième personne du masculin singulier au datif « *-kum* » (avec, de manière habituelle, assimilation du « m » du ventif à la première consonne du pronom enclitique). Dans la mesure où elle est ici précédée d’un nombre ou une quantité X qui en est le sujet, on peut traduire la phrase complète par « X te vient », qui doit être compris comme « le résultat de l’opération que tu as effectuée est X ».

- *X i-il-li-a-ak-kum* : YBC 4675 (19, 29, 33)

En dépit d’un allongement inutile de la voyelle « a », la séquence de signes « *i-il-li-a-ak-kum* » semble être une autre écriture syllabique de la forme verbale « *illiakkum* », qui fait ressortir non seulement le redoublement du « l » mais aussi celui du « k ». La phrase trouvée ici est donc vraisemblablement la même que celle discutée dans le point précédent.

- *ša i-li-a-kum* : YBC 4675 (9, 17, 21*, 23, 28)

La séquence de signes « *i-li-a-kum* », dans laquelle on constate que le « l » n’est plus redoublé, est cette fois l’une des écritures syllabiques possibles de la forme verbale « *iliakkum* », qui s’analyse

15. Les différentes manières dont les résultats des opérations peuvent être exprimés dans les textes mathématiques cunéiformes sont notamment présentées dans [HØYRUP2002] page 40. On pourra également se reporter aux entrées « *amārum* » et « *nađānum* » du présent glossaire ainsi qu’à l’entrée « *SUM* » du glossaire des sumérogrammes.

16. Voir [PROUST2007] page 284.

comme l'accompli de troisième personne du masculin singulier du verbe « *elûm* » au système I, « *îli* », suivi du ventif « *am* » et du suffixe possessif de deuxième personne du masculin singulier au datif « *-kum* » (avec, là encore, assimilation du « *m* » du ventif à la première consonne du pronom enclitique). Elle est ici précédée du pronom relatif akkadien « *ša* », ce qui fait de l'expression complète une proposition subordonnée relative pouvant être traduite par « qui t'est venu » et servant à préciser, au cours d'une procédure, que le nombre ou la quantité placé(e) comme antécédent correspond au résultat d'une opération effectuée plus tôt.

- *ša i-li-a-ak-kum* : YBC 4675 (31)

Malgré un nouvel allongement inutile de la voyelle « *a* », la séquence de signes « *i-li-a-ak-kum* » semble être une écriture syllabique alternative de la forme verbale « *îliakkum* », qui fait ressortir le redoublement du « *k* ». L'expression trouvée ici est donc vraisemblablement la même proposition subordonnée relative que celle discutée dans le point précédent.

***epēšum* (sum. AK) : procéder**

Le verbe « *epēšum* (*e/u*) », correspondant à l'idéogramme « *AK* », est un verbe akkadien très courant qui signifie principalement « faire » mais peut également être utilisé, selon les contextes, avec divers sens plus précis. On le rencontre en mathématiques dans la formule standard « *atta ina epēšika* », qui marque le début de certaines procédures, ainsi que sous la forme du substantif dérivé « *nēpešum* », qui désigne les procédures elles-mêmes et est parfois utilisé pour les clôturer.¹⁷ Pour cette raison, je choisis de le rendre dans mes traductions par le verbe français « procéder ».

- *te-ep-pe-eš-ma* : YBC 4675 (26)

Cette forme verbale, dont la transcription normalisée est « *teppeš-ma* », correspond à l'inaccompli de deuxième personne du masculin singulier du verbe « *epēšum* » au système I suivi de la particule enclitique « *-ma* », que l'on peut traduire par « tu procèdes, et ainsi... ». Le sens exact de cette instruction à l'endroit où elle apparaît n'est pas complètement clair mais particulièrement intéressant, et mérite d'être discuté en détail.¹⁸

***ezēbum* (sum. TAG₄) : laisser**

Le verbe akkadien « *ezēbum* (*i*) », qui correspond au verbe sumérien « *TAG₄* », signifie dans le langage courant « laisser », « abandonner » ou « ignorer ». Dans le corpus mathématique, il est principalement employé en référence à la différence obtenue à l'issue d'une soustraction, sens pour lequel il me semble approprié de conserver sa traduction usuelle et ainsi de parler de ce que l'on « laisse » en effectuant la soustraction en question.¹⁹

- *ša te-zi-bu* : YBC 8633 (4)

Dans cette forme, dont la transcription normalisée est « *ša tēzibu* », le verbe « *ezēbum* » est conjugué à la deuxième personne du masculin singulier de l'accompli du système I, précédé du pronom relatif akkadien « *ša* » et suivi du suffixe subordonnant « *-u* ». L'ensemble peut être traduit par

17. Voir par exemple [HØYRUP2002] pages 32-33 au sujet du format des problèmes mathématiques.

18. Plusieurs autres textes mathématiques emploient le verbe « *epēšum* » en-dehors des deux situations courantes mentionnées dans la présentation ci-dessus, avec des sens globalement similaires à celui de la présente occurrence mais probablement jamais tout à fait identiques. On trouvera les références de ces tablettes dans les glossaires et index cités en introduction, et en particulier dans ceux de [NEUGEBAUER1935b] et [FRIBERG2007a].

19. Voir notamment [THUREAU-DANGIN1938a] page 217 au sujet de cet emploi spécifique du verbe « *ezēbum* ».

« que tu as laissé » et qualifie très probablement, à l'endroit où il apparaît, un nombre obtenu comme résultat d'une soustraction désignée par le verbe « *nasāḫum* ». On pourra se reporter au chapitre V pour une discussion en contexte de cette occurrence.

***gamrum* (sum. TIL) : complet**

L'adjectif akkadien « *gamrum* » et son équivalent idéogrammatique « TIL » signifient dans le langage courant « complet » ou « entier » et sont employés dans quelques rares textes mathématiques pour distinguer l'intégralité d'une grandeur (longueur, surface, objet concret) des parties en lesquelles elle a été ou va être divisée.²⁰

- UŠ.ḪI.A *ga-me-ru-ú-tim* : YBC 4675 (7)

Dans ce groupe nominal, l'adjectif « *gamrum* » est à l'accusatif-génitif pluriel et s'applique au substantif « UŠ.ḪI.A » (voir l'entrée « UŠ » du glossaire des sumérogrammes). L'ensemble peut être normalisé sous la forme « *šiddī gamerūtīm* » et traduit par « les flancs complets » (à l'accusatif ou au génitif). À l'endroit où elle apparaît, cette expression désigne les flancs d'origine d'un quadrilatère, par opposition aux flancs des bandes en lesquelles il a été divisé au moyen d'une transversale. Son sens exact doit être discuté en contexte.

***ḫarāmum* (sum. KUD) : prélever**

Ce verbe akkadien, qui ne doit pas être confondu avec le verbe homophone plus courant « *ḫarāmum* (*i*) » signifiant « envelopper », est assez mal attesté, que ce soit dans les textes mathématiques (aucun des index de termes mathématiques que j'ai consultés ne le mentionne, à l'exception de celui de [FRIBERG2007a] qui cite comme seules occurrences celles répertoriées ci-dessous) ou de manière plus générale. Les dictionnaires d'akkadien ne donnent pas sa voyelle fondamentale et indiquent seulement, avec très peu de précisions et d'exemples, qu'il fait référence à l'action de « séparer ». Il semble malgré tout relativement probable, après élimination des autres possibilités sur la base de critères grammaticaux et sémantiques, que ce soit bel et bien lui qui apparaisse à plusieurs reprises dans un problème de la tablette MS 3052 étudiée dans la deuxième partie de la thèse. Les formes grammaticales que l'on en trouve dans ce texte tendent à indiquer que sa voyelle fondamentale serait « a », et le sens qu'il y prend me conduit à adopter la traduction « prélever », qui conserve l'idée de séparation tout en faisant comprendre plus clairement ce qui est en jeu dans les phrases où il intervient. On pourra se reporter aux notes philologiques de la section VI.2.2.1 pour une discussion en contexte.

- *ki ma-ši lu-uḫ-ra-am-ma* : MS 3052 #1 (4)

La forme conjuguée « *lu-uḫ-ra-am* », dont la transcription normalisée est « *luḫram* », correspond à l'optatif du système I du verbe « *ḫarāmum* (*a*) » à la première personne du singulier. Elle est ici précédée de l'interrogatif akkadien « *kī maši* » (« combien ? », voir l'entrée correspondante du présent glossaire) et suivie de la particule enclitique « *-ma* », qui a en l'occurrence pour fonction d'introduire une proposition subordonnée de but. L'ensemble de la phrase peut alors être traduit par « combien dois-je prélever (afin que...) ? ».

20. Outre l'occurrence sur la tablette YBC 4675 discutée ci-après, on rencontre le terme « *gamrum* » ou son équivalent sumérien dans le texte de la tablette IM 55357, où il permet de différencier la « surface complète » d'un triangle des surfaces de certaines zones en lesquelles il a été partagé (voir par exemple [GONÇALVES2015] pages 33-40 pour une édition et un commentaire mathématique), dans le texte de la tablette VAT 8522, où il semble désigner un « tronçon complet » dont on va ensuite chercher à couper une partie (voir [NEUGEBAUER1935a] pages 367-373), et peut-être dans le texte de la tablette BM 85194, qui est malheureusement trop endommagé à l'endroit concerné pour que l'on puisse comprendre son contexte (voir [NEUGEBAUER1935a] pages 142-193).

- *ša aḥ-ra-a-am* : MS 3052 #1 (11)

La forme verbale « *aḥram* », ici écrite avec un allongement du « a » que je ne suis pas en mesure d'expliquer, correspond à l'accompli du verbe « *ḥarāmum (a)* » à la première personne du singulier.²¹ Elle apparaît dans cette occurrence à l'intérieur d'une proposition subordonnée introduite par le pronom relatif akkadien « *ša* » et dans laquelle le suffixe subordonnant « *-u* » a été omis. On peut traduire l'ensemble par « que j'ai prélevé » ou « ce que j'ai prélevé ». ²²

- *ša ta-aḥ-ra-am* : MS 3052 #1 (9)

Cette séquence de signes forme une proposition subordonnée relative ressemblant beaucoup à la précédente, aux différences près que la voyelle fondamentale n'est pas allongée et que le verbe est cette fois conjugué à la deuxième personne du masculin singulier, « *taḥram* ». Elle se traduit par « que tu as prélevé » ou « ce que tu as prélevé ».

ḥarāṣum (sum. KUD ?) : déduire

Le verbe akkadien « *ḥarāṣum (a/u)* », dont l'équivalent sumérien semblerait être « KUD », signifie littéralement « couper » et prend également dans les contrats et les documents comptables le sens de « déduire ». Il est par ailleurs employé dans les textes mathématiques pour désigner, tout comme le verbe « *nasāḥum* » et le sumérogramme associé « ZI » (voir les entrées correspondantes), l'opération consistant à ôter d'une grandeur une autre grandeur qui en est une partie.²³ Il est traduit dans ce contexte « subtrahieren » ou « to subtract » par O. Neugebauer, « retrancher » par F. Thureau-Dangin, « to break off » par J. Friberg et « to cut off » par J. Høyrup et C. Gonçalves. Bien que tous ces choix se justifient, je trouve pour ma part que la traduction « déduire » communément utilisée pour les textes de la pratique rend suffisamment bien le sens mathématique voulu tout en permettant de distinguer « *ḥarāṣum* » de son synonyme « *nasāḥum* », et je préfère donc m'en tenir à celle-ci.

- *X i-na Y ta-ḥa-ar-ra-aṣ-ma* : YBC 4675 (25, 34)

La forme verbale « *ta-ḥa-ar-ra-aṣ* », dont la transcription normalisée est « *taḥarraṣ* », correspond à l'inaccompli du système I du verbe « *ḥarāṣum* » à la deuxième personne du masculin singulier. Elle est ici précédée d'un complément d'objet direct et d'un complément d'objet indirect introduit par la préposition akkadienne « *ina* » (« dans »), qui indiquent respectivement quel nombre doit être déduit et de quel autre nombre il doit l'être, et suivie de la particule enclitique « *-ma* », qui permet d'annoncer le résultat de la soustraction en question. L'ensemble de la phrase peut être traduit par « tu déduis X de Y ».

- *i-na li-ib-bi Y X ta-ḥa-ar-ra-aṣ-ma* : YBC 4675 (13-14)

On retrouve dans cette phrase la forme verbale « *taḥarraṣ-ma* » analysée dans le point précédent, mais au sein d'une construction différente : cette fois, le complément d'objet direct indiquant quel nombre doit être déduit est placé juste devant le verbe tandis que le complément d'objet indirect indiquant de quel autre nombre le premier doit être déduit ouvre la phrase et est introduit par la locution prépositionnelle « *ina libbi* » (« à l'intérieur de », voir l'entrée « *libbum* » du présent glossaire) au lieu la simple préposition « *ina* » (« dans »). L'ensemble se traduit en conséquence plutôt par « de l'intérieur de Y, tu déduis X ».

21. L'insertion d'un signe-voyelle pourrait a priori signaler une phrase interrogative (voir la section 35.3 de [HUEHNERGARD2011], page 425) mais cela me semble exclu dans le cas présent puisque la forme verbale concernée exprime la conclusion d'une procédure de résolution, qui est clairement une affirmation.

22. Notons que J. Friberg propose une lecture différente de cette même séquence de signes. Celle-ci est discutée dans les notes philologiques de la section VI.2.2.1.

23. Voir [HØYRUP2002] page 20.

hepûm (sum. GAZ) : briser

Le verbe akkadien « *hepûm* (*i*) » correspond au verbe sumérien « GAZ » et signifie littéralement « briser ». Il est utilisé dans les textes mathématiques pour désigner l'opération consistant à prendre la moitié d'un nombre ou d'une grandeur dans les cas où cette moitié doit être obtenue par nécessité et non parce que le hasard des valeurs conduit à une division par 2 (par exemple la moitié de la base d'un triangle ou de la somme des bases d'un trapèze pour calculer une aire ; voir l'entrée « *bāmtum*, *bûm* » du présent glossaire pour davantage de détails).²⁴ La plupart des auteurs conservent la traduction littérale « briser » dans ce contexte, et je me conforme à cet usage qui me paraît pertinent.

- *ba-a-ši-na te-ḥe-pe-e-ma* : YBC 4675 (8*, 18*, 29)

Dans cette phrase, le verbe « *hepûm* » est conjugué à la deuxième personne du masculin singulier de l'inaccompli du système I, suivi de la particule enclitique « *-ma* » qui permet d'introduire le résultat de l'opération, et employé avec la première construction que l'on en rencontre dans les textes mathématiques : il est précédé d'un complément d'objet direct formé sur le nom « *bāmtum* » ou « *bûm* » (voir l'entrée correspondante du présent glossaire). L'ensemble peut être normalisé sous la forme « *bāšina teḥpe-ma* » et traduit par « tu brises leur moitié », le possessif renvoyant aux objets, en théorie féminins, dont la moitié doit être cherchée.

- *X a-na ši-na ḥe-pe-ma* : YBC 8633 (4)

Dans cette phrase, le verbe « *hepûm* » est cette fois conjugué à la deuxième personne du masculin singulier de l'impératif du système I, toujours suivi de la particule enclitique « *-ma* » qui permet d'introduire le résultat de l'opération, et employé avec la deuxième construction que l'on rencontre dans les textes mathématiques : il est précédé d'un complément d'objet direct qui indique quel nombre ou quelle grandeur doit être brisé(e) ainsi que d'un complément d'objet indirect introduit par la préposition akkadienne « *ana* » (« à », « vers », « pour ») qui indique en combien de parties il doit l'être (voir l'entrée « *šina* » du présent glossaire). L'ensemble peut être transcrit sous la forme « *X ana šina ḥepē-ma* » et traduit par « brise X en deux ».

- *X a-na ši-na ḥe-pe-ma* : YBC 8633 (8-9*)

Cette phrase est exactement la même que celle analysée dans le point précédent, à la seule différence que la syllabe « *pe* » du verbe y a été écrite au moyen du signe cunéiforme « WA » (lu « *pe* ») et non du signe « BI » (lu « *pé* »).

indanum : (un coefficient)

Le substantif « *indanum* » n'est pas répertorié dans les dictionnaires d'akkadien usuels et n'apparaît à ma connaissance que sur deux tablettes, la tablette MS 3052 étudiée dans la deuxième partie de ce travail et la tablette MS 2792, une autre tablette de la même collection présentant certaines similitudes.²⁵ L'analyse mathématique du contenu de la première de ces deux tablettes permet de comprendre qu'il désigne un coefficient propre à chaque trapèze, probablement vu et utilisé selon les situations soit comme le coefficient permettant de passer de la hauteur du trapèze à la différence de ses bases (et inversement) soit comme le coefficient permettant de transformer le trapèze (ou sa surface) en le trapèze de mêmes bases et de pente unitaire (ou la surface de ce dernier). J'ai fait le choix de ne pas traduire ce terme technique,

24. Voir [HØYRUP2002] page 31.

25. Voir le chapitre VI de cette thèse et [FRIBERG2007a] pages 254-278 pour la première, et [FRIBERG2007a] pages 278-294 pour la deuxième.

et de simplement préciser entre parenthèses dans les traductions qu'il s'agit d'un coefficient. Son identification, sa signification exacte et les hypothèses émises par J. Friberg au sujet de son étymologie sont discutées plus en détail dans les notes philologiques de la section VI.2.2.1 et le commentaire de la section VI.2.2.7.

- *in-da-nu* : MS 3052 #4 (13)

À l'endroit où elle apparaît, cette forme, qui pourrait être analysée hors contexte comme le nominatif pluriel « *indanū* », semble devoir être plutôt transcrite « *indanu* » et comprise comme le nominatif singulier sans mimation du nom « *indanum* ». Elle qualifie, au sein d'une phrase nominale, un nombre sexagésimal positionnel flottant qui a été obtenu à l'issue d'un calcul.

- *in-da-nim* : MS 3052 #1 (7, 10) ; MS 3052 #4 (14)

Cette forme, dont la transcription normalisée est « *indanim* », correspond au génitif singulier du nom « *indanum* ». Dans les trois cas répertoriés, elle est placée en apposition à un opérande exprimé sous la forme d'un nombre sexagésimal positionnel flottant et permet ainsi de préciser à quoi ce dernier correspond.

***išdum* (sum. SUĤUŠ) : base**

Le sens premier du substantif akkadien « *išdum* », qui est l'équivalent du terme sumérien « SUĤUŠ », est « fondation » (d'un bâtiment, d'une organisation, etc), mais il peut également désigner la « base » de manière plus générale. Dans les rares textes mathématiques où il apparaît, ou bien où le logogramme associé apparaît, il permet de faire référence à une grandeur qui se trouve en bas d'un objet tridimensionnel (un mur ou un arbre), usage pour lequel la deuxième traduction mentionnée me semble être la plus adaptée.²⁶

- *i-na iš-di-im* : MS 3052 #2 (3)

Dans ce groupe nominal, dont la transcription normalisée est « *ina išdim* », le nom « *išdum* » est au génitif singulier et précédé de la préposition akkadienne « *ina* » (« dans »). Je traduis l'ensemble par « à la base ».

***ištēn* (sum. 1.KAM.MA) : premier**

Le terme akkadien « *ištēn* » désigne souvent le nombre « un » mais peut également être employé comme un adjectif signifiant « premier », ce qui en fait alors l'équivalent de la locution sumérienne très courante « 1.KAM.MA ».

- SAG.DÙ *iš-te-en* : YBC 8633 (5)

Dans ce groupe nominal, l'adjectif « *ištēn* » qualifie le nom « SAG.DÙ » (voir l'entrée correspondante dans le glossaire des sumérogrammes). L'ensemble peut être transcrit sous la forme « *santakkum ištēn* », ou plutôt, en l'occurrence, « *santakkim ištēn* » au génitif, et traduit par « le premier triangle » (après une préposition) ou « du premier triangle » (en tant que complément du nom). Une discussion du sens mathématique de la numérotation de triangles qu'implique cette expression est proposée dans le chapitre V.

26. Les textes mathématiques en question sont ceux des tablettes MS 3052 (base d'un mur, voir [FRIBERG2007a] pages 254-278 et le chapitre VI de ce travail), AO 6484 (à nouveau base d'un mur, voir [NEUGEBAUER1935a] pages 96-107) et VAT 8522 (base d'un cèdre, voir [NEUGEBAUER1935a] pages 367-373). On rencontre également ce terme sur la tablette VAT 7848, mais dans une section trop endommagée pour pouvoir être comprise (voir [NEUGEBAUER&SACHS1945] pages 141-145).

***kabārum* : être épais**

Le verbe akkadien « *kabārum* (*i*) » signifie dans le langage courant « être/devenir épais » ou « être/devenir solide ». Il est assez peu attesté dans les textes mathématiques mais est formé sur la même racine que les substantifs « *kubrum* » et « *kuburrûm* », que l'on y rencontre un peu plus fréquemment et qui désignent l'« épaisseur » d'un objet tridimensionnel (voir l'entrée correspondante ci-dessous pour plus de détails). Cette parenté me conduit à retenir la première traduction pour les occurrences de ce terme dans mon corpus.

- *ik-bi-ir* : MS 3052 #2 (3)

La forme verbale « *ikbir* » s'analyse comme l'accompli du verbe « *kabārum* » à la troisième personne du masculin singulier. Elle devrait a priori être traduite par « il a été épais » ou « il est devenu épais », mais semble plutôt devoir être comprise comme le présent « il est épais » dans le contexte où elle apparaît.²⁷

***kamārum* (sum. GAR.GAR) : additionner**

Le verbe akkadien « *kamārum* (*a/u*) », qui a pour sumérogramme « GAR.GAR », signifie littéralement « empiler » ou « amasser » et désigne dans les textes mathématiques une addition symétrique n'ayant pas nécessairement de sens concret.²⁸ Il est traduit dans la littérature tantôt par des termes techniques (« to add » pour O. Neugebauer, « additionner » pour F. Thureau-Dangin et C. Proust) et tantôt par des termes du langage courant renvoyant à son sens d'origine (« to accumulate » pour J. Høyrup, « to heap » pour J. Friberg). J'ai pour ma part choisi la première option et retenu la traduction française « additionner », qui me semble plus appropriée pour désigner une opération pouvant avoir un sens purement arithmétique, qui a l'avantage d'être facilement compréhensible pour des lecteurs non spécialisés dans les mathématiques cunéiformes, et qui permet de conserver en français des constructions grammaticales similaires à celles des textes originaux.

- *X ù Y ta-ka-mar* : YBC 4675 (27-28)

Dans cette phrase, le verbe « *kamārum* » est conjugué à la deuxième personne du masculin singulier de l'inaccompli du système I et employé avec sa construction standard : il est précédé d'un complément d'objet direct indiquant les deux valeurs numériques qui doivent être additionnées, reliées par la conjonction akkadienne « *u* » (« et »). L'ensemble peut être normalisé sous la forme « *X u Y takammar* » et traduit par « tu additionnes X et Y ».

- *X ù Y ta-ka-mar-ma* : YBC 4675 (17-18)

Il s'agit de la même phrase que dans le point précédent, à la seule différence que le verbe y est cette fois suivi de la particule enclitique « *-ma* » qui permet d'introduire le résultat de l'addition.

- UŠ.ĦI.A (...) *ki-la-a-al-le-e-en ta-ka-mar-ma* : YBC 4675 (7-8)

Dans cette phrase, le verbe « *kamārum* » est toujours conjugué de la même manière, mais cette fois utilisé avec une construction inhabituelle : il est précédé du nom au pluriel « UŠ.ĦI.A » indiquant quelles grandeurs doivent être ajoutées (voir l'entrée « UŠ » du glossaire des sumérogrammes) et du pronom « *kilallān* » insistant sur le fait qu'ils sont au nombre de deux (ici écrit « *kilallēn* », voir l'entrée correspondante du présent glossaire). L'ensemble peut être transcrit sous la forme « *šiddi (...) kilallēn takammar-ma* » et traduit par « tu additionnes les deux flancs (...) ».

27. Voir [THUREAU-DANGIN1938a] pages 228-229 au sujet de l'emploi de l'accompli dans ce type de situations.

28. Voir [HØYRUP2002] page 27 pour des précisions sur le sens mathématique de cette opération. Voir par ailleurs la note du glossaire des sumérogrammes au sujet de la forme redoublée « GAR.GAR ».

kašārum : réparer

Le verbe akkadien « *kašārum* (a/u) », également répertorié sous la forme « *kešērum* (e/u) », est un terme du langage courant qui désigne l'action de « réparer » un mur ou un bâtiment.

- *ak-šu-ur* : MS 3052 #4 (5) ; MS 3052 #5 (2)

La forme verbale « *akšur* » est l'accompli du verbe « *kašārum* » à la première personne du singulier, que l'on peut traduire par « j'ai réparé ».

- *ak-šu-ra-am-ma* : MS 3052 #4 (5)

La forme « *akšuram-ma* » correspond elle aussi à l'accompli du verbe « *kašārum* » à la première personne du singulier, mais cette fois suivi du suffixe de ventif « *-am* » et de la particule emphatique « *-ma* ». L'emploi du ventif à cet endroit pourrait s'expliquer par le fait que la réparation qui y est décrite est effectuée en déplaçant de la terre, ce qui peut peut-être être vu comme une sorte de mouvement. Quoi qu'il en soit, je traduis cette forme par « j'ai réparé », comme la précédente.

- *lu-uk-šu-ur* : MS 3052 #1 (4)

Cette forme, dont la transcription normalisée est « *lukšur* », s'analyse comme l'optatif du verbe « *kašārum* » à la première personne du singulier. On peut la traduire par « que je répare ».

kī maši : combien

L'adverbe interrogatif akkadien « *kī maši* » est formé à partir de la préposition « *kī* » (« comme ») et du verbe « *mašūm* » (dans le langage courant, et bien que ce soient deux relations différentes d'un point de vue mathématique, « correspondre à » ou « être égal à »). J. Høyrup le rend de manière littérale par l'expression « corresponding to what ? », qui a l'avantage de rappeler son étymologie mais produit des traductions lourdes et souvent confuses dans les situations où il est employé en association avec un autre verbe. Les autres historiens des mathématiques cunéiformes qui l'ont répertorié dans leurs glossaires le rendent plutôt par « how much ? » ou « how many ? », c'est-à-dire « combien ? », une traduction que je trouve plus claire et que j'adopte dans ce travail.²⁹ On peut noter que « *kī maši* » est utilisé sensiblement de la même manière que l'interrogatif sumérien « EN.NAM », mais qu'il n'est pas son équivalent puisque « EN.NAM » correspond au terme akkadien « *mīnum* », « quoi ? » (voir les entrées correspondantes ci-dessous et dans le glossaire des sumérogrammes).³⁰

- *X ki ma-ši* : YBC 4675 (3)

Dans cette phrase nominale, l'interrogatif « *kī maši* » est précédé d'un nom d'objet X. L'ensemble permet de poser la question « combien (est) X ? ».

- *ki ma-ši X* : MS 3052 #4 (5, 6)

Dans cette nouvelle phrase nominale, l'interrogatif « *kī maši* » est suivi – et non plus précédé – d'un nom d'objet X. L'ensemble permet à nouveau de poser la question « combien (est) X ? », et l'interversion des deux éléments semble s'expliquer par la structure légèrement désarticulée des constructions grammaticales dans lesquelles celle-ci apparaît.

29. Le sens « combien ? » est d'ailleurs explicitement répertorié dans [CAD-M1] (sens 1.e de « *mašūm* »).

30. Comme le souligne C. Proust (communication personnelle), l'éventuelle nuance de sens entre les interrogatifs « *kī maši* » et « *mīnum*/EN.NAM » dans les textes mathématiques, ainsi que leurs contextes d'emploi respectifs, n'ont jamais fait l'objet d'une analyse dédiée et pourraient mériter d'être étudiés de manière plus approfondie.

- *ki ma-ši ik-bi-ir* : MS 3052 #2 (3)

L'interrogatif « *kī maši* » apparaît cette fois devant une forme verbale, la forme « *ikbir* » (voir l'entrée « *kabārum* » du présent glossaire pour son sens et son analyse grammaticale). L'ensemble permet ainsi vraisemblablement de poser la question « de combien est-il épais ? ».³¹

- *ki ma-ši* DAGAL : MS 3052 #3 (3)

Bien que l'emploi d'un sumérogramme rende la structure de cette phrase plus ambiguë que la précédente, l'interrogatif « *kī maši* » semble à nouveau apparaître ici devant un verbe, « DAGAL » (voir l'entrée correspondante dans le glossaire des sumérogrammes). L'ensemble permet ainsi vraisemblablement de poser une question construite de la même manière que celle discutée ci-dessus, « de combien est-il large ? ».³² Une autre analyse envisageable de ce passage, mais selon moi moins convaincante, est évoquée dans les notes philologiques de la section VI.3.2..

- *ki ma-ši lu-uḫ-ra-am-ma* : MS 3052 #1 (4)

L'interrogatif « *kī maši* » est ici employé comme complément d'objet direct de l'optatif « *luḫram-ma* » (voir l'entrée « *ḫarāmum* » du présent glossaire pour son sens et son analyse grammaticale). L'ensemble peut être traduit par « combien dois-je prélever (afin que . . .) ».

- X ù Y *ki ma-ši lu-uš-ku-un-ma* : YBC 4675 (4)

L'interrogatif « *kī maši* » apparaît ici comme l'un de deux compléments d'objet directs de l'optatif « *luškun-ma* » (voir l'entrée « *šakānum* » du présent glossaire pour son sens et son analyse grammaticale), l'autre étant placé avant lui et consistant en les noms de deux grandeurs reliés par la conjonction « *u* » (« et »).³³ L'ensemble peut être traduit de manière relativement littérale par « X et Y, combien dois-je poser (afin que . . .) ? », ou de manière un peu plus fluide par « combien dois-je poser (comme) X et (comme) Y (afin que . . .) ? ». Le sens mathématique de cette question nécessite une discussion en contexte.

- *ki ma-ši* X ù *ki ma-ši* Y *lu-uš-ku-un-ma* : YBC 4675 (6)

L'interrogatif « *kī maši* » apparaît à nouveau ici comme complément de l'optatif « *luškun-ma* » (voir toujours l'entrée « *šakānum* »), cette fois à deux reprises, dans deux groupes de compléments d'objet directs reliés entre eux par la conjonction « *u* » (« et »), l'autre élément de chacun des groupes étant placé après lui et consistant en le nom d'une grandeur. L'ensemble peut être traduit de manière littérale par « combien X et combien Y dois-je poser (afin que . . .) ? », ou de manière un peu plus fluide par « combien dois-je poser (comme) X et combien (comme) Y (afin que . . .) ? ».³⁴ Là encore, le sens mathématique de cette question nécessite une discussion en contexte.

- *ki ma-ši* en contexte incompris : MS 3052 #2 (3)

Le texte entourant cette occurrence de l'interrogatif « *kī maši* » est trop endommagé et trop mal compris pour que l'on puisse identifier la manière dont celui-ci est employé.

31. On pourrait s'étonner que « *kī maši* » semble apparaître dans cette phrase comme une sorte de complément d'objet direct du verbe a priori intransitif « *kabārum* », mais la structure de la question est en fait correcte si l'on se rappelle que cet interrogatif est, malgré la traduction que j'en ai retenue, une locution commençant par la préposition « *kī* » (« comme ») : il faut comprendre littéralement « comme quoi est-il épais ? ».

32. La remarque sur la structure grammaticale faite dans le point précédent s'applique à nouveau.

33. Notons que la possibilité d'employer le verbe « *šakānum* » avec un double accusatif est bien signalée dans le dictionnaire [CDA], bien que dans un contexte différent.

34. L'interversion de l'ordre de l'interrogatif et des noms de grandeurs par rapport à la question analysée dans le point précédent ne me semble pas avoir de signification particulière.

***kilallān* (sum. MAŠ.TAB.BA) : les deux, tous les deux**

Le pronom akkadien « *kilallān* », que l'on peut également rencontrer sous la forme « *kilallūn* » et, semble-t-il, sous la forme « *kilallēn* » non répertoriée dans les dictionnaires, correspond au sumérien « MAŠ.TA.BA » et signifie « les deux » ou « tous les deux ».

- UŠ.HI.A (...) *ki-la-a-al-le-e-en ta-ka-mar-ma* : YBC 4675 (7-8)

Dans cette phrase, le pronom « *kilallān* » est écrit avec un allongement du premier « a » et une vocalisation en « e » du deuxième. Il se rapporte au nom au pluriel « UŠ.HI.A » (voir l'entrée « UŠ » du glossaire des sumérogrammes) et est employé de manière inhabituelle pour mettre en valeur les deux objets qu'il est demandé d'additionner dans le cadre d'une opération décrite par le verbe « *takammar* » (voir l'entrée « *kamārum* » du présent glossaire). L'ensemble peut être transcrit par « *šiddī (...) kilallēn takammar-ma* » et traduit par « tu additionnes les deux flancs (...) ».

- UŠ.TA *ki-la-la-an* : YBC 8633 (1*)

Dans cette expression, le pronom « *kilallān* », cette fois orthographié de manière plus standard, est associé au suffixe sumérien « -TA » qui sert, entre autres fonctions, à indiquer un distributif.³⁵ L'ensemble, appliqué au nom « UŠ » (voir l'entrée correspondante du glossaire des sumérogrammes), signifie alors « chacun des deux flancs ».

***kīnum* (sum. GI.NA) : vrai**

L'adjectif akkadien « *kīnum* » et le sumérogramme associé « GI.NA » couvrent dans le langage courant tout le champ sémantique de la justesse, avec des sens tels que « vrai », « juste », « fiable », « honnête », « correct », « légitime », « permanent », etc. Ils sont employés dans plusieurs textes mathématiques avec des nuances de signification qui varient de l'un à l'autre, et qui doivent donc être discutées précisément en contexte au cas par cas, mais qui semblent globalement pouvoir être rendues de manière satisfaisante par la traduction commune « vrai ».³⁶

- A.ŠÀ *ki-nu-um* : YBC 8633 (17)

Dans ce groupe nominal, l'adjectif « *kīnum* » est au nominatif singulier et qualifie le nom « A.ŠÀ » (voir l'entrée correspondante du glossaire des sumérogrammes). L'ensemble peut être transcrit sous la forme « *eqlum kīnum* » et traduit par « la surface vraie ». Le sens de cette expression est discuté en contexte dans le chapitre V.

- UŠ *ki-nu-um* : YBC 8633 (8, 21)

Dans ce deuxième groupe nominal, l'adjectif « *kīnum* » est encore au nominatif singulier mais qualifie cette fois le nom « UŠ » (voir l'entrée correspondante du glossaire des sumérogrammes). L'ensemble peut être transcrit sous la forme « *šiddum kīnum* » et traduit par « le flanc vrai ». Le sens de cette expression est discuté en contexte dans le chapitre V.

- UŠ *ki-nim* : YBC 8633 (15)

Enfin, dans ce troisième groupe nominal, l'adjectif « *kīnum* » qualifie à nouveau le nom « UŠ » (voir l'entrée correspondante du glossaire des sumérogrammes) mais est cette fois au génitif singulier. L'ensemble a donc pour transcription « *šiddim kīnim* » et se traduit par « le flanc vrai » (après une préposition) ou « du flanc vrai » (en tant que complément du nom). Encore une fois, le sens de cette expression est discuté en contexte dans le chapitre V.

35. Voir [THOMSEN1984] pages 106-107 (§ 211) au sujet de cet emploi du suffixe « -TA ».

36. On trouvera dans [HØYRUP2002] pages 36-37 un passage en revue de plusieurs occurrences de ces termes dans les textes mathématiques, avec pour chacune une brève description de son sens probable.

***kuburrûm* : épaisseur**

Le substantif akkadien « *kuburrûm* », formé sur la même racine que le verbe « *kabārum* » (voir l'entrée correspondante ci-dessus), désigne dans le langage courant une « épaisseur ». Il est utilisé dans plusieurs textes mathématiques en référence à la petite dimension horizontale d'un objet tridimensionnel.³⁷ Il est parfois scrupuleusement distingué des termes « *SAG/pūtum* », le « front », et « *DAGAL/rupšum* », la « largeur » (voir les entrées correspondantes dans le glossaire des sumérogrammes), mais semble pouvoir être dans d'autres cas remplacé par ceux-ci.³⁸ La traduction usuelle « épaisseur » permet de le différencier clairement de ces deux termes sémantiquement proches tout en mettant l'accent sur son caractère tridimensionnel.

- *ku-bu-ru-ša* : MS 3052 #3 (2)

Cette forme, dont la transcription normalisée est « *kuburrûša* », correspond à l'état construit du nom « *kuburrûm* », au nominatif, suivi du pronom personnel enclitique de deuxième personne du féminin singulier « *-ša* ». Elle se traduit par « son épaisseur » (renvoyant à un possesseur féminin).

***kullum* (sum. DIB) : tenir**

Le verbe akkadien « *kullum* » (K'L), qui n'est attesté qu'au système II, signifie « tenir ». Il est utilisé dans une expression qui structure certaines procédures mathématiques, discutée dans l'analyse de l'occurrence ci-dessous.³⁹

- *X re-eš-ka li-ki-il* : MS 3052 #2 (6) ; MS 3052 #3 (6)

Cette phrase, dont la transcription normalisée est « *X rēška likil* », est composée d'une valeur numérique X, du substantif « *rēšum* » à l'état construit suivi du pronom personnel enclitique de deuxième personne du masculin singulier « *-ka* » (que l'on peut traduire par « ta tête ») et de l'opatif du verbe « *kullum* » à la troisième personne du masculin singulier (que l'on peut traduire par « qu'il tienne »). Tous les commentateurs s'accordent à dire qu'elle est utilisée dans les textes mathématiques pour indiquer qu'un résultat intermédiaire doit être mis de côté et retenu afin d'être réutilisé ultérieurement.⁴⁰ En revanche, sa traduction fait débat, certains estimant que « *rēška* » doit être vu comme le sujet du verbe « *likil* » et la valeur numérique X comme son complément d'objet direct, ce qui les conduit à adopter la traduction « que ta tête tienne X » (c'est-à-dire « que ta tête retienne X ») et d'autres estimant que c'est l'inverse, ce qui les conduit à adopter la traduction « que X tienne ta tête » (c'est-à-dire « que X occupe une place dans ta tête »).⁴¹ Les deux

37. Outre la tablette MS 3052, c'est le cas sur les tablettes MS 3049 (épaisseur d'un mur, voir [FRIBERG2007a] pages 295-307), VAT 6598 (à nouveau épaisseur d'un mur, voir [NEUGEBAUER1935a] pages 277-287 et [THUREAU-DANGIN1938a] pages 127-131), AO 10822 (épaisseur d'un tas de briques, voir [NEUGEBAUER1935a] pages 123-126 et [THUREAU-DANGIN1938a] pages 204-205) et YBC 5022 (épaisseur d'un rondin, voir [NEUGEBAUER&SACHS1945] pages 132-136).

38. On trouve par exemple mention du 'front' d'un mur de briques dans un problème de la tablette AO 10822 (voir [NEUGEBAUER1935a] pages 123-126) ou de la 'largeur' d'un canal dans un problème de la tablette YBC 7528 (voir [NEUGEBAUER1935a] pages 508-513).

39. Certains historiens des mathématiques cunéiformes, parmi lesquels F. Thureau-Dangin et J. Høyrup, considèrent que l'opération de « rectangularisation » est désignée par le verbe akkadien « *šutakūlum* », qui correspondrait au système III/2 du verbe « *kullum* ». Ce n'est cependant pas le point de vue qui a été retenu dans ce travail (voir l'entrée « *šutakūlum* » du présent glossaire pour davantage de précisions à ce sujet).

40. Voir par exemple [HØYRUP2002] page 40 et [GONÇALVES2015] pages 26-27.

41. Plus précisément, la première option a été retenue par O. Neugebauer (« dein Kopf möge X behalten », « let your head hold X »), F. Thureau-Dangin (« que ta tête retienne X »), E. Robson (« let your head hold X ») et J. Høyrup (« may your head hold X ») tandis que la deuxième a été retenue par J. Friberg (« X may hold your head ») et C. Gonçalves (« let X hold your head »). On trouvera une discussion à ce sujet dans [GONÇALVES2015] pages 26-27.

interprétations sont grammaticalement correctes puisque les nombres ne sont pas déclinés et que la forme « *rēška* » peut être aussi bien un nominatif qu'un accusatif, et il faut donc chercher des indices extérieurs pour choisir entre elles. Le principal argument en faveur de la deuxième option tient au fait que l'on rencontre dans des textes non mathématiques l'expression « *rēšam kullum* » (avec, donc, « la tête » comme complément d'objet direct du verbe « *kullum* ») qui signifie « être à disposition de » ou « prendre soin de ». E. Robson estime toutefois que cette expression est une tournure idiomatique qui n'a rien à voir avec la formule trouvée dans les textes mathématiques, et donne un argument plus fort en faveur de la première option : dans le deuxième problème de la tablette VAT 6598, l'impératif « *kīl* » (« tiens ») est utilisé exactement dans le même sens que l'expression « *rēška likīl* » et est repris un peu plus loin par la proposition subordonnée relative « *ša tukallu* » (« que tu tiens »), ce qui semble montrer que c'est bien la personne qui résout le problème (ou plus précisément sa tête) qui « tient » la valeur numérique et non l'inverse.⁴² Cet argument est convaincant, et j'adopte donc la première interprétation dans mes traductions, sous la forme « que ta tête retienne X » utilisée par F. Thureau-Dangin.⁴³

***lapātum* (sum. TAG) : inscrire**

Le verbe akkadien « *lapātum* (*a/u*) », dont le sens premier est « toucher », est utilisé dans un certain nombre de textes mathématiques pour indiquer qu'une valeur doit être enregistrée ou notée, avec des nuances qui semblent varier d'une situation à l'autre. Dans la procédure où je l'ai rencontré, il pourrait faire référence à l'écriture d'un nombre sur un diagramme et/ou à la conversion d'une mesure en le nombre sexagésimal positionnel flottant associé. Dans d'autres contextes, il désignerait plutôt le placement d'un nombre dans un schéma de calcul ou l'introduction d'un coefficient (non donné par l'énoncé) dans la résolution d'un problème.⁴⁴ Je choisis de le traduire par le terme « inscrire », qui est suggéré par les dictionnaires pour ses utilisations en contexte mathématique et est retenu dans la plupart des éditions de textes.

- X *lu-pu-ut* : MS 3052 #2 (6)

La forme verbale « *lu-pu-ut* », dont la transcription normalisée est « *luput* », correspond à l'impératif du verbe « *lapātum* » à la deuxième personne du masculin singulier. Elle est ici précédée d'un complément d'objet direct consistant en un nombre sexagésimal positionnel flottant X. L'ensemble de la phrase peut être traduit par « inscris X ».

- X *ta-la-pa-at* : MS 3052 #2 (7)

La forme verbale « *ta-la-pa-at* », dont la transcription normalisée est « *talappat* », est cette fois l'inaccompli du verbe « *lapātum* » à la deuxième personne du masculin singulier. Elle est ici précédée d'un complément d'objet direct consistant en un nombre sexagésimal positionnel flottant X. L'ensemble de la phrase peut être traduit par « tu inscris X ».

***leqûm* : prendre**

Le verbe akkadien « *leqûm* (*e*) », qui correspond à différents idéogrammes selon les contextes, a pour sens principal « prendre » et peut être systématiquement traduit de cette manière dans les diverses situations où on le rencontre au sein du corpus mathématique : prendre quelque

42. Voir [ROBSON1999] page 232.

43. On trouvera sous l'entrée « *rēšum* » du présent glossaire une ébauche de discussion du sens à donner à la mention de la « tête » dans cette expression.

44. Voir notamment [HØYRUP2002] pages 39-40 et [ROBSON1999] page 30 pour davantage de détails.

chose de manière concrète, prendre une valeur pour la suite d'un calcul, prendre l'inverse d'un nombre, prendre une racine carrée.⁴⁵

- íB.SI₈-šú *te-le-qé-e-ma* : YBC 4675 (15)

Dans cette phrase, le verbe « *leqûm* » est conjugué à la deuxième personne du masculin singulier de l'inaccompli du système I. Il a pour complément d'objet direct le groupe nominal « íB.SI₈-šú » (voir l'entrée « íB.SI₈ » du glossaire des sumérogrammes) et est suivi de la particule enclitique « *-ma* » qui permet d'introduire le résultat de l'opération effectuée. L'ensemble peut être transcrit sous la forme « *mithartašú teleqqē-ma* » et traduit par « tu prends sa confrontation (racine carrée) », le possessif renvoyant – au moins en théorie – à un terme masculin.

***libbum* (sum. šà) : intérieur**

Le substantif akkadien « *libbum* », qui correspond au logogramme sumérien très courant « šà », désigne au sens propre le « cœur » ou le « ventre » mais peut également faire référence, par extension, au « contenu » ou à l'« intérieur ». C'est cette dernière traduction qui me semble la plus appropriée pour les contextes mathématiques dans lesquels il apparaît.

- *i-na li-ib-bi Y X ta-ḥa-ar-ra-aš-ma* : YBC 4675 (13-14)

Dans cette phrase, le nom « *libbum* » est à l'état construit devant une valeur numérique, et précédé de la préposition akkadienne « *ina* » (« dans »). L'ensemble du groupe nominal ainsi formé est alors placé comme complément d'objet indirect du verbe « *ḥarāsum* » (voir l'entrée correspondante du présent glossaire) et permet d'indiquer de quel nombre un autre doit être déduit lors de la soustraction prescrite par ce verbe. La phrase complète, dont la transcription normalisée est « *ina libbi Y X taḥarraš-ma* », se traduit ainsi par « de l'intérieur de Y, tu déduis X ».

***makšarum* : (un facteur / une technique)**

Le substantif akkadien « *makšarum* », qui est le plus souvent normalisé avec une voyelle courte mais que l'on trouve également sous la forme « *makšārum* » dans le dictionnaire [CDA], est formé à partir du verbe « *kašārum* », qui signifie « attacher », « nouer » ou « rassembler », et désigne dans le langage courant une « bride » de cheval ou un « paquet ». Il est employé dans trois tablettes mathématiques, dans lesquelles il a été compris par les différents commentateurs soit comme un facteur multiplicatif soit comme une technique de résolution de certains problèmes.⁴⁶ Son sens exact étant difficile à cerner et devant être discuté en contexte au cas par cas, j'ai fait le choix de ne pas le traduire et de simplement mentionner entre parenthèses dans les traductions qu'il s'agit d'un facteur ou d'une technique de résolution.

- *ma-ak-ša-ra-am* : YBC 8633 (7)

Cette forme, dont la transcription normalisée est « *makšaram* », correspond simplement à l'accusatif singulier du nom « *makšarum* ».

45. Voir notamment les glossaires de [NEUGEBAUER1935b] page 19 et [NEUGEBAUER&SACHS1945] page 167 pour des exemples d'emploi du verbe avec chacun des sens cités.

46. Les trois tablettes concernées sont YBC 8633, YBC 6295 et TMS VIII (dont le numéro de collection n'est pas connu). Voir, pour des propositions d'interprétation de ce terme dans ces différentes tablettes, [NEUGEBAUER&SACHS1945] pages 42 et 53-55 et [HØYRUP2002] pages 66, 153, 193, 228 et 257.

- *ma-ak-ša-ru-um ša SAG.KI.GU₄ šī-li-ip-tim* : YBC 8633 (18*, 23)

Dans cette expression plus étoffée, le nom « *maḫsarum* » au nominatif singulier est suivi de l'étrange complément du nom « *ša SAG.KI.GU₄ šīliptim* » (voir l'entrée « *SAG.KI.GU₄* » du glossaire des sumérogrammes et l'entrée « *šīliptum* » du présent glossaire). L'ensemble doit vraisemblablement être traduit par « le *maḫsarum* du trapèze de la diagonale » et semble désigner une procédure ou un objet mathématique spécifique, dont la nature, assez difficile à cerner précisément, est discutée en contexte dans le chapitre V.

makûm : manque

Le substantif akkadien « *makûm* » ou « *mākum* » désigne dans le langage courant un « manque », une « absence » ou un « besoin ». Il n'apparaît à ma connaissance dans aucun autre texte mathématique que le quatrième problème de la tablette MS 3052 où je suggère qu'il est utilisé. Il désignerait à cet endroit une longueur de mur qui 'manque' du fait d'une brèche, et je le traduis donc par « manque ».

- *ma-ku-šu šu-ú* : MS 3052 #4 (3)

Dans ce groupe nominal, dont la transcription normalisée est « *makûšu šū* », le nom « *makûm* » est à l'état construit et muni du pronom personnel enclitique de troisième personne du masculin singulier « *-šu* », puis suivi de l'adjectif démonstratif « *šū* », le tout au nominatif singulier. L'ensemble forme une construction courante en akkadien mais difficile à rendre en français, dont la traduction littérale serait « ce sien manque » (à un possesseur masculin) et que je traduis simplement par « ce manque » afin que la phrase reste compréhensible pour les lecteurs qui ne connaissent pas la tournure akkadienne sous-jacente.

manûm (sum. ŠID) : calcul

Le verbe akkadien « *manûm* (*u*) » et son équivalent sumérien « ŠID » signifient principalement dans le langage courant « compter », « dénombrer » ou « comptabiliser ». Néanmoins, P Attinger et C. Proust, qui ont travaillé sur les listes lexicales et les textes *edubba*, considèrent que « ŠID » fait plutôt référence dans ces contextes à l'action de « calculer » qu'à celle de « compter » et il me semble pertinent d'adopter ce deuxième sens pour les textes mathématiques.⁴⁷

L'adjectif verbal substantivé formé sur la racine du verbe « *manûm* », qui est indifférenciable de l'infinitif du fait de la présence d'une consonne faible, désigne alors littéralement « ce qui a été calculé » ou « ce qui résulte de l'action de calculer », qui peut être rendu de manière plus concise et plus fluide par le substantif français « calcul ».⁴⁸

- *ma-nu* LUL : BNUS 367 (18)

Lorsque l'on en adopte la lecture retenue ici, due à F. Thureau-Dangin et surtout J. Høyrup, cette séquence de trois signes forme un groupe nominal composé du substantif akkadien « *manûm* » au nominatif singulier sans mimation et de l'adjectif sumérien « LUL » (voir l'entrée correspondante dans le glossaire des sumérogrammes). L'expression ainsi constituée peut être normalisée sous la forme « *manûm sarrum* » et traduite par « le calcul faux ». Elle fait référence à un résultat intermédiaire consistant en un nombre sexagésimal positionnel flottant, qui a été obtenu à partir

47. Voir par exemple [ATTINGER2016] page 143 et [PROUST2007] pages 283, 285 et 286.

48. Voir [HUEHNERGARD2011] pages 25-28 pour la formation et le sens des adjectifs verbaux ainsi que la substantivation des adjectifs dans la grammaire akkadienne. On trouve par ailleurs une brève discussion de la traduction « counting » proposée par J. Høyrup dans la note 265 page 240 de [HØYRUP2002].

de valeurs assignées à des grandeurs inconnues au début de la procédure où elle apparaît et qui devra par la suite être corrigé par proportionnalité afin de trouver la valeur réelle des grandeurs en question dans le cadre d'un raisonnement 'de type fausse position'. Une discussion des difficultés qui entourent la lecture de ce groupe de mots ainsi que de sa signification mathématique en contexte est proposée dans le chapitre V.

***mimma ula* : rien**

La locution pronominale akkadienne « *mimma ula* », formée du terme « *mimma* » signifiant « quelque chose » ou « tout » et de la négation « *ula* », est employée dans le langage courant avec le sens de « rien ». Elle apparaît à ma connaissance sur une seule tablette mathématique, dans un contexte où sont calculées en cascade les différences entre des transversales successives d'un triangle et où la dernière transversale considérée est en fait réduite à « rien » puisqu'il s'agit de la 'petite base' du triangle. J. Friberg traduit cette locution par « nothing » dans l'édition du texte en question puis par « zero » dans son glossaire.⁴⁹ La deuxième traduction, si elle se justifie d'une certaine manière, me semble risquer de sous-entendre pour certains lecteurs bien plus que ce qui est en jeu dans la situation concernée, et je préfère ainsi conserver la traduction générale, qui est plus neutre et parfaitement compréhensible.

- *mi-im-ma ú-la* : MS 3052 #4 (16)

***mīnum* (sum. EN.NAM) : quoi, quel**

Le pronom interrogatif akkadien « *mīnum* » ou « *minûm* », qui correspond au sumérogramme « EN.NAM », signifie « quoi ? » et est fréquemment employé dans les problèmes mathématiques afin de poser les questions auxquelles il devra être répondu. Dans de nombreuses situations, il pourrait sembler plus naturel et plus élégant de le rendre en français par « combien ? », mais j'utilise déjà cette traduction pour l'interrogatif « *kī maši* » et m'astreins donc, comme presque tous les historiens des mathématiques cunéiformes, à m'en tenir à la traduction basique « quoi ? » (ou « quel ? » lorsque la grammaire l'exige) pour le couple « *mīnum*/EN.NAM ». ⁵⁰

- *X mi-nu-um* : YBC 8633 (1, 6)

Cette phrase interrogative nominale, dans laquelle le pronom interrogatif « *mīnum* » est précédé du nom d'une grandeur, constitue l'une des manières standard de poser une question à la fin de l'énoncé d'un problème. Elle peut être traduite par « Quel (est) X ? » et indique que le but (ou l'un des buts) du problème sera de déterminer la valeur de la grandeur X.

***muhhum* (sum. UGU) : sommet**

Le sens premier du substantif akkadien « *muhhum* » est « crâne », mais il est également employé pour désigner par extension le « haut » ou la « surface supérieure » d'un objet. Sa traduction

49. Voir [FRIBERG2007a] pages 268 et 504.

50. Comme le souligne C. Proust (communication personnelle), l'éventuelle nuance de sens entre les interrogatifs « *kī maši* » et « *mīnum*/EN.NAM » dans les textes mathématiques, ainsi que leurs contextes d'emploi respectifs, n'ont jamais fait l'objet d'une analyse dédiée et pourraient mériter d'être étudiés de manière plus approfondie.

usuelle dans les rares textes mathématiques où il apparaît est « sommet », qui convient pour les occurrences que j’ai rencontrées et que j’utilise donc également.⁵¹

- *a-na mu-uh-ḫi-im* : MS 3052 #1 (2)

Dans cette expression, dont la transcription normalisée est « *ana muḫḫim* », le nom « *muḫḫum* » est au génitif singulier et précédé de la préposition akkadienne « *ana* » (« à », « vers »). Je traduis l’ensemble par la formule « au sommet ».

- *a-na mu-ḫi* : MS 3052 #2 (3)

Cette forme semble être une manière plus courte d’écrire l’expression « *ana muḫḫim* » analysée ci-dessus, dans laquelle le « ḫ » n’est pas redoublé et la mimation est omise.⁵²

***nadānum* (sum. SUM) : donner**

Le verbe akkadien « *nadānum* (*i*) », auquel est associé le sumérogramme très courant « SUM », signifie « donner ». Il est employé dans les textes mathématiques pour indiquer le résultat d’une opération, usage pour lequel sa traduction générale fait encore sens et peut être conservée.⁵³

- *X i-na-di-ku* : YBC 8633 (22)

Dans cette forme verbale, « *nadānum* » est conjugué à la troisième personne du masculin singulier de l’inaccompli du système I, « *inaddin* », et suivi du pronom personnel enclitique de deuxième personne du masculin singulier au datif « *-kum* », sans mimation et sans ventif mais avec assimilation du « n » final à la première consonne du pronom. Il est de plus précédé d’un complément d’objet direct consistant en une valeur numérique X. L’expression complète a pour transcription normalisée « *X inaddikku* », signifie littéralement « il te donne X » et permet d’indiquer que le résultat de l’opération qui vient d’être effectuée est X. Étant donnée la manière dont elle est employée, je la traduis par « (cela) te donne X ».

- *X i-na-di-kum-ma* : YBC 8633 (20*)

Cette deuxième forme est similaire à la précédente, aux différences près que le suffixe possessif « *-kum* » a cette fois bien sa mimation et que le verbe est cette fois suivi de la particule enclitique « *-ma* », qui peut servir à cet endroit soit à insister sur ce qui est affirmé soit à faire une transition avec l’opération suivante. L’ensemble de la phrase admet pour transcription normalisée « *X inaddikku-ma* » et a la même traduction littérale et le même sens que dans le point ci-dessus. Je le traduis à nouveau par « (cela) te donne X ».

- *X i-na-an-di-kum* : YBC 4675 (11, 21)

Enfin, cette troisième forme est similaire aux deux précédentes, avec la mimation du suffixe possessif « *-kum* » et sans la particule enclitique « *-ma* », mais avec une dissimilation ou nasalisation de la double dentale « dd » de l’inaccompli en « nd ».⁵⁴ L’ensemble de la phrase peut être normalisé sous la forme « *X inandikkum* », et a toujours la même traduction littérale et le même sens que dans les deux points précédents. Je le traduis encore une fois par « (cela) te donne X ».

51. En-dehors de la tablette MS 3052 citée dans la suite de cette entrée, les deux seules tablettes mathématiques contenant ce terme et répertoriées dans les index existants sont BM 85194 (voir [NEUGEBAUER1935a] pages 142-193 et [THUREAU-DANGIN1938a] pages 21-39) et BM 85196 (voir [NEUGEBAUER1935b] pages 43-59 et [THUREAU-DANGIN1938a] pages 39-46), qui traitent toutes deux de situations tridimensionnelles. O. Neugebauer utilise dans les éditions de ces textes la traduction non technique « Kopf », mais donne dans le glossaire de [NEUGEBAUER1935b] les traductions « Scheitel » et « Oberteil ». F. Thureau-Dangin et J. Friberg utilisent respectivement les traductions « sommet » et « top ».

52. Voir les notes philologiques de la section VI.3.1. pour une discussion de la translittération que propose J. Friberg.

53. Voir par exemple [HØYRUP2002] page 40.

54. Voir [HUEHNERGARD2011] page 589 (paragraphe k) au sujet de ce phénomène.

***nasāḫum* (sum. ZI) : retrancher**

Le verbe akkadien « *nasāḫum* (a/u) » a pour équivalent logogrammatique « ZI » et signifie littéralement « arracher » ou « enlever ». Tout comme le verbe plus rare « *harāṣum* » (voir l'entrée correspondante du présent glossaire), il est employé dans les textes mathématiques pour désigner l'opération inverse de celle désignée par « *waṣābum*/DAḪ » (voir là aussi les entrées correspondantes), c'est-à-dire l'opération consistant à ôter d'une grandeur une autre grandeur qui en est une partie.⁵⁵ On en rencontre dans la littérature tantôt des traductions qui mettent en avant l'opération arithmétique à laquelle il est lié (« to subtract » chez O. Neugebauer, « soustraire » chez F. Thureau-Dangin et C. Proust) et tantôt des traductions qui mettent au contraire en avant son sens littéral afin de rappeler qu'il s'agit d'un type de soustraction spécifique (« to tear out » chez J. Høyrup, « to tear off » chez J. Friberg, « to remove » chez C. Gonçalves). J'adopte pour ma part la solution intermédiaire « retrancher », qui donne bien le sens voulu sans être ni trop arithmétique ni trop obscure pour les lecteurs non spécialisés.

- *i-na* Y X *ú-sú-uh₂-ma* : YBC 8633 (2-3)

Dans cette phrase, le verbe « *nasāḫum* » est conjugué à la deuxième personne du masculin singulier de l'impératif du système I, « *usuḫ* ». Il est précédé d'un complément d'objet direct et d'un complément d'objet indirect introduit par la préposition akkadienne « *ina* » (« dans »), qui indiquent respectivement quel nombre ou quelle grandeur doit être retranché(e) et de quel autre nombre ou de quelle autre grandeur il/elle doit l'être, et est suivi de la particule enclitique « *-ma* », qui permet en l'occurrence de faire une transition avec l'opération suivante. L'ensemble a pour transcription normalisée « *ina* Y X *usuḫ₂-ma* » et peut être traduit par « retranche X de Y, puis ».

***našûm* (sum. ÍL) : porter**

Le verbe akkadien « *našûm* (i) » signifie dans le langage courant « soulever » ou « porter ». Avec le sumérogramme « ÍL » auquel il correspond, et le sumérogramme « NIM » qui est pour sa part vraisemblablement associé à l'un des verbes akkadiens « *elûm* » ou « *šaqûm* » signifiant dans le langage courant « monter », il est l'un des termes utilisés pour désigner, dans les textes mathématiques, la détermination d'une grandeur concrète au moyen d'une multiplication (calcul d'une aire ou d'un volume, réalisation d'une conversion, etc).⁵⁶ Le couple « *našûm*/ÍL » est traduit de manière relativement standard par « to raise » dans les publications de langue anglaise, mais tantôt par « porter » et tantôt par « élever » dans celles de langue française.⁵⁷ Afin de rester la plus proche possible des sens originaux des verbes employés, je retiens pour ma part la traduction « porter » pour ce couple, réservant la traduction « élever » au couple « *NIM/elûm-šaqûm* ».

- X *a-na* Y *i-ši₂-ma* : YBC 8633 (7, 9-10*, 19, 21, 22, 24, 25, 26)

Dans cette phrase, le verbe « *našûm* » est conjugué à la deuxième personne du masculin singulier de l'impératif du système I, « *iši* ». Il est de plus employé avec sa construction mathématique standard, c'est-à-dire précédé de ses deux opérands, placés l'un comme complément d'objet direct et l'autre comme complément d'objet indirect introduit par la préposition « *ana* » (« à », « vers »), et suivi de la particule enclitique « *-ma* » qui permet d'introduire le résultat de l'opération. L'ensemble peut être transcrit sous la forme « X *ana* Y *iši₂-ma* » et traduit par « porte X à Y ».

55. Voir [HØYRUP2002] page 20.

56. Voir [HØYRUP2002] pages 22-23, où l'on trouvera des précisions techniques.

57. Voir la note de l'entrée « ÍL » du glossaire des sumérogrammes pour des précisions et des références.

- *X a-na Y ta-na-aš-ši-ma* : YBC 4675 (21-22, 31-32)

Le verbe « *našûm* » est employé dans cette phrase avec la même construction grammaticale que dans la précédente, mais est cette fois conjugué à la deuxième personne du masculin singulier de l'inaccompli du système I. L'ensemble admet pour transcription normalisée « *X ana Y tanašši-ma* » et peut être traduit par « tu portes X à Y ».

- *a-na Y ta-na-aš-ši-ma* : YBC 4675 (11, 20*, 30)

Enfin, cette troisième phrase est identique à la deuxième, à la petite différence près que le premier opérande, qui se trouve être un nombre mentionné un peu plus tôt dans le texte, n'y est pas explicite. Elle peut être traduite par « tu (le) portes à Y ».

***palāsum* : regarder**

Le verbe akkadien « *palāsum (a/u)* » signifie « regarder ». Il n'est à ma connaissance employé dans aucun autre document mathématique que la tablette MS 3052 étudiée dans la deuxième partie de ce travail. Son identification dans les divers problèmes résolus de cette dernière n'est d'ailleurs pas entièrement certaine – l'unique forme sous laquelle il y apparaît pouvant également dériver du verbe « *palāšum (a/u)* » qui signifie « percer » – et est seulement l'hypothèse la plus vraisemblable du point de vue du sens de ces problèmes. Il y désignerait l'action consistant à mesurer (ou, de manière plus neutre, à déterminer ou à observer) une dimension d'un objet. On pourra se reporter au chapitre VI pour une analyse de ce terme en contexte et une discussion de l'interprétation alternative proposée par J. Friberg.

- *ap-lu-si-ma* : MS 3052 #2 (2) ; MS 3052 #3 (2) ; MS 3052 #4 (2)

La forme verbale « *aplussi* » s'analyse comme l'accompli du verbe « *palāsum* » à la première personne du singulier, « *aplus* », suivi du pronom personnel enclitique de troisième personne du féminin singulier à l'accusatif, « *-ši* », dont le « *š* » s'est transformé en « *s* » au contact de la finale sifflante « *s* ». Elle peut être traduite par « je l'ai regardée » (avec un objet féminin). Elle est ici suivie de la particule enclitique « *-ma* », qui sert en l'occurrence à introduire la valeur numérique déterminée grâce à cette action.

***parāšum* : ouvrir (une brèche)**

Le verbe akkadien transitif « *parāšum (a/u)* », dont la racine a donné le nom « *peršum* » (voir l'entrée ci-dessous), signifie « ouvrir » ou « percer » une brèche.

- *pe-er-šum pa-ri-iš* : MS 3052 #4 (3)

La forme verbale « *pariš* » correspond au permansif du verbe « *parāšum* » à la troisième personne du masculin singulier. La phrase dans laquelle elle apparaît ici, dont le sujet est « *peršum* », peut être traduite par « une brèche est ouverte » (au passif présent) ou plutôt, d'après le contexte, « une brèche a été ouverte » (au passif passé).

- *ša pa-ri-iš* : MS 3052 #4 (22)

Le permansif de troisième personne du masculin singulier « *pariš* » analysé dans le point ci-dessus est ici précédé du pronom relatif akkadien « *ša* ». L'ensemble de la proposition subordonnée ainsi formée, dont l'antécédent est perdu mais était vraisemblablement « *peršum* », peut être traduit par « [la brèche] qui est ouverte » (au passif présent) ou plutôt, d'après le contexte, « [la brèche] qui a été ouverte » (au passif passé). On constate que le suffixe subordonnant « *-u* » a été omis.

- *pe-er-šum lu pa-ri-iš* : MS 3052 #1 (3)

Le permansif de troisième personne du masculin singulier « *pa-ri-iš* » analysé dans le premier point est cette fois précédé de la particule « *lū* » qui exprime un souhait pour la longue durée. L'ensemble de la phrase, dont le sujet est à nouveau « *peršum* », peut ainsi être traduit par « qu'une brèche soit ouverte » (au passif présent) ou plutôt, d'après le contexte, « qu'une brèche ait été ouverte » (au passif passé).

***paṭārum* (sum. DU₈) : dénouer**

Le verbe akkadien « *paṭārum* (*a/u*) », qui a pour sumérogramme « DU₈ », signifie littéralement « relâcher » et est employé dans les textes mathématiques pour désigner le calcul de l'inverse d'un nombre.⁵⁸ Il est traduit « to take » par O. Neugebauer, « to detach » par J. Høyrup, « to release » ou « to resolve » par J. Friberg et « dénouer » par F. Thureau-Dangin et C. Proust. Je retiens cette dernière traduction.

- IGI X *ta-pa-ṭa-ar-ma* : YBC 4675 (9, 19*, 30)

Dans cette phrase, le verbe « *paṭārum* » est conjugué à la deuxième personne du masculin singulier de l'inaccompli du système I, précédé du complément d'objet direct « IGI X » (voir l'entrée correspondante dans le glossaire des sumérogrammes) et suivi de la particule enclitique « *-ma* » qui permet d'introduire l'inverse calculé. L'ensemble a pour transcription normalisée « *igi X tapattar-ma* » et peut être traduit par « tu dénoues l'inverse de X ».

***peršum* : brèche**

Le substantif akkadien « *peršum* », qui est formé sur la racine « *parāšum* » (voir l'entrée ci-dessus) et est répertorié dans certains dictionnaires sous la variante phonétique « *piršum* », est un terme du langage courant désignant une « brèche » percée dans un mur ou un canal.

- *pe-er-šum* : MS 3052 #1 (3) ; MS 3052 #4 (3)

Il s'agit simplement du nom « *peršum* » au nominatif singulier.

- *pe-er-šum šu-ú* : MS 3052 #4 (5)

Dans cette forme, dont la transcription normalisée est « *peršum šū* », le nom « *peršum* » au nominatif singulier est suivi de l'adjectif démonstratif masculin singulier « *šū* », lui aussi au nominatif. L'ensemble peut être traduit par « cette brèche » (en tant que sujet).

- *pe-er-ša-am* : MS 3052 #1 (6)

Cette forme, « *peršam* », correspond à l'accusatif singulier du nom « *peršum* ».

- *pe-er-ša-am šu-a-ti* : MS 3052 #4 (5)

Dans cette forme, dont la transcription normalisée est « *peršam šuāti* », le nom « *peršum* » à l'accusatif singulier est suivi de l'adjectif démonstratif singulier « *šuāti* », lui aussi à l'accusatif. L'ensemble peut être traduit par « cette brèche » (en tant que complément).

- *pe-er-ši* : MS 3052 #1 (4)

Cette dernière forme, dont la transcription normalisée est « *peršī* », peut s'analyser selon les contextes soit comme l'accusatif-génitif pluriel de « *peršum* » (« les brèches », en tant que complément) soit comme son état construit suivi du pronom personnel enclitique de première personne du singulier « *-ī* » (« ma brèche »). À l'endroit où elle apparaît, il s'agit probablement de

58. Voir par exemple [HØYRUP2002] page 28.

la deuxième situation. On pourra se reporter aux notes philologiques de la section VI.2.2.1 pour une discussion de ce point en contexte.

***qablûm* (sum. MURUB₄) : du milieu**

L'adjectif akkadien « *qablûm* », dont l'équivalent sumérien est « MURUB₄ », véhicule l'idée de milieu et peut correspondre dans le langage courant à des termes tels que « central », « médian », « moyen » ou « intermédiaire ». Il apparaît à ma connaissance dans un unique texte mathématique, pour qualifier une transversale (« *tallum* », voir l'entrée correspondante du présent glossaire) placée de manière à partager une forme géométrique en deux zones de même aire. Aucun des adjectifs cités ci-dessus ne me semblant adapté à ce contexte, j'ai fait le choix d'adopter une traduction par le complément du nom « du milieu », moins susceptible selon moi d'induire le lecteur en erreur sur le sens mathématique du terme.

- *ta-al-lum qá-ab-lu-ú-um* : YBC 4675 (16)

Ce groupe nominal, dont la transcription normalisée est « *tallum qablûm* », est au nominatif singulier et peut être traduit par « la transversale du milieu » (comme sujet d'une phrase).

- *ta-al-lam qá-ab-li-a-am* : YBC 4675 (17, 27)

Ce deuxième groupe nominal, dont la transcription normalisée est « *tallam qabliam* », est à l'accusatif singulier et peut à nouveau être traduit par « la transversale du milieu » (mais cette fois comme complément d'objet direct d'un verbe).

- *ta-al-li qá-ab-lu-ú* : YBC 4675 (3)

Dans ce troisième groupe nominal, l'adjectif « *qablûm* » n'a pas de mimation mais ne peut malgré tout être qu'au nominatif singulier. Cela entraîne que le nom « *tallum* » placé devant lui doit également être au nominatif singulier, et donc que la terminaison en « i » de ce dernier ne peut correspondre qu'à un suffixe possessif de première personne du singulier. L'ensemble a ainsi pour transcription normalisée « *tallî qablû* » et se traduit par « ma transversale du milieu » (comme sujet d'une phrase). Il est nécessaire de procéder à une discussion détaillée et en contexte de ce groupe de mots.

***rapāšum* (sum. DAGAL) : être large**

Le verbe akkadien « *rapāšum* (*i*) » signifie dans le langage courant « être large » ou « devenir large ». Contrairement au nom « *rupšum* » qui en dérive ou au sumérogramme associé « DAGAL » (voir l'entrée correspondante dans le glossaire des sumérogrammes), celui-ci n'a à ma connaissance aucune attestation certaine dans le corpus mathématique : il semble apparaître sur deux tablettes différentes, mais chacune des occurrences concernées peut donner lieu à une lecture alternative faisant intervenir un autre verbe.⁵⁹

- *a-di a-na X ir-pi-šu* : MS 3052 #4 (4)

Lorsque l'on en adopte la lecture suggérée ici, cette séquence de signes forme une proposition subordonnée relative qui est introduite par la conjonction akkadienne « *adi* » (« jusqu'à ce que ») et dont la transcription normalisée est « *adi ana X irpišu* ». La forme verbale contenue dans cette proposition, « *irpišu* », correspond à l'accompli du système I du verbe « *rapāšum* » à la troisième

59. Celle des occurrences éventuelles de ce verbe dans un cadre mathématique qui n'est pas présentée ici apparaît sur la tablette AO 6770. On pourra consulter [NEUGEBAUER1935b] pages 37-42 pour une lecture du passage en question basée sur la racine « *rapāšum* » et [THUREAU-DANGIN1938a] pages 71-73 pour une lecture alternative.

personne du masculin singulier suivi du suffixe subordonnant « -u ». Elle est de plus précédée d'un complément d'objet indirect introduit par la préposition akkadienne « ana » (« à », « vers »), dont l'emploi n'est pas mentionné dans l'entrée « rapāšum » des dictionnaires usuels mais qui semble avoir ici pour fonction de préciser la largeur atteinte au terme de l'élargissement évoqué. Finalement, l'ensemble de la proposition pourrait se traduire de manière littérale par « jusqu'à ce qu'il soit devenu large de X », ou bien de manière un peu moins fidèle mais plus fluide par « jusqu'à ce qu'il ait atteint une largeur de X ». On trouvera dans les notes philologiques de la section VI.3.3. une explication du sens de cette expression dans le contexte où elle apparaît ainsi que la discussion d'une lecture alternative proposée par J. Friberg.

***rēšum* (sum. SAG) : tête**

Le substantif akkadien « *rēšum* » désigne de manière générale la « tête », au sens propre comme au sens figuré. Il est utilisé dans une expression qui structure certaines procédures mathématiques, présentée dans l'occurrence ci-dessous.

- *X re-eš-ka li-ki-il* : MS 3052 #2 (6) ; MS 3052 #3 (6)

Cette phrase, dont la transcription normalisée est « *X rēška likil* » et dont l'une des traductions possibles est « que ta tête retienne X », est employée dans un certain nombre de textes mathématiques pour indiquer qu'un résultat intermédiaire doit être mis de côté et conservé afin d'être réutilisé ultérieurement.⁶⁰ On pourra se reporter à l'entrée « *kullum* » du présent glossaire pour une discussion complète de son analyse grammaticale et des différentes manières de la traduire.

***saḥārum* (sum. NIGIN, GI₄ ?) : se retourner, retourner à (II), revenir (IV)**

Le verbe akkadien « *saḥārum* (*u*) » est répertorié dans les dictionnaires usuels comme ayant l'équivalent logogrammatique « NIGIN » et signifiant « se retourner » au système I et « revenir » au système IV. Il est utilisé avec ce sens dans plusieurs textes mathématiques, dont l'un de ceux étudiés dans la deuxième partie de ce travail, afin de structurer une procédure en marquant la fin d'une étape et le début de la suivante : après avoir effectué un certain nombre d'opérations qui s'enchaînent, on « se retourne » ou on « revient » afin de débiter une nouvelle séquence d'opérations qui n'a pas de lien immédiat avec la précédente.⁶¹ J. Friberg suggère par ailleurs que le système II de ce verbe puisse être employé dans la tablette MS 3052 avec le même sens que le sumérogramme « GI₄ », qui correspond normalement au verbe akkadien « *tārum* » mais appartient exactement au même champ sémantique, et qui sert à désigner, dans plusieurs documents, la petite mesure d'une dimension non uniforme d'un objet (par exemple la largeur au sommet d'un mur dont la section n'est pas rectangulaire, etc).⁶² Cette suggestion, que je trouve assez convaincante et que j'ai donc choisi de retenir, est discutée en contexte et avec des arguments plus précis dans les notes philologiques de la section VI.2.2.1. Afin de conserver

60. Voir par exemple [HØYRUP2002] page 40 et [GONÇALVES2015] pages 26-27. Un point intéressant concernant la manière de comprendre cette expression, qui n'a à ma connaissance jamais été abordé par les historiens des mathématiques cunéiformes, a par ailleurs été porté à mon attention par B. Lion : si la formulation utilisée ici en référence au fait de « retenir » a spontanément tendance à évoquer pour un lecteur moderne la tête comme siège de l'intellect, il semblerait que ce rôle ait en fait été plutôt attribué par les Babyloniens au « *libbum* » ou « cœur » (tout comme, d'ailleurs, celui de siège des sentiments et de la conscience - voir une discussion complète dans [LABAT1975]), et qu'il faille ainsi plutôt envisager dans le cas présent la tête comme représentant de la personne.

61. Voir au sujet de cet emploi la discussion dans [HØYRUP2002] page 38 et les occurrences signalées dans [NEUGEBAUER&SACHS1945] page 171 et [GONÇALVES2015] page 130.

62. Voir notamment [FRIBERG2007a] page 259 et [HEIMPEL2004].

une trace du fait que les deux sens complètement différents décrits ici sont véhiculés par le même verbe, j'adopte pour le deuxième la traduction « retourner à », qui réutilise la racine de « se retourner » tout en faisant comprendre relativement clairement l'idée voulue : après avoir eu une certaine valeur à un certain endroit, la dimension en question « retourne à » une valeur plus petite à un autre endroit.

- *ta-as-sà-ḥa-ar* : YBC 4675 (12, 27)

Cette forme verbale, dans laquelle la consonne « s » semble avoir été volontairement redoublée, doit probablement être transcrite sous la forme « *tassaḥḥar* » et analysée comme l'inaccompli du système IV du verbe « *saḥārum* » à la deuxième personne du masculin singulier. Elle peut ainsi être traduite par « tu reviens », et donne, sur la structure de la procédure dans laquelle elle apparaît, une indication dont le sens exact doit être établi en contexte.

- *sú-ḥu-ur* : MS 3052 #1 (2)

Lorsque l'on fait le choix de la lire de la manière retenue ici, cette forme verbale a pour transcription normalisée « *suḥḥur* » et correspond au permansif du système II du verbe « *saḥārum* » à la troisième personne du masculin singulier. Ne pouvant relever que du deuxième sens de ce verbe dans le contexte où elle apparaît, elle se traduirait alors par « il retourne à ». On trouvera dans les notes philologiques de la section VI.2.2.1 une discussion complète des difficultés qu'elle soulève et d'une possible interprétation alternative.

***sanāqum* (sum. DIM₄ ?) : être correct ?**

Le verbe akkadien « *sanāqum* (*i*) » signifie principalement dans le langage courant « vérifier que (quelque chose) est correct », « être correct », « s'approcher de », « atteindre » ou « être proche de ». Il est employé dans quelques rares textes mathématiques, dans des situations qui ont donné lieu à des traductions aussi variées que « jouxter », « atteindre » ou « être correct ». J'ai choisi de retenir la dernière, suggérée par E. Robson, qui me semble être celle qui s'adapte le mieux à toutes les occurrences, mais cette décision pourrait tout à fait être amenée à évoluer et il me semble important de garder à l'esprit qu'il s'agit d'un terme problématique dont la signification exacte doit être discutée de manière plus approfondie en contexte.

- *X sà-ni-iq* : YBC 4675 (26, 36)

La forme verbale « *sà-ni-iq* » correspond au permansif du système I du verbe « *sanāqum* » à la troisième personne du masculin singulier. La phrase complète a donc pour transcription normalisée « *X saniq* » et semble pouvoir être traduite par « X est correct ». Il est nécessaire de discuter en contexte le sens de cette expression inhabituelle et les différentes interprétations alternatives qui peuvent en être envisagées.

- *X lu-ú sà-ni-iq* : YBC 4675 (5, 7)

Dans cette phrase, le verbe « *sanāqum* » est à nouveau conjugué à la troisième personne du masculin singulier du permansif du système I, mais cette fois précédé de la particule akkadienne « *lū* ». L'ensemble, dont la transcription normalisée est « *X lū saniq* », exprime un souhait pour la longue durée et semble pouvoir être traduit par « que X soit correct ». Encore une fois, il est nécessaire de discuter en contexte le sens de cette expression inhabituelle et les différentes interprétations alternatives qui peuvent en être envisagées.

šiliptum (sum. BAR.NUN) : diagonale, rectangle

Le substantif akkadien «šiliptum», dont la seule signification à l'époque paléo-babylonienne est purement mathématique, désigne généralement la diagonale d'un rectangle (ou d'une autre forme géométrique) mais peut également désigner, par métonymie, un rectangle lui-même.⁶³

- *ši-li-ip-tum* : MS 3052 #9 (1)

Il s'agit simplement du nom «šiliptum» au nominatif singulier. Il semble dans ce cas plutôt désigner un rectangle, puisqu'il fait référence à une configuration formée de «Uš» (un flanc), «SAG» (un front) et «šiliptum» (une diagonale).

- *ší-li-ip-tam* : YBC 8633 (20)

Cette forme, dont la transcription normalisée est «šiliptam», correspond à l'accusatif singulier du nom «šiliptum». Elle semble dans ce cas plutôt désigner une diagonale.

- *ša ší-li-ip-tim* : YBC 8633 (19)

Cette expression, dont la transcription normalisée est «ša šiliptim», est formée de la particule akkadienne «ša» qui permet d'introduire un complément du nom et du substantif «šiliptum» au génitif singulier. Elle semble à nouveau plutôt faire référence à une diagonale dans le contexte où elle apparaît et peut ainsi être traduite par «de la diagonale».

- *SAG.KI.GU₄ ší-li-ip-tim* : YBC 8633 (23)

Dans cette dernière expression, unique dans le corpus mathématique, le nom «šiliptum» au génitif singulier apparaît comme complément du nom «SAG.KI.GU₄» («trapèze», voir l'entrée correspondante dans le glossaire des sumérogrammes). L'ensemble, dont la transcription normalisée est «pūt alpi šiliptim», a systématiquement été traduit sous la forme «le trapèze de la diagonale» par les historiens des mathématiques cunéiformes ayant travaillé sur le texte en question, mais pourrait selon moi également être compris comme «le trapèze du rectangle» étant donnée la situation à laquelle il fait référence. Le sens de cette formulation obscure est discuté et en contexte dans le chapitre V.

šakānum (sum. GAR) : poser

Le verbe akkadien «šakānum (a/u)», qui est associé au logogramme sumérien «GAR», signifie dans le langage courant «poser», «placer», «mettre» ou parfois «inscrire». Il est employé dans de nombreux textes mathématiques, avec plusieurs nuances différentes qui doivent être discutées au cas par cas mais pour lesquelles la traduction générique et suffisamment vague de «poser» convient globalement.⁶⁴

- *X ù Y ki ma-ši lu-uš-ku-un-ma* : YBC 4675 (4)

La forme verbale «luškun» s'analyse comme l'optatif du système I du verbe «šakānum» à la première personne du singulier. Elle est ici construite avec deux compléments d'objet directs, le premier constitué des noms de deux grandeurs reliés par la conjonction akkadienne «u» («et») et le second constitué de l'interrogatif akkadien «kī maši» («combien?», voir l'entrée correspondante du présent glossaire), qui renvoient de deux façons différentes à ce qui doit être «posé».⁶⁵ Elle est de plus suivie de la particule enclitique «-ma», qui a en l'occurrence pour fonction d'introduire une deuxième proposition permettant de préciser le but recherché à travers l'action de

63. Voir notamment à ce sujet [ROBSON1999] page 44.

64. Des précisions sont données dans une note de l'entrée «GAR» du glossaire des sumérogrammes.

65. La possibilité d'employer le verbe «šakānum» avec un double accusatif est bien signalée dans les dictionnaires, même si elle y concerne un autre contexte.

« poser ». L'ensemble de la partie de phrase citée, dont la transcription normalisée complète est « *X u Y kī maši luškun-ma* », semble donc pouvoir être traduit de manière relativement littérale par « X et Y, combien dois-je poser (afin que ...) ? » ou de manière un peu plus fluide par « combien dois-je poser (comme) X et (comme) Y (afin que ...) ? ». Il est intéressant de constater que cette question emploie le verbe « *šakānum* » dans un sens peu habituel, qui consiste à indiquer que l'on cherche à déterminer les valeurs que doivent prendre certaines grandeurs afin qu'une certaine condition soit remplie. Une discussion plus approfondie de cette formulation atypique et de ce qu'elle implique d'un point de vue mathématique doit être réalisée en contexte.

- *ki ma-ši X u ki ma-ši Y lu-uš-ku-un-ma* : YBC 4675 (6)

Le verbe « *šakānum* » se présente ici sous la même forme que dans le point précédent, mais au sein d'une construction différente : cette fois, il est précédé de deux groupes de doubles compléments d'objet directs, chacun formé de l'interrogatif akkadien « *kī maši* » suivi du nom d'une grandeur, reliés entre eux par la conjonction akkadienne « *u* ». L'ensemble de la partie de phrase citée, dont la transcription normalisée est « *kī maši X u kī maši Y luškun-ma* », semble donc pouvoir être traduit de manière littérale par « combien X et combien Y dois-je poser (afin que ...) ? » ou de manière un peu plus fluide par « combien dois-je poser (comme) X et combien (comme) Y (afin que ...) ? ». Le sens de cette question est probablement similaire à celui de la précédente et doit, là encore, être discuté en contexte.

***šalšum* (sum. 3.KAM.MA) : troisième**

L'adjectif akkadien « *šalšum* » signifie « troisième » et est ainsi l'équivalent de la locution sumérienne très courante « 3.KAM.MA ».

- SAG.DÙ *ša-al-ši-im* : YBC 8633 (16*)

Dans ce groupe nominal, l'adjectif « *šalšum* » est au génitif singulier et qualifie le nom « SAG.DÙ » (voir l'entrée correspondante dans le glossaire des sumérogrammes). L'ensemble peut être transcrit sous la forme « *santakkim šalšim* » et traduit par « le troisième triangle » (après une préposition) ou « du troisième triangle » (en tant que complément du nom). Une discussion du sens mathématique de la numérotation de triangles qu'implique cette expression est proposée dans le chapitre V.

***šanûm* (sum. 2.KAM.MA) : deuxième, autre**

L'adjectif akkadien « *šanûm* » signifie principalement « deuxième », et est ainsi l'équivalent de la locution sumérienne « 2.KAM.MA », mais peut également prendre dans certains contextes le sens de « autre ». Il est souvent difficile de déterminer laquelle de ces deux traductions doit être retenue dans une phrase donnée d'un texte mathématique.

- UŠ *ša-nu-um* : YBC 8633 (6, 25)

Dans ce groupe nominal, l'adjectif « *šanûm* » est au nominatif singulier et qualifie le nom « UŠ » (voir l'entrée correspondante dans le glossaire des sumérogrammes). L'ensemble peut être transcrit sous la forme « *šiddum šanûm* » et traduit par « le deuxième flanc » ou « l'autre flanc ». Une discussion du sens mathématique de cette expression est proposée dans le chapitre V.

- SAG.DÙ *ša-ni-im* : YBC 8633 (5, 13*)

Dans ce deuxième groupe nominal, l'adjectif « *šanûm* » est au génitif singulier et qualifie le nom « SAG.DÙ » (voir l'entrée correspondante dans le glossaire des sumérogrammes). L'ensemble peut être transcrit sous la forme « *santakkim šanûm* » et traduit par « du deuxième triangle » ou « de l'autre triangle » (en tant que complément du nom). Une discussion du sens mathématique de cette expression est proposée dans le chapitre V.

- *a-na X ša-ni-i-im* : YBC 4675 (5)

Enfin, dans ce troisième groupe nominal, l'adjectif « *šanûm* » est à nouveau au génitif singulier, mais écrit avec un signe-voyelle supplémentaire marquant l'allongement du « i ». Il qualifie cette fois une valeur numérique précédée de la préposition akkadienne « *ana* » (« à », « vers », « pour »). L'ensemble peut être transcrit sous la forme « *ana X šanîm* » et traduit par « au deuxième X » ou « à l'autre X ». Une discussion du sens mathématique de cette expression particulièrement inhabituelle doit être proposée en contexte.

šina (sum. MIN) : deux

Tout comme « MIN » en sumérien, le mot akkadien « *šina* » désigne le nombre « deux ».

- *X a-na šī-na ḥe-pe-ma* : YBC 8633 (8-9*)

Dans cette phrase, le nombre « *šina* » précédé de la préposition akkadienne « *ana* » (« à », « vers ») figure comme complément d'objet indirect du verbe « *ḥepûm* » (voir l'entrée correspondante du présent glossaire) et précise en combien de parties une valeur numérique placée en complément d'objet direct du même verbe doit être fractionnée. L'ensemble a pour transcription normalisée « *X ana šina ḥepē-ma* » et peut être traduit par « brise X en deux ».

- *X a-na šī-na ḥe-pé-ma* : YBC 8633 (4)

Cette phrase est identique à celle présentée dans le point précédent, avec seulement une petite variation orthographique dans le verbe, dont la syllabe « pe » est cette fois écrite au moyen du signe cunéiforme « BI » (lu « pé ») et non plus du signe « WA » (lu « pe »).

- *X a-na šī-na <a>-zu-ú-uz* : YBC 4675 (3)

Dans cette phrase, le nombre « *šina* » toujours précédé de la préposition akkadienne « *ana* » (« à », « vers ») figure comme complément d'objet indirect d'un verbe moins courant dans les textes mathématiques, le verbe « *zâzum* » (voir l'entrée correspondante du présent glossaire), mais conserve la même fonction, à savoir de préciser en combien de parties un objet placé en complément d'objet direct de ce verbe doit être fractionné. L'ensemble a pour transcription normalisée « *X ana šina zūz* » ou « *X ana šina azūz* » et peut être traduit par « partage X en deux » ou « j'ai partagé X en deux » (voir la discussion à ce sujet sous l'entrée « *zâzum* »).

- *šina* en contexte cassé : YBC 8633 (11, 14*)

Le texte entourant ces deux occurrences du terme « *šina* » est trop endommagé pour que l'on puisse déterminer de manière certaine la construction avec laquelle il est employé, mais il s'agit très probablement de l'une des deux premières présentées ci-dessus.

šumma : si

La conjonction akkadienne « *šumma* » a pour principales fonctions d'introduire des propositions subordonnées conditionnelles – verbales ou nominales – et des questions indirectes, et se traduit donc dans la plupart des situations par « si ». On la rencontre dans un certain nombre de textes mathématiques de la région de la Diyala, où elle figure au début d'une formule ouvrant les énoncés des problèmes résolus, et, plus rarement, dans des textes mathématiques d'autres régions, où elle précède l'annonce des objets considérés.⁶⁶

66. La formule ouvrant les énoncés d'un certain nombre de problèmes résolus de la région de la Diyala est « *šumma kīam išālka umma šū-ma* » (avec parfois de légères variantes), que l'on peut traduire par « si (quelqu'un) te demande ainsi, (en disant) cela ». Voir par exemple à ce sujet [HØYRUP2002] page 32 et, pour des exemples, les éditions de la plupart des tablettes présentées dans [GONÇALVES2015].

- *šum-ma* A.ŠÀ (...) : YBC 4675 (1)

Dans cette formule, qui constitue les premiers mots d'un problème résolu, la conjonction «*šumma*» est directement et uniquement suivie du nom d'un objet, «A.ŠÀ» (qui désigne en l'occurrence vraisemblablement un «champ»; voir l'entrée correspondante du glossaire des sumérogrammes), au sujet duquel certaines précisions sont données sans influencer sur la structure analysée. L'ensemble, dont la transcription normalisée est «*šumma eqlum* (...)», peut se traduire de manière littérale par «si un champ (...)», sans suite à la phrase, et a pour fonction d'indiquer que l'objet considéré dans le problème à venir est un champ. On peut voir dans cette formule un sens assez proche de celui de notre formule actuelle «soit un champ», mais il me semble qu'une traduction aussi semblable à la rédaction mathématique contemporaine serait moins neutre que les termes du texte akkadien. Ainsi, afin d'éviter d'éventuels malentendus tout en guidant davantage la compréhension du lecteur que dans la transposition littérale, j'ai décidé d'opter pour la traduction «si (l'on considère) un champ (...)», qui suit exactement la syntaxe de la formulation originale mais en en développant l'idée sous-jacente.

***šutākulum* (sum. GU₇.GU₇) : croiser**

L'opération mathématique consistant à former une surface rectangulaire en plaçant deux segments perpendiculairement l'un à l'autre, et à obtenir l'aire de cette surface, est désignée en akkadien par un verbe dont la prononciation sans allongements est «*šutakulum*». ⁶⁷ La plupart des écritures syllabiques connues de ce verbe pouvant a priori relever de deux racines différentes, les historiens des mathématiques cunéiformes débattent depuis plusieurs décennies pour déterminer si celui-ci doit être compris comme «*šutākulum*», c'est-à-dire le système III/2 du verbe «*akālum* (*a/u*)» signifiant «manger», ou comme «*šutakūlum*», c'est-à-dire le système III/2 du verbe «*kullum*» signifiant «tenir» (voir l'entrée correspondante du présent glossaire pour un autre emploi de ce dernier verbe).

La première analyse, qui a notamment été retenue et défendue par O. Neugebauer, K. Muroi, J. Friberg et C. Gonçalves, se base sur trois arguments principaux : premièrement, le sumérogramme associé au verbe discuté est «GU₇.GU₇», ou parfois simplement «GU₇», qui est bien connu comme idéogramme correspondant à «*akālum*»; deuxièmement, la tablette YBC 4675 contient à deux reprises une forme conjuguée de ce verbe qui ne peut dériver que de la racine «*akālum*»; troisièmement, le verbe «*kullum*» n'est attesté qu'au système II dans l'ensemble du corpus cunéiforme, et il n'est donc pas satisfaisant de considérer qu'il ait eu un système III/2 employé exclusivement dans les textes mathématiques. ⁶⁸ La deuxième analyse, retenue et défendue notamment par F. Thureau-Dangin et J. Høyrup, repose quant à elle sur deux arguments principaux : premièrement, le substantif «*takiltum*», qui semble être utilisé dans certains textes avec le même sens qu'une proposition subordonnée relative construite sur le verbe discuté, ne peut pas dériver de la racine «*akālum*»; deuxièmement, l'idée de «tenir» s'accorde mieux avec l'image évoquée par l'opération désignée que celle de «manger». ⁶⁹ Chacune des deux opinions vient également avec des objections minimisant le poids de certains arguments opposés : les tenants de la première analyse mettent en avant le fait que le lien entre le verbe considéré et le substantif «*takiltum*» n'est pas clair et ne peut donc pas être utilisé pour trancher la question, tandis que les tenants de la deuxième analyse suggèrent que

67. Voir [HØYRUP2002] pages 23-24 au sujet de cette opération de «rectangularisation». On trouvera également dans l'entrée «DU₇.DU₇» du glossaire des sumérogrammes la présentation d'une opération très semblable, dont les points communs et différences avec «*šutākulum*» mériteraient d'être étudiés de manière plus approfondie.

68. Voir notamment [HØYRUP2002] page 23, [GONÇALVES2015] page 26 et [MUROI2003] pages 254-256 pour davantage de détails sur ces différents arguments.

69. Voir notamment [HØYRUP2002] pages 23-24 pour le détail de ces deux arguments.

l'utilisation de « GU₇.GU₇ » ou « GU₇ » comme sumérogramme puisse jouer sur la proximité phonétique des deux racines sans donner d'indication sur le sens.⁷⁰

Comme le souligne C. Gonçalves, l'ampleur du débat et le fait que les spécialistes ne soient pas parvenus à trouver un consensus en presque un siècle reflète la difficulté du problème en l'état actuel de nos connaissances.⁷¹ Puisqu'il est néanmoins nécessaire de prendre une décision pour pouvoir travailler sur les textes, j'ai choisi de considérer que le verbe est « *šutākulum* », de « *akālum* », car cette interprétation me semble mieux fondée, est la seule à permettre de donner une analyse grammaticale satisfaisante des occurrences rencontrées dans mon corpus, et est celle qui a été retenue par les dictionnaires CAD et CDA.

En ce qui concerne, maintenant, la traduction de ce verbe, quatre groupes me semblent pouvoir être distingués parmi les différentes propositions que l'on rencontre dans la littérature : celles qui mettent en avant le sens premier du verbe « *kullum* » (« faire se tenir mutuellement » pour F. Thureau-Dangin, « to make hold » pour J. Høystrup), celles qui font de même avec le verbe « *akālum* » (« to let eat each other » pour J. Friberg), celles qui font ressortir l'aspect arithmétique de l'opération désignée (« to multiply » pour O. Neugebauer et dans le CAD) et enfin celles qui essaient de faire ressortir son aspect géométrique (« croiser » pour F. Thureau-Dangin et C. Proust, « to combine » pour C. Gonçalves). Dans la mesure où la première approche est exclue compte tenu de la racine que j'ai retenue, où la deuxième me paraît trop obscure pour des lecteurs non spécialisés, et où la troisième me semble réduire et déformer le sens réel de l'opération désignée, j'ai opté pour la quatrième et ai choisi la traduction « croiser », déjà bien installée dans les publications de langue française.⁷²

- *X tu-uš-ta-ak-ka-al-ma* : YBC 4675 (12)

La forme verbale « *tuštakkal* » s'analyse comme l'inaccompli de deuxième personne du masculin singulier du verbe « *akālum* » au système III/2, c'est-à-dire comme l'inaccompli de deuxième personne du masculin singulier du verbe « *šutākulum* ». Elle est ici précédée d'un complément d'objet direct qui indique ce qui doit être croisé (en l'occurrence, croisé avec lui-même, puisqu'un seul élément est donné), et est suivie de la particule enclitique « *-ma* » qui permet d'introduire le résultat de l'opération. L'ensemble peut être traduit par « tu croises X », ou encore « tu croises X (avec lui-même) », et doit être compris comme « tu formes une surface rectangulaire en plaçant perpendiculairement l'un à l'autre deux segments de longueur X ».

- *tu-uš-ta-ak-ka-al-ma* : YBC 4675 (35)

Cette phrase est la même que la précédente, à la différence près qu'il n'y a cette fois aucun complément d'objet direct, ni placé explicitement juste devant le verbe ni mentionné un peu plus tôt et sous-entendu implicitement. Elle doit en conséquence être simplement traduite par « tu croises » et a un sens difficile à cerner qui doit être discuté en contexte.

70. Voir notamment [MUROI2003] pages 254-256, [THUREAU-DANGIN1938a] pages 232-233 et [HØYRUP2002] page 23 pour davantage de détails sur ces deux contre-arguments. Soulignons que le deuxième a été rejeté par K. Muroi, lequel affirme qu'il ne peut pas être pris au sérieux dans la mesure où aucun (autre) jeu de mots n'est connu dans les textes mathématiques.

71. Voir [GONÇALVES2015] page 26.

72. Soulignons tout de même que la deuxième traduction proposée, « faire se manger », aurait l'avantage de rendre le couple « *šutākulum*/GU₇.GU₇ » par une construction strictement parallèle à la construction « faire se rencontrer » retenue pour le couple presque synonyme « *nitkupum*[?]/DU₇.DU₇ », ce qui n'est pas le cas de la traduction « croiser » que j'ai choisie dans un souci de clarté.

tallum (sum. DAL) : transversale

Le substantif akkadien « *tallum* », correspondant au sumérogramme « DAL », désigne dans le langage courant une « traverse » et fait référence dans les textes mathématiques à une ligne intérieure d'une forme géométrique qui peut être, principalement, une ligne parallèle à la base d'un triangle, aux bases d'un trapèze ou aux côtés d'un carré, ou bien un diamètre d'un cercle, d'un demi-cercle ou d'un cylindre.⁷³ Ce terme est traduit, selon les auteurs, par « crossbeam » (J. Høyrup), « Trennungslinie / dividing line » (O. Neugebauer) ou « transversal / transversale » (F. Thureau-Dangin, J. Friberg), ou encore par « diamètre » dans les cas concernés. Je retiens pour ma part la traduction « transversale ».

- *ta-al-lum qá-ab-lu-ú-um* : YBC 4675 (16)

Ce groupe nominal, dont la transcription normalisée est « *tallum qablûm* », est au nominatif singulier et peut être traduit par « la transversale du milieu » (comme sujet d'une phrase).

- *ta-al-lam qá-ab-li-a-am* : YBC 4675 (17, 27)

Ce groupe nominal, dont la transcription normalisée est « *tallam qablîam* », est le même que celui ci-dessus mais à l'accusatif singulier. Il peut également être traduit par « la transversale du milieu » (mais cette fois comme complément d'objet direct d'un verbe).

- *ta-al-li qá-ab-lu-ú* : YBC 4675 (3)

Dans ce troisième groupe nominal, plusieurs analyses grammaticales de la séquence de signes « *ta-al-li* » sont a priori possibles, mais, puisque l'adjectif qui suit est au nominatif singulier (bien que sans mimation), le substantif doit l'être également et ne peut donc se comprendre que comme « *tallum* » à l'état construit suivi du pronom personnel enclitique de première personne du singulier « *-î* ». L'ensemble doit ainsi être transcrit sous la forme « *tallî qablû* » et peut être traduit par « ma transversale du milieu ». Une discussion plus détaillée de ce groupe nominal doit être proposée en contexte.

wašābum (sum. DAḤ) : ajouter

Le verbe akkadien « *wašābum (a/i)* », qui a pour sumérogramme « DAḤ », signifie dans le langage courant « ajouter » ou « augmenter » et désigne dans les textes mathématiques une addition asymétrique (d'un des opérandes à l'autre) ayant un sens concret (le deuxième opérande conservant son identité tandis que le premier y est absorbé).⁷⁴ On en rencontre dans les éditions de textes des traductions plus ou moins techniques : « to add » chez O. Neugebauer et C. Gonçalves, « ajouter » chez F. Thureau-Dangin et C. Proust, « to append » chez J. Høyrup, « to join » chez J. Friberg. J'ai retenu la traduction « ajouter », qui est simple et claire tout en restant suffisamment générale pour couvrir les différentes situations où le terme est employé, et qui permet par ailleurs de conserver en français une construction grammaticale similaire à celle des textes originaux.

- *X a-na Y tu-uš-ša-ab-ma* : YBC 4675 (23-24, 33)

Le verbe « *wašābum* » est ici conjugué à la deuxième personne du masculin singulier de l'inaccompli du système I. Il est de plus précédé de ses deux opérandes, dont l'un est placé comme

73. Pour des références de textes employant « *tallum* » ou « DAL » dans chacun des sens mentionnés, on pourra se reporter à une note de l'entrée « DAL » du glossaire des sumérogrammes.

74. Voir [HØYRUP2002] page 19.

complément d'objet direct tandis que l'autre est placé comme complément d'objet indirect introduit par la préposition akkadienne « *ana* » (« à », « vers »), et suivi de la particule enclitique « *-ma* » qui permet d'introduire le résultat de l'addition. L'ensemble a pour transcription normalisée « *X ana Y tuṣṣab-ma* » et peut être traduit par « tu ajoutes X à Y ».

***watārum* (sum. DIRIG) : être en excédent**

Le verbe akkadien « *watārum* (*i*) » ou « *atārum* (*i*) », qui a pour logogramme « DIRIG », signifie « dépasser » ou « être en excédent ». Il est utilisé dans les textes mathématiques pour exprimer une forme de soustraction consistant à déterminer de combien un nombre ou une grandeur est plus grand(e) qu'un(e) autre qu'il (elle) ne contient pas nécessairement.⁷⁵ Il est traduit « to be/go beyond » par J. Høyrup, J. Friberg et C. Gonçalves, « to exceed / excéder » par O. Neugebauer et C. Proust et « devenir plus (que) » par F. Thureau-Dangin. Je choisis pour ma part la traduction « être en excédent (de) », qui permet de rendre de manière assez fidèle les différentes constructions grammaticales des occurrences rencontrées.

- *ša X e-li Y i-te-ru* : YBC 4675 (10)

Le verbe « *watārum* » apparaît ici à l'intérieur d'une proposition subordonnée relative introduite par le pronom relatif akkadien « *ša* ». Il est conjugué à la troisième personne du masculin singulier de l'accompli du système I, suivi du suffixe relativisant « *-u* », et précédé de deux compléments : un complément d'objet indirect introduit par la préposition akkadienne « *eli* » (littéralement « sur ») qui indique par rapport à quoi le nombre ou la quantité figurant comme antécédent de la proposition subordonnée relative « est en excédent », et un complément d'objet direct qui indique de combien il ou elle l'est. L'ensemble, qui a pour transcription normalisée « *ša X eli Y īteru* », devrait a priori être traduit au passé simple ou au passé composé, ce qui donnerait la très étrange formulation « qui est devenu en excédent de X par rapport à Y ». Toutefois, F. Thureau-Dangin remarque que, malgré l'emploi de l'accompli, « *on envisage moins l'action momentanée (...) que l'état qui en résulte* », et qu'il est ainsi possible d'opter pour une traduction plus naturelle au présent, « qui est en excédent de X par rapport à Y ».⁷⁶ D'un point de vue mathématique, cette expression signifie que la différence entre le nombre ou la quantité placé(e) comme antécédent de la proposition subordonnée relative, d'une part, et le nombre ou la quantité Y, d'autre part, est X.

***watrum* (sum. DIRIG) : excédent**

Le substantif akkadien « *watrum* » ou « *atrum* » est formé sur la même racine que le verbe « *watārum* » (voir l'entrée ci-dessus). Il désigne de manière générale « ce qui est en excédent » par rapport à quelque chose et est le plus souvent traduit dans les textes de la pratique par les termes « excès », « surplus » ou « quantité additionnelle ». Dans un texte mathématique, unique à ma connaissance, il fait plus précisément référence au nombre résultant d'une opération soustractive exprimée par « *watārum* », et je préfère alors en choisir la traduction « excédent », qui véhicule le même sens que les autres termes mentionnés tout en ayant l'avantage de rappeler plus clairement le verbe associé.

- *wa-at-ri-im* : YBC 4675 (11)

Cette forme, « *watrim* », correspond simplement au génitif singulier du nom « *watrum* ».

75. Voir [HØYRUP2002] page 21.

76. Voir [THUREAU-DANGIN1938a] page 228.

zâzum (sum. BAR, 𒀭) : partager

Le verbe akkadien « zâzum (*ū*) », pour lequel on peut rencontrer les sumérogrammes « BAR » et « 𒀭 », signifie dans le langage courant « diviser » ou « partager » et est utilisé dans les textes mathématiques pour décrire le fractionnement d'un objet en un certain nombre de parts. Afin d'éviter d'éventuelles confusions avec l'opération arithmétique de division, à laquelle il ne correspond pas, il me semble préférable d'en utiliser la traduction la plus concrète, celle de « partager », d'ailleurs retenue par F. Thureau-Dangin.⁷⁷

- X a-na ši-na <a>-zu-ú-uz : YBC 4675 (3)

Dans cette phrase, le verbe « zâzum » est conjugué à la deuxième personne du masculin singulier de l'impératif du système I, ou, si l'on considère que le scribe a oublié un signe « A » au début comme le postulent la plupart des historiens des mathématiques ayant travaillé sur la tablette en question, à la première personne du singulier de l'accompli du système I. Il est de plus précédé d'un complément d'objet direct qui indique quel objet a été ou doit être partagé et d'un complément d'objet indirect introduit par la préposition « ana » (« à », « vers ») qui indique au moyen du nom akkadien d'un nombre (« ši-na », voir l'entrée correspondante du présent glossaire) en combien de parties il l'a été ou doit l'être. L'ensemble a pour transcription normalisée « X ana ši-na zūz » ou « X ana ši-na azūz », et peut être traduit par « partage X en deux » ou « j'ai partagé X en deux ».

D.2. Sumérogrammes apparaissant dans les textes étudiés

Ce deuxième glossaire présente, selon l'organisation décrite dans l'introduction ci-dessus, les différents sumérogrammes apparaissant dans les textes que j'ai étudiés. Seules les occurrences propres des sumérogrammes en question y sont répertoriées ; les éventuelles occurrences des termes akkadiens associés sont à chercher dans les entrées correspondantes du premier glossaire. Par ailleurs, dans le souci de préserver un certain confort de lecture, la présentation de chaque terme a été pensée pour être suffisamment informative en elle-même, ce qui conduit à quelques brèves redondances entre les deux glossaires.

A.ŠÀ (akk. eqlum) : surface

Le sens premier de l'idéogramme composé très courant « A.ŠÀ », qui est utilisé comme équivalent du substantif akkadien « eqlum », est « champ » ou « terrain ». Dans les textes mathématiques, celui-ci est employé à de rares occasions pour désigner un terrain concret et dans la très grande majorité des cas pour désigner de manière technique soit une surface plus abstraite soit l'aire d'une surface, sans qu'il ne soit toujours possible de déterminer dans laquelle de ces deux dernières situations on se trouve. Les différentes traductions qui en ont été retenue par les historiens des mathématiques cunéiformes sont « champ » (J. Friberg), « surface » (F. Thureau-Dangin, J. Høyrup, C. Proust) et « aire » (O. Neugebauer, C. Gonçalves, M. Ossendrijver). J'ai pour ma part choisi la deuxième option, puisque le terme « surface » désigne en français aussi bien une « figure géométrique à deux dimensions » qu'une « aire, superficie » et me semble

⁷⁷. On trouvera dans les glossaires de [NEUGEBAUER1935b] (page 16), [NEUGEBAUER&SACHS1945] (page 175) et [THUREAU-DANGIN1938a] (page 229) des références de textes mathématiques dans lesquels ce verbe apparaît.

donc être celui des trois qui est le plus à même de refléter les variations de significations prises par l'idéogramme dans les textes du corpus.⁷⁸

- A.ŠÀ : BNUS 367 (24) ; YBC 4675 (1) ; YBC 8633 (1, 10, 13, 16)

- A.ŠÀ-*lam* : YBC 4675 (3)

Le sumérogramme « A.ŠÀ » est ici suivi du complément phonétique « -*lam* », qui indique que la séquence de signes doit être lue « *eqlam* » et comprise comme l'accusatif singulier de « *eqlum* ». L'ensemble peut ainsi être traduit par « la surface » (en tant que complément d'objet direct).

- A.ŠÀ-*im* : YBC 4675 (20, 30)

Le sumérogramme « A.ŠÀ » est ici suivi du complément phonétique « -*im* », qui indique cette fois que la séquence de signes doit être lue « *eqlim* » et comprise comme le génitif singulier de « *eqlum* ». L'ensemble peut alors être traduit par « la surface » (après une préposition ou en tant que complément du nom).

- A.ŠÀ.BI : YBC 4675 (2)

Dans cette chaîne nominale, le substantif « A.ŠÀ » est suivi du suffixe sumérien « -BI », qui peut indiquer, selon les situations, soit une forme possessive à la troisième personne de l'inanimé soit une forme démonstrative.⁷⁹ Le groupe nominal complet admet ainsi pour transcription normalisée « *eqelšu* » ou « *eqlum šū* » et peut être traduit soit par « sa surface » (le possessif renvoyant à une chose) soit par « cette surface ». Une discussion argumentée de la manière dont il semble devoir être compris à l'endroit où je l'ai rencontré doit être proposée en contexte.

- A.ŠÀ.AN : BNUS 367 (1*)

Dans cette nouvelle chaîne nominale, le nom « A.ŠÀ » est suivi de l'idéogramme « AN », forme courte de « AN.NA » ou « AN.TA » (voir les entrées correspondantes du présent glossaire). L'ensemble admet pour transcription normalisée « *eqlum elûm* » et peut être traduit par « la surface supérieure ». Cette expression fait référence à l'orientation standard des configurations géométriques discutée dans la section III.1.4..

- A.ŠÀ *ki-nu-um* : YBC 8633 (17)

Dans ce groupe nominal, le sumérogramme « A.ŠÀ » est suivi de l'adjectif akkadien « *kīnum* » au nominatif singulier (voir l'entrée correspondante du glossaire des termes akkadiens). L'ensemble peut être normalisé sous la forme « *eqlum kīnum* » et traduit par « la surface vraie ». Une discussion du sens mathématique de cette expression est proposée en contexte dans le chapitre V.

- A.ŠÀ 2 : BNUS 367 (2)

Enfin, dans cette expression, le nom « A.ŠÀ » est suivi du nombre « 2 ». Bien que l'on eût plutôt attendu une forme telle que « A.ŠÀ 2.KAM » (avec la marque standard des nombres ordinaux) ou « A.ŠÀ KI.2 » (voir l'entrée « KI.*n* » du présent glossaire), il est assez clair d'après le contexte qu'elle doit être comprise comme « la deuxième surface » dans le texte où elle apparaît. Afin de rester au plus proche de la formulation originale et de rendre l'écriture "en chiffres" par une écriture "en chiffres", je la traduis par « la surface 2 ».

AK (akk. *epēšum*) : procéder

L'idéogramme « AK » correspond au verbe akkadien « *epēšum* (*e/u*) », dont le sens principal est « faire » mais qui admet de nombreux sens secondaires selon les contextes. Dans le vocabulaire mathématique, cet idéogramme est l'élément central de la formule marquant le début des

78. Les deux extraits de définitions donnés ici sont tirés de [ROBERT] (à la date du 28 juin 2022).

79. Voir notamment [THOMSEN1984] page 80 au sujet de l'emploi du suffixe « -BI » comme démonstratif.

procédures (voir l'analyse des occurrences ci-dessous) et son équivalent « *epēšum* » a donné le substantif « *nēpešum* » désignant les procédures elles-mêmes. Je choisis en conséquence de le traduire par « procéder ».

- ZA.E KÌ.DA.ZU.NE : BNUS 367 (6) ; MS 3052 #1 (4) ; MS 3052 #2 (4) ; MS 3052 #3 (4) ; MS 3052 #4 (6) ; MS 3052 #5 (5)

Cette formule est connue pour être l'équivalent sumérien de l'expression akkadienne « *attā ina epēšika* », que l'on peut traduire littéralement par « toi, dans ton action de procéder » et qui marque, dans de nombreux problèmes mathématiques, la fin de l'énoncé et le début de la procédure de résolution.⁸⁰ Elle est formée d'une part du pronom personnel sumérien de deuxième personne du singulier « ZA.E » et d'autre part d'une chaîne verbale sumérienne dont la translittération et l'analyse grammaticale font l'objet de débats. La translittération « KÌ.DA.ZU.NE » retenue ici est celle qui est ressortie comme la plus convaincante suite à des échanges avec B. Cuperly et des discussions collectives dans le cadre du Groupe de lecture de textes mathématiques cunéiformes de l'Université de Paris.⁸¹ Basée sur le fait – désormais relativement bien établi – que la succession de « AK » et « ED » était prononcée « ked » ou « kid », cette translittération conduit à analyser la chaîne considérée comme la base verbale « AK » suivie du suffixe d'obligation-futur « ED », du suffixe nominalisant « A », du suffixe possessif de deuxième personne du singulier « ZU » et enfin de la marque de cas fossilisée « NE », et donc à la comprendre comme une 'conjugaison pronominale' signifiant littéralement « lorsque tu procèdes ».⁸² Je traduis l'ensemble de la formule de manière un peu plus fluide par « toi, en procédant ».

AN (akk. *elûm*) : supérieur

Dans certains textes mathématiques, l'idéogramme « AN », qui désigne normalement le « ciel » lorsqu'il apparaît seul, est employé comme une sorte de forme raccourcie des sumérogrammes composés « AN.NA » et « AN.TA », qui correspondent à l'adjectif akkadien « *elûm* » et signifient « supérieur » (voir les deux entrées correspondantes ci-dessous).

- A.ŠÀ.AN : BNUS 367 (1*)

Cette chaîne nominale sumérienne, dans laquelle l'idéogramme « AN » est accolé au substantif « A.ŠÀ » (voir l'entrée correspondante du présent glossaire), correspond au groupe nominal akkadien « *eqlum elûm* » et peut être traduite par « la surface supérieure ». Elle fait référence à l'orientation standard des configurations géométriques discutée dans la partie III.1.4..

AN.NA (akk. *elûm*) : supérieur

Le sumérogramme composé « AN.NA » est formé de l'idéogramme « AN », qui désigne entre autres le « ciel », et d'un résidu de la marque de génitif « AK » (dont le « k » final est tombé

80. Voir par exemple [GONÇALVES2015] page 31.

81. Ces discussions ont eu lieu lors des séances du 18 octobre 2018 et du 14 février 2019, auxquelles étaient présents C. Proust, C. Gonçalves, M. Chopra, L. Quillien et G. Toucas. Je les remercie tous les cinq, ainsi que B. Cuperly, pour le temps passé à débattre des différentes analyses possibles de cette formule.

82. Voir [JAGERSMA2010] pages 672-676 pour une description grammaticale précise de la conjugaison pronominale sumérienne et des modifications phonologiques de la base verbale « AK ». Dresser un panorama des autres translittérations et analyses adoptées pour cette formule et expliquer pourquoi la forme « KÌ.DA.ZU.NE » leur a été préférée demanderait d'entrer dans des détails de grammaire sumérienne qui deviendraient rapidement très techniques sans être particulièrement utiles à mon travail sur les diagrammes. Le lecteur intéressé pourra consulter notamment les glossaires des recueils d'éditions de textes mentionnés en introduction, [GONÇALVES2015] pages 31-32 et [ATTINGER2005] page 62 pour en savoir plus.

puisque'il n'est suivi d'aucune autre syllabe). Il signifie littéralement « du ciel » et est utilisé comme équivalent de l'adjectif akkadien « *elûm* » dont la traduction usuelle est « supérieur ». Il a ainsi le même sens que « AN.TA » et s'oppose à « KI.TA » (voir les entrées correspondantes). On le rencontre parfois également sous la forme courte « AN » (voir l'entrée dédiée ci-dessus).

- SAG.AN.NA : BNUS 367 (3, 10, 27) ; MS 3052 #2 (11) ; YBC 4675 (10, 12, 18*)

Cette chaîne nominale sumérienne, dans laquelle « AN.NA » est accolé au substantif « SAG » (voir l'entrée correspondante du présent glossaire), correspond au groupe nominal akkadien « *pūtum elûm* » ou, selon les cas, à l'une de ses déclinaisons « *pūtam eliam* » (à l'accusatif) ou « *pūtum elîm* » (au génitif). Elle peut être traduite par « le front supérieur » et fait référence à l'orientation standard des configurations géométriques discutée dans la partie III.1.4..

- UŠ.AN.NA : BNUS 367 (3, 21)

Cette deuxième chaîne nominale sumérienne, dans laquelle « AN.NA » est cette fois accolé au substantif « UŠ » (voir l'entrée correspondante du présent glossaire), correspond au groupe nominal akkadien « *šiddum elûm* » ou probablement, dans l'un des cas, à sa déclinaison « *šiddim elîm* » (au génitif). Elle peut être traduite par « le flanc supérieur » et fait à nouveau référence à l'orientation standard des configurations géométriques discutée dans la partie III.1.4..

AN.TA (akk. *elûm*) : supérieur

Le sumérogramme composé « AN.TA » est formé de l'idéogramme « AN », qui désigne entre autres le « ciel », et de la marque d'ablatif-instrumental « TA ». Il signifie littéralement « depuis le ciel » et est utilisé comme équivalent de l'adjectif akkadien « *elûm* » dont la traduction usuelle est « supérieur ». Il a ainsi le même sens que « AN.NA » et la forme courte « AN », et s'oppose à « KI.TA » et la forme courte « KI » (voir les entrées correspondantes ci-dessus et ci-dessous).

- SAG.AN.TA : YBC 4675 (2)

Cette chaîne nominale sumérienne, dans laquelle « AN.TA » est accolé au substantif « SAG » (voir l'entrée correspondante du présent glossaire), correspond au groupe nominal akkadien « *pūtum elûm* ». Elle peut être traduite par « le front supérieur » et fait référence à l'orientation standard des configurations géométriques discutée dans la partie III.1.4..

DAGAL (akk. *rupšum*, *rapāšum*) : largeur, être large

L'idéogramme « DAGAL » peut correspondre, selon les cas, soit au verbe akkadien « *rapāšum* (*i*) » qui signifie « être large » soit au substantif dérivé « *rupšum* » qui signifie « largeur ». Il désigne presque toujours la largeur d'un objet concret tridimensionnel (digue, mur, canal, etc) et se distingue ainsi du sumérogramme « SAG », qui est également traduit « largeur » par certains auteurs mais est généralement employé dans des contextes différents (voir l'entrée correspondante du présent glossaire).⁸³

- DAGAL : MS 3052 #3 (3) ; MS 3052 #4 (2, 17) ; MS 3052 #5 (15*)

Il me semble, d'après la construction des phrases concernées, que le sumérogramme « DAGAL » doit être compris comme un verbe dans la première de ces occurrences (« *irappiš* » ou « *irpiš* »,

83. Parmi les nombreuses occurrences de « DAGAL », apparaissant sur une douzaine de tablettes différentes, répertoriées dans les index mentionnés dans l'introduction de l'annexe, j'ai relevé seulement un cas dans lequel ce sumérogramme ne fait pas référence à la largeur d'un objet tridimensionnel. Il s'agit de la tablette YBC 4608, dans laquelle il est question du partage d'un champ triangulaire (voir [NEUGEBAUER&SACHS1945] pages 49-53).

pour « il est large »⁸⁴) et comme un nom dans toutes les autres. On pourra se reporter aux notes philologiques du chapitre VI, pour plus de détails.

- DAGAL ŠID[?] : MS 3052 #1 (9) , MS 3052 #4 (12*)

Cet ensemble de deux signes forme probablement un groupe nominal dans lequel le substantif « DAGAL » est qualifié au moyen d'un signe supplémentaire, qui semble être le signe « ŠID » mais auquel je ne suis pas parvenue à trouver de sens satisfaisant dans ce contexte. On pourra se reporter aux notes philologiques de la section VI.2.2.1, pour une discussion complète et contextualisée des différentes lectures envisageables.

- *i-na* SUḪUŠ DAGAL : MS 3052 #1 (1) ; MS 3052 #4 (6, 11)

Dans ce groupe nominal, le sumérogramme « DAGAL » est précédé de l'expression « *ina* SUḪUŠ » (voir l'entrée correspondante du présent glossaire). Ainsi que cela est expliqué plus en détail dans le chapitre VI, l'ensemble désigne la largeur la plus basse d'un objet tridimensionnel de largeur non uniforme. Je le traduis par « largeur à la base ».

DAḪ (akk. *waṣābum*) : ajouter

Le logogramme « DAḪ », parfois lu « TAḪ », correspond au verbe akkadien « *waṣābum* (*a/i*) » qui signifie dans le langage courant « ajouter » ou « augmenter ». Il désigne dans les textes mathématiques une addition asymétrique (d'un des opérands à l'autre) et ayant un sens concret (le deuxième opérande conservant son identité tandis que le premier y est absorbé).⁸⁵ On en rencontre dans les éditions de textes des traductions plus ou moins techniques : « to add » chez O. Neugebauer et C. Gonçalves, « ajouter » chez F. Thureau-Dangin et C. Proust, « to append » chez J. Høyrup, « to join » chez J. Friberg. J'ai pour ma part retenu la traduction « ajouter », qui est simple et claire tout en restant suffisamment générale pour couvrir les différentes situations où le terme est employé et qui permet de conserver en français une construction grammaticale similaire à celle des textes originaux.

- *X a-na* Y DAḪ : BNUS 367 (27) ; MS 3052 #2 (10)

Il s'agit de la construction standard du verbe « DAḪ », dans laquelle le premier opérande est placé en complément d'objet direct et le deuxième est introduit par la préposition akkadienne « *ana* » (« à », « vers »). Lorsque cette phrase apparaît à l'intérieur d'une procédure, et bien que cela ne soit pas explicitement indiqué par l'adjonction d'une voyelle comme on l'attendrait en sumérien, la situation d'énonciation nous incite à penser qu'elle doit être comprise à l'impératif : « *X ana Y ṣīb* », c'est-à-dire « ajoute X à Y ».

- *X a-na* Y DAḪ-*ma* : BNUS 367 (26) ; MS 3052 #1 (6)

Il s'agit de la même construction que ci-dessus, avec, accolée au verbe, la particule enclitique akkadienne « *-ma* » qui annonce le résultat de l'opération.

- DAḪ en contexte cassé : MS 3052 #5 (12)

Le texte entourant cette occurrence du verbe « DAḪ » est trop endommagé pour que la construction employée puisse être déterminée de manière assurée. Il est toutefois probable qu'il s'agisse de la construction standard « *X a-na* Y DAḪ ».

84. Voir [THUREAU-DANGIN1938a] pages 228-229 au sujet de l'emploi de l'accompli dans les situations de ce type.

85. Voir [HØYRUP2002] page 19.

DAL (akk. *tallum*) : transversale

Le sumérogramme « DAL » (parfois transcrit simplement par le nom de signe « RI » dans les éditions de textes les plus anciennes) est l'équivalent du terme akkadien « *tallum* » qui désigne dans le langage courant une « traverse ». ⁸⁶ Il fait référence dans les textes mathématiques à certaines lignes intérieures de formes géométriques, qui peuvent être, principalement, une ligne parallèle à la base d'un triangle, aux bases d'un trapèze ou aux côtés d'un carré, ou bien le diamètre d'un cercle, d'un demi-cercle ou d'un cylindre. ⁸⁷ Ce terme est traduit, selon les auteurs, par « crossbeam » (J. Høyrup), « Trennungslinie / dividing line » (O. Neugebauer) ou « transversal / transversale » (F. Thureau-Dangin, J. Friberg), ou encore par « diamètre » dans les cas concernés. Je retiens pour ma part la traduction « transversale ».

- DAL : BNUS 367 (3, 4, 5, 10, 11, 28) ; MS 3052 #2 (11) ; MS 3052 #5 (11)
- DAL.MURUB₄ : YBC 4675 (dgm*)

Dans ce groupe nominal, le substantif « DAL » est suivi de l'adjectif « MURUB₄ » (voir l'entrée correspondante du présent glossaire). L'ensemble admet pour transcription normalisée « *tallum qablûm* » et peut être traduit par « la transversale du milieu ». La signification de cette expression doit être discutée en contexte.

DIRIG (akk. *watārum*) : être en excédent

Le logogramme « DIRIG », parfois transcrit « DIRI », est l'équivalent du verbe akkadien « *watārum (i)* » qui signifie « dépasser » ou « être en excédent ». Il est utilisé dans les textes mathématiques pour exprimer une forme de soustraction consistant à déterminer de combien un nombre ou une grandeur est plus grand(e) qu'un(e) autre qu'il (elle) ne contient pas nécessairement. ⁸⁸ Il est traduit « to be/go beyond » par J. Høyrup, J. Friberg et C. Gonçalves, « to exceed / excéder » par O. Neugebauer et C. Proust et « devenir plus (que) » par F. Thureau-Dangin. Je choisis pour ma part la traduction « être en excédent (de) », qui permet de rendre de manière assez fidèle les différentes constructions grammaticales présentées dans les occurrences ci-dessous.

- X UGU Y EN.NAM DIRIG : BNUS 367 (15) ; MS 3052 #1 (10) ; MS 3052 #3 (7) ; MS 3052 #4 (12, 14, 16)

Cette phrase interrogative est la formulation standard par laquelle sont introduites dans les procédures les soustractions exprimées au moyen du verbe « DIRIG ». Le nombre 'excédant' l'autre

86. Certains auteurs ont suggéré que le sumérogramme « DAL » ait été associé au substantif akkadien « *pirkum* » ou « *perkum* » (de manière exclusive dans [THUREAU-DANGIN1938a] et en plus de « *tallum* » dans [NEUGEBAUER1935b]). Toutefois, cette association est seulement basée sur l'emploi de « *pirkum* » avec le même sens que « DAL » dans une unique tablette (voir la note à ce sujet dans [THUREAU-DANGIN1938a] page 234), n'est pas reprise par les dictionnaires, et est mise à mal par l'existence de textes dans lesquels « DAL » et « *pirkum* » sont au contraire clairement opposés (voir [ROBSON1999] pages 38 et 52, et l'entrée 'pirku B' dans [CAD-P]). Elle est donc peu convaincante, comme le conclut J. Høyrup dans une note de bas de page de [HØYRUP2002] page 239.

87. Toutes les occurrences relevées dans les textes que j'ai étudiés désignent (ou semblent désigner) une ligne parallèle aux bases d'un trapèze. Pour des exemples de textes employant « DAL » dans les autres sens, on pourra consulter l'entrée 'RI' du glossaire de [NEUGEBAUER1935b], les entrées 'DAL' et '*tallu*' du glossaire de [NEUGEBAUER&SACHS1945], l'entrée '*pirku*' du glossaire de [THUREAU-DANGIN1938a] (sous laquelle sont en fait répertoriées des occurrences de « DAL ») et l'extrait cité dans [ROBSON1999] page 38. Le mot « *tallum* » est par ailleurs répertorié dans le glossaire de [GONÇALVES2015] comme désignant un récipient, mais il s'agit là clairement d'un autre sens du même terme, qui fait l'objet d'une entrée séparée dans les dictionnaires et que je ne prends pas en compte dans la présente discussion.

88. Voir [HØYRUP2002] page 21.

(celui dont on soustrait) est le sujet du verbe, le nombre ‘excédé’ (celui que l’on soustrait) est donné sous la forme d’un complément introduit par la préposition sumérienne « UGU » (« sur »), et la valeur de l’excédent (le résultat de la soustraction, en l’occurrence le pronom interrogatif « EN.NAM », voir l’entrée correspondante du présent glossaire) est placée en complément d’objet direct. Cette formulation correspond à l’une des phrases akkadiennes « X *eli* Y *mīnam* *īter* » (à l’accompli) ou « X *eli* Y *mīnam* *watar* » (au permansif) et peut être traduite par la question « De quoi X est-il en excédent par rapport à Y? ». ⁸⁹

- UGU Y EN.NAM DIRIG : MS 3052 #4 (8)

Il s’agit de la même formulation que ci-dessus, à la différence près que le nombre ‘excédant’ l’autre, qui se trouve être le résultat de l’opération précédente dans la procédure, n’est pas précisé. On peut la traduire par la question « De quoi est-(il) est excédent par rapport à Y? ».

- Z DIRIG : BNUS 367 (16) ; MS 3052 #1 (10) ; MS 3052 #3 (7) ; MS 3052 #4 (9, 12, 14, 16) ; MS 3052 #5 (14)

Cette phrase constitue la réponse à la question posée par celle présentée dans le premier point (ou sa variante présentée dans le deuxième point). Ni le sujet (le nombre ‘excédant’ l’autre) ni le complément d’objet indirect (le nombre ‘excédé’) n’y sont répétés, et seule y est donc indiquée, outre le verbe « DIRIG » lui-même, la valeur de l’excédent. Cette formulation correspond à l’une des phrases akkadiennes « Z *īter* » (à l’accompli) ou « Z *watar* » (au permansif) et peut être traduite par « (il) est en excédent de Z ». ⁹⁰

- *ša* DIRIG : MS 3052 #1 (11) ; MS 3052 #4 (15, 16)

Cette proposition subordonnée relative introduite par le pronom relatif akkadien « *ša* » sert à qualifier, dans des circonstances où cela est utile pour les repérer, les nombres ou grandeurs obtenu(e)s par une soustraction exprimée au moyen du verbe « DIRIG ». Elle correspond à l’une des propositions relatives akkadiennes « *ša* *īteru* » (à l’accompli) ou « *ša* *wataru* » (au permansif) et peut être traduite par « qui est en excédent ». ⁹¹

- *ša* X UGU Y DIRIG : BNUS 367 (3, 4, 10, 11)

Cette autre proposition subordonnée relative introduite par le pronom relatif akkadien « *ša* » permet quant à elle de désigner le résultat d’une soustraction exprimée au moyen du verbe « DIRIG ». On y retrouve la construction complète déjà décrite plus haut : elle a pour sujet le nombre ‘excédant’ l’autre (c’est-à-dire celui dont on soustrait) et pour complément le nombre par rapport auquel on mesure l’excédent (c’est-à-dire celui que l’on soustrait) introduit par la préposition sumérienne « UGU ». Elle correspond à l’une des propositions relatives akkadiennes « *ša* X *eli* Y *īteru* » (à l’accompli) ou « *ša* X *eli* Y *wataru* » (au permansif) et peut être traduite par « dont X est en excédent par rapport à Y », ou plutôt, dans les phrases où je l’ai rencontrée et où l’antécédent n’est pas exprimé, par « ce dont X est en excédent par rapport à Y ». ⁹²

- DIRIG en contexte cassé : MS 3052 #5 (13)

Le texte entourant cette occurrence du verbe « DIRIG » est trop endommagé pour que l’on puisse déterminer entièrement la construction avec laquelle il est employé. Il semble toutefois s’agir de l’une des deux premières formes présentées ci-dessus.

89. Pour l’emploi de l’accompli dans cette phrase, qui peut paraître surprenant, voir la remarque de F. Thureau-Dangin dans [THUREAU-DANGIN1938a] pages 228-229. Pour la forme « *watar* » au permansif, voir [CDA].

90. Mêmes remarques que ci-dessus au sujet de l’aspect du verbe.

91. Mêmes remarques que ci-dessus au sujet de l’aspect du verbe.

92. Mêmes remarques que ci-dessus au sujet de l’aspect du verbe.

DU₇.DU₇ (akk. *nitkupum* ?) : faire se rencontrer

La séquence de signes « UL.UL » apparaît dans les textes mathématiques comme un idéogramme peu courant permettant de désigner l'opération mathématique qui consiste à former (la surface d'un) carré à partir (de la longueur) d'un côté et constitue ainsi une sorte de variante du couple plus standard « *šutākulum*/GU₇.GU₇ » (voir l'entrée correspondante du glossaire des termes akkadiens).⁹³ J. Høyrup propose d'en adopter la lecture « DU₇.DU₇ », d'y voir l'équivalent du verbe akkadien « *nitkupum* » qui signifie littéralement « se donner des coups de corne » ou « s'affronter » (sous-système 2 du verbe « *nakāpum* (*i*) ») et de le traduire par le causatif « to make encounter » qui a l'avantage de faire du côté sur lequel on opère le complément d'objet direct du verbe et ainsi de donner lieu à une construction grammaticale similaire à celle des autres opérations.⁹⁴ Bien qu'aucun texte mathématique ne contienne d'écriture syllabique venant étayer cette position, et en l'absence d'éléments supplémentaires susceptibles de nous renseigner davantage, je suis ces suggestions. J'adopte donc la translittération « DU₇.DU₇ » et la traduction française « faire se rencontrer ».

- X DU₇.DU₇-*ma* : MS 3052 #1 (8) ; MS 3052 #2 (5, 7, 8) ; MS 3052 #3 (7, 8, 10) ; MS 3052 #4 (9)

Il s'agit de la construction standard de « DU₇.DU₇ », dans laquelle la valeur du côté sur lequel on opère est donnée juste avant le verbe. Lorsque cette formule apparaît à l'intérieur d'une procédure, elle doit probablement être comprise à l'impératif : « fais se rencontrer X ». Elle est ici suivie de la particule « -*ma* » qui sert à introduire la surface du carré obtenu.

DU₈ (akk. *paṭārum*) : dénouer

Le sumérogramme « DU₈ » (parfois lu « DU₈ » ou « TU₈ ») est entre autres l'équivalent du verbe akkadien « *paṭārum* (*a/u*) », qui signifie littéralement « relâcher » et est employé dans les textes mathématiques pour désigner le calcul de l'inverse d'un nombre.⁹⁵ Il est traduit « to take » par O. Neugebauer, « to detach » par J. Høyrup, « to release » ou « to resolve » par J. Friberg et « dénouer » par F. Thureau-Dangin et C. Proust. Je retiens cette dernière traduction.

- IGI X DU₈ : BNUS 367 (12, 13, 17, 20, 25) ; MS 3052 #1 (7) ; MS 3052 #3 (4, 10) ; MS 3052 #4 (14)

Il s'agit de la construction standard du verbe « DU₈ », dans laquelle il est précédé du complément « IGI X » (voir l'entrée correspondante du présent glossaire). Lorsque cette phrase apparaît à l'intérieur d'une procédure, et bien que cela ne soit pas explicitement indiqué par l'adjonction d'une voyelle comme on l'attendrait en sumérien, la situation d'énonciation nous incite à penser qu'elle doit être comprise à l'impératif : « *igi X puṭur* », c'est-à-dire « dénoue l'inverse de X ».

- IGI X DU₈-*ma* : BNUS 367 (7) ; MS 3052 #1 (10) ; MS 3052 #2 (4, 9) ; MS 3052 #3 (5) ; MS 3052 #4 (7, 8, 13)

93. Voir [HØYRUP2002] page 24 au sujet de cette opération. Pour être exacte, J. Høyrup indique que l'idéogramme « DU₇.DU₇ » désigne l'opération consistant à former (la surface d'un) rectangle à partir (des longueurs) de deux côtés. Cependant, toutes les occurrences que j'ai repérées dans les textes qu'il a pris en compte ainsi que ceux publiés par J. Friberg par la suite agissent sur un seul opérande et font référence à la formation d'un carré dont le côté est cet unique opérande. C'est pourquoi je parle ici de carré et non de rectangle de manière générale.

94. Voir à nouveau [HØYRUP2002] page 24 pour ces considérations techniques.

95. Voir [HØYRUP2002] page 28, et notamment la note 47 où l'on trouvera une discussion sur les différentes manières de comprendre l'utilisation de ce verbe dans ce contexte.

Il s'agit de la même phrase que ci-dessus, mais le verbe y est cette fois suivi de la particule enclitique « *-ma* » qui permet d'introduire le résultat du calcul d'inverse.

• <IGI> X NU.DU₈ : BNUS 367 (18)

La chaîne verbale sumérienne « NU.DU₈ » peut être analysée comme le préfixe de négation « NU » suivi du préfixe de conjugaison neutre « I₃ » puis de la base verbale « DU₈ » et enfin de la marque d'un sujet à la troisième personne du singulier dans la conjugaison à un seul participant « Ø ». ⁹⁶ L'ensemble peut entre autres correspondre à la forme verbale akkadienne « *ul ippaṭṭar* », attestée en écriture phonétique sur au moins une tablette mathématique, dans laquelle on reconnaît l'inaccompli du système IV de « *paṭārum* » à la troisième personne du singulier et que l'on peut traduire par « il n'est pas dénoué ». ⁹⁷ Le sujet de cette forme verbale semble a priori être le nombre X cité juste avant, ce qui donnerait la lecture « X n'est pas dénoué ». Néanmoins, ce qui est dénoué dans les constructions standards du verbe « DU₈ » est toujours l'inverse d'un nombre (« IGI X ») et non un nombre lui-même, et toutes les autres occurrences de « NU.DU₈ » ou de l'écriture phonétique correspondante répertoriées dans les glossaires des éditions de textes mathématiques cunéiformes s'accordent avec cette construction. ⁹⁸ Cette observation a conduit la plupart des commentateurs précédents, que je suis sur ce point, à supposer que le scribe a oublié un signe « IGI » devant le nombre et qu'il faut donc plutôt comprendre « <IGI> X NU.DU₈ », c'est-à-dire « <l'inverse de> X n'est pas dénoué ». ⁹⁹ Par ailleurs, F. Thureau-Dangin et E. Robson, probablement animés par l'intention de rendre le sens de la phrase plus explicite, ont cru bon d'en aménager légèrement la traduction en « <l'inverse de> X ne peut pas être dénoué ». Cette petite modification introduit cependant une interprétation supplémentaire qui me semble problématique : le nombre dont il est question dans la tablette BNUS 367 où se trouve l'occurrence citée, qui est le nombre 2.42, a bel et bien un inverse, et les scribes le savaient très probablement puisqu'il s'agit du double du nombre 1.21 qui constitue la dernière entrée des tables d'inverses classiques. ¹⁰⁰ Je pense ainsi qu'il est plus judicieux de conserver comme J. Høyrup la traduction littérale « <l'inverse de> X n'est pas dénoué », qui indiquerait que l'inverse de ce nombre ne fait pas partie de ceux appris par les scribes dans les tables sans que cela ne signifie qu'il n'existe pas. ¹⁰¹

EN.NAM (akk. *mīnum*) : quoi, quel

Le sumérogramme « EN.NAM » correspond au pronom interrogatif akkadien « *mīnum* » ou « *mīnūm* » qui signifie « quoi ? ». Il est très fréquemment employé à la fin des énoncés des problèmes mathématiques afin de poser les questions qui devront être résolues. Dans de nombreuses situations, il pourrait sembler naturel de le rendre en français par « combien ? ». Cependant,

96. On peut également envisager, de manière alternative, que cette forme verbale soit simplement à comprendre comme la base verbale « DU₈ » précédée de la marque de négation « NU » sans que cela ne corresponde à une véritable conjugaison sumérienne, comme on le rencontre par exemple avec des formes telles que « HÉ.GAR » (voir la discussion de cette forme dans l'entrée « GAR » du présent glossaire). Dans la mesure où il n'est pas possible de distinguer ici entre les deux analyses, je considère plutôt celle qui renvoie à une construction sumérienne correcte.

97. La tablette dans laquelle on trouve, à plusieurs reprises, des écritures phonétiques de cette forme, est la tablette BM 13901 (voir [NEUGEBAUER1937] pages 1-14 ou [THUREAU-DANGIN1938a] pages 1-10).

98. C'est le cas des tablettes BM 13901, BM 85210, VAT 7532 et VAT 7535, dont les éditions peuvent être consultées dans [NEUGEBAUER1935a] pages 219-233, 294-303 et 303-310 et [NEUGEBAUER1937] pages 1-14 ou bien dans [THUREAU-DANGIN1938a] pages 1-10, 46-63, 93-96 et 96-98.

99. C'est le choix fait par F. Thureau-Dangin, E. Robson et J. Høyrup. Seul O. Neugebauer n'a pas restitué « IGI » devant le nombre et a adopté la traduction étrange « 2.42 teilt nicht », mais on ne peut exclure que son appréciation de la phrase ait été altérée par le fait qu'il n'a pas réussi à comprendre le début de la ligne où elle apparaît.

100. Le texte composite des tables d'inverses paléo-babyloniennes standards apprises dans les écoles de scribes peut être consulté dans [PROUST2008a] page 94 ainsi que dans la rubrique « multiplicative operations » de la calculatrice mésopotamienne [MESOCALC].

101. Plusieurs éléments centraux de la réflexion présentée ici sont dus à C. Proust, avec qui j'ai échangé au sujet de la phrase considérée dans le cadre de la préparation de mon mémoire de master [REYNAUD2016].

cette traduction étant déjà utilisée pour l'interrogatif akkadien « *kī maši* » (voir l'entrée correspondante du glossaire des termes akkadiens), je m'astreins, comme presque tous les historiens des mathématiques cunéiformes, à conserver pour le couple « EN.NAM/*mīnum* » la traduction basique « quoi? » (ou « quel? » lorsque la grammaire française l'exige).

- X EN.NAM / X Y ù Z EN.NAM : BNUS 367 (5) ; MS 3052 #3 (3)

Cette phrase interrogative nominale constitue l'une des manières standard de poser une question à la fin de l'énoncé d'un problème mathématique. Elle peut être traduite par « Quel (est) X? » ou « Quels (sont) X, Y et Z? » et indique que le but du problème est de déterminer les valeurs de la ou des grandeur(s) en question.

- X UGU Y EN.NAM DIRIG : BNUS 367 (15) ; MS 3052 #1 (10) ; MS 3052 #3 (7) ; MS 3052 #4 (12, 14, 16) ; MS 3052 #5 (13*)

Cette phrase interrogative, qui est analysée en détail sous l'entrée « DIRIG » du présent glossaire, correspond à l'une des questions akkadiennes « X *eli* Y *mīnam* *īter* » (à l'accompli) ou « X *eli* Y *mīnam* *watar* » (au permansif) et peut être traduite par « De quoi X est-il en excédent par rapport à Y? ». Il s'agit de la formulation standard par laquelle sont introduites dans les procédures les soustractions exprimées au moyen du verbe « DIRIG ».

- UGU Y EN.NAM DIRIG : MS 3052 #4 (8)

Cette phrase interrogative est la même que la précédente, à la différence près que l'un des opérandes, qui se trouve être le résultat de l'opération précédente dans la procédure, n'est pas précisé. Elle peut être traduite par « De quoi est(-il) en excédent par rapport à Y? ».

- EN.NAM *a-na* X HÉ.GAR ša Y IN.SUM : BNUS 367 (19)

Cette phrase interrogative, qui est analysée en détail sous l'entrée « GAR » du présent glossaire, correspond à la question akkadienne « *mīnam ana X luškun ša Y inaddinu* » et peut être traduite par « Que dois-je poser à X, qui donne Y? ». Elle apparaît dans certaines procédures de résolution de problèmes lorsque l'on doit y effectuer la division d'un nombre par un nombre irrégulier – ou plus généralement par un nombre dont le scribe semble ne pas connaître ou ne pas vouloir utiliser l'inverse – et signifie ainsi, de manière un peu plus explicite, « Quel nombre dois-je poser relativement au nombre X, de manière à ce que le produit des deux nombres donne Y? ».

GAR (akk. *šakānum*) : poser

Le logogramme « GAR » est l'équivalent du verbe akkadien « *šakānum (a/u)* » qui signifie « poser », « placer », « mettre » ou parfois « inscrire ». Il est employé dans de nombreux textes mathématiques, avec différentes nuances qui doivent être discutées au cas par cas mais pour lesquelles la traduction générique et suffisamment vague de « poser » convient globalement.¹⁰²

102. F. Thureau-Dangin décrit les différentes utilisations du verbe « *šakānum*/GAR » de la manière suivante : « *Il est fréquemment prescrit de "poser" ou "poser deux fois", s'il doit servir deux fois, tel nombre résultant d'une opération qui vient d'être faite ou encore, et plus souvent, tel nombre donné. (...) Le nombre à poser peut encore être un nombre auxiliaire que le scribe introduit pour ménager la solution du problème (...). Le plus souvent ce nombre auxiliaire est destiné à représenter provisoirement, comme dans la méthode de fausse position, une grandeur inconnue (...). La division offre souvent l'occasion d'employer le verbe šakānum "poser" : lorsque l'inverse du diviseur n'est pas "dénouable", le scribe doit faire la division directement et trouver un nombre, le quotient c, dont le produit par le diviseur b reproduira le dividende a ; il emploie dans ce cas une formule telle que "Que dois-je poser à (a-na) b, qui me donne a? c (ou : c, son quotient)" (...). Dans les passages précités "poser un nombre à (a-na) un autre" signifie "poser une multiplication". Mais ailleurs, la même expression annonce une addition.* » ([THUREAU-DANGIN1938a] pages 225-226). J. Høyrup les décrit quant à lui de la manière suivante : « *Of particular importance is the verb šakānum (AHw "hinstellen, (ein)setzen, anlegen; versehen mit"), with logogram ġar, which I shall translate "to posit". The term appears to designate various kinds of material recording – "putting down" in a computational scheme, writing the value of a length or an area into*

• X HÉ.GAR / X ù Y HÉ.GAR : BNUS 367 (6, 20)

La forme « HÉ.GAR », composée de la base verbale « GAR » précédée du préfixe précatif « HÉ », ne me semble pas pouvoir être analysée comme une véritable chaîne verbale obéissant aux règles de la grammaire sumérienne et doit vraisemblablement être comprise comme une simple juxtaposition d'éléments indiquant, dans un sumérien approximatif, le souhait que le ou les nombre(s) donné(s) en complément(s) d'objet direct soi(en)t « posé(s) ». ¹⁰³ D'après F. Thureau-Dangin, qui s'est appuyé pour l'affirmer sur l'étude de textes dans lesquels des parallèles syllabiques sont attestés, elle correspond vraisemblablement, au sein de la construction simple discutée ici, à l'impératif akkadien de deuxième personne du singulier « *šukun* », ce qui donne pour la phrase complète la traduction « pose X » ou « pose X et Y ». ¹⁰⁴ Parmi les occurrences listées ci-dessus, cette action de « poser » consiste dans un cas à assigner à des grandeurs inconnues des valeurs 'arbitraires' destinées à être utilisées pour les calculs dans le cadre d'un raisonnement « de type fausse position » et dans l'autre à trouver le quotient d'un nombre par un autre nombre dont on ne connaît pas l'inverse (ce qui constitue alors la réponse à la question présentée dans le point suivant). On pourra se reporter au chapitre V du présent travail pour des discussions plus complètes et en contexte du sens mathématique du verbe à ces occasions.

• EN.NAM *a-na* X HÉ.GAR *ša* Y IN.SUM : BNUS 367 (19)

Dans cette formule, le verbe « GAR » est à nouveau conjugué ou pseudo-conjugué sous la forme « HÉ.GAR » analysée dans le point précédent, mais cette fois au sein d'une construction plus complexe. Il s'agit d'une phrase interrogative, débutant par le pronom interrogatif sumérien « EN.NAM » (voir l'entrée correspondante du présent glossaire) qui joue le rôle de complément d'objet direct et correspond ainsi à la chose qui doit être posée. Un complément d'objet indirect introduit par la préposition akkadienne « *ana* » (« à », « vers ») précise ce relativement à quoi cette chose doit être posée. Enfin, une proposition subordonnée relative introduite par le pronom relatif akkadien « *ša* » et utilisant la forme verbale « IN.SUM » (voir l'entrée « SUM » du présent glossaire) semble caractériser la chose inconnue qui doit être posée et ainsi exprimer le but recherché par l'action de « poser ». Toujours en s'appuyant sur des parallèles syllabiques, F. Thureau-Dangin a déterminé que « HÉ.GAR » ne devait plus être compris dans cette formule comme un impératif mais comme un optatif à la première personne du singulier, ce qui donne pour la phrase complète la transcription normalisée « *mīnam ana X luškun ša Y inaddīnu* », que l'on peut traduire littéralement par « Que dois-je poser à X, qui donne Y? ». ¹⁰⁵ Cette question apparaît dans certaines procédures de résolution de problèmes lorsque l'on doit y effectuer la

*a drawing, etc. Its is mainly used in two functions : to take note of data in the beginning of the prescription, and thus to prepare their use; and in the formulation of the division problem, "what may I posit to b which gives me a", with the answer "posit p; raise p to b, a it gives to you". In the latter, insertion into a computational scheme is likely to be meant. Some texts also "posit" an "equalside" and its "counterpart", i.e., two sides of a square; the same process is indicated in other texts by the verbs *lapātum* (AHw "eingreifen in, anfassen; schreiben"), "to inscribe", or *nadūm* (AHw "werfen, hin-, niederlegen"), "to lay down". » ([HØYRUP2002] pages 39-40). Ces deux citations illustrent la variété des emplois du verbe « *šakānum/GAR* », qu'il me semble donc préférable de ne discuter qu'en contexte. Pour des exemples d'utilisation avec chacun des sens mentionnés, on pourra notamment se reporter aux listes d'occurrences proposées dans [NEUGEBAUER1935b] pages 26-27 et [THUREAU-DANGIN1938a] pages 225-226 et 243.*

103. En effet, dans une vraie construction à deux participants au précatif, le verbe devrait être au « *marūm* » (voir [THOMSEN1984] pages 202-206). Or, cela impliquerait d'une part le redoublement de la base verbale « GAR » (qui appartient à la classe 'à réduplication', voir [THOMSEN1984] pages 113-114 et l'entrée « GAR » de [ATTINGER2016]) et d'autre part la présence en fin de chaîne d'un suffixe personnel indiquant le sujet (voir [THOMSEN1984] pages 143-144), ce qui ne correspond pas à la forme observée ici.

104. Parmi les tablettes dans lesquelles on trouve des parallèles en écriture syllabique aux constructions faisant intervenir la forme « HÉ.GAR », on peut par exemple citer BNUS 363 et BNUS 368 (voir [NEUGEBAUER1935a] pages 243-248 et 311-314 ou [THUREAU-DANGIN1938a] pages 84-86 et 91-92 pour leur édition). Une liste plus complète d'occurrences est donnée dans le glossaire de [THUREAU-DANGIN1938a].

105. De tels parallèles en écriture syllabique apparaissent notamment dans les tablettes BNUS 363 et BM 13901 (dont l'édition peut être consultée dans [NEUGEBAUER1935a] pages 243-248 et [NEUGEBAUER1937] pages 1-14 ou bien dans [THUREAU-DANGIN1938a] pages 1-10 et 84-86), et une liste d'occurrences plus fournie est donnée dans le glossaire de [THUREAU-DANGIN1938a]. Signalons que F. Thureau-Dangin adopte plutôt la normalisation « *mīnam ana X luškun ša Y inaddīnam* », qui entraîne la traduction « Que dois-je poser à X, qui me donne Y? », mais

division d'un nombre par un nombre irrégulier – ou plus généralement par un nombre dont le scribe semble ne pas connaître ou ne pas vouloir utiliser l'inverse – et peut donc être comprise de manière moins littérale comme « Quel nombre dois-je poser relativement au nombre X, de manière à ce que le produit des deux nombres donne Y ? ». Elle est généralement suivie d'une phrase du type de celles présentées dans le premier point, qui y apporte une réponse en indiquant quel est le nombre qui doit être « posé » pour ce faire et donc quel est le quotient cherché.¹⁰⁶

GAR.GAR (akk. *kamārum*) : additionner

Le sumérogramme « GAR.GAR » est l'équivalent du verbe akkadien « *kamārum* (*a/u*) » qui signifie littéralement « empiler » ou « amasser » et qui désigne, dans les textes mathématiques, une addition symétrique n'ayant pas nécessairement de sens concret.¹⁰⁷ Il est traduit dans la littérature tantôt par des termes techniques (« to add » pour O. Neugebauer, « additionner » pour F. Thureau-Dangin et C. Proust) et tantôt par des termes du langage courant renvoyant à son sens littéral (« to accumulate » pour J. Høyrup, « to heap » pour J. Friberg). J'ai pour ma part choisi la première option et retenu la traduction « additionner », qui me semble plus appropriée pour désigner une opération parfois purement arithmétique, qui a l'avantage d'être facilement compréhensible pour des lecteurs non spécialisés dans les mathématiques cunéiformes, et qui permet de conserver en français des constructions grammaticales similaires à celles des textes originaux.

- X ù Y GAR.GAR : BNUS 367 (4, 7, 16) ; MS 3052 #1 (5)

Il s'agit de la construction standard du verbe « GAR.GAR », dans laquelle il est précédé des deux nombres sur lesquels porte l'opération, séparés par la conjonction akkadienne « *u* » (« et »). Lorsque cette phrase est utilisée à l'intérieur d'une procédure, ce qui est le cas le plus courant, la situation d'énonciation nous incite à penser que le verbe doit être compris comme un impératif même si cela n'est pas explicitement indiqué par l'ajout d'une voyelle : « X *u* Y *kumur* », c'est-à-dire « additionne X et Y ». Lorsqu'elle est utilisée dans un énoncé, la situation d'énonciation nous incite en revanche plutôt à penser que le verbe doit être compris comme un accompli de première personne du singulier : « X *u* Y *akmur* », c'est-à-dire « j'ai additionné X et Y ».

GAZ (akk. *ḥepûm*) : briser

Le logogramme « GAZ » correspond au verbe akkadien « *ḥepûm* (*i*) », dont le sens littéral est « briser ». Il est utilisé dans les textes mathématiques pour désigner l'opération consistant à prendre la moitié d'un nombre, dans les cas où cette moitié doit être obtenue par nécessité (moitié de la base d'un triangle pour calculer une aire, par exemple) et non parce que le hasard des valeurs conduit à une division par 2.¹⁰⁸ La plupart des auteurs conservent la traduction littérale « briser » dans ce contexte, et je me conforme à cet usage.

je préfère pour ma part rester cohérente avec la transcription et la traduction que j'ai retenues pour « IN.SUM », que je distingue volontairement de celles de chaînes verbales plus complètes comme « IN.NA.AN.SUM ».

106. L'emploi de cette formule pour exprimer ce qui est communément appelé des « divisions irrégulières » est discuté dans [THUREAU-DANGIN1938a] pages 225-226 et [HØYRUP2002] pages 27-30.

107. Voir [HØYRUP2002] page 27. Les spécialistes des mathématiques cunéiformes et les dictionnaires d'akkadien s'accordent à considérer que le sumérogramme associé à « *kamārum* » est bien « GAR.GAR » lui-même, et non « GAR » qui se trouverait ensuite redoublé dans les constructions rencontrées. Je me conforme à cette analyse quasiment unanime, que seul [LABAT2011] n'adopte pas.

108. Voir [HØYRUP2002] page 31.

- $\frac{1}{2}$ X GAZ : BNUS 367 (17, 23)

Il s'agit de la construction standard du verbe « GAZ », dans laquelle son objet est la fraction « $\frac{1}{2}$ » suivie de l'opérande. Lorsque cette expression est utilisée à l'intérieur d'une procédure, la situation d'énonciation nous incite à penser que le verbe doit être compris comme un impératif même si cela n'est pas indiqué explicitement : « $\frac{1}{2}$ X *hepe* », c'est-à-dire « brise $\frac{1}{2}$ de X ».

- $\frac{1}{2}$ X GAZ-*ma* : MS 3052 #1 (5) ; MS 3052 #2 (9) ; MS 3052 #3 (10) ; MS 3052 #4 (18)

Il s'agit de la même construction que ci-dessus, avec, accolée au verbe, la particule enclitique akkadienne « -*ma* » qui introduit le résultat de l'opération.

GÍD.DA (akk. *arkum*) : long

Le sumérogramme « GÍD.DA », que l'on peut également rencontrer sous la forme plus courte « GÍD », correspond à l'adjectif akkadien « *arkum* » dont le sens courant est « long ». Dans la poignée de textes mathématiques où il apparaît, sa traduction usuelle convient et est systématiquement adoptée par les éditeurs et les commentateurs.

- UŠ.GÍD.DA : YBC 4675 (4, 6, 24, 34)

Dans cette occurrence, l'adjectif « GÍD.DA » se rapporte au substantif « UŠ » (voir l'entrée correspondante du présent glossaire). Le groupe nominal complet admet pour transcription normalisée « *šiddum arkum* » ou dans certains cas « *šiddam arkam* » (à l'accusatif) et peut être traduit par « le flanc long » (en tant que sujet ou complément d'objet direct d'un verbe). Il désigne le plus long des deux grands côtés d'un quadrilatère possiblement trapézoïdal et s'oppose ainsi au groupe nominal « UŠ.LUGUD₂.DA » utilisé dans le même texte (voir l'entrée « LUGUD₂.DA » du présent glossaire). Sa signification plus précise doit être établie en contexte.

GÚ (akk. *aḫum* ?) : côté

Lorsque le signe « TIK » apparaît dans des textes mathématiques, il s'agit habituellement du sumérogramme « GÚN » qui désigne une unité de mesure de poids. Il existe toutefois deux occurrences isolées, sur une même tablette, dans lesquelles cette lecture n'a pas de sens. La phrase au sein de laquelle le signe y apparaît n'est pas complètement claire, mais J. Friberg propose d'après le contexte de l'y lire « GÚ », de le comprendre comme l'équivalent du terme akkadien « *aḫum* » (« bras », « côté », « bord », « rive ») ou peut-être « *idum* » (« bras », « côté »), de le traduire par « edge » et de l'interpréter comme désignant la face supérieure d'un mur.¹⁰⁹ Cette explication me semble assez hasardeuse mais est néanmoins envisageable, et je retiens donc la lecture « GÚ » et la traduction « côté » en l'absence de meilleure option. On pourra se reporter aux notes philologiques du chapitre VI pour une discussion en contexte.

- GÚ KUD-(*a*)š : MS 3052 #3 (1) ; MS 3052 #4 (1)

Cette expression, dont l'analyse est discutée dans l'entrée « KUD » du présent glossaire ainsi que dans le chapitre VI, semble pouvoir être comprise par exemple comme la phrase akkadienne « *aḫum naḫruš* » et traduite par « le côté est coupé ».

109. Voir [FRIBERG2007a] page 263 pour la lecture de la séquence en question et page 264 pour son interprétation, qui sont très peu détaillées et ne sont absolument pas commentées.

GU₇ (akk. *akālum*) : être incliné?

Le verbe sumérien « GU₇ », qui est l'équivalent du verbe akkadien « *akālum* », correspond quand il est rédupliqué à la forme « *šutākulum* » qui signifie « croiser » (voir l'entrée correspondante du glossaire des termes akkadiens) mais semble renvoyer quand il ne l'est pas à une notion de pente. J'en ai retenu avec ce point de vue la traduction « être incliné », qui reproduit en français celle choisie en anglais par M. Ossendrijver et qui me semble faire sens dans les différents cas dont j'ai connaissance.¹¹⁰ Il est néanmoins important de garder à l'esprit qu'il s'agit d'une forme relativement peu courante, dont certaines occurrences sont difficiles à comprendre, et qu'il est donc nécessaire de s'interroger au cas par cas sur sa signification exacte.

• UŠ UŠ I.GU₇ : YBC 4675 (1)

La forme verbale que j'ai translittérée sous la forme « I.GU₇ » est problématique et peut principalement être comprise soit comme une variante homophone de la construction correcte « I.GU₇ » soit comme la forme « *i-GU₇* ». Dans le premier cas, elle s'analyse comme une chaîne verbale sumérienne formée du préfixe de conjugaison neutre « I₃ » suivi de la base verbale et de la marque « E » de troisième personne du singulier dans la conjugaison à plusieurs participants au *marūm*, en l'occurrence non visible car assimilée au « u » final de la base verbale. Dans le deuxième cas, elle s'analyse comme la base verbale « GU₇ » précédée du préfixe phonétique « *i-* ». Ainsi, dans les deux cas, elle semble pouvoir correspondre à la forme akkadienne « *ikkal* » et pouvoir être traduite par « il est incliné ». Une manière raisonnable de faire sens de la phrase complète serait alors de la comprendre, comme l'a suggéré M. Ossendrijver, et bien qu'aucun des deux sumérogrammes « UŠ » qui précèdent la forme verbale ne porte de suffixe, comme « un flanc est incliné (vers) l'autre flanc ».¹¹¹ La manière dont cette indication peut être interprétée doit être discutée en contexte.

I₇ (akk. *nārum*) : bande

L'idéogramme « I₇ », qui correspond au substantif akkadien « *nārum* », désigne principalement une « rivière » ou un « canal » mais peut également prendre, dans certains contextes techniques, les sens de « vaisseau » sur le foie (en divination), de « halo » autour de la Lune (en astronomie) ou encore de « bande » à l'intérieur d'une figure géométrique (en mathématiques).¹¹² Dans la petite poignée de tablettes où il est employé avec ce dernier sens, qui est celui qui nous intéresse ici, l'analyse de la terminologie associée, des éventuels diagrammes accompagnant le texte et des propriétés mathématiques des configurations étudiées nous permet de comprendre que les « bandes » en question sont vraisemblablement toujours des portions de trapèzes ou de triangles délimitées par l'un des fronts (« SAG », voir l'entrée correspondante ci-dessous) et une transversale parallèle au(x) front(s) (« DAL », voir l'entrée correspondante ci-dessus) ou bien par deux transversales. Il me semble raisonnable de considérer, au vu de la manière dont sont formulés les problèmes dans lesquels il apparaît, que cette propriété était automatiquement sous-entendue par l'emploi de l'idéogramme « I₇ ».¹¹³ C'est cette observation qui me conduit à

110. Voir [OSSENDRIJVER2018] page 183.

111. Voir à nouveau [OSSENDRIJVER2018] page 183.

112. Les sens mentionnés ici sont ceux répertoriés dans l'entrée « *nārum* » de [CAD-N1], pages 368-376. On pourra par ailleurs consulter la note 264 de [HØYRUP2002] page 239 pour une discussion de l'équivalent akkadien de l'idéogramme « I₇ » dans les contextes mathématiques.

113. Si l'on exclut les rares textes où l'on a réellement à faire à une rivière ou un canal, l'idéogramme « I₇ » apparaît à ma connaissance seulement dans quatre tablettes mathématiques – BNUS 364, BNUS 367, YBC 4608 et YBC 4696 (voir [NEUGEBAUER1935a] pages 248-256, pages 259-263 et pages 504-506 et [NEUGEBAUER&SACHS1945] pages

privilégier la traduction technique de « bande » retenue par O. Neugebauer et M. Ossendrijver (« Streifen », « strip ») aux traductions littérales proposées J. Høyrup, E. Robson et J. Friberg (« river », « canal »).¹¹⁴

• 2 I₇.MEŠ : BNUS 367 (1)

Dans cette occurrence, le substantif « I₇ » est précédé du nombre « 2 » et suivi du signe « MEŠ » qui indique le pluriel des idéogrammes. L'ensemble peut être traduit par « 2 bandes ».

ÍB.SI₈ (akk. *mithartum*) : confrontation

Dans la plupart des situations où il apparaît, l'idéogramme composé « ÍB.SI₈ » s'analyse comme une chaîne verbale sumérienne formée sur la base verbale « SI₈ » – équivalent du verbe akkadien « *šanānum* » signifiant « être égal (à) » – et fait référence à la détermination d'une racine carrée ou cubique (voir à ce sujet l'entrée correspondante du présent glossaire). Il est toutefois également utilisé dans certains cas de manière figée comme équivalent du substantif akkadien « *mithartum* » – un terme formé sur la racine « *maḥārum* » qui signifie « confronter » et dont dérive par ailleurs le verbe « *šutamḥurum* », « faire se confronter », employé relativement à la formation (de la surface) d'un carré à partir (de la longueur) d'un côté – et désigne alors un carré ou le côté d'un carré.¹¹⁵

Dans cette situation, trois possibilités peuvent être envisagées pour sa traduction : le traduire d'après sa signification mathématique sans se préoccuper de son étymologie (on trouve ainsi les traductions « Quadrat »/« Quadratfläche »/« Quadratseite » dans [NEUGEBAUER1935b] et [NEUGEBAUER1937], « side of a square » dans [NEUGEBAUER&SACHS1945], « carré »/« côté du carré » dans [THUREAU-DANGIN1938a] et « square » dans [ROBSON1999]), le traduire par un terme qui souligne son lien avec la racine sumérienne « SI₈ » (on trouve ainsi la traduction « equalside » dans [FRIBERG2007a]), ou encore le traduire par un terme qui souligne le lien de son équivalent akkadien « *mithartum* » avec la racine « *maḥārum* » (on trouve ainsi la traduction « confrontation » dans [HØYRUP2002] et [GONÇALVES2015]). Chacune de ces propositions présente des avantages qui lui sont propres, mais deux exigences me semblent essentielles à prendre en compte : d'une part utiliser une traduction identique pour l'idéogramme « ÍB.SI₈ » et son équivalent akkadien « *mithartum* », et d'autre part utiliser pour les termes techniques akkadiens « *mithartum* » et « *šutamḥurum* », qui sont formés sur la même racine, des traductions puisant dans le même champ sémantique. La combinaison de ces deux exigences me conduit à privilégier la dernière option listée ci-dessus, c'est-à-dire à traduire « ÍB.SI₈ » par « confrontation ». On pourrait regretter que cette traduction ne reflète pas l'étymologie de la base verbale « SI₈ », mais un compromis est nécessaire puisque les deux étymologies ne peuvent être rendues simultanément, et il est probable que le sens originel de la racine sumérienne ait été moins présent à l'esprit des scribes paléo-babyloniens que celui du terme akkadien représenté par l'idéogramme. On pourrait par ailleurs regretter que le vocable retenu manque de clarté pour un lecteur non spécialisé, mais les termes plus parlants « côté » et « côté de carré » peuvent de toute manière difficilement donner lieu à une traduction stable adaptée à toutes les situations

49-53 pour les éditions de ces tablettes) – et le terme akkadien « *nārum* » seulement dans une – VAT 8512 (voir [NEUGEBAUER1935a] pages 340-345). On trouvera dans le chapitre V du présent travail une discussion détaillée des indices évoqués dans le cas de la tablette BNUS 367.

114. F. Thureau-Dangin adopte quant à lui une autre traduction technique, celle de « tranche », qui reflète la même idée mais me paraît moins aisément compréhensible que « bande » dans un contexte géométrique.

115. Voir [HØYRUP2002] page 25, où l'on trouvera notamment des réflexions intéressantes sur l'apparente « ambigüité » du terme (que je ne mentionne pas ici car elles n'ont pas d'incidence directe sur les textes que j'ai étudiés).

où « ÍB.SI₈ » apparaît (puisqu’il serait assez déroutant de parler de « carré » dans les cas où il désigne le côté d’un carré ou de « côté de carré » dans les cas où il désigne un carré), et une traduction étymologique un peu plus obscure offre finalement davantage de souplesse pour englober les deux sens voulus.

Afin de permettre une lecture fluide des éditions de textes, je précise malgré tout au cas par cas entre parenthèses de quelle manière doit être compris « ÍB.SI₈ » dans les contextes considérés : « confrontation (carré) » ou bien « confrontation (côté de carré) ».

- ÍB.SI₈ : MS 3052 #9 (1)

Le terme « ÍB.SI₈ » désigne très probablement à cet endroit un carré complet.

- ÍB.SI₈-šu *te-le-qé-e-ma* : YBC 4675 (15)

Dans cette phrase, le sumérogramme « ÍB.SI₈ » est suivi du suffixe possessif akkadien de troisième personne du masculin singulier « -šu » puis d’une forme conjuguée du verbe akkadien « *leqûm* » qui signifie « prendre » (voir l’entrée correspondante du glossaire des termes akkadiens). L’ensemble peut être transcrit sous la forme « *mithartašu teleqqē-ma* » et traduit par « tu prends sa confrontation (racine carrée) », le possessif renvoyant – au moins en théorie – à un terme masculin. Le tout se termine par la particule enclitique « -*ma* » qui permet d’introduire la valeur obtenue.

IGI (akk. *igûm*) : inverse

Le terme sumérien « IGI », tout comme le substantif akkadien « *igûm* » qui en dérive, désigne dans les textes mathématiques l’inverse d’un nombre.¹¹⁶ J. Høyrup et C. Gonçalves font le choix de ne pas le traduire afin de marquer la spécificité de la notion babylonienne qu’il recouvre.¹¹⁷ Je préfère pour ma part le rendre par « inverse », comme le font les autres commentateurs dans leurs langues respectives, afin que les traductions obtenues restent les plus accessibles possible à des personnes non spécialisées dans les mathématiques cunéiformes.

- IGI X DU₈ : BNUS 367 (12, 13, 17, 20, 25) ; MS 3052 #1 (7) ; MS 3052 #3 (4, 10) ; MS 3052 #4 (14)

Le groupe nominal « IGI X » est probablement à comprendre comme « *igi X* » (à l’état construit) et à traduire par « l’inverse de X ». ¹¹⁸ Dans la phrase « IGI X DU₈ », qui est la formule standard pour demander de déterminer l’inverse d’un nombre, il apparaît comme complément du verbe « DU₈ » (voir l’entrée correspondante du présent glossaire). L’ensemble semble devoir être lu « *igi X puṭur* » et traduit par « dénoue l’inverse de X ».

- IGI X DU₈-*ma* : BNUS 367 (7) ; MS 3052 #1 (10) ; MS 3052 #2 (4, 9) ; MS 3052 #3 (5) ; MS 3052 #4 (7, 8, 13)

Il s’agit de la même phrase que ci-dessus, mais le verbe y est cette fois suivi de la particule enclitique « -*ma* » qui introduit l’inverse calculé.

- IGI X *ta-pa-ṭa-ar-ma* : YBC 4675 (9, 19*, 30)

On retrouve dans cette occurrence le groupe nominal « IGI X », mais cette fois placé comme complément d’objet direct du verbe akkadien « *paṭārum* » conjugué à la deuxième personne du singulier (voir l’entrée correspondante du glossaire des termes akkadiens). La phrase complète a pour transcription normalisée « *igi X taṭaṭtar* » et peut être traduite par « tu dénoues l’inverse de X ». Elle se termine de plus par la particule enclitique « -*ma* » qui permet, une fois encore, d’introduire l’inverse calculé.

116. Voir par exemple [HØYRUP2002] pages 27-30 pour des détails et une discussion sur l’origine de ce terme.

117. Voir notamment [GONÇALVES2015] page 25.

118. Voir [GONÇALVES2015] page 25 au sujet des occasionnelles écritures syllabiques de cette expression.

- IGI en contexte cassé : MS 3052 #4 (21) ; MS 3052 #5 (3[?])

Le texte entourant ces occurrences (potentielles) du terme « IGI » est trop endommagé pour que les constructions grammaticales au sein desquelles elles apparaissent puissent être déterminées. Il pourrait s'agir pour la première d'une des deux formules répertoriées ci-dessus. La deuxième semble s'en écarter de manière surprenante et est plus incertaine.

IGI.n.GÁL : un *n*-ème

Formée à partir des idéogrammes « IGI », qui désigne en mathématiques l'inverse (voir l'entrée correspondante ci-dessus), et « GÁL », qui est l'équivalent du verbe akkadien « *bašûm* » signifiant « être », l'expression « IGI.n.GÁL » peut faire référence selon les contextes à l'inverse du nombre *n* ou à la *n*-ème fraction d'une quantité. Dans la mesure où j'utilise déjà les traductions « inverse de *n* » pour rendre « IGI *n* » et « $1/n$ » pour rendre le signe numérique spécifique désignant la fraction unitaire en question lorsque celui-ci existe, et où je souhaite faire apparaître un nombre dans la traduction pour faire écho à celui présent dans l'expression originale, j'ai fait le choix de rendre « IGI.n.GÁL » par « un *n*-ème » (avec les graphies non-standard « un 3-rs » et « un 4-rt » pour « IGI.3.GÁL » et « IGI.4.GÁL »).

- IGI.n.GÁL X *i-na* Y : BNUS 367 (2*)

Si la lecture qui en est donnée ici est correcte, on peut distinguer dans cette phrase nominale deux éléments : d'une part « IGI.n.GÁL X », dans lequel X semble devoir être compris comme un complément du nom se rapportant à « IGI.n.GÁL », et d'autre part « *i-na* Y », dans lequel Y est précédé de la préposition akkadienne « *ina* » signifiant « dans ». Je propose ainsi de traduire l'ensemble par la phrase française « (Il y a) un *n*-ème de X dans Y. », qui doit être comprise comme indiquant que la grandeur Y vaut un *n*-ème de la grandeur X.¹¹⁹

ÍL (akk. *našûm*) : porter

Le sumérogramme « ÍL » correspond au verbe akkadien « *našûm* (*i*) » qui signifie dans le langage courant « soulever » ou « porter ». Il est, avec « NIM », qui correspond vraisemblablement à l'un des verbes akkadiens « *elûm* » ou « *šaquûm* » signifiant dans le langage courant « monter » (voir l'entrée correspondante du présent glossaire), l'un des termes utilisés pour désigner, dans les textes mathématiques, la détermination d'une grandeur concrète au moyen d'une multiplication (surface, conversion, etc).¹²⁰ Le couple « ÍL/*našûm* » est traduit de manière relativement standard par « to raise » dans les publications de langue anglaise, mais tantôt par « porter » et tantôt par « élever » dans celles de langue française.¹²¹ Afin de rester la plus proche possible des sens originaux des verbes employés, je retiens pour ma part la traduction « porter » pour ce couple, réservant la traduction « élever » au couple « NIM/*elûm-šaquûm* ».

119. Voir la section V1.5.1 pour une discussion d'une possible lecture alternative de ce passage.

120. Voir [HØYRUP2002] pages 22-23, où l'on trouvera des précisions techniques.

121. Pour ce qui est des traductions en anglais, O. Neugebauer utilise le verbe « to multiply » (qu'il emploie d'ailleurs également pour « NIM », voir [NEUGEBAUER&SACHS1945] *passim*), mais J. Høyrup, J. Friberg, C. Gonçalves et C. Proust utilisent tous le verbe « to raise ». Pour ce qui est des traductions en français, F. Thureau-Dangin utilise le verbe « porter » (qu'il emploie d'ailleurs également pour « NIM », voir [THUREAU-DANGIN1938a] *passim*) mais C. Proust utilise le verbe « élever » (voir par exemple [PROUST2016a] *passim*).

- X a-na Y ÍL-ma : MS 3052 #2 (5)

Il s'agit de la construction standard du verbe « ÍL », dans laquelle le premier opérande est placé en complément d'objet direct et le deuxième est introduit par la préposition akkadienne « ana » (« à », « vers »). Lorsque cette phrase apparaît dans une procédure, et bien que cela ne soit pas indiqué explicitement par la présence d'une voyelle après la base verbale, le verbe doit probablement être compris comme un impératif d'après la situation d'énonciation : « X ana Y išī », c'est-à-dire « porte X à Y ». La formule est ici suivie de la particule « -ma » qui annonce le résultat de l'opération.

IM.DÙ.A (akk. *pitiqtum*) : mur de terre

Le sumérogramme composé « IM.DÙ.A » correspond à une chaîne nominale sumérienne pouvant s'analyser comme le nom « IM » (« argile ») suivi de la base verbale « DÙ » (« construire ») et du suffixe nominalisant « A ». Cette chaîne nominale peut être traduite littéralement par « de l'argile qui a été construite » et est répertoriée dans les listes lexicales comme logogramme pour le substantif akkadien « *pitiqtum* » qui désigne un « mur de terre ». Des précisions sur la nature de cet objet et ses mentions dans les textes mathématiques, ainsi que des références sur le sujet, sont données dans le chapitre VI.

- IM.DÙ.A : MS 3052 #1 (1) ; MS 3052 #2 (1) ; MS 3052 #3 (1) ; MS 3052 #4 (1, 6) ; MS3052 #5 (1) ; MS 3052 #9 (1)

IM.ŠU (akk. *qātum* ?) : section

L'idéogramme composé « IM.ŠU » peut s'analyser comme une chaîne nominale sumérienne formée du nom « IM » (« argile »), du nom « ŠU » (« main ») et probablement de la marque de complément du nom « AK » dont le « a » s'est assimilé au « u » précédent et le « k » est tombé car il n'était suivi d'aucune voyelle. Cette chaîne nominale peut être traduite littéralement par « tablette de main », une expression qui renvoie aux petites tablettes de type IV utilisées pour les exercices scolaires et qui correspond vraisemblablement à l'un des sens du substantif akkadien « *qātum* ». Dans les colophons de plusieurs textes mathématiques, ce terme est utilisé pour désigner les sections d'une collection de problèmes ou d'énoncés.¹²² On trouvera des précisions, une discussion en contexte et des références dans la section VI.1.4.1.

- IM.ŠU.MEŠ : MS 3052 #9 (2)

Cette chaîne nominale est formée du sumérogramme « IM.ŠU » suivi du symbole de pluriel « MEŠ » et peut donc être traduite par « les sections ».

KI (akk. *šaplûm*) : inférieur

Dans certains textes mathématiques, l'idéogramme « KI », qui désigne normalement la « terre » ou le « sol » lorsqu'il apparaît seul, est employé comme une sorte de forme raccourcie du sumérogramme composé « KI.TA », qui correspond à l'adjectif akkadien « *šaplûm* » et signifie « inférieur » (voir l'entrée correspondante ci-dessous). Les chaînes nominales dans lesquelles on le trouve peuvent être analysées comme un premier substantif suivi du substantif « KI »

122. Voir principalement [CIVIL1985] pages 75-76 et [PROUST2012a] pages 127-128.

lui-même suivi de la marque de génitif « -AK » dont le « a » se serait assimilé au « i » qui le précède et dont le « k » serait tombé car il n'était suivi d'aucune autre syllabe, ce qui signifierait littéralement « (premier substantif) de la terre ».

- SAG.KI : YBC 4675 (28)

Cette chaîne nominale sumérienne, dans laquelle « KI » est accolé au substantif « SAG » (voir l'entrée correspondante du présent glossaire) correspond au groupe nominal akkadien « *pūtum šaplûm* », ou en l'occurrence « *pūtam šaplîam* » (à l'accusatif), et peut être traduite par « le front inférieur » (comme complément d'objet direct d'un verbe). Elle fait référence à l'orientation standard des configurations géométriques discutée dans la section III.1.4..

- UŠ.KI : BNUS 367 (2)

Cette deuxième chaîne nominale sumérienne, dans laquelle « KI » est cette fois accolé au substantif « UŠ » (voir l'entrée correspondante du présent glossaire), correspond au groupe nominal akkadien « *šiddum šaplûm* », ou en l'occurrence « *šiddim šaplîm* » (au génitif), et peut être traduite par « le flanc inférieur » (comme complément du nom ou bien après une préposition). Elle fait référence à l'orientation standard des configurations géométriques discutée dans la section III.1.4. et son sens exact est précisé dans le chapitre V.

KI.n : numéro *n*

L'idéogramme « KI » correspond à de nombreux termes akkadiens différents et signifie notamment « terre », « sol » ou « lieu ». Il est occasionnellement utilisé dans les textes mathématiques pour numéroter des entités sous la forme « KI.1, KI.2, KI.3, ... », que l'on peut comprendre littéralement comme « lieu 1, lieu 2, lieu 3, ... ». ¹²³ Cette tournure est généralement traduite de manière plus abstraite par « premier, deuxième, troisième, ... » ou « numéro 1, numéro 2, numéro 3, ... ». Je retiens la dernière option, qui a l'avantage de faire apparaître les nombres sous la même forme que dans les textes originaux.

- UŠ KI.n : YBC 4675 (25)

Ce groupe nominal, dans lequel la numérotation porte sur l'objet « UŠ » (voir l'entrée correspondante du présent glossaire) placé juste avant « KI.n », peut être traduit par « le flanc numéro *n* ». Une discussion du sens de la numérotation des flancs à laquelle renvoie cette expression doit être proposée en contexte.

- SUKUD KI.n : MS 3052 #4 (15, 17)

Ce groupe nominal, dans lequel la numérotation porte cette fois sur l'objet « SUKUD » (voir l'entrée correspondante du présent glossaire) toujours placé juste avant « KI.n », peut être traduit par « la hauteur numéro *n* ». Une discussion du sens de la numérotation des hauteurs à laquelle renvoie cette expression doit être proposée en contexte.

KI.LÁ (akk. *kalakkum*) : excavation

Le sumérogramme composé « KI.LÁ » est construit à partir du nom « KI » (entre autres la « terre ») et de la base verbale « LÁ » (entre autres « manquer » ou « diminuer »). Il est répertorié dans les listes lexicales comme logogramme pour le substantif akkadien « *kalakkum* » et désigne une « excavation ». ¹²⁴

123. L'exemple le plus connu est celui de la tablette Plimpton 322, dans la dernière colonne de laquelle les rectangles sexagésimaux sont numérotés de cette manière. Voir par exemple [BRITTON&al2011] pages 524 et 526.

124. Voir [ROBSON1999] page 101 pour une possible explication de l'origine du terme.

- KI.LÁ : MS 3052 #9 (1)

KI.TA (akk. *šaplûm*) : inférieur

Le sumérogramme composé « KI.TA » est formé du nom « KI », qui désigne entre autres la « terre » ou le « sol », et de la marque d’ablatif-instrumental « TA ». Il signifie littéralement « depuis le sol » et est utilisé comme équivalent de l’adjectif akkadien « *šaplûm* » dont la traduction usuelle est « inférieur ». Il s’oppose ainsi à « AN.NA » et « AN.TA » (voir les entrées correspondantes). On le rencontre parfois également sous la forme courte « KI » (voir l’entrée dédiée ci-dessus).

- SAG.KI.TA : BNUS 367 (4, 11, 28) ; MS 3052 #1 (8) ; MS 3052 #2 (10) ; MS 3052 #3 (10) ; YBC 4675 (2, 10)

Cette chaîne nominale, dans laquelle « KI.TA » est accolé au substantif « SAG » (voir l’entrée correspondante du présent glossaire), correspond au groupe nominal akkadien « *pūtum šaplûm* » ou, selon les cas, à l’une de ses déclinaisons « *pūtam šaplîam* » (à l’accusatif) ou « *pūtîm šaplîm* » (au génitif). Elle peut être traduite par « le front inférieur » et fait référence à l’orientation standard des configurations géométriques discutée dans la section III.1.4..

- UŠ.KI.{UŠ.KI}.TA : BNUS 367 (22)

Les historiens des mathématiques cunéiformes ayant commenté cette séquence de cinq signes considèrent unanimement qu’il faut y voir une dittographie et la comprendre comme la simple séquence de trois signes « UŠ.KI.TA ». Cette dernière, dans laquelle « KI.TA » est cette fois accolé au terme « UŠ » (voir l’entrée correspondante du présent glossaire), correspond au groupe nominal akkadien « *šiddum šaplûm* » (au nominatif) et peut être traduite par « le flanc inférieur ». Elle fait à nouveau référence à l’orientation standard des configurations géométriques discutée dans la section III.1.4., et son sens exact est analysé en contexte dans le chapitre V.

KÌ.DA.ZU.NE → voir AK

KUD (akk. *ḥarāšum* ?) : couper

Le verbe sumérien « KU₅ » ou « KUD » signifie « couper », et le signe correspondant est utilisé comme idéogramme pour un ensemble de verbes akkadiens appartenant au champ sémantique de la coupure ou de la séparation. Globalement rare dans les textes mathématiques, cet idéogramme semble apparaître dans l’un de ceux de mon corpus avec un sens technique attesté nulle part ailleurs : bien que son interprétation à cet endroit reste incertaine, on peut penser, comme l’a suggéré J. Friberg, qu’il y sert à indiquer qu’un côté d’une forme géométrique (en l’occurrence d’un parallépipède de section trapézoïdale) n’existe pas (c’est-à-dire en l’occurrence qu’il s’agit en fait d’un parallépipède de section triangulaire).¹²⁵ Le seul indice dont nous disposons pour identifier le verbe akkadien qu’il représente à cet endroit est un complément phonétique placé juste après lui, qui pourrait se lire « *as/aš/az* » ou bien « *ug/uk/uq* ». Parmi les différentes possibilités que cela permet d’envisager, J. Friberg estime qu’il s’agit du

125. Voir [FRIBERG2007a] page 264 et les notes du chapitre VI. En-dehors du texte en question, « KUD » apparaît à ma connaissance seulement sur deux tablettes mathématiques, VAT 7532 et VAT 7535, où il signifie « couper » dans un sens concret (couper un roseau, voir [NEUGEBAUER1935a] pages 294-303 et pages 303-310 ou [THUREAU-DANGIN1938a] pages 96-98 et pages 93-96).

verbe « *ḥarāṣum (a/u)* », un verbe qui signifie littéralement « couper » et est utilisé dans un certain nombre de textes mathématiques pour désigner l'opération consistant à ôter d'une grandeur une autre grandeur qui en est une partie.¹²⁶ Dans la mesure où il ne donne aucun argument, et en l'absence d'éléments supplémentaires, il me semble impossible de valider ou d'invalider cette association.¹²⁷ Je la reprends donc comme une simple hypothèse et traduis « KUD » de manière relativement neutre par « couper ». On pourra se reporter au chapitre VI pour une discussion plus approfondie et en contexte.

- GÚ KUD-(a)š : MS 3052 #3 (1) ; MS 3052 #4 (1)

Dans cette expression, un hapax dont la lecture exacte est incertaine, le sumérogramme « KUD » semble être suivi du complément phonétique « *as/aš/az* » ou « *ug/uk/uq* » et avoir pour sujet ou pour complément le sumérogramme « GÚ » qui pourrait signifier « côté » (voir l'entrée correspondante du présent glossaire pour des précisions sur cet autre terme inhabituel). Si l'on suppose que « KUD » représente bien dans ce contexte le verbe « *ḥarāṣum (a/u)* », l'analyse grammaticale la plus naturelle étant donnée la voyelle présente dans le complément phonétique – et qui est d'ailleurs l'analyse adoptée par J. Friberg – consisterait à comprendre l'ensemble comme la phrase akkadienne « *aḥam aḥarraš* » (avec « GÚ » comme complément et le verbe à l'inaccompli du système I, que l'on pourrait traduire par « je coupe le côté »). L'emploi d'une première personne de l'inaccompli – ou des autres aspects justifiant la présence d'un « a » – semble toutefois inapproprié dans le contexte où apparaît l'expression. Pour en obtenir une analyse plus satisfaisante, nous devons prendre en compte le fait que le signe « AZ » est parfois utilisé dans les textes mathématiques pour rendre le son « uš ». ¹²⁸ L'expression « GÚ KUD-(a)š » pourrait ainsi être comprise plutôt comme « *aḥam aḥruš* » (avec « GÚ » comme complément et le verbe à l'accompli du système I, que l'on pourrait traduire par « j'ai coupé le côté »), ou, mieux encore, « *aḥum naḥruš* » (avec « GÚ » comme sujet et le verbe au permansif du système IV, que l'on pourrait traduire par « le côté est coupé »). On trouvera une discussion plus détaillée dans le chapitre VI.

LUGUD₂.DA (akk. *kurûm*) : court

Le sumérogramme « LUGUD₂.DA », que l'on peut également rencontrer sous la forme plus courte « LUGUD₂ », correspond à l'adjectif akkadien « *kurûm* » dont le sens courant est « court ». Dans la poignée de textes mathématiques où il apparaît, sa traduction usuelle convient et est systématiquement adoptée par les éditeurs et les commentateurs.

- UŠ.LUGUD₂.DA : YBC 4675 (4, 6, 26, 35)

Dans cette occurrence, l'adjectif « LUGUD₂.DA » se rapporte au substantif « UŠ » (voir l'entrée correspondante du présent glossaire). Le groupe nominal complet admet pour transcription normalisée « *šiddum kurûm* », ou dans certains cas « *šiddam kuriam* » (à l'accusatif), et peut être traduit par « le flanc court ». Il désigne le plus court des deux grands côtés d'un quadrilatère possiblement trapézoïdal et s'oppose ainsi au groupe nominal « UŠ.GÍD.DA » utilisé dans le même texte

126. Voir [FRIBERG2007a] page 263. L'opération désignée dans certains textes mathématiques (notamment ceux de la région de la Diyala) par le verbe « *ḥarāṣum* » est la même que celle désignée le plus souvent par le verbe « *zi/nasāḥum* » (voir [HØYRUP2002] page 20, [GONÇALVES2015] page 6 et l'entrée 'zi' du présent glossaire).

127. Le sumérogramme correspondant au verbe « *ḥarāṣum* » dans un sens de soustraction, qui pourrait nous donner une indication utile, n'est pas connu de manière assurée (voir [HØYRUP2002] pages 325 et 377).

128. Cette particularité a été relevée par F. Thureau-Dangin et O. Neugebauer dans au moins deux autres textes mathématiques d'époque paléo-babylonienne : le prisme AO 8862, où l'on trouve notamment l'écriture « *ḥu-ru-(a)š-ma* » (voir [NEUGEBAUER1935a] page 109 et [THUREAU-DANGIN1938a] page 66), et la tablette BM 85210, où l'on trouve l'écriture « *lu-(a)š-ba-at* » (voir [NEUGEBAUER1935a] page 220 et [THUREAU-DANGIN1938a] page 46). La prononciation « uš » du signe « AZ » est parfois rendue dans les translittérations au moyen de la valeur rare « *uš₄* », mais F. Thureau-Dangin semble en avoir assez vite abandonné l'usage au profit de la transcription « (a)š », que j'ai choisi d'utiliser également.

(voir l'entrée « GÍD.DA » du présent glossaire). Il semble avoir en contexte des significations plus précises.

LUL (akk. *sarrum*) : faux

Le logogramme « LUL », qui correspond à l'adjectif akkadien « *sarrum* », signifie dans la langue courante « faux » et peut également prendre selon les situations des nuances telles que « mal-honnête », « frauduleux », « simulé » ou « fictif ». Il est employé dans quelques textes mathématiques pour faire référence à un résultat intermédiaire obtenu au cours de la résolution d'un problème et devant ensuite être corrigé pour obtenir le résultat final, ce qui conduit O. Neugebauer et le CDA à en proposer la traduction « provisoire » (« *vorläufig* », « *provisorisch* », « *provisional* »). Néanmoins, cette manière de le comprendre projette une interprétation trop restrictive sur certaines situations un peu différentes pour lesquelles il est utilisé dans d'autres textes mathématiques, ce qui rend selon moi préférable la traduction générale « faux » adoptée par F. Thureau-Dangin, J. Høyrup et le CAD.¹²⁹ Cette traduction présente elle aussi un inconvénient, à savoir celui de renvoyer malgré elle les historiens des mathématiques à l'idée des méthodes dites « de fausse position », lesquelles, bien qu'apparentées à la plupart des raisonnements faisant intervenir le terme « LUL/*sarrum* », ne correspondent pas exactement à ce qui est en jeu dans tous ceux-ci.¹³⁰ On pourrait alors être tenté de se rabattre sur une autre nuance du terme, comme celle de « fictif » qui serait globalement assez bien adaptée à ses usages, mais cela me semble peu pertinent dans la mesure où, comme cela a été relevé par F. Thureau-Dangin, le couple d'adjectifs « LUL/*sarrum* » est régulièrement opposé au couple « GI.NA/*kīnum* » qui signifie « vrai ».¹³¹ Je conserve ainsi finalement la traduction usuelle « faux » pour ce mot.

• *ma-nu* LUL : BNUS 367 (18)

Lorsque l'on en adopte la lecture retenue ici, due à F. Thureau-Dangin et surtout J. Høyrup, cette séquence de trois signes forme un groupe nominal composé du substantif akkadien « *manûm* » au nominatif singulier sans mimation (voir l'entrée correspondante dans le glossaire des termes akkadiens) et de l'adjectif sumérien « LUL ». L'expression ainsi constituée peut être normalisée sous la forme « *manûm sarrum* » et traduite par « le compte faux ». Elle fait référence à un résultat intermédiaire qui a été obtenu à partir de valeurs 'arbitraires' assignées à des grandeurs inconnues au début de la procédure où elle apparaît et qui devra par la suite être corrigé par proportionnalité afin de trouver la valeur réelle des grandeurs en question dans le cadre d'un raisonnement « de type fausse position ». Des discussions plus détaillées des difficultés qui entourent la lecture de ce

129. Un aperçu de la diversité des contextes dans lesquels on rencontre l'adjectif « LUL » ou « *sarrum* », assorti de références de tablettes pour chacun des cas, est donné en ces termes par J. Høyrup : « *In our symbolic algebra, change of variable is a customary technique. Even though the geometric representation imposes different conditions, something analogous is found in many Old Babylonian mathematical texts, often marked by the use of the epithets kīnum/GI.NA, "true", or sarrum/LUL, "false". The length and area of a figure measured in terms of a measuring reed of unknown length may be termed "false", while the measures in nindan and sar are "true" (Str 368, VAT 7535); the "false grain" of a field may be the grain (in case, grain to be paid in rent) per unit area (that is, the rent to be paid had the area of the field been 1 sar) (VAT 8389, VAT 8391); if the width of a rectangle has been augmented during the procedure, the original width will be "true" (AO 8862).* » ([HØYRUP2002] pages 36-37).

130. À cet égard, l'affirmation de F. Thureau-Dangin selon laquelle « dans la langue mathématique babylonienne, *sarrum* s'emploie avec le même sens que "faux" dans l'expression "fausse position" » ([THUREAU-DANGIN1938a] page 225) me semble un peu hâtive. Pour des éléments de présentation générale de la méthode dite de « fausse position simple », qui est la forme qui nous concerne ici, on pourra par exemple consulter [GAVIN&SCHÄRLIG2012], le troisième chapitre de [CHABERT2010], [GUILLEMOT1990] et [HANNAH2007]. Pour une analyse plus spécifique (mais malheureusement incomplète) de l'utilisation de cette méthode dans les mathématiques babyloniennes, on pourra se reporter à [THUREAU-DANGIN1938b] et [HØYRUP2002] pages 101-103.

131. Voir [THUREAU-DANGIN1938a] page 225 et [CAD-S] page 181.

groupe de mots et de sa signification mathématique en contexte sont proposées dans le chapitre V.

MURUB₄ (akk. *qablûm*) : du milieu

Le sumérogramme « MURUB₄ » ou « MÚR » correspond entre autres à l'adjectif akkadien « *qablûm* », qui véhicule l'idée de milieu et signifie dans le langage courant « central », « médian », « moyen » ou « intermédiaire ». Il apparaît à ma connaissance dans un unique texte mathématique, pour qualifier une transversale (« DAL », voir l'entrée correspondante du présent glossaire) placée de manière à partager une forme géométrique en deux zones de même aire.¹³² Aucun des adjectifs cités ci-dessus ne me semblant adapté à ce contexte, j'ai fait le choix d'adopter une traduction par le complément du nom « du milieu », moins susceptible selon moi d'induire le lecteur en erreur sur le sens mathématique du terme.

- DAL.MURUB₄ : YBC 4675 (dgm*)

Dans cette occurrence, qui n'est pas complètement assurée mais néanmoins très probable au vu de l'ensemble du texte de la tablette concernée, l'adjectif « MURUB₄ » qualifie le substantif « DAL » (voir l'entrée correspondante du présent glossaire). L'ensemble du groupe nominal admet pour transcription normalisée « *tallum qablûm* » et peut être traduit par « la transversale du milieu ». La signification de cette expression doit être discutée en contexte.

NE (akk. *annûm*) : ce, ceci

Le signe cunéiforme « NE » peut entre autres être lu comme le logogramme « NE », équivalent du pronom démonstratif akkadien « *annûm* » qui signifie « ce », « ceci » ou « celui-ci ». D'après O. Neugebauer et les auteurs du CAD, il est possible, bien que cela ne soit absolument pas standard dans les textes mathématiques, qu'il doive être compris de cette manière dans l'une des tablettes que j'ai étudiées.

- NE X : BNUS 367 (23*)

Dans cette occurrence potentielle, « NE » serait placé juste devant un nombre X, ce qui pourrait signifier « ce X ». Cette formulation paraît surprenante dans la mesure où aucun parallèle n'est connu dans les textes mathématiques et où il ne semble y avoir aucune raison de souligner de la sorte le nombre en question à l'endroit où il apparaît. Toutefois, aucune autre lecture du passage concerné n'est vraiment convaincante, et l'interprétation « ce X » a été jugée suffisamment plausible pour être retenue par O. Neugebauer et les auteurs du CAD.¹³³

NIM (akk. *elûm, šaqûm?*) : élever

Tout comme le sumérogramme « ÍL » (voir l'entrée correspondante du présent glossaire), le sumérogramme « NIM » désigne, dans les textes mathématiques, l'opération consistant à déterminer une grandeur concrète (surface, conversion, etc) au moyen d'une multiplication.¹³⁴

132. J. Friberg pense qu'il existe une deuxième occurrence de ce sumérogramme, à la neuvième ligne du premier problème de la tablette MS 3052. Je n'ai pas retenu cette lecture lors de mon étude de la tablette.

133. Voir le chapitre V du présent travail pour une discussion de cette occurrence en contexte ainsi que les références des lectures alternatives qui en ont été envisagées.

134. Voir [HØYRUP2002] page 22.

Le verbe akkadien qui lui correspond dans ce contexte n'est à ma connaissance pas clairement établi mais pourrait être « *elûm* (*i*) » ou « *šaqûm* (*u,i*) », qui signifient tous deux littéralement « être haut », « monter » ou « élever ». ¹³⁵ On trouve dans les éditions de textes mathématiques les traductions « to multiply » (O. Neugebauer), « to lift » (J. Høyrup, J. Friberg) et « porter » (F. Thureau-Dangin). Afin de distinguer « NIM » de « ÍL » tout en restant assez proche de son sens non technique, je le traduis pour ma part par « élever ». ¹³⁶

- X *a-na* Y NIM : BNUS 367 (8, 8-9, 9, 12, 13-14, 21, 21-22, 23, 25) ; MS 3052 #4 (16)

Il s'agit de la construction standard du verbe « NIM », dans laquelle il est précédé de ses deux opérands, le premier placé en complément d'objet direct et le deuxième introduit par la préposition akkadienne « *ana* » (« à », « vers »). Lorsque cette phrase apparaît dans une procédure, et même si cela n'est pas indiqué de manière explicite, la situation d'énonciation nous incite à penser que le verbe doit être compris comme un impératif, ce qui entraîne la traduction « élève X à Y ».

- X *a-na* Y NIM-*ma* : MS 3052 #1 (6) ; MS 3052 #2 (10, 11) ; MS 3052 #3 (5, 6, 11) ; MS 3052 #4 (15)

Il s'agit de la même formule que ci-dessus, cette fois suivie de la particule enclitique « *-ma* » qui annonce le résultat de l'opération.

- *a-na* Y NIM : MS 3052 #4 (13)

Cette construction est semblable à celle analysée dans le premier point, à la différence près que le premier des deux opérands, qui se trouve être le résultat de l'opération précédente dans la procédure, n'y est pas répété. Je la traduis par « élève(-le) à Y ».

- *a-na* Y NIM-*ma* : MS 3052 #1 (5, 7, 11) ; MS 3052 #2 (4, 10) ; MS 3052 #4 (7, 8) ; MS 3052 #5 (14)

Il s'agit de la même formule que ci-dessus, cette fois suivie de la particule enclitique « *-ma* » qui annonce le résultat de l'opération.

- NIM en contexte cassé : MS 3052 #4 (20, 21) ; MS 3052 #5 (6, 7, 10)

Le texte entourant les occurrences du sumérogramme « NIM » listées ici est trop endommagé pour que sa construction puisse être déterminée de manière certaine. Il semble cependant s'agir, dans chacun des cas, d'une des quatre constructions répertoriées ci-dessus.

SAG (akk. *pūtum*) : front

L'idéogramme « SAG » est entre autres l'équivalent du terme akkadien « *pūtum* » et s'oppose à l'idéogramme « UŠ » qui est l'équivalent du terme akkadien « *šiddum* » (voir l'entrée correspondante du glossaire des termes akkadiens). Il est utilisé dans les textes de la pratique pour désigner l'un des courts côtés d'un champ ou d'un bâtiment, et dans les textes mathématiques pour désigner principalement une largeur d'un rectangle, une base d'un trapèze ou l'unique

135. La plupart des glossaires de termes mathématiques listés dans l'introduction de cette annexe ne donnent pas d'équivalent akkadien pour « NIM ». F. Thureau-Dangin estime que cet équivalent doit être « *elûm* » (voir [THUREAU-DANGIN1938a] page 239), mais sans toutefois utiliser cette association dans ses transcriptions akkadiennes. J. Høyrup indique quant à lui que ce doit être « *elûm* » ou « *šaqûm* » (voir [HØYRUP2002] page 22), mais sans donner davantage de précisions. Les dictionnaires d'akkadien que j'ai consultés ne mentionnent le sens de « multiplier » pour aucun de ces deux verbes.

136. La traduction « élever » est proposée dans le glossaire de [THUREAU-DANGIN1938a] mais, pour une raison que j'ignore, est abandonnée dans les éditions de textes de ce même recueil au profit de la traduction « porter », pourtant déjà utilisée pour rendre le verbe « ÍL/*našûm* ». On trouvera sous l'entrée 'ÍL' du présent glossaire une brève discussion des différentes traductions utilisées en français pour les deux couples de termes.

base d'un triangle.¹³⁷ Dans chacun de ces cas, il semble pouvoir se rapporter aussi bien à la ligne elle-même qu'à sa mesure ou au nombre sexagésimal positionnel flottant qui lui est associé. Cet idéogramme est généralement traduit par « petit côté » dans les textes administratifs et par « largeur » dans les textes mathématiques, mais F. Thureau-Dangin et J. Friberg ont choisi de le rendre plutôt par le terme « front » inspiré de son sens premier.¹³⁸ Cette traduction moins immédiatement compréhensible présente selon moi deux avantages : en plus d'attirer l'attention du lecteur sur le fait que « SAG » est un terme technique renvoyant à une notion spécifique qui ne recouvre qu'en partie celle de « largeur » dans les mathématiques actuelles (nous ne parlons en particulier pas de « largeur d'un trapèze » ou de « largeur d'un triangle »), elle permet de bien distinguer le couple « SAG/*pūtum* » du couple « DAGAL/*rupšum* » qui désigne la « largeur » en un sens plus concret (voir l'entrée correspondante du présent glossaire).¹³⁹ Je l'ai ainsi retenue.

- SAG : YBC 8633 (3, 5, 22)

- SAG.MEŠ : BNUS 367 (5)

Dans cette forme, « SAG » est suivi du signe « MEŠ » qui permet d'indiquer le pluriel des sumérogrammes. L'ensemble est donc à comprendre comme le nom akkadien « *pūtū* » et peut être traduit par « les fronts ».

- SAG.BI : Ist Si 181 (obv.)

Cette chaîne nominale sumérienne, dans laquelle « SAG » est suivi du suffixe possessif de troisième personne inanimée « BI », correspond au groupe nominal akkadien « *pussu* » et peut être traduite par « son front ». On trouvera dans le chapitre VII une discussion de ce qu'elle désigne exactement sur le 'plan éducatif' où je l'ai rencontrée.

- SAG ša [...] : YBC 8633 (2)

Ce début de groupe nominal est composé du substantif « SAG » et du pronom relatif akkadien « ša » qui était vraisemblablement suivi à l'origine d'une proposition subordonnée désormais perdue. Il admet pour transcription normalisée « *pūtum ša* [...] », ou plutôt « *pūtīm ša* [...] » (au génitif) dans le contexte où il apparaît, et peut être traduit par « le front qui [...] ».

- SAG.AN.NA : BNUS 367 (3, 10, 27) ; MS 3052 #2 (11) ; YBC 4675 (10, 12, 18*)

Cette chaîne nominale, dans laquelle « SAG » est suivi de la séquence « AN.NA » (voir l'entrée correspondante du présent glossaire), est l'équivalent du groupe nominal akkadien « *pūtum elūm* » (au nominatif), ou dans certains cas de l'une de ses déclinaisons « *pūtām eliam* » (à l'accusatif) ou « *pūtīm elīm* » (au génitif), et peut être traduite par « le front supérieur ». Elle fait référence à l'orientation standard des configurations géométriques discutée dans la section III.1.4..

- SAG.AN.TA : YBC 4675 (2)

Cette chaîne nominale, dans laquelle « SAG » est cette fois suivi de la séquence « AN.TA » (voir l'entrée correspondante du présent glossaire), est à nouveau l'équivalent du groupe nominal akkadien « *pūtum elūm* » et peut donc à nouveau être traduite par « le front supérieur ». Tout comme la précédente, elle fait référence à l'orientation standard des configurations géométriques discutée dans la section III.1.4..

137. Voir par exemple [THUREAU-DANGIN1938a] page 224.

138. Notons que J. Høyrup oscille pour sa part entre la traduction « width », qu'il utilise lorsque « SAG » fait référence à ce qu'il appelle une 'configuration standard', et la traduction « front », qu'il utilise lorsqu'il fait référence à une situation concrète (voir [HØYRUP2002] pages 34-35).

139. En anglais, certains auteurs (en particulier J. Høyrup) distinguent ces deux couples en traduisant le premier par « width » et le deuxième par « breadth », mais la langue française n'offre pas suffisamment de mots dans le champ lexical de la largeur pour nous permettre de procéder de la même manière.

- SAG.KI.TA : BNUS 367 (4, 11, 28) ; MS 3052 #1 (8) ; MS 3052 #2 (10) ; MS 3052 #3 (10) ; YBC 4675 (2, 10)

Cette chaîne nominale, dans laquelle « SAG » est cette fois suivi de la séquence « KI.TA » (voir l'entrée correspondante du présent glossaire), est quant à elle l'équivalent du groupe nominal akkadien « *pūtum šaplūm* », ou dans certains cas de l'une de ses déclinaisons « *pūtam šaplīam* » (à l'accusatif) ou « *pūtīm šaplīm* » (au génitif), et peut être traduite par « le front inférieur ». Tout comme les précédentes, elle fait référence à l'orientation standard des configurations géométriques discutée dans la section III.1.4..

- SAG.KI : YBC 4675 (28)

Enfin, cette chaîne nominale, dans laquelle « SAG » est cette fois suivi de la forme courte « KI » (voir l'entrée correspondante du présent glossaire), est à nouveau l'équivalent du groupe nominal akkadien « *pūtūm šaplūm* », ou plutôt de sa déclinaison « *pūtam šaplīam* » (à l'accusatif) dans le contexte où elle apparaît, et peut donc à nouveau être traduite par « le front inférieur » (comme complément d'objet direct d'un verbe). Tout comme les précédentes, elle fait référence à l'orientation standard des configurations géométriques discutée dans la section III.1.4..

SAG.DÙ (akk. *santakkum*) : triangle

Bien que l'étymologie du sumérogramme composé « SAG.DÙ » – que certains lisent alternativement « SAG.DÀ », « SAG.RÚ » ou encore « SAG.KAK » – n'ait à ma connaissance jamais été définitivement tirée au clair, il est bien connu que celui-ci correspond au terme akkadien « *santakkum* » et désigne la forme géométrique du « triangle ». ¹⁴⁰

- SAG.DÙ : YBC 8633 (1, 3, 8*, 11, 14, 22, 26)
- SAG.DÙ *iš-te-en* : YBC 8633 (5, 10*)

Ce groupe nominal, dans lequel le substantif « SAG.DÙ » est suivi de l'adjectif ordinal akkadien « *ištēn* » (voir l'entrée correspondante du glossaire des termes akkadiens), a pour transcription normalisée « *santakkim ištēn* » (au génitif) à l'endroit où il apparaît et peut être traduit par « le premier triangle » (après une préposition ou en tant que complément du nom). Une discussion de la numérotation de triangles à laquelle il renvoie est proposée dans le chapitre V.

- SAG.DÙ *ša-ni-im* : YBC 8633 (5, 13*)

Cet autre groupe nominal, dans lequel le substantif « SAG.DÙ » est cette fois suivi de l'adjectif ordinal akkadien « *šanūm* » (voir l'entrée correspondante du glossaire des termes akkadiens), a pour transcription normalisée « *santakkim šanīm* » (au génitif) à l'endroit où il apparaît et peut être traduit par « le deuxième triangle » (après une préposition ou en tant que complément du nom). Encore une fois, une discussion de la numérotation de triangles à laquelle il renvoie est proposée dans le chapitre V.

140. La lecture « SAG.DÙ », qui apparaît notamment dans [LABAT2011] et les dictionnaires d'akkadien ainsi que dans la plupart des ouvrages consacrés aux mathématiques cunéiformes, est de loin la plus répandue à l'heure actuelle. La lecture « SAG.DÀ » est celle retenue dans le glossaire de F. Thureau-Dangin (voir [THUREAU-DANGIN1938a] page 234), la lecture « SAG.RÚ » a été proposée par S. Lieberman (voir [KLEIN1986] page 4) et la lecture « SAG.KAK » est celle utilisée par J. Friberg (voir [FRIBERG2007a] page 507). Le lien entre ce sumérogramme composé et le terme akkadien « *santakkum* » a été établi par W. von Soden suite à la publication de [NEUGEBAUER1935a] (voir [VONSODEN1937] pages 193-194). Par ailleurs, le sens étymologique du sumérogramme ainsi que le lien entre les deux significations de « *santakkum* » (le « triangle » mais aussi le « clou cunéiforme » ou l'« écriture cunéiforme ») sont discutés de manière technique dans [KLEIN1986].

- SAG.DÙ *ša-al-ši-im* : YBC 8633 (16*)

Enfin, ce dernier groupe nominal, dans lequel le substantif « SAG.DÙ » est suivi de l'adjectif ordinal akkadien « *šalšum* », a pour transcription normalisée « *santakkim šalšim* » (au génitif) à l'endroit où il apparaît et peut être traduit par « le troisième triangle » (toujours après une préposition ou en tant que complément du nom). Encore une fois, une discussion de la numérotation de triangles à laquelle il renvoie est proposée dans le chapitre V.

SAG.KI (akk. *pūtum*) : front

Le sumérogramme composé « SAG.KI » apparaît dans les textes mathématiques comme synonyme du sumérogramme simple « SAG », dont il semble être la forme complète. Il correspond ainsi au substantif akkadien « *pūtum* », est principalement employé pour désigner une largeur d'un rectangle, une base d'un trapèze ou l'unique base d'un triangle et peut être traduit par « front ». Une présentation plus étoffée de sa signification et une discussion de la traduction que j'en ai retenue sont proposées sous l'entrée « SAG » ci-dessus.

- SAG.KI : YBC 8633 (1, 5, 8, 11, 14, 26)

SAG.KI.GU₄ (akk. *pūt alpim*) : trapèze

Le sumérogramme composé « SAG.KI.GU₄ » est formé des substantifs « SAG.KI » (« tête » ou « front », voir l'entrée correspondante ci-dessus) et « GU₄ » (« bœuf »), vraisemblablement suivis d'une marque de complément du nom « AK » dont le « a » s'est assimilé au « u » précédent et le « k » est tombé car il n'était suivi d'aucune voyelle. L'ensemble de la chaîne nominale ainsi constituée correspond à l'expression akkadienne « *pūt alpim* », qui signifie mot-à-mot « tête de bœuf », et est utilisée dans les textes mathématiques afin de désigner les trapèzes. Elle est traduite de manière littérale par J. Friberg et E. Robson (« ox-face », « ox-head », « ox's brow ») et de manière technique par O. Neugebauer, F. Thureau-Dangin et J. Høyrup (« trapèze », « Trapez », « trapezium », « trapezoid »), ce que je retiens ici.

- SAG.KI.GU₄ : BNUS 367 (1)
- SAG.KI.GU₄ *šī-li-ip-tim* : YBC 8633 (18*, 23)

Dans ce groupe nominal, unique dans le corpus mathématique, le sumérogramme « SAG.KI.GU₄ » est suivi du substantif akkadien « *šiliptum* » au génitif singulier (voir l'entrée correspondante du glossaire des termes akkadiens). L'ensemble, qui a pour transcription normalisée « *pūt alpi šiliptim* », peut être traduit par « le trapèze de la diagonale » ou peut-être plutôt « le trapèze du rectangle » étant donnée la situation à laquelle il fait référence. Le sens de cette formulation obscure est discuté en détail et en contexte dans le chapitre V.

SAḪAR (akk. *eperum*) : volume

Le logogramme « SAḪAR » correspond au substantif akkadien « *eperum* » (ou « *eprum* »), qui désigne dans le langage courant la « terre » ou la « poussière » et est employé dans les textes mathématiques avec le sens technique de « volume ».

- SAḪAR : MS 3052 #1 (6, 7) ; MS 3052 #2 (1, 4) ; MS 3052 #3 (1, 5, 11) ; MS 3052 #4 (1, 7, 21*)

SI₈ (akk. *šanānum*) : être égal

Les expressions paléo-babyloniennes les plus courantes faisant référence à la détermination d'une racine carrée (ou cubique) ou à la détermination du côté d'un carré (ou d'un cube) sont formées sur une base verbale sumérienne représentée par le signe « DI », que les historiens des mathématiques cunéiformes comprennent dans ce contexte comme l'équivalent du verbe akkadien « *šanānum* (*a/u*) » signifiant « être égal (à) » et qu'ils translittèrent soit « SÁ », à l'instar de ce qui est généralement fait dans les éditions de textes administratifs et littéraires, soit, le plus souvent, « SI₈ ». ¹⁴¹ Le principal argument qu'ils avancent pour justifier le choix de la valeur « SI₈ » tient au fait que le signe « DI » alterne avec le signe « SI » dans deux formes, « ÍB.DI »/« ÍB.SI » et « BA.DI »/« BA.SI », ce qui indiquerait qu'il était prononcé « si ». ¹⁴² P Attinger a montré il y a quelques années que cet argument n'était pas valable et que les occurrences de « SI » dans les deux formes considérées devaient vraisemblablement être comprises comme le verbe sumérien « SI » signifiant « remplir » plutôt que comme des graphies du verbe « SÁ/SI₈ ». Il a toutefois par ailleurs mis en évidence dans certains textes littéraires des graphies non-standard tendant à indiquer que la prononciation devait tout de même être « si ». ¹⁴³ J'adopte ainsi dans ce travail, bien que pour des raisons différentes de celles avancées dans la littérature antérieure, la translittération usuelle « SI₈ ».

Remarque : Dans certains textes, la forme « ÍB.SI₈ » semble être utilisée de manière figée comme équivalent du substantif akkadien « *mithartum* » plutôt que dans le sens décrit ici. Voir directement l'entrée dédiée pour les occurrences relevant de ce cas.

- X.E Y ÍB.SI₈ : MS 3052 #1 (9) ; MS 3052 #3 (9) ; MS 3052 #4 (11)

Cette expression, qui est la formule standard permettant de faire référence à la détermination d'une racine carrée (ou du côté d'un carré), est formée du nombre dont on cherche la racine (ou de la surface carrée dont on cherche le côté) suivi du suffixe sumérien « E », puis de sa racine carrée (ou du côté cherché) sans suffixe, et enfin de la chaîne verbale sumérienne « ÍB.SI₈ ». Son équivalent akkadien n'est pas connu, et seule l'analyse grammaticale des éléments qui la composent peut nous guider dans sa traduction. ¹⁴⁴ Une première analyse possible consiste à voir dans le suffixe « E » après le premier nombre une marque d'ergatif (cas du sujet dans une phrase transitive ou de l'agent dans une phrase passive), dans l'absence de suffixe après le second nombre une marque d'absolutif (cas de l'objet dans une phrase transitive ou du sujet dans une phrase passive), et dans la chaîne verbale « ÍB.SI₈ » la succession du préfixe de conjugaison « Ì » (préfixe neutre), de l'infixe pronominal « B » (indiquant un sujet à la troisième personne inanimée dans la conjugaison au *hamtum*) et de la base verbale « SI₈ ». Cette première analyse donne lieu à une traduction littérale du type « X rend Y égal », que l'on retrouve dans les propositions « X makes

141. Les prononciations « sa » et « si » sont toutes deux répertoriées dans les vocabulaires suméro-akkadiens (voir [THUREAU-DANGIN1938a] page 240). La translittération « SÁ » est utilisée dans les éditions de textes de F. Thureau-Dangin (voir [THUREAU-DANGIN1938a] pages 240-241) et les articles les plus récents de C. Proust (voir la note 261 de [PROUST2007] page 139, puis par exemple [PROUST2009a] ou [PROUST2016a]), tandis que la translittération « SI₈ » est à ma connaissance employée dans toutes les autres publications sur les mathématiques cunéiformes.

142. De nombreuses remarques à ce sujet, plus ou moins étoffées et plus ou moins claires, parsèment les discussions sur la terminologie mathématique babylonienne. On pourra par exemple se reporter à [HØYRUP2002] pages 25-27 ou aux autres références données dans [ATTINGER2008] pages 12-13. On pourra également consulter [GONÇALVES2015] pages 28-31, qui discute le cas quelque peu différent des textes de la région de la Diyala, auxquels ne s'applique pas l'étude présentée dans l'article de P. Attinger.

143. Voir [ATTINGER2008], en particulier l'introduction, la note 6 et la première partie. Les conclusions que je tire de cet article s'opposent à celles évoquées dans la note de [PROUST2007] page 139 citée ci-dessus.

144. F. Thureau-Dangin considérait que « ÍB.SI₈ » était systématiquement un logogramme pour une forme du verbe « *maḥārum* » (voir [THUREAU-DANGIN1938a] page 240) mais J. Høyrup a remis en cause cette idée (voir [HØYRUP2002] page 27). C. Gonçalves souligne également que la situation n'est pas claire dans le corpus mathématique de la région de la Diyala (voir [GONÇALVES2015] page 31).

Y equalsided » de [FRIBERG2007a] (page 49) et « X makes Y equal » de [GONÇALVES2015] (page 31). Une deuxième analyse possible consiste à comprendre le suffixe « E » après le premier nombre comme une marque de locatif-terminatif (cas indiquant une direction avec notion de contact), dans l'absence de suffixe après le second nombre une marque d'absolutif (cas du sujet dans une phrase intransitive), et dans la chaîne verbale « ÍB.SI_g » la succession du préfixe de conjugaison « ì » (préfixe neutre), de l'infixe « B » allomorphe de « BI » (préfixe de conjugaison additionnel donnant une nuance de locatif-terminatif ou préfixe dimensionnel renvoyant à un complément inanimé au locatif-terminatif), de la base verbale « SI_g » et du suffixe « Ø » (indiquant un sujet à la troisième personne du singulier dans la conjugaison à un participant). Cette deuxième analyse donne lieu à une traduction littérale du type « auprès de X, Y est égal », que l'on retrouve dans les propositions « alongside X, Y is equal » de [HØYRUP2002] (pages 25-26) ou, de manière un peu plus éloignée, « relativement à X, Y est le côté (du carré) » de [PROUST2007] (page 139). J. Høyrup a également proposé une traduction jouant volontairement sur l'ambiguïté du suffixe « E » : « by X, Y is equalside », qui est intéressante mais difficilement adaptable en français. Bien que les deux analyses soient plausibles, le fait que le verbe « SI_g » soit connu seulement comme verbe intransitif dans le sens « être égal » qui nous intéresse ici me fait privilégier la deuxième et donc retenir la traduction « auprès de X, Y est égal ». ¹⁴⁵ Cette traduction n'est probablement pas idéale, mais elle a toutefois le mérite d'être à la fois grammaticalement acceptable, relativement standard et pas trop absconse, ce qui remplit à mon sens les besoins de ce travail sans ajouter à la confusion régnant déjà autour de l'expression.

- *ša* ÍB.SI_g : MS 3052 #1 (10)

Cette proposition subordonnée introduite par le pronom relatif akkadien « *ša* » est utilisée dans l'un des textes que j'ai étudiés pour qualifier un nombre obtenu en prenant la racine carrée d'un autre. Il est probable que la forme verbale « ÍB.SI_g » qui y apparaît ait été reprise telle quelle de l'expression classique « X.E Y ÍB.SI_g » et qu'il soit vain d'en chercher une analyse grammaticale adaptée au contexte. Je traduis ainsi l'ensemble de la proposition par « qui a été rendu égal ».

SILA (akk. *sūqum*) : rue

Le logogramme sumérien « SILA », qui est l'équivalent du substantif akkadien « *sūqum* », désigne la « rue ». ¹⁴⁶ Il est entre autres régulièrement employé dans les contrats immobiliers paléo-babyloniens pour situer le terrain ou la maison sur lequel porte la transaction, et semble également être utilisé de cette manière sur l'un des 'plans éducatifs' que j'ai étudiés. ¹⁴⁷

- *i-ta* SILA : Ist Si 181 (obv.)

Dans ce groupe nominal, le logogramme « SILA » est précédé de l'état construit du nom akkadien « *itûm* » (« bord », « frontière »), qui est utilisé à la manière d'une préposition signifiant « à côté de ». ¹⁴⁸ L'ensemble peut être transcrit sous la forme « *ita sūqim* » et traduit par « à côté de la rue ». On pourra se reporter au chapitre VII pour une comparaison de l'utilisation de cette expression dans les contrats immobiliers et les 'plans pédagogiques' paléo-babyloniens.

- SILA.DAGAL : Ist Si 181 (obv.*)

Lorsque le logogramme « SILA » est suivi de l'idéogramme « DAGAL » qui renvoie à l'idée de largeur (voir l'entrée correspondante du présent glossaire), cela forme un sumérogramme composé qui est répertorié dans les listes lexicales comme l'équivalent du substantif akkadien « *rebîtum* » et

145. Voir l'entrée « *sá* » du lexique sumérien-français de P. Attinger ([ATTINGER2016] page 171). Bien qu'elle ne soit pas très explicite, la note 15 de [ATTINGER2008] me semble également aller dans le sens de cette conclusion.

146. On pourra se reporter à [STRECK2013] et [MIGLUS2013] pour davantage d'informations sur les rues et routes dans le Proche-Orient ancien d'un point de vue philologique et archéologique.

147. Voir par exemple [CAD-S] pages 403-405 pour l'emploi de « SILA » comme une sorte 'd'adresse'.

148. Voir [CAD-LJ] pages 314-315 pour l'emploi prépositionnel de « *itûm* ».

qui désigne une « grand-rue » ou un « carrefour ». On pourra se reporter au chapitre VII pour une comparaison de l'utilisation de ce terme dans les contrats immobiliers et les 'plans pédagogiques' paléo-babyloniens.

SUḪUŠ (akk. *išdum*) : base

Le logogramme « SUḪUŠ » est l'équivalent du substantif akkadien « *išdum* » qui signifie littéralement « fondations » mais peut également prendre le sens plus général de « base ». Dans les trois seuls textes mathématiques répertoriés par les index cités en introduction où ce sumérogramme ou le terme akkadien associé apparaît avec un contexte suffisamment bien préservé, il fait référence au 'bas' d'un objet tridimensionnel (mur, arbre).¹⁴⁹

- *i-na* SUḪUŠ : MS 3052 #1 (1) ; MS 3052 #3 (3) ; MS 3052 #4 (6, 11)

Dans cette expression, le sumérogramme « SUḪUŠ » est précédé de la préposition akkadienne « *ina* » (« dans »). L'ensemble est à comprendre comme « *ina išdim* ». Je le traduis par « à la base ».

SUKUD (akk. *mēlûm*) : hauteur

Le sumérogramme « SUKUD » correspond au substantif akkadien « *mēlûm* », formé sur le verbe « *elûm* » qui véhicule l'idée d'élévation. Il fait référence à la dimension verticale d'objets tridimensionnels 'élevés' sur le sol (portes, digues, murs, etc) et s'oppose ainsi au sumérogramme « BÛR », correspondant au terme akkadien « *šuplum* », qui fait de son côté référence à la dimension verticale d'objets tridimensionnels 'creusés' dans le sol (canaux, tranchées, etc).¹⁵⁰ Je traduis ce terme de manière standard par « hauteur ».

- SUKUD : MS 3052 #1 (dgm, 2, 5) ; MS 3052 #2 (dgm, 1, 5, 6) ; MS 3052 #3 (dgm, 3, 5) ; MS 3052 #4 (6, 12, 13)
- SUKUD-ša : MS 3052 #3 (11) ; MS 3052 #5 (3*)

Dans cette forme, le sumérogramme « SUKUD » est suivi du pronom personnel enclitique akkadien de troisième personne féminin singulier « *-ša* ». L'ensemble est à comprendre comme l'une des formes akkadiennes « *mēlûša* » (au nominatif), « *mēlâša* » (à l'accusatif) ou « *mēlîša* » (au génitif) et peut être traduit par « sa hauteur » (renvoyant à un possesseur féminin). La première occurrence relève du premier de ces cas ; le contexte de la seconde n'est pas suffisamment bien préservé pour que l'on puisse le déterminer.

149. Il s'agit de la tablette MS 3052 dont les occurrences sont listées dans cette entrée, ainsi que des tablettes VAT 8522, une tablette d'époque paléo-babylonienne où l'on trouve le terme akkadien (voir [NEUGEBAUER1935a] pages 367-373) et AO 6484, une tablette d'époque séleucide où l'on trouve le sumérogramme (voir [NEUGEBAUER1935a] pages 96-107 et [THUREAU-DANGIN1938a] pages 76-81).

150. Cette distinction communément admise entre « SUKUD » et « BÛR » ressort effectivement d'un rapide passage en revue des occurrences répertoriées dans les index cités dans l'introduction de cette annexe. Il semble tout-dé-même y avoir quelques rares exceptions, comme par exemple celle signalée dans [ROBSON1999] page 106.

- SUKUD KI.n : MS 3052 #4 (15, 17)

Ce groupe nominal, dans lequel le substantif « SUKUD » est suivi de l'expression ordinale « KI.n » placée juste après lui (voir l'entrée correspondante du présent glossaire), peut être traduit par « la hauteur numéro n ». Une discussion de la numérotation des hauteurs à laquelle renvoie cette expression doit être proposée en contexte.

- i-na X SUKUD : MS 3052 #2 (2) ; MS 3052 #3 (2) ; MS 3052 #4 (2)

Dans ce groupe nominal, le sumérogramme « SUKUD » est précédé de la préposition akkadienne « ina » (« dans ») et d'une valeur numérique. Les contextes dans lesquels il est employé permettent de comprendre qu'il signifie « à une hauteur de X », ou, pour rester un peu plus proches de la construction originale, « à X de hauteur ».

SUM (akk. *nadānum*) : donner

L'idéogramme « SUM », parfois transcrit également « sī » ou « šÚM », est connu pour être l'équivalent du verbe akkadien « *nadānum* (i) » qui signifie « donner ». Il est employé dans les textes mathématiques pour indiquer le résultat d'une opération.¹⁵¹

- X IN.SUM : BNUS 367 (8, 9, 13, 14, 18*, 20, 26, 28) ; MS 3052 #1 (6, 8, 11) ; MS 3052 #2 (4, 5, 7, 8, 9, 10, 11) ; MS 3052 #3 (4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11) ; MS 3052 #4 (7, 8, 9, 10, 11, 13, 14, 15, 18, 19, 21) ; MS 3052 #5 (7, 8, 10, 12, 14)

La chaîne verbale sumérienne « IN.SUM » peut s'analyser comme le préfixe de conjugaison « ì » (préfixe neutre) suivi de l'infixe personnel « N » (indiquant un sujet à la troisième personne du singulier, animée, dans la conjugaison au *ḥamtum*) puis de la base verbale. Elle est répertoriée dans les listes lexicales comme équivalent de la forme verbale akkadienne « *iddin* » (à l'accompli) et se traduit littéralement par « il a donné ». Il est cependant clair qu'elle est plutôt employée dans les textes mathématiques avec le sens de la forme verbale « *inaddin* » (à l'inaccompli), d'ailleurs utilisée dans des situations similaires lorsque l'on y rencontre des écritures syllabiques, et qu'il est donc plus judicieux de traduire la phrase par « cela donne X ».¹⁵²

- EN.NAM a-na X ḪÉ.GAR ša Y IN.SUM : BNUS 367 (19)

On retrouve dans cette phrase interrogative la chaîne verbale « IN.SUM » discutée au point précédent, mais cette fois comme verbe d'une proposition subordonnée relative introduite par le subordonnant akkadien « *ša* ». L'ensemble de la phrase, dont la proposition principale est analysée en détail sous l'entrée « GAR » du présent glossaire, correspond à la question akkadienne « *mīnam ana X luškun ša Y inaddinu* » et peut être traduit par « Que dois-je poser à X, qui donne Y ? ». Cette formule apparaît dans certaines procédures de résolution de problèmes lorsque l'on doit y effectuer la division d'un nombre par un nombre irrégulier – ou plus généralement par un nombre dont le scribe semble ne pas connaître ou ne pas vouloir utiliser l'inverse – et signifie ainsi, de manière un peu plus explicite, « Quel nombre dois-je poser relativement au nombre X, de manière à ce que le produit des deux nombres donne Y ? ».

ŠÀ (akk. *libbum*) : intérieur

Le logogramme « ŠÀ » est l'équivalent du terme akkadien « *libbum* » qui désigne au sens propre le « cœur » ou le « ventre », mais peut également faire référence, par extension, au « contenu »

151. Voir par exemple [HØYRUP2002] page 40.

152. Voir l'entrée « *nadānum* » du glossaire des termes akkadiens pour des exemples d'écriture syllabique de cette expression.

ou à l'« intérieur ». C'est cette dernière traduction qui me semble la plus appropriée pour les contextes mathématiques dans lesquels il apparaît.

- *i-na šÀ* : BNUS 367 (1) ; MS 3052 #1 (3) ; MS 3052 #4 (3)

Dans cette expression bien connue, le sumérogramme « šÀ » est précédé de la préposition akkadienne « *ina* » (« dans »). L'ensemble est à comprendre comme le groupe nominal « *ina libbim* » et peut être traduit par « à l'intérieur ».

TA.ÀM : chacun

Le sumérogramme composé « TA.ÀM », formé de la marque d'ablatif-instrumental « -TA » qui peut également prendre un sens de distributif et de la copule enclitique « -ÀM » qui indique le fait d'être, est répertorié dans [LABAT2011] comme un déterminatif suivant les nombres distributifs.¹⁵³ Je le traduis ainsi par « chacun ».

- X TA.ÀM : YBC 4675 (3)

Dans cette occurrence, « TA.ÀM » est placé immédiatement après une mesure X, ce qui véhicule le sens de « X chacun ». Le sens et la traduction de la phrase complète à l'intérieur de laquelle cette expression apparaît, qui est longue et complexe, doivent être discutés en contexte.

TAB (akk. *ešēpum*) : répéter

Le logogramme « TAB » correspond au verbe akkadien « *ešēpum (i)* ». Il est utilisé pour désigner un doublement (concret) d'une grandeur ou, par extension, une duplication (concrète) d'une grandeur un certain nombre de fois.¹⁵⁴ Je le traduis donc de manière générique par « répéter », comme le font J. Høyrup et J. Friberg.

- *a-na 2.E TAB-ma* : MS 3052 #1 (7)

Il s'agit d'une des constructions standard du verbe « TAB », qui est translittérée dans les éditions de textes mathématiques « (X) *a-na 2 E.TAB-ma* » (O. Neugebauer, J. Friberg), « (X) *a-na 2 e-TAB-ma* » (F. Thureau-Dangin, J. Høyrup) ou bien « (X) *a-na 2.E TAB-ma* » (C. Proust). Avec la première translittération, la forme verbale s'analyse comme la chaîne sumérienne « E.TAB » formée du préfixe de conjugaison « ì » (préfixe neutre), de l'infixe personnel « E » (indiquant un sujet à la deuxième personne du singulier dans la conjugaison au *hamtum*, dont l'emploi serait probablement à comprendre dans ce cadre comme désignant une action ponctuelle au présent) et de la base verbale « TAB ». Elle est précédée du nombre répété, placé en complément d'objet direct (non indiqué explicitement dans l'occurrence discutée car il s'agit du résultat de l'opération précédente), et du nombre de fois que celui-ci est répété, introduit par la préposition akkadienne « *ana* » (« à », « vers »). L'ensemble correspond alors à l'une des phrases akkadiennes « (X) *ana 2 tēšip* » (à l'accompli) ou plutôt « (X) *ana 2 teššip* » (à l'inaccompli), et se traduit littéralement « tu répètes (X) jusqu'à 2 ». Il paraît cependant étrange de trouver une phrase de ce type à l'intérieur d'une procédure entièrement rédigée à l'impératif, et c'est probablement ce qui a motivé F. Thureau-Dangin et J. Høyrup à adopter la deuxième translittération. Avec celle-ci, la forme verbale s'analyse comme le sumérogramme « TAB » précédé du complément phonétique « e ». La phrase peut alors être comprise à l'impératif, « (X) *ana 2 ešip* », c'est-à-dire « répète (X) jusqu'à 2 », ce qui est déjà plus satisfaisant. Toutefois, cette interprétation pose elle aussi problème

153. Voir [THOMSEN1984] page 106 (§ 211) au sujet du sens distributif du suffixe ablatif-instrumental « -TA », [THOMSEN1984] page 275 (§ 541) au sujet de la copule enclitique « -ÀM » et [LABAT2011] page 99 (n° 139) pour la signification du sumérogramme complet.

154. Voir [THUREAU-DANGIN1938a] page 217 et [HØYRUP2002] page 23.

puisque, comme l'a relevé C. Proust, la base verbale « TAB » est fréquemment omise dans les séries mathématiques tandis que la syllabe « E » est conservée, ce qui serait surprenant si cette syllabe était effectivement un préfixe verbal ou un indicateur phonétique. Cette constatation a conduit à adopter la troisième translittération, dans laquelle le sumérogramme « TAB » apparaît seul (comme c'est presque toujours le cas des sumérogrammes désignant des opérations) et le « E » apparaît comme un suffixe du nombre de répétitions (vraisemblablement un suffixe de locatif-terminatif redondant avec la préposition « ana »). La phrase entière correspond alors, tout comme dans le deuxième cas, à l'akkadien « (X) ana 2 ešip » et se traduit de la même manière « répète (X) jusqu'à 2 ». ¹⁵⁵ Cette dernière interprétation a été retenue dans ce travail. Signalons pour terminer que l'expression discutée est suivie, dans l'occurrence répertoriée ci-dessus, de la particule enclitique « -ma » qui introduit le résultat de l'opération.

- TAB en contexte cassé : MS 3052 #5 (9)

Le verbe « TAB » est utilisé dans cette occurrence avec la même construction que dans l'occurrence ci-dessus, mais l'état du texte à cet endroit ne permet pas de déterminer si le premier opérande, le nombre répété, y est indiqué explicitement ou non.

UŠ (akk. šiddum) : flanc

L'idéogramme « UŠ » est entre autres l'équivalent du terme akkadien « šiddum » et s'oppose à l'idéogramme « SAG » qui est l'équivalent du terme akkadien « pūtum » (voir l'entrée correspondante du premier glossaire). Il est utilisé dans les textes de la pratique pour désigner un grand côté d'un champ ou d'un bâtiment, et dans les textes mathématiques pour désigner principalement une longueur d'un rectangle, un côté d'un trapèze qui n'en est pas une base, un des 'côtés allongés' d'un triangle ou un 'long côté' d'un volume. Dans chacun de ces cas, il semble pouvoir se rapporter aussi bien à la ligne elle-même qu'à sa mesure ou au nombre sexagésimal positionnel flottant qui lui est associé. Cet idéogramme est généralement traduit par « grand côté » dans les textes administratifs et par « longueur » dans les textes mathématiques, mais F. Thureau-Dangin a choisi de le rendre plutôt par le terme « flanc ». ¹⁵⁶ Cette traduction moins immédiatement compréhensible a selon moi l'avantage d'attirer l'attention du lecteur sur le fait que « UŠ » est un terme technique renvoyant à une notion spécifique qui ne recouvre qu'en partie celle de « longueur » dans les mathématiques actuelles (nous ne parlons en particulier pas de « longueur d'un trapèze » ou de « longueur d'un triangle »), et j'ai donc décidé de la retenir. ¹⁵⁷

Remarque : L'idéogramme « UŠ » qui désigne le flanc est strictement identique à celui qui désigne l'unité de mesure de longueur du même nom. Seul le contexte permet de déterminer laquelle de ces deux significations doit être retenue, et il existe des situations dans lesquelles il est impossible de trancher de manière assurée. ¹⁵⁸

155. Voir [PROUST2009a] pages 183-186 pour une analyse complète de cette expression avec une liste des occurrences connues, des arguments plus développés et une discussion des limites de la troisième interprétation.

156. Je n'ai pas trouvé l'origine de cette traduction « flanc », qui ne semble pas correspondre au sens étymologique de « šiddum » (voir [THUREAU-DANGIN1938a] page 226 à ce sujet). Il est possible que F. Thureau-Dangin l'ait choisie par opposition au sens premier de « SAG », le « front ». Notons par ailleurs que J. Høyrup oscille entre la traduction « length », qu'il utilise lorsque « UŠ » fait référence à ce qu'il appelle une 'configuration standard', et la traduction « flank », qu'il utilise lorsqu'il fait référence à une situation concrète (voir [HØYRUP2002] pages 34-35).

157. À cette première raison s'ajoute une deuxième, moins profonde mais tout aussi importante à prendre en compte : « UŠ » et « SAG » pouvant être vus comme le pendant l'un de l'autre, il faudrait, si l'on traduit le premier par « longueur », traduire le deuxième par « largeur », ce qui poserait ensuite des problèmes pratiques pour la traduction d'autres termes (voir la discussion à ce sujet sous l'entrée 'SAG' du présent glossaire).

158. C'est par exemple le cas dans l'une des inscriptions du diagramme du quatrième problème de la tablette MS 3052 (voir la discussion de ce point dans les notes philologiques de la section VI.3.3.).

- UŠ : BNUS 367 (25) ; MS 3052 #1 (dgm, 1, 6) ; MS 3052 #2 (1) ; MS 3052 #3 (dgm, 1, 4) ; MS 3052 #4 (dgm*, 1, 7) ; MS 3052 #5 (1, 9) ; YBC 4675 (1, 31, 33, 34) ; YBC 8633 (21, 24)
- UŠ-šu : MS 3052 #4 (5)

Dans ce groupe nominal, le sumérogramme « UŠ » est suivi du pronom personnel enclitique akkadien de troisième personne masculin singulier « -šu ». L'ensemble est à comprendre comme « šiddašu » et peut être traduit par « son flanc » (renvoyant à un possesseur masculin).
- UŠ.NE.NE : BNUS 367 (5)

Dans cette chaîne nominale sumérienne, le nom « UŠ » est suivi du suffixe possessif à la troisième personne du pluriel « A.NE.NE ». ¹⁵⁹ L'ensemble peut être normalisé sous la forme « šiddašunu » et traduit par « leur flanc » (renvoyant à des possesseurs masculins), ou plutôt, puisqu'il semble s'agir dans le contexte des flancs différents de deux bandes « I₇/nārum », normalisé sous la forme « šiddūšina » et traduit par « leurs flancs » (renvoyant à des possesseurs féminins). ¹⁶⁰
- UŠ.AN.NA : BNUS 367 (3, 21)

Cette chaîne nominale sumérienne, dans laquelle « UŠ » est suivi du sumérogramme composé « AN.NA » (voir l'entrée correspondante du présent glossaire), correspond au groupe nominal akkadien « šiddum elūm », ou probablement « šiddim elīm » (au génitif) dans l'un des cas, et peut être traduite par « le flanc supérieur ». Elle fait référence à l'orientation standard des configurations géométriques discutée dans la section III.1.4..
- UŠ.KI.{UŠ.KI}.TA : BNUS 367 (22)

Les historiens des mathématiques cunéiformes ayant commenté cette séquence de cinq signes considèrent unanimement qu'il faut y voir une dittographie et la comprendre comme la simple séquence de trois signes « UŠ.KI.TA », dans laquelle « UŠ » est suivi du sumérogramme composé « KI.TA » (voir l'entrée correspondante du présent glossaire). Cette dernière correspond au groupe nominal akkadien « šiddum šaplūm » et peut être traduite par « le flanc inférieur ». Elle fait référence à l'orientation standard des configurations géométriques discutée dans la section III.1.4.
- UŠ.KI : BNUS 367 (2)

Cette chaîne nominale sumérienne est la même que la précédente, à la différence que l'on y trouve la forme courte « KI » au lieu de la forme complète « KI.TA » (voir l'entrée dédiée du présent glossaire). Elle correspond donc elle aussi au groupe nominal akkadien « šiddum šaplūm » (au nominatif) ou « šiddim šaplīm » (au génitif), peut elle aussi être traduite par « le flanc inférieur » et fait elle aussi référence à l'orientation standard des configurations géométriques discutée dans la section III.1.4..
- UŠ.GÍD.DA : YBC 4675 (4, 6, 24, 34)

Cette chaîne nominale sumérienne, dans laquelle « UŠ » est suivi de l'adjectif « GÍD.DA » (voir l'entrée correspondante du présent glossaire), correspond à l'un des groupes nominaux akkadiens « šiddum arkum » (au nominatif) ou « šiddam arkam » (à l'accusatif) et peut être traduite par « le flanc long ». Elle désigne le plus long des deux grands côtés d'un quadrilatère possiblement trapézoïdal et son sens exact doit être discuté en contexte.
- UŠ.LUGUD₂.DA : YBC 4675 (4, 6, 26, 35)

159. Dans la mesure où le nom « UŠ » se termine par une consonne et non une voyelle, il n'y a a priori aucune raison, en grammaire sumérienne, que le « A » initial du suffixe possessif soit omis (voir [THOMSEN1984] pages 71-73). Néanmoins, le suffixe semble s'être figé sous la forme abrégée « NE.NE » pour les sumérogrammes (voir [LABAT2011] page 111), ce qui expliquerait la séquence de signes trouvée ici.

160. Voir le chapitre V de ce travail pour une discussion en contexte.

Cette chaîne nominale sumérienne, dans laquelle « UŠ » est suivi de l'adjectif « LUGUD₂.DA » (voir l'entrée correspondante du présent glossaire), s'oppose à la précédente et correspond cette fois à l'un des groupes nominaux akkadiens « *šiddum kurûm* » (au nominatif) ou « *šiddam kuriam* » (à l'accusatif), qui peuvent être traduite par « le flanc court » (en tant que sujet ou complément d'objet direct d'un verbe). Elle désigne le plus court des deux grands côtés d'un quadrilatère possiblement trapézoïdal et son sens exact doit être discuté en contexte.

- UŠ *ki-nu-um* : YBC 8633 (8, 21)

Dans ce groupe nominal, le substantif « UŠ » est suivi de l'adjectif akkadien « *kīnum* » (voir l'entrée correspondante du glossaire des termes akkadiens) au nominatif singulier. L'ensemble admet pour transcription normalisée « *šiddum kīnum* » et peut être traduit par « le flanc vrai » (en tant que sujet d'une phrase). Le sens de cette expression est discuté en contexte dans le chapitre V.

- UŠ *ki-nim* : YBC 8633 (15)

Dans ce groupe nominal, le substantif « UŠ » est à nouveau suivi de l'adjectif akkadien « *kīnum* » (voir l'entrée correspondante du premier glossaire), mais cette fois décliné au génitif singulier. L'ensemble admet pour transcription normalisée « *šiddim kīnim* » et peut être traduit par « le flanc vrai » (après une préposition ou en tant que complément du nom). Le sens de cette expression est discuté en contexte dans le chapitre V.

- UŠ *kl.n* : YBC 4675 (25)

Ce groupe nominal, dans lequel le substantif « UŠ » est suivi de l'expression ordinale « *kl.n* » placée juste après lui (voir l'entrée correspondante du présent glossaire), peut être traduit par « le flanc numéro *n* ». Une discussion du sens de la numérotation des flancs à laquelle renvoie cette expression doit être proposée en contexte.

- UŠ *ša-nu-um* : YBC 8633 (6, 25)

Dans ce groupe nominal, le sumérogramme « UŠ » est suivi de l'adjectif akkadien « *šanûm* » (voir l'entrée correspondante du glossaire des termes akkadiens) au nominatif singulier. L'ensemble admet pour transcription normalisée « *šiddum šanûm* » et peut être traduit par « le deuxième flanc » ou bien « l'autre flanc ». Une discussion contextualisée du sens mathématique de cette expression est proposée dans le chapitre V.

- UŠ.TA *ki-la-la-an* : YBC 8633 (1*)

Dans ce groupe nominal, le substantif « UŠ » est suivi du suffixe sumérien « -TA », qui semble prendre à cet endroit un sens de distributif plutôt que d'ablatif ou d'instrumental, puis du pronom akkadien « *kilallān* » (voir l'entrée correspondante du glossaire des termes akkadiens).¹⁶¹ L'ensemble peut être traduit par « chacun des deux flancs ».

- UŠ.ĦI.A *ga-me-ru-ú-tim* : YBC 4675 (7)

Dans cet autre groupe nominal, le substantif « UŠ » est suivi du suffixe « ĦI.A », qui sert à marquer le pluriel des sumérogrammes, puis de l'adjectif akkadien « *gamrum* » (voir l'entrée correspondante du premier glossaire) décliné à l'accusatif-génitif pluriel. L'ensemble admet pour transcription normalisée « *šiddi gamerūtim* » et peut être traduit par « les flancs complets ». À l'endroit où elle apparaît, cette expression désigne les flancs d'origine d'un quadrilatère, par opposition aux flancs des bandes en lesquelles il a été divisé au moyen d'une transversale. Son sens exact doit être discuté en contexte.

161. Voir [THOMSEN1984] page 106 (§ 211) pour l'emploi du suffixe « -TA » avec un sens distributif.

- UŠ.n.E : YBC 4675 (1)

Cette forme, qui se décline en « UŠ.1.E » et « UŠ.2.E » dans le texte où je l'ai rencontrée, est problématique. Le suffixe sumérien « -E » pourrait correspondre à une marque de locatif-terminatif, ce qui donnerait lieu à la traduction « relativement au flanc *n* » mais, d'une part, il s'agirait d'un emploi inapproprié, dans une construction nominale, de ce cas normalement réservé à certains verbes, et, d'autre part, cela donnerait lieu à une formulation un peu étrange.¹⁶² Une autre possibilité, qui correspond mieux au sens attendu, serait de comprendre ce même suffixe comme un marqueur ordinal, ce qui donnerait lieu à la traduction « le *n*-ème flanc » mais n'est pas non plus totalement satisfaisant dans la mesure où « -E » n'est pas attesté comme variante possible du suffixe ordinal habituel « -KAM ».¹⁶³

- UŠ en contexte cassé : YBC 8633 (9)

Le texte suivant cette occurrence de l'idéogramme « UŠ » est perdu mais consistait probablement en l'un des adjectifs akkadiens « *šanûm* » ou « *kînum* » (voir les entrées correspondantes du premier glossaire) décliné au génitif singulier, ce qui donnerait l'une des transcriptions normalisées « *šiddim šanîm* » ou « *šiddim kînim* » et donc l'une des traductions « le deuxième flanc », « l'autre flanc » ou « le flanc vrai ». La reconstitution de ce passage d'après son contexte est discutée dans le chapitre V.

ZA.E KÌ.DA.ZU.NE → voir AK

ZI (akk. *nasāḫum*) : retrancher

Le sumérogramme « ZI » est utilisé comme équivalent du verbe akkadien « *nasāḫum (a/u)* », qui signifie littéralement « arracher » ou « enlever ». Il est employé dans les textes mathématiques pour désigner l'opération inverse de celle désignée par « DAḪ/*waṣābum* » (voir les entrées correspondantes des deux glossaires), qui consiste à ôter d'une grandeur une autre grandeur qui en est une partie.¹⁶⁴ On en rencontre dans la littérature tantôt des traductions qui mettent en avant l'opération arithmétique à laquelle il est lié (« to subtract » chez O. Neugebauer, « soustraire » chez F. Thureau-Dangin et C. Proust) et tantôt des traductions qui mettent au contraire en avant son sens littéral afin de rappeler qu'il s'agit d'un type de soustraction spécifique (« to tear out » chez J. Høyrup, « to tear off » chez J. Friberg, « to remove » chez C. Gonçalves). J'adopte pour ma part la traduction « retrancher », qui donne bien le sens voulu sans être trop arithmétique.

- X *i-na* Y ZI : BNUS 367 (24*); MS 3052 #1 (8); MS 3052 #4 (10)

Il s'agit de la construction standard du verbe « ZI ». Le premier opérande, celui que l'on retranche de l'autre, est placé en complément d'objet direct, tandis que le deuxième opérande, celui duquel on retranche l'autre, est introduit par la préposition akkadienne « *ina* » (« dans »). Lorsque cette phrase apparaît à l'intérieur d'une procédure, la situation d'énonciation nous incite à penser, même si cela n'est pas indiqué explicitement par l'adjonction d'une voyelle finale, que le verbe doit être compris comme un impératif : « X *ina* Y *usuḫ* », c'est-à-dire « retranche X de Y ».

- X *i-na* Y ZI-*ma* : MS 3052 #2 (5, 8, 11); MS 3052 #3 (8, 9); MS 3052 #4 (11)

Il s'agit de la même phrase que ci-dessus, cette fois suivie de la particule enclitique « -*ma* » qui annonce le résultat de l'opération.

162. Voir [THOMSEN1984] pages 93 et 95.

163. En particulier, un tel emploi de « -E » en tant que suffixe ordinal n'est mentionné ni dans [THOMSEN1984] page 83 ni dans [JAGERSMA2010] page 256.

164. Voir [HØYRUP2002] page 20.

- ZI en contexte cassé : MS 3052 #4 (19) ; MS 3052 #5 (11)

Le texte entourant les occurrences de « ZI » répertoriées dans ce point est trop endommagé pour que la construction grammaticale avec laquelle ce verbe y est employé puisse être déterminée de manière certaine. Il pourrait s'agir dans un cas de la première forme présentée ci-dessus et dans l'autre de la deuxième.

ZU (akk. *idûm*) : connaître

Le verbe sumérien « ZU », qui correspond au verbe akkadien « *idûm* » (ou « *edûm* »), signifie « savoir » ou « connaître ».

- NU.ZU : MS 3052 #4 (3)

Cette séquence peut être analysée comme une chaîne verbale sumérienne formée soit du préfixe de conjugaison « NU+ì » (négation), de l'infixe personnel « *Y » (indiquant un sujet à la première personne du singulier dans la conjugaison au *hamtum*) et de la base verbale « ZU », soit du préfixe de conjugaison « NU+ì » (négation), de la base verbale « ZU » et du suffixe personnel « Ø » (indiquant un sujet à la troisième personne du singulier dans la conjugaison à un participant). Elle est généralement interprétée dans les textes mathématiques de la première manière, ce qui la fait correspondre à la forme verbale akkadienne « *ul îde* » attestée en écriture syllabique dans certains problèmes et conduit à la traduction « je n'ai pas eu connaissance de », ou plutôt, avec un sens de présent, « je ne connais pas ». ¹⁶⁵ Toutefois, dans l'occurrence mentionnée ci-dessus, le groupe nominal que l'on attendrait être le complément du verbe si l'on adoptait cette première analyse est décliné au nominatif et non à l'accusatif. Cela nous incite à retenir à cet endroit la deuxième analyse, dont aucune écriture syllabique en akkadien n'est attestée à ma connaissance dans les textes mathématiques mais qui donne lieu à la traduction au passif « n'est pas connu », mieux adaptée à la structure grammaticale de la phrase.

165. Voir notamment [THUREAU-DANGIN1938a] page 232 pour l'analyse de cette forme ainsi que des exemples d'attestations en sumérogrammes et en écriture syllabique.

Annexe E

Documentation de la base de données MathCun

Ainsi que je l'ai expliqué lors de la première description d'ensemble de mon corpus, j'ai été amenée, au cours de ma thèse, à concevoir et commencer à créer une base de données de tablettes mathématiques cunéiformes qui soit plus adaptée aux besoins de mes recherches que celles existant à l'heure actuelle. Bien que cette base de données ne soit pas encore achevée et que son interface ne soit pas encore opérationnelle, il me semble intéressant de consacrer cette dernière annexe à exposer mes réflexions à son sujet, qui, même si elles sont très peu visibles dans le corps de la thèse, ont occupé une part importante de mon temps de travail et ont contribué de manière significative au développement de mon approche des diagrammes.

Dans les pages qui suivent, je propose ainsi une présentation générale de la base de données que j'ai conçue, décrivant l'esprit dans lequel je l'ai élaborée et les informations que j'ai cherché à lui permettre de répertorier, puis une présentation plus détaillée de ses caractéristiques techniques, décrivant la structure que j'ai créée pour pouvoir stocker les renseignements voulus et les solutions informatiques que j'ai retenues pour mettre en place les fonctionnalités nécessaires. Afin que la documentation ainsi constituée forme un tout aussi autonome que possible, j'ai fait le choix de répéter dans la section E.1.1. ci-dessous des informations déjà données dans la section I.3.1. du corps de thèse. Cette petite redondance, qui reste limitée, me semble être un inconvénient mineur eût égard au confort de consultation qu'elle peut apporter ; les lecteurs ayant pris connaissance de la thèse de manière linéaire pourront s'ils le souhaitent se rendre directement à la section E.1.2..

E.1. Présentation générale de la base de données

Comme il est apparu à plusieurs reprises au cours des discussions proposées dans différents chapitres, certaines des analyses que je me propose de réaliser à propos des diagrammes mathématiques paléo-babyloniens ne peuvent être effectuées dans de bonnes conditions qu'en s'appuyant sur des recherches systématiques d'informations dans une base de données. Cependant, pour que de telles recherches soient possibles, la base de données utilisée doit, en plus de fournir les informations usuelles au sujet des tablettes, d'une part renfermer et rendre accessibles des renseignements précis relatifs aux éléments visuels que sont les diagrammes, et d'autre part répondre aux exigences générales de rigueur dans le traitement des informations que je me suis imposées.

E.1.1. Caractéristiques recherchées

Les deux principales bases de données entièrement ou partiellement dédiées aux tablettes mathématiques cunéiformes qui existent à l'heure actuelle sont celles des projets CDLI et ORACC DCCMT, que j'ai présentées dans la section IV.2.1.1 du chapitre consacré à mes méthodes de travail. La base de données que je suis en train de créer pour répondre aux besoins de mes recherches reprend bien sûr un certain nombre de leurs caractéristiques, telles que le stockage d'informations sur le contexte et le contenu des tablettes, le recensement des références bibliographiques où l'on peut trouver des éditions des tablettes, ou encore la mise à disposition de photographies et de copies des tablettes. Toutefois, elle vise à augmenter les possibilités offertes par celles-ci, sur trois plans principaux.

E.1.1.1. Nécessité d'inclure des champs pour les informations liées aux diagrammes

Compte tenu des besoins liés au thème de ma thèse, la première contrainte évidente que doit satisfaire la base de données que j'ai conçue est de proposer des champs suffisamment nombreux et précis pour que toutes les données pertinentes au sujet des diagrammes mathématiques puissent y être enregistrées. Ces champs doivent permettre de faire des recherches exhaustives approfondies non seulement sur le contexte et les caractéristiques des tablettes sur lesquelles les diagrammes apparaissent, mais aussi, plus spécifiquement, sur, notamment, leur implantation matérielle, les formes géométriques qu'ils montrent, les objets qu'ils représentent, le contenu et la position des inscriptions qu'ils comportent, les techniques de tracé employées pour produire les dessins dont ils sont constitués, la manière dont ils semblent avoir été utilisés dans les raisonnements, et un certain nombre d'autres éléments dont l'intérêt est apparu au fil des différents chapitres. De plus, ces champs doivent également permettre de stocker pour chaque diagramme un nombre illimité d'images, de sorte que les utilisateurs puissent avoir instantanément sous les yeux toutes les photographies, copies et schémas de commentateurs utiles pour l'étudier.

À cette contrainte spécifique à mon sujet de recherche viennent s'ajouter deux impératifs beaucoup plus généraux mais malheureusement rarement satisfaits par les bases de données.

E.1.1.2. Nécessité de présenter les données de manière homogène

Il me semble tout d'abord essentiel que la manière d'entrer les renseignements dans la base de données soit encadrée et stable, puisque seul le respect d'une telle homogénéité permet d'effectuer des recherches fiables et des décomptes justes – qui, force est de le constater, ne sont que partiellement possibles dans de nombreuses bases de données de tablettes cunéiformes existantes en raison de la trop grande variabilité des formulations de leurs données.¹ Il s'agit en particulier d'éviter trois écueils, que je liste en commençant par le plus évident. Premièrement, il est important d'éviter qu'une même information puisse être décrite au moyen de termes différents selon les entrées, par exemple que certaines tablettes soient datées de l'époque « sargonique » et d'autres de l'époque « paléo-akkadienne ».² Deuxièmement, il est important d'éviter que, dans un même champ, des informations soient données de manière plus ou moins précise selon les entrées, par exemple que le genre de contenu de certaines tablettes soit classé de manière générale comme « table numérique » et le genre de contenu d'autres tablettes plus spécifiquement comme « table de carrés » ou « table d'inverses ». Enfin, troisièmement, il est important d'éviter que le niveau de détail proposé par les descriptions soit trop variable d'une entrée à l'autre, par exemple que le champ « contenu » d'une tablette contenant un unique problème résolu décrive précisément en quoi consiste ce problème tandis que le champ « contenu » d'une tablette contenant une grande collection de problèmes résolus ne dise que quelques mots sur chacun d'eux.

Afin de pallier autant que faire se peut aux deux premiers problèmes, je me suis efforcée d'accompagner la base de données que j'ai conçue d'un descriptif détaillé de tous les champs contenus dans ses tables, qui précise quelles informations y sont attendues et de quelle manière elles doivent y être présentées. Ce descriptif se trouve dans la section E.2.2. À chaque

1. Il suffit par exemple d'ouvrir les fiches de quelques-unes des tablettes de mon corpus dans la base de données du CDLI pour entrevoir l'ampleur de ce problème – en particulier en ce qui concerne le champ consacré aux genres de contenus, pour lequel il existe presque autant de manières différentes de décrire un même genre que de personnes ayant contribué à la base de données !

2. Les qualificatifs « sargonique » et « paléo-akkadien » font référence à une même période de l'histoire mésopotamienne, dont les dates approximatives sont données dans la note 107, page 102.

fois que cela s'est avéré possible, j'ai de plus pensé les champs pour qu'ils soient renseignés en utilisant des valeurs prises dans des listes fermées définies à l'avance de manière à couvrir sans recoupement tous les cas rencontrés (par exemple pour les périodes, les types de tablettes, les genres de contenus, etc). Lorsque les valeurs possibles pour un champ sont naturellement amenées à être complétées au fur et à mesure du remplissage de la base de données mais doivent néanmoins rester limitées pour permettre des recherches, j'ai prévu de répertorier ces valeurs dans des listes ouvertes que l'utilisateur peut étendre si besoin (par exemple pour les formes géométriques élémentaires, les objets représentés par les diagrammes, les catégories thématiques des problèmes, etc). Enfin, dans le cas des champs pour lesquels proposer des listes de valeurs alourdirait trop la structure interne de la base de données mais où des recherches sont néanmoins susceptibles d'être effectuées sur des aspects précis, des répertoires de mots-clés à utiliser dans les descriptions peuvent être établis afin de stabiliser autant que possible le vocabulaire employé (par exemple pour le contexte archéologique d'une tablette, sa mise en page ou ses particularités matérielles).

De plus, afin de pallier au troisième problème mentionné ci-dessus, et bien que cela ne soit absolument pas standard, j'ai décidé d'introduire dans la base de données, en plus du niveau de description incontournable des tablettes qui est considéré dans toutes les autres bases, le niveau de description d'ordinaire transparent mais en fait essentiel des sections. Cet ajout est notamment destiné à permettre d'entrer dans la base des descriptions de mises en page et de contenus portant non seulement sur les documents dans leur ensemble mais aussi sur des portions de ces documents, et ainsi de renseigner leurs caractéristiques avec le même niveau de détail quel que soit le nombre d'unités matérielles et/ou textuelles que l'on y trouve.

E.1.1.3. Nécessité d'intégrer une dimension critique

Par ailleurs, il me semble absolument incontournable d'introduire dans la base de données un système de traçage et de justification des informations saisies afin que toutes les données renseignées soient vérifiables, que le degré de certitude de chaque information soit explicité, et que chaque utilisateur puisse se faire son propre avis à partir d'éléments précis. Il est en effet frappant de constater, lorsque l'on parcourt les bases de données et les catalogues papier de tablettes mathématiques cunéiformes, que les renseignements que l'on y trouve au sujet d'une même tablette, notamment sa provenance et sa datation, peuvent être très différents de l'un à l'autre.³ Ces variations sont dues parfois à des différences d'appréciation des données de la part des personnes qui ont entré les renseignements dans les bases, parfois à la prise en compte de nouveaux éléments, parfois simplement à des erreurs de saisie. Mais on ne trouve jamais de commentaires indiquant d'où les informations retenues ont été extraites et pour quelles raisons elle ont été privilégiées à d'autres hypothèses le cas échéant, de sorte que se propagent ensuite dans les publications des informations erronées dont plus personne ne connaît la source initiale. Une telle situation rend ces bases de données relativement inutilisables et fait perdre un temps considérable à ceux qui, cherchant à comprendre les incohérences que l'on y trouve, doivent consulter une littérature abondante pour essayer de démêler le vrai du faux.

Afin de tenter d'améliorer cette situation, j'ai décidé d'inclure dans la base de données que j'ai conçue des champs permettant d'indiquer clairement quelles références bibliographiques ont été consultées pour remplir les notices des tablettes, ainsi que de nombreux champs ouverts et/ou dédiés aux remarques, dans lesquels il est possible, dès que le besoin s'en fait sentir, de rédiger de petits paragraphes pour faire part de précisions, arguments ou doutes sur les

3. Certaines des notes insérées dans le catalogue des sections I.2.1.1 et I.2.3.1 en fournissent des exemples.

différents aspects documentés – ce qui fait défaut dans les bases de données ne contenant que des champs destinés à contenir des informations très ciblées et très brèves.

En outre, et c'est probablement là la principale innovation de cette base de données, j'ai fait le choix d'y mettre en place un système spécifique pour référencer les informations liées à la provenance et la datation des tablettes, qui sont les plus sujettes à des divergences et des incertitudes. La base de données doit ainsi permettre d'indiquer pour chaque tablette non pas une provenance et une datation, comme c'est normalement le cas, mais autant de provenances et de datations différentes que ce qui a été suggéré dans la littérature ou qu'il semble pertinent d'envisager. De plus, pour chaque suggestion de provenance ou de datation, des champs associés doivent permettre de signaler spécifiquement le degré de certitude de l'information en question (c'est-à-dire si elle est certaine, probable, possible, exclue, etc), les arguments qui la sous-tendent (en particulier leur type, c'est-à-dire si ce sont des arguments archéologiques, philologiques, onomastiques, etc), d'éventuels détails supplémentaires, et les sources précises de tous ces renseignements. Un tel dispositif peut paraître un peu lourd mais me semble crucial pour rendre les données présentes dans la base réellement exploitables, et notamment pour permettre l'extraction de statistiques géographiques et chronologiques qui prennent en compte les nombreuses incertitudes liées à la nature du corpus.

E.1.2. Informations à répertorier

Afin d'atteindre ces différents objectifs, j'ai commencé par dresser une liste complète des informations que je souhaitais faire figurer dans la base, qui puisse ensuite servir de point de repère et de « cahier des charges » pour établir une structure de données précise.

E.1.2.1. Objets considérés dans la structure de la base de données

Dresser cette liste m'a fait prendre conscience de la nécessité de disposer d'un appareil terminologique rigoureux et systématique pour décrire les différentes facettes des diagrammes et des tablettes sur lesquelles ils apparaissent. Il m'a ainsi été nécessaire, avant de pouvoir l'établir complètement, d'introduire un vocabulaire plus précis que celui que j'employais alors, et notamment de clarifier les distinctions entre les *tablettes* et les *contenus de tablettes* et entre les *sections* et les *contenus de sections*, de préciser ce que j'entends exactement par *texte* ou plus spécifiquement par *texte discursif* et *texte numérique*, d'isoler comme aspects de mon objet d'étude principal, que sont les *diagrammes mathématiques*, les *dessins géométriques*, les *inscriptions* et les *zones occupées par des diagrammes*, et enfin de décomposer les éléments constituant les « figures géométriques » montrées par ces diagrammes en *formes géométriques élémentaires*, *formes géométriques*, *lignes intérieures* et *configurations géométriques*. C'est en grande partie cette réflexion indispensable dans le cadre de l'élaboration de la base de données, et guidée par les contraintes propres à un travail technique de ce type, qui m'a amenée à penser puis formuler les définitions que j'ai proposées dans la section I.1.1. du corps de thèse et que j'utilise depuis dans toutes mes explications.

Les distinctions que j'ai mises en évidence et le vocabulaire que j'ai introduit à cette occasion, qui s'avèrent très utiles dans de nombreuses situations, ne correspondent cependant pas exactement aux objets autour desquels j'ai finalement choisi d'organiser la base de données elle-même. En effet, par souci de simplification, et dans la mesure où il n'y a pas d'ambiguïté possible, certains des objets qu'il me semble pertinent de différencier dans la terminologie et dans les explications que je donne sont combinés dans la structure interne de la base de données : une tablette et son contenu y forment un unique objet « tablette », une section et son contenu y forment un unique objet « section », et enfin un diagramme, le dessin dont il est

constitué et la zone qu'il occupe y forment un unique objet « diagramme ». Le schéma de la figure E.1 ci-dessous résume ces liens entre le vocabulaire que j'ai défini pour l'ensemble de la thèse et les objets que je considère dans la structure de la base de données.

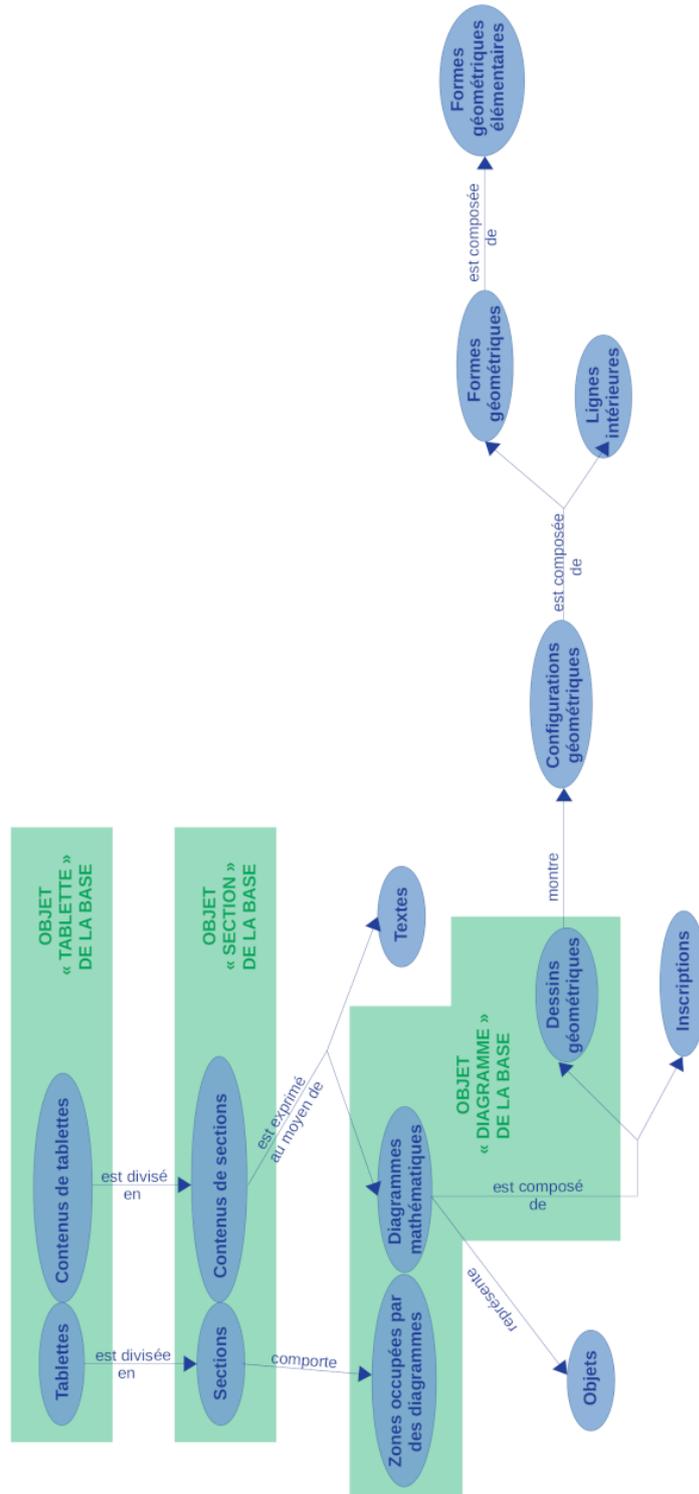


FIGURE E.1. Liens entre le vocabulaire défini pour l'ensemble de la thèse et les objets considérés dans la structure interne de la base de données

Bien entendu, cette situation concerne uniquement la structure *interne* de la base de données et n'aura pas d'incidence sur la manière dont les informations répertoriées seront présentées. Une fois l'habillage complet de cette structure réalisé, les utilisateurs verront bien les termes employés avec le sens qui leur a été donné dans la section I.1.1. du premier chapitre. Mais cette description permet de comprendre quels sont les principaux objets entre lesquels doivent être répartis, sur le plan technique, les renseignements que je souhaite faire figurer dans la base : les « tablettes » (correspondant comme je l'ai indiqué à la fois à ce que j'appelle *tablettes* et ce que j'appelle *contenus de tablettes* par ailleurs), les « sections » (correspondant comme je l'ai indiqué à la fois à ce que j'appelle *sections* et ce que j'appelle *contenus de sections* par ailleurs), les « diagrammes » (correspondant comme je l'ai indiqué à la fois à ce que j'appelle *diagrammes*, ce que j'appelle *dessins géométriques* et ce que j'appelle *zones occupées par des diagrammes* par ailleurs), les « configurations géométriques », les « formes géométriques » et les « inscriptions », auxquels il faut ajouter, pour couvrir tous les aspects qui m'intéressent, les « traces d'effacement » et les « références bibliographiques ».

Les sections ci-dessous listent donc, pour chacun de ces huit objets, toutes les informations que je souhaite pouvoir enregistrer dans la base de données. Des précisions sur ce que recouvre exactement chaque information mentionnée seront données dans la description complète des champs fournie dans la section E.2.2. Les informations signalées par un soulignement double sont celles pour lesquelles je définirai des listes fermées, celles signalées par un soulignement ondulé sont celles dont les valeurs seront prises dans des listes ouvertes, et celles signalées par un soulignement simple sont celles pour lesquelles il semble trop restrictif ou trop lourd de proposer des listes de possibilités mais qui devront néanmoins être exprimées en utilisant autant que possible des mots-clés pré-identifiés.

E.1.2.2. Informations sur les tablettes

Les informations que je souhaite pouvoir répertorier au sujet des tablettes, que je regroupe ici en onze rubriques pour plus de clarté, sont les suivantes :

IDENTIFICATION

- *Identifiant dans la base [transparent]*
- Nom de référence
- Numéro CDLI (et lien CDLI)
- Numéro de collection
- Numéro d'acquisition
- Numéro de fouilles
- Numéro(s) de publication
- Autres noms éventuels

SITUATION ACTUELLE

- Collections (pour chacune : nom, localisation)
- État

RÉFÉRENCES EXISTANTES

- Références des photographies (pour chacune : référence, pages, qualité, remarques)
- Références des copies (pour chacune : référence, pages, qualité, remarques)
- Références des translittérations (pour chacune : référence, pages, remarques)
- Références des traductions (pour chacune : référence, pages, langue, remarques)
- Références des commentaires (pour chacune : référence, pages, remarques)

CONTEXTE

- Datations (pour chacune : période, degré de certitude, arguments, précisions, sources)
- Provenances (pour chacune : provenance, degré de certitude, arguments, précisions, sources)
- Fouilles (type de fouilles, détails, contexte archéologique)
- Acquisition
- Autres informations sur le contexte

DESCRIPTION MATÉRIELLE

- Type
- Forme
- Dimensions
- Mise en page
- Traces d'effacement (et toutes les informations sur ces traces d'effacement)
- Autres particularités matérielles

CONTENU

- Genre et sous-genre
- Langue
- Description du contenu

SECTIONS

- Liste des sections (et toutes les informations sur ces sections et leurs contenus)

DIAGRAMMES

- Liste des diagrammes (et toutes les informations sur ces diagrammes)

DIVERS

- Remarques
- Autres liens

IMAGES

- Photographie (image, source, remarques)
- Copie (image, source, remarques)

INFORMATIONS PRATIQUES

- Date de création de l'entrée
- Date de dernière modification de l'entrée
- Ressources consultées (pour chacune : référence, remarques)

E.1.2.3. Informations sur les sections

Les informations que je souhaite pouvoir répertorier au sujet des sections, que je regroupe ici en six rubriques pour plus de clarté, sont les suivantes :

IDENTIFICATION

- *Identifiant dans la base [transparent]*
- Nom
- Nom de la tablette à laquelle appartient la section
- Numéro d'ordre dans la tablette

DESCRIPTION MATÉRIELLE

- Localisation (emplacement, délimitation)
- Mise en page interne
- Traces d'effacement (et toutes les informations sur ces traces d'effacement)
- Autres particularités matérielles

CONTENU

- Genre et sous-genre
- Catégorie thématique (catégorie, statut)
- Description du contenu

DIAGRAMMES

- Liste des diagrammes (et toutes les informations sur ces diagrammes)

DIVERS

- Remarques

INFORMATIONS PRATIQUES

- Date de création de l'entrée
- Date de dernière modification de l'entrée

E.1.2.4. Informations sur les diagrammes

Les informations que je souhaite pouvoir répertorier au sujet des diagrammes mathématiques, que je regroupe ici en neuf rubriques pour plus de clarté, sont les suivantes :

IDENTIFICATION

- *Identifiant dans la base [transparent]*
- Nom
- Nom de la tablette sur laquelle apparaît le diagramme
- Nom de la section dans laquelle apparaît le diagramme
- Numéro d'ordre dans la tablette

DESCRIPTION MATÉRIELLE

- Localisation (emplacement, délimitation de la zone, remarques)
- État
- Techniques de tracé du dessin (pour chacune : technique, degré d'assurance, indices, remarques)
- Traces d'effacement dans la zone (et toutes les informations sur ces traces d'effacement)
- Autres particularités matérielles

CONFIGURATION GÉOMÉTRIQUE MONTRÉE

- Configuration géométrique (et toutes les informations sur cette configuration)
- Degré d'assurance
- Orientation
- Remarques

INSCRIPTIONS

- Liste des inscriptions (et toutes les informations sur ces inscriptions)

OBJET REPRÉSENTÉ

- Objet
- Degré d'assurance
- Type d'objet
- Statut de l'objet
- Modalités de représentation
- Remarques

RÔLE(S)

- Type de texte associé
- Informations par rapport au texte (pour chaque type d'informations : nom du type, détails)
- Rôles possibles
- Remarques

DIVERS

- Remarques

IMAGES

- Photographies (pour chacune : image, source, remarques)
- Copies (pour chacune : image, source, remarques)
- Éditions (pour chacune : image, source, remarques)

INFORMATIONS PRATIQUES

- Date de création de l'entrée
- Date de dernière modification de l'entrée

E.1.2.5. Informations sur les configurations géométriques

Les informations que je souhaite pouvoir répertorier au sujet des configurations géométriques, que je regroupe ici en quatre rubriques pour plus de clarté, sont les suivantes :

IDENTIFICATION

- *Identifiant dans la base [transparent]*
- Nom

DESCRIPTION

- Description
- Schéma
- Forme géométrique (et toutes les informations sur cette forme géométrique)
- Types de lignes intérieures (pour chacun : nom, nom akkadien, nom sumérien, description, nombre)

OCCURRENCES

- Diagrammes montrant la configuration (et toutes les informations sur ces diagrammes)

INFORMATIONS PRATIQUES

- Date de création de l'entrée
- Date de dernière modification de l'entrée

E.1.2.6. Informations sur les formes géométriques

Les informations que je souhaite pouvoir répertorier au sujet des formes géométriques, que je regroupe ici en quatre rubriques pour plus de clarté, sont les suivantes :

IDENTIFICATION

- *Identifiant dans la base [transparent]*
- Nom
- Nom akkadien
- Nom sumérien

DESCRIPTION

- Description
- Schéma
- Formes géométriques élémentaires (pour chacune : nom, nom akkadien, nom sumérien, description, schéma)

OCCURRENCES

- Diagrammes montrant la forme géométrique (et toutes les informations sur ces diagrammes)

INFORMATIONS PRATIQUES

- Date de création de l'entrée
- Date de dernière modification de l'entrée

E.1.2.7. Informations sur les inscriptions

Les informations que je souhaite pouvoir répertorier au sujet des inscriptions apparaissant sur les diagrammes mathématiques, que je regroupe ici en cinq rubriques pour plus de clarté, sont les suivantes :

IDENTIFICATION

- *Identifiant dans la base [transparent]*
- Diagramme concerné

LIEU D'APPARITION

- Positionnement
- Orientation

CONTENU

- Type de contenu numérique
- Type de contenu non numérique
- Langue
- Translittération et traduction
- Signification

DIVERS

- Remarques

INFORMATIONS PRATIQUES

- Date de création de l'entrée
- Date de dernière modification de l'entrée

E.1.2.8. Informations sur les traces d'effacement

Les informations que je souhaite pouvoir répertorier au sujet des traces d'effacement, que je regroupe ici en quatre rubriques pour plus de clarté, sont les suivantes :

IDENTIFICATION

- *Identifiant dans la base [transparent]*
- Localisation (zone de diagramme et/ou section et/ou tablette, emplacement)

DESCRIPTION

- Indices
- Nature
- Intentions possibles
- Remarques

IMAGE

- Photographie (image, source, remarques)

INFORMATIONS PRATIQUES

- Date de création de l'entrée
- Date de dernière modification de l'entrée

E.1.2.9. Informations sur les références bibliographiques

Enfin, les informations que je souhaite pouvoir répertorier au sujet des références bibliographiques, que je regroupe ici en cinq rubriques pour plus de clarté, sont les suivantes :

IDENTIFICATION

- *Identifiant dans la base [transparent]*
- Nom
- Nom abrégé

DONNÉES BIBLIOGRAPHIQUES

- Type de référence
- Auteur(s)
- Année
- Titre et complément de titre
- Titre de la revue et numéro de la revue
- Éditeur(s) de l'ouvrage, titre de l'ouvrage et complément de titre de l'ouvrage
- Pages
- Nom de l'événement
- Maison d'édition et ville d'édition
- URL
- Autre description

CONTENU

- Tablettes discutées (pour chacune : tablette, type de traitement, pages, remarques)

DIVERS

- Remarques

INFORMATIONS PRATIQUES

- Date de création de l'entrée
- Date de dernière modification de l'entrée

E.1.3. Perspectives pour l'avenir

Les informations listées ci-dessus sont celles qu'il me paraissait pertinent de faire figurer dans la base de données pour les besoins particuliers de mon travail de thèse. Toutefois, dans la mesure où je n'en achèverai finalement la création qu'après la fin de ma thèse, avec des délais moins contraignants, il pourra être intéressant d'enrichir le projet tel qu'il est présenté ici de possibilités supplémentaires qui en feraient un outil utile de manière plus générale à l'ensemble de la communauté des historiens des mathématiques cunéiformes.

E.1.3.1. Enrichissements possibles

Premièrement, un certain nombre de champs qui étaient peu pertinents pour mon seul corpus de thèse mais peuvent s'avérer très utiles dans d'autres circonstances, tels que des champs permettant de saisir de manière plus encadrée les informations relatives au contexte archéologique des tablettes (campagne de fouilles, locus, etc), pourront être ajoutés. Plus généralement, des aspects que je n'ai pas étudiés en détail mais peuvent nécessiter des recherches ciblées dans le cadre d'autres travaux, tels que les mises en page, les dispositions tabulaires ou le format des valeurs numériques apparaissant dans les textes, pourront faire l'objet, comme les diagrammes dans la version actuelle, de pans de la structure de données spécifiquement conçus pour pouvoir entrer et consulter des informations précises à leur sujet.

Deuxièmement, les données lexicales, que je n'ai pas incluses dans l'immédiat, pourront être intégrées à la base de données et articulées à celles sur les tablettes, par exemple sur le modèle de ce que proposent les bases de données du projet ORACC décrit dans la section IV.2.1.1 mais de manière plus complète que ce qui est fait dans celle du DCCMT. Il serait extrêmement précieux pour certains types d'analyses du corpus mathématique de pouvoir accéder aux listes complètes des termes akkadiens et sumériens apparaissant dans les textes des tablettes entrées dans la base, aux liens entre ces termes, aux différentes traductions qui en ont été proposées, à l'ensemble des formes sous lesquelles on les rencontre et à l'ensemble des occurrences de chacune de ces formes.

Troisièmement, des fonctionnalités plus avancées relatives aux références bibliographiques, offertes par ailleurs par des outils dédiés à cet aspect, telles que la possibilité de saisir des résumés ou des mots-clés pour les différentes publications et de compiler automatiquement des bibliographies relatives à certains thèmes, pourraient être intégrées à la base de données afin que les informations sur la littérature secondaire existante puissent être plus facilement croisées avec celles portant sur les tablettes elles-mêmes.

Quatrièmement, la possibilité de charger dans la base de données une photographie de chaque tablette pourrait être étendue de manière à permettre, comme je l'ai déjà mis en place pour les images des diagrammes, le stockage d'autant de photographies que voulu, associées aux parties des tablettes qu'elles montrent (face, revers, tranche, gros plan). Cela ferait de la base de données un outil (interne) de partage des clichés que les différents historiens des mathématiques cunéiformes ont eu l'occasion de réaliser dans les différents musées du monde et permettrait ainsi à chacun de disposer de ressources beaucoup plus complètes.

Cinquièmement, des fonctionnalités de normalisation automatique des données saisies dans certains champs, au premier rang desquelles les noms des tablettes, pourraient être mises en place. En effet, l'utilisation d'un outil informatique appelé *expressions régulières* (ou *regex*) pourrait permettre de contrôler automatiquement que les noms des différentes tablettes d'une même collection ou d'une même publication, par exemple, soient tous saisis exactement au même format, ce qui serait beaucoup plus fiable que les vérifications manuelles.

Enfin, sixièmement, il serait utile de pouvoir enregistrer l'historique des ajouts, modifications et suppressions faits dans la base de données, afin notamment d'être en mesure, en cas de besoin, d'identifier la personne ayant procédé à la saisie d'une information ou de restaurer des entrées effacées ou modifiées par erreur.

E.1.3.2. Vers un projet collectif?

La mise en place de toutes ces fonctionnalités, ainsi d'ailleurs que la simple identification de la forme exacte sous laquelle chacune d'entre elles serait la plus pratique à utiliser et la plus profitable pour les différents types de recherches susceptibles d'être effectuées dans la base, dépassent probablement ce qu'il me sera possible d'accomplir seule, même avec des contraintes de délais moins strictes que pendant la thèse. C'est pourquoi il serait souhaitable que le « cahier des charges » et la structure de cette base de données, pour qu'elle puisse devenir un outil de travail réellement adapté aux besoins des uns et des autres, fassent l'objet d'une réflexion collective avec les collègues intéressés.

De plus, bien que je me sois documentée très sérieusement sur la création des bases de données et de leurs interfaces et que j'aie développé des compétences suffisantes pour réaliser un outil destiné à mon usage personnel, mes connaissances risquent d'être trop limitées pour mettre en place dans de bonnes conditions un projet à plus grande échelle et notamment gérer les questions relatives à la sécurité et la pérennité des données. Pour cette raison, une coopération avec un ingénieur d'études ayant une formation beaucoup plus poussée sur ces aspects essentiels serait extrêmement profitable.

Enfin, une fois la base de données opérationnelle, le travail de saisie des données sera colossal, et il ne sera possible de couvrir une part significative du corpus mathématique cunéiforme qu'avec le concours de plusieurs contributeurs.

E.2. Structure de la base de données

Maintenant que le cadre général et les objectifs de la base de données que je souhaite créer sont posés, passons à une description plus technique de la structure interne que j'ai conçue pour lui permettre de répertorier toutes les informations souhaitées.

E.2.1. Structure d'ensemble

Après avoir consulté plusieurs manuels d'informatique portant sur la gestion des données, et notamment les sections dédiées des livres [NEBRA2017a] et [GRIBAUMONT2014], j'ai décidé d'élaborer la structure de ma base de données en utilisant le cadre conceptuel appelé « entités-associations » (parfois désigné dans la littérature par l'acronyme « EA »), qui a été introduit dans les années 1970 et est toujours très largement employé.

E.2.1.1. Quelques généralités sur le modèle conceptuel entités-associations

Le modèle conceptuel entités-associations est, comme son nom l'indique, basé sur le partage des informations à stocker entre des *classes d'entités* et des *classes d'associations*, dont les relations peuvent ensuite être représentées sur un « schéma conceptuel ».

Les *classes d'entités* modélisent les classes d'objets sur lesquels portent les données enregistrées dans la base : tablettes, sections, diagrammes, configurations géométriques, formes

géométriques, inscriptions, traces d'effacement, références bibliographiques, provenances, périodes, types de tablettes, etc.

Sur le schéma conceptuel qui suit, et conformément aux conventions utilisées en informatique, je représente ces classes d'entités au moyen de rectangles portant des légendes en lettres majuscules. Afin de faciliter la lecture du schéma, j'y ai coloré en rouge les classes d'entités que j'ai considérées comme « principales » (c'est-à-dire celles correspondant aux objets sur lesquels la base de données est destinée à renseigner ses utilisateurs et pour lesquels j'ai présenté dans la section E.1.2. des listes d'informations à stocker) et en vert les classes d'entités que j'ai considérées comme « auxiliaires » (c'est-à-dire qui n'ont de raison d'être dans la base que par rapport aux classes d'entités principales). Toutefois, cette distinction, qui n'est pas standard en théorie des données, ne sert qu'à clarifier les idées, et rien ne différenciera ces deux catégories de classes d'entités d'un point de vue technique.

Les extraits de schéma insérés ci-dessous représentent, pour illustrer, la classe d'entités « références » (principale) et la classe d'entités « types de tablettes » (auxiliaire).



FIGURE E.2. Exemples de représentations de classes d'entités

Les *classes d'associations* modélisent pour leur part les liens qui existent entre les différentes entités, par exemple « provient de » (entre une tablette et une provenance), « relève de » (entre une tablette et un type de tablettes), « représente » (entre un diagramme et un objet), « a une traduction dans » (entre une tablette et une référence bibliographique), etc.

Sur le schéma conceptuel qui suit, et conformément aux conventions utilisées en informatique, je représente ces classes d'association au moyen de losanges portant des légendes en lettres minuscules. Afin de faciliter la lecture du schéma, et en anticipant un peu sur le modèle logique qui sera décrit dans la section E.2.1. ci-après, j'y ai coloré en bleu les classes d'associations qui donneront lieu à des tables d'association dans la base de données et en noir celles pour lesquelles de telles tables ne seront pas nécessaires.

L'extrait de schéma inséré ci-dessous représente, pour illustrer, la classe d'associations « présente » entre la classe d'entités « sections » et la classe d'entités « diagrammes » : cette classe d'associations permet de relier des sections répertoriées dans la base de données aux diagrammes répertoriés dans la base de données qu'elles présentent.



FIGURE E.3. Exemple de représentation d'une classe d'associations

Enfin, chaque classe d'associations présente dans le modèle conceptuel est déterminée par des *effectifs* minimaux et maximaux d'éléments des deux classes d'entités reliées qui peuvent être impliqués dans la relation.

Sur le schéma conceptuel qui suit, ces effectifs sont indiqués entre parenthèses, de part et d'autre des losanges représentant les associations, avec en premier l'effectif minimal et en

second l'effectif maximal. L'indication « N » signifie que le nombre d'entités de la classe susceptibles d'être impliquées dans l'association n'est pas limité.

L'extrait de schéma inséré ci-dessous représente à nouveau la classe d'association « présente » entre la classe d'entités « sections » et la classe d'entités « diagrammes », mais cette fois avec indication des effectifs. Le couple « (0,N) » situé du côté de la classe d'entités « diagrammes » signifie que chaque section peut présenter aucun, un ou plusieurs diagrammes. Le couple « (1,1) » situé du côté de la classe d'entités « sections » signifie que chaque diagramme, en revanche, est présenté par une et une seule section.



FIGURE E.4. Exemple de représentation d'effectifs d'une relation

E.2.1.2. Schéma conceptuel retenu

Le modèle conceptuel entités-associations que j'ai construit pour satisfaire l'ensemble des objectifs et contraintes présentés dans la section E.1.1. fait intervenir quarante-six classes d'entités (dont sept classes d'entités que je considère comme « principales » et trente-neuf classes d'entités que je considère comme « auxiliaires ») et soixante-six classes d'associations (dont seize qui donneront lieu à des tables d'associations dans le modèle logique et cinquante qui n'y donneront pas lieu).

Le schéma conceptuel correspondant est fourni par la figure E.5 sur la page suivante. Il donne un aperçu visuel de l'ensemble du modèle conceptuel entités-associations ainsi construit, en utilisant les conventions de représentation décrites dans la section précédente.

Il est important de souligner explicitement, pour éviter tout malentendu, que ce schéma est un outil pour élaborer la structure de la base de données et n'est ainsi pas entièrement représentatif de son contenu : des renseignements qui seront contenus dans la base de données mais dont la prise en compte n'impose aucune contrainte sur sa structure n'y apparaissent pas, et c'est bien la liste d'informations de la section E.1.2. qui doit être consultée pour savoir ce qui est ou non destiné à figurer dans la base.

Par ailleurs, il est à noter que les classes d'entités « langues anciennes » et « catégories thématiques » apparaissent à plusieurs endroits sur le schéma pour des raisons pratiques de mise en page, mais qu'il s'agit bien des mêmes classes. Des astérisques (*/**) ont été insérées dans les rectangles correspondants pour rappeler ce fait.

FIGURE E.5. Schéma conceptuel entités-associations retenu pour la base de données (C)

E.2.2. Liste des tables et de leurs champs

Le modèle conceptuel présenté dans la section précédente sert de base pour définir un « modèle logique relationnel », c'est-à-dire la liste complète des tables qui doivent être créées dans la base de données et des champs que doivent comporter ces tables.

E.2.2.1. Présentation du modèle logique relationnel

Le modèle logique que j'ai élaboré comporte un total de soixante-et-une tables, réparties en sept tables d'entités principales, trente-sept tables d'entités auxiliaires, seize tables d'associations et une table d'entités supplémentaire à fonction purement technique. Les sections ci-dessous décrivent ces soixante-et-une tables, en indiquant la liste complète de leurs champs et en précisant pour chacun d'entre eux les éléments suivants.⁴

- **Son nom** : Le nom d'un champ est la chaîne de caractères au moyen de laquelle il sera identifié dans le système de gestion de bases de données.
- **Son type** : Le type d'un champ impose des contraintes formelles sur les données qui pourront y être stockées. Le typage des champs est important car il permet d'avoir un contrôle minimal sur le contenu entré par les utilisateurs, d'accéder à certaines fonctionnalités et de ne pas gaspiller d'espace mémoire. Les types que j'ai utilisés sont :
 - varchar[n] : chaîne de caractères pouvant comporter entre 0 et n octets, où n peut être choisi comme n'importe quel entier inférieur ou égal à 255 (sachant qu'un caractère standard occupe 1 octet et un caractère spécial 2 octets).
 - text : chaîne de caractères longue, pouvant comporter jusqu'à 2^{16} octets, c'est-à-dire jusqu'à environ 65500 octets, ce qui correspond à plus d'une dizaine de pages de traitement de texte.
 - tinyint (unsigned) : entier relatif stocké sur 1 octet, c'est-à-dire compris entre -128 et 127, ou en l'occurrence entre 0 et 255 avec la spécification 'unsigned' qui restreint aux entiers naturels.
 - smallint (unsigned) : entier relatif stocké sur 2 octets, c'est-à-dire compris entre -32768 et 32767, ou en l'occurrence entre 0 et 65536 avec la spécification 'unsigned' qui restreint aux entiers naturels.
 - datetime : date au format AAAA-MM-JJ HH:MM:SS.
- **Ses attributs** : Les attributs d'un champ regroupent différentes contraintes supplémentaires imposées sur les valeurs saisies dans ce champ. Ceux que j'ai utilisés sont :
 - unique (UNIQUE) : les valeurs saisies dans le champ devront être différentes pour chaque entrée de la table. Une erreur sera renvoyée à chaque fois qu'un utilisateur fera une manipulation (insertion ou modification d'entrée) qui viole la contrainte d'unicité.
 - auto-incrémenté (AUTO_INCREMENT) : le système de gestion de bases de données insérera lui-même dans le champ, pour chaque nouvelle entrée, l'entier successeur du dernier entier généré dans le même champ.
 - automatique : la valeur stockée dans le champ ne sera pas contrôlée par l'utilisateur mais déterminée par le système de gestion de bases de données d'une manière

4. Pour des précisions techniques plus complètes sur les différents aspects mentionnés dans l'énumération qui suit, voir par exemple [GRIBAUMONT2014] et [NEBRA2017a].

qui sera précisée au cas par cas et qui sera spécifiée au moment de l'implémentation de l'interface. Tous les champs auto-incrémentés sont automatiques ; l'attribut 'automatique' ne sera pas explicitement répété dans ce cas particulier.

- obligatoire (NOT NULL) : le champ ne pourra pas être laissé vide. Une erreur sera renvoyée à chaque fois qu'un utilisateur essaiera de créer une nouvelle entrée sans le renseigner.
 - clé primaire (PRIMARY KEY) : le champ sera utilisé pour identifier les entrées de manière unique dans la table concernée. Chaque table contiendra un et un seul champ utilisé comme clé primaire ; son nom et sa description seront écrits en vert dans ce qui suit. Remarquons que tous les champs utilisés comme clés primaires doivent nécessairement posséder les attributs 'obligatoire' et 'unique' ; j'ai de plus fait le choix de toujours leur donner l'attribut 'auto-incrémenté'.
 - clé étrangère (FOREIGN KEY) : le champ contiendra des clés primaires d'entrées d'autres tables. Afin d'assurer l'intégrité de la base, une erreur sera renvoyée lorsqu'un utilisateur essaiera de supprimer une entrée référencée comme clé étrangère ailleurs dans la base (option RESTRICT). Les noms des champs contenant des clés étrangères seront écrits en vert dans ce qui suit.
 - indexé (INDEX ou FULLTEXT) : les données du champ seront reprises dans une liste ordonnée qui permettra notamment de faire des recherches plus rapidement et de garantir l'intégrité des données. Tous les champs ayant l'attribut 'unique' ou l'attribut 'clé étrangère' seront automatiquement indexés par le système de gestion de bases de données ; l'attribut 'indexé' ne sera pas explicitement répété dans ces cas. Par ailleurs, tous les champs utilisés comme références de clés étrangères doivent être indexés, mais cela sera automatique dans la structure proposée puisque ce seront toujours des champs utilisés comme clés primaires (et donc uniques) dans leurs tables d'appartenance.
- **Sa description** : La description d'un champ me permet de préciser les informations que ce champ est destiné à contenir et la forme sous laquelle elles doivent y être présentées (notamment si le texte saisi doit suivre des modèles ou utiliser des mots-clés). Elle peut également donner quelques indications techniques supplémentaires si nécessaire, par exemple concernant une éventuelle restriction des valeurs autorisées, un éventuel mode de génération automatique, une éventuelle valeur par défaut, etc.

Il est important de souligner encore une fois, afin d'éviter toute confusion, que ce qui suit décrit la structure *interne* de la base de données telle qu'elle sera *codée* dans le système de gestion de bases de données présenté plus loin. Cela ne doit pas être confondu avec un aperçu des fiches de tablettes, sections, diagrammes, configurations géométriques, formes géométriques, traces d'effacement, références bibliographiques et autres éléments que l'on pourra trouver dans la base, qui a été esquissé dans la section E.1.2.. En particulier, le fait qu'une table ne contienne aucun champ dédié à un certain sujet ne veut pas dire que la base de données ne contiendra pas d'informations à ce sujet, mais simplement qu'elles seront codées autrement ! Par exemple, la table « tablettes » ne contient aucun champ se rapportant à la provenance car, pour des raisons techniques, les informations sur la provenance des tablettes seront stockées dans une autre table, la table « assoc_tab_prov ». Ces situations sont signalées dans les listes de champs ci-dessous au moyen de remarques en italique.

E.2.2.2. Tables d'entités « principales »

TABLE « tablettes » (33 champs)

Identification de la tablette

- **id : smallint unsigned (auto-incrémenté, obligatoire, unique)**
Identifiant de l'entrée dans la base, transparent pour l'utilisateur.
- **nom : varchar[100] (automatique, obligatoire, unique)**
Nom sous lequel la tablette sera désignée dans la base de données. Ce nom sera produit automatiquement à partir des autres renseignements fournis par l'utilisateur, en prenant par ordre de priorité : le numéro de collection, le numéro d'acquisition, le numéro de fouilles, un numéro de publication (si plusieurs ont été renseignés, celui qui a été marqué comme principal ou à défaut un au hasard), un autre nom (si plusieurs ont été renseignés, un au hasard), le numéro CDLI. En particulier, bien qu'aucune des informations citées ne soit obligatoire individuellement, il sera obligatoire de renseigner au moins l'une d'entre elles (ce qui sera vérifié par l'intermédiaire de l'interface au moment de la création ou de la modification de l'entrée).
- **num_cdli : varchar[7] (unique)**
Numéro en « P » de la tablette dans la base de données du CDLI s'il existe, et champ non renseigné sinon. Le numéro doit se présenter sans espace, sous la forme « P123456 ».
→ Lorsque la tablette possède une fiche dans la base de données du CDLI, le lien vers cette fiche peut s'obtenir de manière systématique à partir de la valeur entrée dans le champ num_cdli (sous la forme « http://cdli.ucla.edu/num_cdli »). Il n'est donc pas utile de stocker ce lien dans la base de données.
- **num_collection : varchar[100] (unique)**
Le cas échéant, numéro de collection de la tablette dans le musée où elle est conservée. Le format du nom doit être normalisé en fonction de la collection à laquelle appartient la tablette, selon des [modèles](#) pré-établis. En cas de joints, les numéros de collection des différents fragments doivent être donnés sous leurs formes correctes respectives, soit en commençant par le fragment principal soit dans l'ordre alphabétique, et séparés les uns des autres par des « + » entourés d'espaces ; si seulement certains des fragments possèdent un numéro de collection, lister uniquement ceux-ci et terminer par « + al ».
- **num_acquisition : varchar[100] (unique)**
Le cas échéant, numéro d'acquisition donné à la tablette lors de sa première entrée dans la collection où elle est conservée. Le format du nom doit être normalisé en fonction de la collection à laquelle appartient la tablette, selon des [modèles](#) pré-établis. En cas de joints, les mêmes règles que pour les numéros de collection doivent être appliquées.
- **num_fouilles : varchar[100] (unique)**
Le cas échéant, numéro donné à la tablette pendant les fouilles lors desquelles elle a été exhumée. Le format du nom doit être normalisé en fonction de la campagne de fouilles concernée, selon des [modèles](#) pré-établis. En cas de joints, les mêmes règles que pour les numéros de collection doivent être appliquées.
→ Les numéros de publication et les autres noms, qui peuvent être multiples pour une même tablette, comme expliqué dans le catalogue du premier chapitre, seront enregistrés dans les tables d'entités correspondantes.

Situation actuelle de la tablette

- La collection où se trouve la tablette, ou les collections où se trouvent les différents fragments constituant la tablette, seront enregistrées dans la table d'associations correspondante.*

- **etat : text**

Description de l'état actuel de la tablette. La description doit commencer par une évaluation générale très brève de l'état au moyen d'un [mot-clé](#) de la liste. Elle peut ensuite se poursuivre avec quelques phrases rédigées donnant des précisions sur les parties manquantes, les fissures et les zones devenues illisibles, toujours en utilisant autant que possible les [mots-clés](#) de la liste. Toute information qui n'est pas basée sur une observation personnelle de la tablette ou de photographies doit être accompagnée de sa source.

Références sur la tablette

→ Les références dans lesquelles on peut trouver des photographies, copies, translittérations, traductions et commentaires de la tablette seront répertoriées dans les tables d'associations correspondantes.

Contexte de la tablette

→ Les informations sur les datations et les provenances possibles de la tablette seront stockées dans les tables d'associations correspondantes.

- **id_type_fouilles : tinyint unsigned**

Identifiant, dans la table « types_fouilles », du type de fouilles lors desquelles a été trouvée la tablette.

- **contexte_fouilles : text**

Le cas échéant, informations sur les fouilles lors desquelles la tablette a été exhumée : expédition, année, etc. Cette description doit utiliser autant que faire se peut des [mots-clés](#) de la liste, et chaque information doit être suivie de sa source.

- **contexte_archeologique : text**

Le cas échéant, informations sur le contexte archéologique dans lequel la tablette a été trouvée : locus, situation, documents liés, etc. Cette description doit utiliser autant que faire se peut des [mots-clés](#) de la liste, et chaque information doit être suivie de sa source.

- **contexte_acquisition : text**

Le cas échéant, informations relatives à l'acquisition de la tablette : acquéreur, vendeur, date d'achat, etc. Cette description doit utiliser autant que faire se peut des [mots-clés](#) de la liste, et chaque information doit être suivie de sa source.

- **contexte_autres : text**

Le cas échéant, informations sur le contexte de la tablette ne rentrant pas dans les autres rubriques proposées. Chaque information doit être suivie de sa source.

Description matérielle de la tablette

- **id_type_tablette : tinyint unsigned**

Identifiant, dans la table « types_tablettes », du type de la tablette.

- **forme : text**

Description de la forme de la tablette. La description doit commencer par une caractérisation générale de la forme au moyen d'un [mot-clé](#) issu de la liste. Elle peut se poursuivre avec quelques phrases rédigées donnant des précisions sur divers aspects (incurvation, forme des tranches, forme des bords, forme des coins, particularités, etc), toujours en utilisant autant que possible des [mots-clés](#) issus de la liste. Enfin, lorsque les informations saisies ne sont pas basées sur l'observation directe de la tablette ou de photographies, la description doit se terminer par l'indication des sources.

- **dimensions : text**

Dimensions de la tablette, au format « Hauteur : xx,x cm. Largeur : xx,x cm. Epaisseur : xx,x cm. », ou « Diamètre : xx,x cm. Epaisseur : xx,x cm. ». Toute dimension qui correspond au fragment conservé et non à la tablette entière doit être suivie de *. Une description rédigée peut suivre ces mesures si besoin. Toute mesure qui n'a pas été réalisée directement sur la tablette doit être accompagnée de sa source.

- **mise_en_page : text**

Description de la mise en page d'ensemble de la tablette, notamment de l'organisation de l'espace (recto-verso, direction d'écriture, axe de retournement, utilisation des tranches, marges, colonnes, etc) et des lignes auxiliaires utilisées (lignes de structure, de délimitation, d'écriture, etc) utilisant autant que possible les [mots-clés](#) issus de la liste. Toute information qui n'est pas basée sur l'observation de la tablette ou de photographies doit être suivie de sa source.

→ Les informations sur les éventuelles traces d'effacement présentes sur la tablette, dont le nombre n'est pas limité, seront stockées dans la table d'entités dédiée.

- **particularites_materielles : text**

Le cas échéant, description des propriétés matérielles de la tablette ne rentrant dans aucune autre rubrique (propriétés de l'argile, indices sur le mode de fabrication de la tablette, traces diverses, marqueurs textuels, caractéristiques de l'écriture, etc). Cette description doit utiliser autant que possible des [mots-clés](#) de la liste. Toute information qui n'est pas basée sur l'observation de la tablette ou de photographies doit être suivie de sa source.

Contenu de la tablette

- **id_genre_tablette : tinyint unsigned**

Identifiant, dans la table « genres_tablettes », du genre dont relève le contenu de la tablette.

- **id_sousgenre_tablette : tinyint unsigned**

Le cas échéant, identifiant, dans la table « sousgenres_tablettes », du sous-genre dont relève le contenu de la tablette. Le sous-genre devra être compatible avec le genre renseigné dans le champ précédent (ce qui sera contrôlé au niveau de l'interface).

- **id_langue : tinyint unsigned**

Identifiant, dans la table « langues_anciennes », de la langue dans laquelle est rédigé le contenu de la tablette.

- **description_contenu : text**

Description générale du contenu de la tablette (qui ne doit pas entrer dans les détails du contenu individuel des sections, lequel pourra être renseigné dans la table « sections »). Cette description doit utiliser autant que possible des [mots-clés](#) de la liste. Toute information qui n'est pas basée sur une lecture personnelle du texte doit être suivie de sa source.

Sections de la tablette

→ Les informations sur les sections en lesquelles est divisée la tablette seront stockées dans la table correspondante.

Diagrammes présents sur la tablette

→ Les informations sur diagrammes présents sur la tablette seront stockées dans la table correspondante.

Informations diverses sur la tablette

- **remarques : text**

Remarques sur la tablette ne rentrant dans aucune des catégories mentionnées précédemment. Toute information qui n'est pas basée sur une étude personnelle de la tablette doit être suivie de sa source.

- **autres_liens : text**

Autres liens éventuels vers des pages web donnant des informations sur la tablette. Les liens doivent être séparés les uns des autres par des points-virgules.

Images de la tablette

- **boolean_photo : varchar[3] (automatique, obligatoire)**

Chaîne de caractères « oui » si la base de données contient une photographie de la tablette et « non » sinon. Le champ aura pour valeur par défaut « non », puis sera automatiquement mis à jour à chaque fois que l'utilisateur chargera ou supprimera une photographie.

→ *Le chemin vers la photographie étant entièrement déterminé par l'identifiant de la tablette (sous la forme « tablette_photo_id.jpg »), il n'est pas nécessaire d'introduire un champ pour le stocker.*

- **id_source_photo : smallint unsigned**

Le cas échéant, identifiant, dans la table « references_biblio », de la référence dans laquelle on trouve la photographie de la tablette chargée dans la base. Il est obligatoire de renseigner ce champ dès lors qu'une photographie a été chargée, ce qui sera vérifié par l'intermédiaire de l'interface.

- **pages_photo : varchar[20]**

Le cas échéant, pages auxquelles on trouve la photographie utilisée dans la référence indiquée, au format « p. xx-xx » et/ou « pl. xx-xx ».

- **remarques_photo : text**

Remarques éventuelles sur la photographie de la tablette chargée dans la base (photographe, qualité, droits de reproduction, autres précisions, etc).

- **boolean_copie : varchar[3] (automatique, obligatoire)**

Chaîne de caractères « oui » si la base de données contient une copie de la tablette et « non » sinon. Le champ aura pour valeur par défaut « non », puis sera automatiquement mis à jour à chaque fois que l'utilisateur chargera ou supprimera une copie.

→ *Le chemin vers la copie étant entièrement déterminé par l'identifiant de la tablette (sous la forme « tablette_copie_id.jpg »), il n'est pas nécessaire d'introduire un champ pour le stocker.*

- **id_source_copie : smallint unsigned**

Le cas échéant, identifiant, dans la table « references_biblio », de la référence pour la copie de la tablette chargée dans la base. Il est obligatoire de renseigner ce champ dès lors qu'une copie a été chargée, ce qui sera vérifié par l'intermédiaire de l'interface.

- **pages_copie : varchar[20]**

Le cas échéant, pages auxquelles on trouve la copie utilisée dans la référence indiquée, au format « p. xx-xx » et/ou « pl. xx-xx ».

- **remarques_copie : text**

Remarques éventuelles sur la copie de la tablette chargée dans la base (copiste, droits de reproduction, défauts, autres précisions, etc).

Informations pratiques sur l'entrée

- **date_creation : datetime (automatique, obligatoire)**
Date et heure de la création de la fiche de la tablette dans la base de données. L'interface sera codée de manière à ce que cette information soit insérée automatiquement.
 - **date_modification : datetime (automatique, obligatoire)**
Date et heure de la dernière modification de la fiche de la tablette dans la base de données. L'interface sera codée de manière à ce que cette information soit mise à jour automatiquement.
- Les informations sur les ressources consultées pour remplir la fiche de la tablette seront stockées dans la table d'associations correspondante.

TABLE « sections » (16 champs)

Identification de la section

- **id : smallint unsigned (auto-incrémenté, obligatoire, unique)**
Identifiant de l'entrée dans la base, transparent pour l'utilisateur.
- **nom : varchar[50] (automatique, obligatoire, unique)**
Nom donné à la section, au format « nom-tablette #n », où le nom de la tablette sera coupé le cas échéant au premier « + » (au moyen d'une expression régulière) et *n* est le numéro d'ordre de la section dans la tablette. Ce nom sera généré automatiquement lors de la création de la fiche de la section dans la base, à partir des valeurs renseignées dans les champs *id_tablette* et *numero*. Ce mode de génération assure l'unicité du nom.
- **id_tablette : smallint unsigned (obligatoire)**
Identifiant, dans la table « tablettes », de la tablette à laquelle appartient la section.
- **numero : tinyint unsigned (obligatoire, unique/id_tablette)**
Numéro d'ordre de la section dans la tablette à laquelle elle appartient, en parcourant les sections dans l'ordre de lecture de leurs contenus si celui-ci peut être déterminé et dans un ordre de lecture vraisemblable sinon. Seules les sections dont au moins des traces du contenu sont visibles doivent recevoir un numéro (pas celles dont on peut reconstituer l'existence mais dont il ne subsiste rien).

Description matérielle de la section

- **emplacement : text**
Description de l'emplacement de la section sur la tablette, et éventuellement de son état. Cette description doit utiliser autant que possible des [mots-clés](#) de la liste. Toute information qui n'est pas basée sur l'observation directe de la tablette ou de photographies doit être suivie de sa source.
- **delimitation : text**
Description de la manière dont la section est physiquement délimitée sur la tablette (ou justification de son identification comme section dans les cas où il n'y a pas de délimitation physique) utilisant autant que possible des [mots-clés](#) de la liste. Toute information qui n'est pas basée sur une observation directe de la tablette ou de photographies doit être suivie de sa source.
- **mise_en_page : text**
Description de la mise en page interne de la section utilisant autant que possible des [mots-clés](#) de la liste. Toute information qui n'est pas basée sur une observation directe de la

tablette ou de photographies doit être suivie de sa source.

→ Les informations sur les éventuelles traces d'effacement apparaissant dans la section seront stockées dans la table dédiée.

- **particularites_materielles : text**

Le cas échéant, description des propriétés matérielles de la section ne rentrant dans aucune autre rubrique. Cette description doit utiliser autant que possible des [mots-clés](#) de la liste. Toute information qui n'est pas basée sur l'observation de la tablette ou de photographies doit être suivie de sa source.

Contenu de la section

- **id_genre_section : tinyint unsigned**

Identifiant, dans la table « genres_sections », du genre dont relève le contenu de la section. Ce genre devra être compatible avec le genre du contenu de la tablette dont fait partie la section (ce qui sera contrôlé au niveau de l'interface).

- **id_sousgenre_section : tinyint unsigned**

Le cas échéant, identifiant, dans la table « sousgenres_sections », du sous-genre dont relève le contenu de la section. Le sous-genre devra être compatible avec le genre renseigné dans le champ précédent (ce qui sera contrôlé au niveau de l'interface).

- **id_categorie_thematique : tinyint unsigned**

Le cas échéant, identifiant, dans la table « categories_thematiques », de la catégorie thématique à laquelle se rapporte le contenu de la section.

- **id_statut_categorie : tinyint unsigned**

Le cas échéant, identifiant, dans la table « statuts_categories », du statut de la catégorie thématique à laquelle se rapporte le contenu de la section.

- **description_contenu : text**

Description plus détaillée du contenu de la section (nature du problème/exercice/table, contexte, forme des nombres, etc) utilisant autant que possible des [mots-clés](#) de la liste. Toute information qui n'est pas basée sur une lecture personnelle du texte doit être suivie de sa source.

Diagrammes présents dans la section

→ Les informations sur les diagrammes de la section seront stockées dans la table dédiée.

Informations diverses sur la section

- **remarques : text**

Remarques sur la section ne rentrant dans aucune des catégories précédentes. Toute information qui n'est pas basée sur une étude personnelle de la tablette doit être suivie de sa source.

Informations pratiques sur l'entrée

- **date_creation : datetime (automatique, obligatoire)**

Date et heure de la création de la fiche de la section dans la base de données. L'interface sera codée de manière à ce que cette information soit insérée automatiquement.

- **date_modification : datetime (automatique, obligatoire)**

Date et heure de la dernière modification de la fiche de la section dans la base de données. L'interface sera codée de manière à ce que cette information soit mise à jour automatiquement.

TABLE « diagrammes » (25 champs)

Identification du diagramme

- **id : smallint unsigned (auto-incrémenté, obligatoire, unique)**
Identifiant de l'entrée dans la base, transparent pour l'utilisateur.
- **nom : varchar[50] (automatique, obligatoire, unique)**
Nom donné au diagramme, au format « nom-tablette #X », où le nom de la tablette sera coupé le cas échéant au premier « + » (au moyen d'une expression régulière) et X est la lettre de l'alphabet correspondant au numéro d'ordre du diagramme dans la tablette. Ce nom sera généré automatiquement lors de la création de la fiche du diagramme dans la base, à partir des valeurs renseignées dans les champs *id_section* et *numero*. Ce mode de génération assure l'unicité du nom.
- **id_section : smallint unsigned (obligatoire)**
Identifiant, dans la table « sections », de la section dans laquelle apparaît le diagramme.

→ L'identifiant (et donc le nom) de la tablette sur laquelle apparaît le diagramme peuvent être déduits de l'identifiant de la section, et n'ont donc pas besoin de faire l'objet d'un champ spécifique.
- **numero : varchar[2] (obligatoire, unique/id_tablette)**
Lettre(s) majuscule(s) indiquant le numéro d'ordre du diagramme sur la tablette sur laquelle il se trouve, en parcourant les diagrammes dans l'ordre des sections puis à l'intérieur de chaque section dans l'ordre de lecture le plus vraisemblable. Tout comme pour les sections, seuls les diagrammes dont au moins des traces sont visibles reçoivent un numéro (et pas ceux dont on peut reconstituer l'existence mais dont il ne subsiste rien).

Description matérielle du diagramme

- **id_emplacement : tinyint unsigned**
Identifiant, dans la table « emplacements_diagrammes », de l'emplacement du diagramme à l'intérieur de la section où il se trouve.
- **delimitation : text**
Description de la manière dont le diagramme est séparé de ce qui l'entoure. La description doit utiliser autant que possible des [mots-clés](#) de la liste. Toute information qui n'est pas basée sur une observation directe de la tablette ou de photographies doit être accompagnée de sa source.
- **remarques_localisation : text**
Le cas échéant, autres remarques sur la localisation du diagramme à l'intérieur de la section où il se trouve. Toute information qui n'est pas basée sur une observation directe de la tablette ou de photographies doit être accompagnée de sa source.
- **etat : text**
Description de l'état actuel de la zone contenant le diagramme. La description doit commencer par une évaluation générale très brève de l'état au moyen d'un [mot-clé](#) de la liste. Elle peut ensuite se poursuivre avec quelques phrases rédigées donnant des précisions sur les parties manquantes, les fissures et les zones devenues illisibles, toujours en utilisant autant que possible les [mots-clés](#) de la liste. Enfin, lorsque les informations saisies ne sont pas basées sur l'observation directe de la tablette ou de photographies, la description doit se terminer par l'indication des sources.

- Les informations sur les techniques de tracé utilisées pour produire le dessin en lequel consiste le diagramme seront stockées dans la table d'associations correspondante.
- Les informations sur les traces d'effacement détectables dans la zone contenant le diagramme seront stockées dans la table d'entités dédiée.

- **particularites_materielles : text**

Si nécessaire, description des particularités matérielles du diagramme qui ne rentrent dans aucune des rubriques ci-dessus, notamment de tous les éléments relatifs à la temporalité de sa production. Cette description doit utiliser autant que possible des [mots-clés](#) de la liste. Toute information qui n'est pas basée sur une observation directe de la tablette ou de photographies doit être accompagnée de sa source.

Configuration géométrique montrée par le diagramme

- **id_configuration : smallint unsigned**

Identifiant, dans la table « configurations_geometriques », de la configuration géométrique montrée par le diagramme.

- **id_degre_assurance_configuration : tinyint unsigned**

Identifiant, dans la table « degres_assurance », du degré d'assurance avec lequel on peut estimer que le diagramme montre la configuration géométrique indiquée dans le champ précédent.

- **id_orientation_configuration : smallint unsigned**

Identifiant, dans la table « orientations_configurations », de l'orientation avec laquelle la configuration géométrique est montrée par le diagramme. Cette orientation devra appartenir au groupe d'orientations (parmi ceux référencés dans la table « groupes_orientations_configurations ») qui s'applique à la configuration géométrique indiquée dans le champ « id_configuration », ce qui sera vérifié au moyen de l'interface.

- **remarques_configuration : text**

Autres remarques éventuelles sur la configuration géométrique montrée par le diagramme. Toute information qui n'est pas basée sur une observation directe de la tablette ou de photographies doit être accompagnée de sa source.

Inscriptions appartenant au diagramme

- Les informations sur les inscriptions appartenant au diagramme seront accessibles par la table « inscriptions2 » et n'ont donc pas besoin de faire l'objet de champs ici.

- **remarques_inscriptions : text**

Remarques éventuelles sur les inscriptions appartenant au diagramme, qui ne peuvent pas être attachées à l'une d'entre elles en particulier. Toute information qui n'est pas basée sur une observation directe de la tablette ou de photographies doit être accompagnée de sa source.

Objet représenté par le diagramme

- **id_objet_represente : tinyint unsigned**

Identifiant, dans la table « objets », de l'objet que représente ou semble représenter le diagramme.

- **id_degre_assurance_objet : tinyint unsigned**

Identifiant, dans la table « degres_assurance », du degré d'assurance avec lequel on peut estimer que le diagramme représente l'objet indiqué dans le champ précédent.

- **id_statut_objet : tinyint unsigned**

Identifiant, dans la table « statuts_objets », du statut de l'objet représenté par le diagramme.

- **modalites_representation_objet : text**

Description de la manière dont l'objet est représenté par le diagramme (vue de côté, patron, respect de la forme, respect des proportions, etc) utilisant autant que possible des [mots-clés](#) de la liste. Toute information qui n'est pas basée sur une observation personnelle de la tablette ou de photographies doit être accompagnée de sa source.

- **remarques_objet : text**

Autres remarques éventuelles sur l'objet représenté par le diagramme et la manière dont il est représenté. Toute information qui n'est pas basée sur une observation personnelle de la tablette ou de photographies doit être accompagnée de sa source.

Rôles joués par le diagramme

- **id_texte_associe : tinyint unsigned**

Identifiant, dans la table « types_textes_associes », de la nature du texte associé au diagramme.

→ Les informations sur la manière dont le diagramme s'articule avec le texte qui l'accompagne (le cas échéant) seront stockées dans la table d'associations correspondante.

- **roles_possibles : text**

Description des rôles qui semblent avoir été joués par le diagramme. Cette description doit utiliser autant que possible des [mots-clés](#) de la liste. Toute information qui n'est pas basée sur une observation personnelle du diagramme ou une lecture personnelle du texte doit être accompagnée de sa source.

- **remarques_roles : text**

Autres remarques éventuelles sur la fonction du diagramme. Toute information qui n'est pas basée sur une observation personnelle du diagramme ou une lecture personnelle du texte doit être accompagnée de sa source.

Informations diverses sur le diagramme

- **remarques : text**

Remarques éventuelles sur le diagramme qui ne rentrent dans aucune des rubriques ci-dessus. Toute information qui n'est pas basée sur une observation personnelle du diagramme ou une lecture personnelle du texte doit être accompagnée de sa source.

Images du diagramme

→ Les informations sur les photographies, copies et éditions du diagramme insérées dans la base de données seront stockées dans des tables d'entités dédiées.

Informations pratiques sur l'entrée

- **date_creation : datetime (automatique, obligatoire)**

Date et heure de la création de la fiche du diagramme dans la base de données. L'interface sera codée de manière à ce que cette information soit insérée automatiquement.

- **date_modification : datetime (automatique, obligatoire)**

Date et heure de la dernière modification de la fiche du diagramme dans la base de données. L'interface sera codée de manière à ce que cette information soit mise à jour automatiquement.

TABLE « configurations_geometriques » (8 champs)

Identification de la configuration géométrique

- **id : smallint unsigned (auto-incrémenté, obligatoire, unique)**
Identifiant de l'entrée dans la base, transparent pour l'utilisateur.
- **nom : varchar[255] (obligatoire, unique, fulltext)**
Nom permettant de désigner la configuration géométrique.

Description de la configuration géométrique

- **description : text (fulltext)**
Description de la configuration géométrique (éléments, positionnement).
- **booleen_schema : varchar[3] (automatique, obligatoire)**
Chaîne de caractères « oui » si la base de données contient un schéma de la configuration géométrique et « non » sinon. Le champ aura pour valeur par défaut « non », puis sera automatiquement mis à jour à chaque fois que l'utilisateur chargera ou supprimera un schéma.
→ *Le chemin vers le schéma étant entièrement déterminé par l'identifiant de la configuration géométrique (sous la forme « configuration_schema_id.png »), il est inutile d'introduire un champ pour le stocker.*
- **id_forme_geometrique : tinyint unsigned**
Identifiant, dans la table « formes_geometriques », de la forme géométrique dont est constituée la configuration géométrique.
→ *Les informations sur les lignes intérieures intervenant dans la configuration géométrique seront accessibles via la table d'associations correspondante.*
- **id_groupe_orientations : tinyint unsigned**
Identifiant, dans la table « groupes_orientations_configurations », du groupe d'orientations susceptibles de s'appliquer à la configuration géométrique.

Occurrences de la configuration géométrique

- *Les informations sur les diagrammes (et donc tablettes) montrant la configuration géométrique seront accessibles via la table « diagrammes » et n'ont donc pas besoin de faire l'objet de champs ici.*

Informations pratiques sur l'entrée

- **date_creation : datetime (automatique, obligatoire)**
Date et heure de la création de la fiche de la configuration géométrique dans la base de données. L'interface sera codée de manière à ce que cette information soit insérée automatiquement.
- **date_modification : datetime (automatique, obligatoire)**
Date et heure de la dernière modification de la configuration géométrique de la figure dans la base de données. L'interface sera codée de manière à ce que cette information soit mise à jour automatiquement.

TABLE « formes_geometriques » (8 champs)

Identification de la forme géométrique

- **id : tinyint unsigned (auto-incrémenté, obligatoire, unique)**
Identifiant de l'entrée dans la base, transparent pour l'utilisateur.
- **nom : varchar[100] (obligatoire, unique)**
Nom (français) de la forme géométrique.
- **nom_akkadien : varchar[255]**
Nom(s) akkadien(s) de la forme géométrique. Dans les cas où il existe plusieurs noms akkadiens, ceux-ci seront listés les uns à la suite des autres, et séparés les uns des autres par des virgules (par exemple : « nom1, nom2 »).
- **nom_sumerien : varchar[255]**
Nom(s) sumérien(s) de la forme géométrique. Dans les cas où il existe plusieurs noms sumériens, ceux-ci seront listés les uns à la suite des autres, et séparés les uns des autres par des virgules (par exemple : « nom1, nom2 »).

Description de la forme géométrique

- **description : text**
Description de la forme géométrique (éléments, positionnement).
- **booleen_schema : varchar[3] (automatique, obligatoire)**
Chaîne de caractères « oui » si la base de données contient un schéma de la forme géométrique et « non » sinon. Le champ aura pour valeur par défaut « non », puis sera automatiquement mis à jour à chaque fois que l'utilisateur chargera ou supprimera un schéma.
 - *Le chemin vers le schéma étant entièrement déterminé par l'identifiant de la forme géométrique (sous la forme « forme_schema_id.png »), il est inutile d'introduire un champ pour le stocker.*
 - *Les informations sur les formes géométriques élémentaires composant la forme géométrique seront stockées dans la table d'associations correspondante.*

Occurrences de la forme géométrique

- *Les informations sur les tablettes montrant la forme géométrique et la manière dont elles la montrent seront accessibles via la table « diagrammes » et n'ont donc pas besoin de faire l'objet de champs ici.*

Informations pratiques sur l'entrée

- **date_cretation : datetime (automatique, obligatoire)**
Date et heure de la création de la fiche de la forme géométrique dans la base de données. L'interface sera codée de manière à ce que cette information soit insérée automatiquement.
- **date_modification : datetime (automatique, obligatoire)**
Date et heure de la dernière modification de la fiche de la forme géométrique dans la base de données. L'interface sera codée de manière à ce que cette information soit mise à jour automatiquement.

TABLE « traces_effacement » (16 champs)

Identification de la trace d'effacement

- **id : smallint unsigned (auto-incrémenté, obligatoire, unique)**
Identifiant de l'entrée dans la base, transparent pour l'utilisateur.
- **nom : varchar[50] (automatique, obligatoire, unique)**
Nom permettant de désigner la trace d'effacement. Ce nom sera généré automatiquement à partir du nom de la tablette sur laquelle elle apparaît, sous la forme « nom-tablette *n », où le nom de la tablette sera coupé le cas échéant au premier « + » (au moyen d'une expression régulière) et *n* sera pris comme le plus petit entier disponible pour la tablette en question au moment de l'ajout de la trace d'effacement.
- **id_diagramme : smallint unsigned**
Si la trace d'effacement apparaît dans une zone occupée par un diagramme, identifiant, dans la table « diagrammes », du diagramme concerné.
- **id_section : smallint unsigned**
Si la trace d'effacement apparaît dans une section, identifiant, dans la table « sections », de la section concernée. Dans les cas où elle apparaît sur un diagramme, ce champ sera rempli automatiquement à partir de l'identifiant du diagramme.
- **id_tablette : smallint unsigned (obligatoire)**
Identifiant, dans la table « tablettes », de la tablette sur laquelle apparaît la trace d'effacement. Dans les cas où elle apparaît dans une section, ce champ sera rempli automatiquement à partir de l'identifiant de la section. L'utilisateur a donc toujours un seul champ à remplir parmi *id_diagramme*, *id_section* et *id_tablette* (il est toutefois utile de remplir automatiquement les deux autres le cas échéant pour faciliter les recherches par la suite).
- **emplacement : varchar[255]**
Description de l'emplacement de la trace d'effacement dans la zone occupée par le diagramme, ou à défaut dans la section, ou à défaut sur la tablette. Cette description doit utiliser autant de possible des [mots-clés](#) de la liste.

Description de la trace d'effacement

- **indices : text**
Description des indices qui permettent de penser qu'un effacement a été pratiqué, utilisant autant que possible des [mots-clés](#) de la liste. Tout élément qui n'est pas basé sur une observation directe de la tablette ou de photographies doit être suivi de sa source.
- **id_nature : tinyint unsigned**
Identifiant, dans la table « natures_effacements », de la nature de l'effacement.
- **intention : text**
Description des intentions possibles derrière la réalisation de l'effacement repéré, utilisant autant que possible des [mots-clés](#) de la liste. Les sources des hypothèses doivent être indiquées le cas échéant.
- **remarques : text**
Autres remarques éventuelles sur la trace d'effacement.

Images de la trace d'effacement

- **booleen_photo : varchar[3] (automatique, obligatoire)**
Chaîne de caractères « oui » si la base de données contient une photographie de la trace d'effacement et « non » sinon. Le champ aura pour valeur par défaut « non », puis sera automatiquement mis à jour à chaque fois que l'utilisateur chargera ou supprimera une photographie.
→ *Le chemin vers la photographie elle-même étant entièrement déterminé par l'identifiant de la trace d'effacement (sous la forme « effacement_photo_id.jpg »), il n'est pas nécessaire d'introduire un champ pour le stocker.*
- **id_source_photo : smallint unsigned**
Le cas échéant, identifiant, dans la table « references_biblio », de la référence pour la photographie de la trace d'effacement chargée dans la base. Il est obligatoire de renseigner ce champ dès lors qu'une photographie a été chargée, ce qui sera vérifié par l'intermédiaire de l'interface.
- **pages_photo : varchar[20]**
Le cas échéant, pages auxquelles on trouve la photographie utilisée dans la référence indiquée, au format « p. xx-xx » et/ou « pl. xx-xx ».
- **remarques_photo : text**
Remarques éventuelles sur la photographie et ce que l'on y voit de la trace d'effacement.

Informations pratiques sur l'entrée

- **date_creation : datetime (automatique, obligatoire)**
Date et heure de la création de la fiche de la trace d'effacement dans la base de données. L'interface sera codée de manière à ce que cette information soit insérée automatiquement.
- **date_modification : datetime (automatique, obligatoire)**
Date et heure de la dernière modification de la fiche de la trace d'effacement dans la base de données. L'interface sera codée de manière à ce que cette information soit mise à jour automatiquement.

TABLE « references_biblio » (22 champs)

Identification de la référence

- **id : smallint unsigned (auto-incrémenté, obligatoire, unique)**
Identifiant de l'entrée dans la base, transparent pour l'utilisateur.
- **nom : varchar[50] (obligatoire, unique)**
Forme de citation de la référence, au format « [Auteur19xx] », « [Auteur&Auteur19xx] » ou [Auteur&al19xx] ». Cela aurait pu être fait automatiquement au moyen d'expressions régulières, mais cette idée a été abandonnée pour simplifier.
- **nom_abrege : varchar[10]**
Le cas échéant, forme de citation abrégée utilisée pour la référence, au format « [ABREGE] ».

Données bibliographiques sur la référence

- **id_type_reference : tinyint unsigned (obligatoire)**
Identifiant, dans la table « types_references », du type dont relève la référence. Cette information permettra notamment de formater correctement les références en fonction de

leur type lors de leur affichage.

- **auteurs : varchar[100] (fulltext)**
Auteur(s) de la référence, au format « NOM, P. », « NOM1, P. & NOM2, P. » ou « NOM1, P. & al. ».
- **annee : smallint unsigned**
Année de publication de la référence, sur quatre chiffres. Cette donnée est codée avec le type 'smallint' plutôt que 'year' car 'year' ne permet pas d'enregistrer des dates antérieures à 1901.
- **titre : varchar[255] (fulltext)**
Titre de la référence.
- **complement_titre : varchar[255] (fulltext)**
Le cas échéant, complément de titre de la référence (série et numéro dans la série, édition, etc).
- **nom_revue : varchar[255] (fulltext)**
Le cas échéant, nom de la revue dans laquelle apparaît la référence.
- **nom_abrege_revue : varchar[7]**
Le cas échéant, nom abrégé utilisé pour désigner la revue dans laquelle apparaît la référence.
- **numero_revue : varchar[15]**
Le cas échéant, numéro de la revue dans laquelle apparaît la référence.
- **editeurs_ouvrage : varchar[100] (fulltext)**
Le cas échéant, éditeurs de l'ouvrage collectif dans lequel apparaît la référence, au format « P. NOM », « P. NOM1 & P. NOM2 » ou « P. NOM & al ».
- **titre_ouvrage : varchar[255] (fulltext)**
Le cas échéant, titre de l'ouvrage collectif dans lequel apparaît la référence.
- **complement_titre_ouvrage : varchar[255] (fulltext)**
Le cas échéant, complément de titre de l'ouvrage collectif dans lequel apparaît la référence (notamment série et numéro dans la série, ou bien édition).
- **pages : varchar[15]**
Le cas échéant, pages auxquelles figure la référence dans la revue ou l'ouvrage collectif, sous la forme « *nn-nn* ».
- **nom_evenement : varchar[255] (fulltext)**
Le cas échéant, nom de l'événement (colloque, séminaire) lors duquel la conférence ou l'exposé a eu lieu.
- **maison_edition : varchar[50]**
Le cas échéant, maison d'édition ayant publié la référence.
- **ville_edition : varchar[50]**
Le cas échéant, ville de la maison d'édition ayant publié la référence.
- **url : varchar[255]**
Le cas échéant, URL de la référence.

Contenu de la référence

→ Les informations sur les tablettes de la base de données discutées dans la référence seront accessibles via les tables d'association correspondantes.

Divers

- **remarques : text (fulltext)**

Remarques éventuelles sur la référence (résumé, endroits où on la trouve, tablettes discutées non entrées dans la base, etc).

Informations pratiques sur l'entrée

- **date_creation : datetime (automatique, obligatoire)**

Date et heure de la création de la fiche de la référence dans la base de données. L'interface sera codée de manière à ce que cette information soit insérée automatiquement.

- **date_modification : datetime (automatique, obligatoire)**

Date et heure de la dernière modification de la fiche de la figure dans la base de données. L'interface sera codée de manière à ce que cette information soit mise à jour automatiquement.

A.2.2.3. Tables d'entités « auxiliaires »

TABLE « collections » (4 champs) NON MODIFIABLE PAR L'UTILISATEUR

- **id : tinyint unsigned (auto-incrémenté, obligatoire, unique)**

Identifiant de l'entrée dans la base, transparent pour l'utilisateur.

- **nom : varchar[255] (obligatoire, unique)**

Nom de la collection, de préférence dans la langue du pays où elle se situe (en français à défaut ou en complément).

- **ville : varchar[50]**

Nom de la ville où se situe la collection, en français s'il existe une forme française. Pour les rares collections réparties entre deux villes, noms de ces villes séparés par « & ».

- **pays : varchar[50]**

Nom du pays où se situe la collection. Pour les rares collections réparties entre deux pays, noms de ces pays séparés par « & ».

TABLE « numeros_publication » (4 champs)

- **id : smallint unsigned (auto-incrémenté, obligatoire, unique)**

Identifiant de l'entrée dans la base, transparent pour l'utilisateur.

- **num_publication : varchar[100] (obligatoire, unique)**

Nom sous lequel une tablette est connue dans une publication où elle est éditée ou discutée. Le format du nom doit être normalisé en fonction de la publication en question, selon des [modèles](#) pré-établis. En cas de joints, les numéros de publication des différents fragments doivent être donnés sous leurs formes correctes respectives, en commençant par le fragment principal ou dans l'ordre alphabétique, et séparés les uns des autres par des

« + » entourés d'espaces ; si seulement certains fragments possèdent un numéro de publication, lister uniquement ceux-ci et terminer par « + al ».

- **id_tablette : smallint unsigned (obligatoire)**

Identifiant, dans la table « tablettes », de la tablette à laquelle se rapporte le numéro de publication.

- **booleen_principal : varchar[3]**

Chaîne de caractères « oui » (renseignée à partir d'une case à cocher) si le numéro est le principal numéro de publication sous lequel la tablette est connue, et champ laissé vide sinon. Seul un numéro de publication par tablette peut être marqué comme numéro de publication principal (ce qui sera vérifié par l'intermédiaire de l'interface au moment de la création ou la modification de l'entrée).

TABLE « autres_noms » (3 champs)

- **id : smallint unsigned (auto-incrémenté, obligatoire, unique)**

Identifiant de l'entrée dans la base, transparent pour l'utilisateur.

- **autre_nom : varchar[100] (obligatoire, unique)**

Nom sous lequel une tablette est connue, et qui ne soit ni un numéro de collection ni un numéro d'acquisition ni un numéro de fouilles ni un numéro de publication ni un numéro CDLI, ou bien nom sous lequel une tablette est connue mais dont le statut est indéterminé.

- **id_tablette : smallint unsigned (obligatoire)**

Identifiant, dans la table « tablettes », de la tablette à laquelle se rapporte le nom.

TABLE « periodes » (3 champs) NON MODIFIABLE PAR L'UTILISATEUR

- **id : tinyint unsigned (auto-incrémenté, obligatoire, unique)**

Identifiant de l'entrée dans la base, transparent pour l'utilisateur.

- **nom : varchar[30] (obligatoire, unique)**

Nom retenu pour la période.

- **bornes_chronologiques : varchar[50]**

Délimitation chronologique de la période.

TABLE « provenances » (5 champs) NON MODIFIABLE PAR L'UTILISATEUR

- **id : tinyint unsigned (auto-incrémenté, obligatoire, unique)**

Identifiant de l'entrée dans la base, transparent pour l'utilisateur.

- **type_provenance : varchar[7] (obligatoire)**

Chaîne de caractères « Ville » ou « Région », qui indique l'échelle de la provenance.

- **nom : varchar[30] (unique)**

Dans les cas où la provenance est une ville, nom de la ville ancienne s'il est connu, et champ laissé vide sinon. Dans les cas où la provenance est une région, nom de la région. Il est obligatoire de renseigner au moins un champ parmi celui-ci et le champ *nom_site*, ce qui sera contrôlé par l'intermédiaire de l'interface.

- **nom_site : varchar[50] (unique)**

Dans le cas où la provenance est une ville, nom ancien du site.

- **designation : varchar[85] (automatique, obligatoire, unique)**

Nom utilisé de manière générale pour désigner la provenance, formé automatiquement de son nom suivi s'il y a lieu du nom du site entre parenthèses ou bien du nom du site seul quand le nom (ancien) n'est pas connu. Ce champ pourrait être entièrement déduit des deux précédents par l'intermédiaire de l'interface, mais en disposer directement rendra certaines opérations plus faciles, en particulier le tri des entrées (qui serait particulièrement laborieux sinon). L'unicité de ce champ sera automatiquement assurée par celle des champs « nom » et « nom_site ».

- **id_region : tinyint unsigned**

Dans les cas où la provenance est une ville, identifiant, dans la table « provenances », de la région dans laquelle est située la ville. Notons qu'il s'agit d'une clé étrangère qui pointe vers une autre colonne de la même table, ce qui est tout-à-fait possible. Dans les cas où la provenance est une région, champ laissé vide.

**TABLE « degres_certitude » (4 champs)
NON MODIFIABLE PAR L'UTILISATEUR**

- **id : tinyint unsigned (auto-incrémenté, obligatoire, unique)**

Identifiant de l'entrée dans la base, transparent pour l'utilisateur.

- **nom : varchar[30] (obligatoire, unique)**

Nom du degré de certitude.

- **description : text**

Description de ce que recouvre le degré de certitude.

- **exemple : text**

Exemple(s) de situation(s) auxquelles s'applique le degré de certitude.

**TABLE « degres_assurance » (4 champs)
NON MODIFIABLE PAR L'UTILISATEUR**

- **id : tinyint unsigned (auto-incrémenté, obligatoire, unique)**

Identifiant de l'entrée dans la base, transparent pour l'utilisateur.

- **nom : varchar[20] (obligatoire, unique)**

Nom du degré d'assurance.

- **description : text**

Description de ce que recouvre le degré d'assurance.

- **exemple : text**

Exemple(s) de situation(s) auxquelles s'applique le degré d'assurance.

TABLE « types_fouilles » (2 champs)
NON MODIFIABLE PAR L'UTILISATEUR

- **id : tinyint unsigned (auto-incrémenté, obligatoire, unique)**
Identifiant de l'entrée dans la base, transparent pour l'utilisateur.
- **nom : varchar[35] (obligatoire, unique)**
Nom du type de fouilles.

TABLE « types_tablettes » (3 champs)
NON MODIFIABLE PAR L'UTILISATEUR

- **id : tinyint unsigned (auto-incrémenté, obligatoire, unique)**
Identifiant de l'entrée dans la base, transparent pour l'utilisateur.
- **nom : varchar[35] (obligatoire, unique)**
Nom du type de tablettes.
- **description : text**
Description du type de tablettes.

TABLE « genres_tablettes » (3 champs)
NON MODIFIABLE PAR L'UTILISATEUR

- **id : tinyint unsigned (auto-incrémenté, obligatoire, unique)**
Identifiant de l'entrée dans la base, transparent pour l'utilisateur.
- **nom : varchar[50] (obligatoire, unique)**
Nom du genre de contenus de tablettes.
- **description : text**
Description du genre de contenus de tablettes, suffisamment précise pour permettre à un utilisateur de déterminer si le contenu de la tablette qu'il cherche à entrer dans la base de données relève de ce genre.

TABLE « sousgenres_tablettes » (4 champs)
NON MODIFIABLE PAR L'UTILISATEUR

- **id : tinyint unsigned (auto-incrémenté, obligatoire, unique)**
Identifiant de l'entrée dans la base, transparent pour l'utilisateur.
- **id_genre_tablettes : tinyint unsigned (obligatoire)**
Identifiant, dans la table « genres_tablettes », du genre de contenus de tablettes auquel s'applique le sous-genre.

- **nom : varchar[70] (obligatoire)**

Nom du sous-genre de contenus de tablettes. Ce nom n'est pas forcément unique, car si un « même » sous-genre existe pour deux genres différents, il faut créer deux entrées différentes avec le même nom.

- **description : text**

Description du sous-genre de contenus de tablettes, suffisamment précise pour permettre à un utilisateur de déterminer si le contenu de la tablette qu'il cherche à entrer dans la base de données relève de ce sous-genre.

TABLE « genres_sections » (3 champs)
NON MODIFIABLE PAR L'UTILISATEUR

- **id : tinyint unsigned (auto-incrémenté, obligatoire, unique)**

Identifiant de l'entrée dans la base, transparent pour l'utilisateur.

- **nom : varchar[50] (obligatoire, unique)**

Nom du genre de contenus de sections.

- **description : text**

Description du genre de contenus de sections, suffisamment précise pour permettre à un utilisateur de déterminer si le contenu de la section qu'il cherche à entrer dans la base de données relève de ce genre.

TABLE « sousgenres_sections » (4 champs)
NON MODIFIABLE PAR L'UTILISATEUR

- **id : tinyint unsigned (auto-incrémenté, obligatoire, unique)**

Identifiant de l'entrée dans la base, transparent pour l'utilisateur.

- **id_genre_sections : tinyint unsigned (obligatoire)**

Identifiant, dans la table « genres_sections », du genre de contenus de sections auquel s'applique le sous-genre.

- **nom : varchar[60] (obligatoire)**

Nom du sous-genre de sections. Ce nom n'est pas forcément unique, car si un « même » sous-genre existe pour deux genres différents, il faut créer deux entrées différentes avec le même nom.

- **description : text**

Description du sous-genre de contenus de sections, suffisamment précise pour permettre à un utilisateur de déterminer si le contenu de la section qu'il cherche à entrer dans la base de données relève de ce sous-genre.

TABLE « categories_thematiques » (4 champs)

- **id : tinyint unsigned (auto-incrémenté, obligatoire, unique)**

Identifiant de l'entrée dans la base, transparent pour l'utilisateur.

- **nom : varchar[50] (obligatoire, unique)**
Nom (français) de la catégorie thématique.
- **nom_akkadien : varchar[255]**
Nom(s) akkadien(s) de la catégorie thématique. Dans les cas où il y a plusieurs noms akkadiens, ceux-ci doivent être listés les uns à la suite des autres et séparés les uns des autres par des virgules (« nom1, nom2, nom3 »).
- **nom_sumerien : varchar[255]**
Nom(s) sumérien(s) de la catégorie thématique. Dans les cas où il y a plusieurs noms sumériens, ceux-ci doivent être listés les uns à la suite des autres, et séparés les uns des autres par des virgules (« nom1, nom2, nom3 »).

TABLE « statuts_categories » (3 champs)
NON MODIFIABLE PAR L'UTILISATEUR

- **id : tinyint unsigned (auto-incrémenté, obligatoire, unique)**
Identifiant de l'entrée dans la base, transparent pour l'utilisateur.
- **nom : varchar[40] (obligatoire, unique)**
Nom donné au statut de catégories thématiques.
- **description : text**
Description de ce que recouvre le statut de catégories thématiques.

TABLE « emplacements_diagrammes » (2 champs)
NON MODIFIABLE PAR L'UTILISATEUR

- **id : tinyint unsigned (auto-incrémenté, obligatoire, unique)**
Identifiant de l'entrée dans la base, transparent pour l'utilisateur.
- **nom : varchar[40] (obligatoire, unique)**
Nom de l'emplacement où peut se trouver un diagramme dans la section où il apparaît.

TABLE « techniques_trace » (3 champs)
NON MODIFIABLE PAR L'UTILISATEUR

- **id : tinyint unsigned (auto-incrémenté, obligatoire, unique)**
Identifiant de l'entrée dans la base, transparent pour l'utilisateur.
- **nom : varchar[80] (obligatoire, unique)**
Nom de la technique de tracé.
- **description : text**
Description succincte de la technique de tracé.

TABLE « lignes_interieures » (5 champs)
NON MODIFIABLE PAR L'UTILISATEUR

- **id : tinyint unsigned (auto-incrémenté, obligatoire, unique)**
Identifiant de l'entrée dans la base, transparent pour l'utilisateur.
- **nom : varchar[20] (obligatoire, unique)**
Nom (français) du type de ligne intérieure.
- **nom_akkadien : varchar[50]**
Nom(s) akkadien(s) du type de ligne intérieure. Dans les cas où il existe plusieurs noms akkadiens, ceux-ci seront listés les uns à la suite des autres, et séparés les uns des autres par des virgules (par exemple : « nom1, nom2 »).
- **nom_sumerien : varchar[50]**
Nom(s) sumérien(s) du type de ligne intérieure. Dans les cas où il existe plusieurs noms sumériens, ceux-ci seront listés les uns à la suite des autres, et séparés les uns des autres par des virgules (par exemple : « nom1, nom2 »).
- **description : text**
Description du type de ligne intérieure.

TABLE « objets » (4 champs)

- **id : tinyint unsigned (auto-incrémenté, obligatoire, unique)**
Identifiant de l'entrée dans la base, transparent pour l'utilisateur.
- **nom : varchar[50] (obligatoire, unique)**
Nom de l'objet.
- **id_categorie_thematique : tinyint unsigned**
Le cas échéant, identifiant, dans la table « categories_thematiques », de la catégorie thématique à laquelle correspond l'objet.
- **id_type_objet : tinyint unsigned**
Identifiant, dans la table « types_objets », du type dont relève l'objet.

TABLE « types_objets » (3 champs)
NON MODIFIABLE PAR L'UTILISATEUR

- **id : tinyint unsigned (auto-incrémenté, obligatoire, unique)**
Identifiant de l'entrée dans la base, transparent pour l'utilisateur.
- **nom : varchar[25] (obligatoire, unique)**
Nom du type d'objets.
- **description : varchar[255]**
Description du type d'objets, et exemple(s) éventuel(s).

TABLE « statuts_objets » (3 champs)
NON MODIFIABLE PAR L'UTILISATEUR

- **id : tinyint unsigned (auto-incrémenté, obligatoire, unique)**
Identifiant de l'entrée dans la base, transparent pour l'utilisateur.
- **nom : varchar[60] (obligatoire, unique)**
Nom du statut que peut avoir un objet.
- **description : text**
Description de ce que recouvre le statut d'objets.

TABLE « types_textes_associes » (3 champs)
NON MODIFIABLE PAR L'UTILISATEUR

- **id : tinyint unsigned (auto-incrémenté, obligatoire, unique)**
Identifiant de l'entrée dans la base, transparent pour l'utilisateur.
- **nom : varchar[20] (obligatoire, unique)**
Nom du type de texte qui peut être associé à un diagramme.
- **description : text**
Description du type de texte.

TABLE « types_contenus » (3 champs)
NON MODIFIABLE PAR L'UTILISATEUR

- **id : tinyint unsigned (auto-incrémenté, obligatoire, unique)**
Identifiant de l'entrée dans la base, transparent pour l'utilisateur.
- **nom : varchar[100] (obligatoire, unique)**
Nom du type d'éléments que peut contenir un diagramme vis-à-vis du texte qui l'accompagne.
- **description : text**
Description du type d'éléments.

TABLE « inscriptions2 » (11 champs)
/!\ Attention au '2' (problème avec la table 'inscriptions') !

- **id : smallint unsigned (auto-incrémenté, obligatoire, unique)**
Identifiant de l'entrée dans la base, transparent pour l'utilisateur.
- **id_diagramme : smallint unsigned (obligatoire)**
Identifiant, dans la table « diagrammes », du diagramme auquel appartient l'inscription.
- **positionnement : text**

Description de la manière dont l'inscription est positionnée sur le diagramme, incluant des précisions éventuelles sur son orientation si besoin. Cette description doit utiliser autant que possible des [mots-clés](#) de la liste. Toute information qui n'est pas basée sur une observation directe de la tablette ou de photographies doit être accompagnée de sa source.

- **id_orientation : tinyint unsigned**

Identifiant, dans la table « orientations_inscriptions », de l'orientation de l'inscription sur le diagramme.

- **id_type_nombre : tinyint unsigned**

Identifiant, dans la table « types_nombres_inscriptions », du type des valeurs numériques (éventuelles) contenues dans l'inscription.

- **id_type_texte : tinyint unsigned**

Identifiant, dans la table « types_textes_inscriptions », du type du texte discursif (éventuel) contenu dans l'inscription.

- **id_langue : tinyint unsigned**

Identifiant, dans la table « langues_anciennes », de la langue dans laquelle est rédigé le contenu de l'inscription.

- **translitteration : varchar[255]**

Translittération du contenu de l'inscription.

- **traduction : varchar[255]**

Traduction du contenu de l'inscription.

- **signification : text**

Explication de ce à quoi fait référence le contenu de l'inscription, dans la mesure où cela peut être déterminé (longueur d'une ligne, surface d'une figure, etc). Cette explication doit utiliser autant que possible des [mots-clés](#) de la liste. Toute information qui n'est pas basée sur une compréhension personnelle du diagramme doit être accompagnée de sa source.

- **remarques : text**

Autres remarques éventuelles sur l'inscription. Toute information qui n'est pas basée sur une observation directe de la tablette ou de photographies et/ou sur une compréhension personnelle du diagramme doit être accompagnée de sa source.

TABLE « types_nombres_inscriptions » (3 champs)
NON MODIFIABLE PAR L'UTILISATEUR

- **id : tinyint unsigned (auto-incrémenté, obligatoire, unique)**

Identifiant de l'entrée dans la base, transparent pour l'utilisateur.

- **nom : varchar[30] (obligatoire, unique)**

Nom du type de valeurs numériques pouvant être contenues dans une inscription.

- **description : varchar[255]**

Description du type de valeurs numériques.

TABLE « types_textes_inscriptions » (3 champs)
NON MODIFIABLE PAR L'UTILISATEUR

- **id : tinyint unsigned (auto-incrémenté, obligatoire, unique)**
Identifiant de l'entrée dans la base, transparent pour l'utilisateur.
- **nom : varchar[30] (obligatoire, unique)**
Nom du type de texte discursif pouvant être contenu dans une inscription.
- **description : varchar[255]**
Description du type de texte.

TABLE « orientations_inscriptions » (2 champs)
NON MODIFIABLE PAR L'UTILISATEUR

- **id : tinyint unsigned (auto-incrémenté, obligatoire, unique)**
Identifiant de l'entrée dans la base, transparent pour l'utilisateur.
- **nom : varchar[50] (obligatoire, unique)**
Nom de l'orientation que peut avoir une inscription sur un diagramme.

TABLE « orientations_configurations » (3 champs)
NON MODIFIABLE PAR L'UTILISATEUR

- **id : smallint unsigned (auto-incrémenté, obligatoire, unique)**
Identifiant de l'entrée dans la base, transparent pour l'utilisateur.
- **nom : varchar[100] (obligatoire)**
Nom de l'orientation que peut avoir une configuration géométrique dans un diagramme.
- **id_groupe_orientations : tinyint unsigned**
Identifiant, dans la table « groupes_orientations_configurations », du groupe auquel appartient l'orientation.

TABLE « groupes_orientations_configurations » (2 champs)
NON MODIFIABLE PAR L'UTILISATEUR

- **id : tinyint unsigned (auto-incrémenté, obligatoire, unique)**
Identifiant de l'entrée dans la base, transparent pour l'utilisateur.
- **description : varchar[255] (obligatoire, unique)**
Description succincte des cas auxquels s'appliquent les orientations appartenant au groupe.

TABLE « formes_elementaires » (6 champs)

- **id : tinyint unsigned (auto-incrémenté, obligatoire, unique)**
Identifiant de l'entrée dans la base, transparent pour l'utilisateur.

- **nom : varchar[50] (obligatoire, unique)**
Nom de la forme géométrique élémentaire.
- **nom_akkadien : varchar[50]**
Nom(s) akkadien(s) de la forme géométrique élémentaire. Dans les cas où il existe plusieurs noms akkadiens, ceux-ci seront listés les uns à la suite des autres, et séparés les uns des autres par des virgules (par exemple : « nom1, nom2 »).
- **nom_sumerien : varchar[50]**
Nom(s) sumérien(s) de la forme géométrique élémentaire. Dans les cas où il existe plusieurs noms sumériens, ceux-ci seront listés les uns à la suite des autres, et séparés les uns des autres par des virgules (par exemple : « nom1, nom2 »).
- **description : text (fulltext)**
Description de la forme géométrique élémentaire (en particulier pour les formes atypiques).
- **booleen_schema : varchar[3] (automatique, obligatoire)**
Chaîne de caractères « oui » si la base de données contient un schéma de la forme géométrique élémentaire et « non » sinon. Le champ aura pour valeur par défaut « non », puis sera automatiquement mis à jour à chaque fois que l'utilisateur chargera ou supprimera un schéma.
→ *Le chemin vers le schéma d'une forme géométrique élémentaire étant entièrement déterminé par son identifiant (sous la forme « formeelem_schema_id.png »), il n'est pas utile de le stocker dans un champ de la table.*

TABLE « photos_diagrammes » (5 champs)

- **id : smallint unsigned (auto-incrémenté, obligatoire, unique)**
Identifiant de l'entrée dans la base, transparent pour l'utilisateur.
- **id_diagramme : smallint unsigned (obligatoire)**
Identifiant, dans la table « diagrammes », du diagramme visible sur la photographie.
→ *Le chemin vers la photographie elle-même étant entièrement déterminé par son identifiant (sous la forme « diagramme_photo_id.jpg »), il n'est pas nécessaire d'introduire un champ pour le stocker.*
- **id_reference : smallint unsigned**
Identifiant, dans la table « references_biblio », de la référence où l'on trouve la photographie.
- **pages : varchar[20]**
Le cas échéant, pages auxquelles apparaît la photographie dans la référence, sous la forme « p. nn-nn » et/ou « p. nn-nn et nn-nn » et/ou « pl. nn-nn ».
- **remarques : text**
Remarques éventuelles sur la photographie (photographe, qualité, droits de reproduction, etc).

TABLE « copies_diagrammes » (5 champs)

- **id : smallint unsigned (auto-incrémenté, obligatoire, unique)**
Identifiant de l'entrée dans la base, transparent pour l'utilisateur.
- **id_diagramme : smallint unsigned (obligatoire)**
Identifiant, dans la table « diagrammes », du diagramme reproduit par la copie.
→ *Le chemin vers la copie elle-même étant entièrement déterminé par son identifiant (sous la forme « diagramme_copie_id.jpg »), il n'est pas nécessaire d'introduire un champ pour le stocker.*
- **id_reference : smallint unsigned**
Identifiant, dans la table « references_biblio », de la référence où l'on trouve la copie.
- **pages : varchar[20]**
Le cas échéant, pages auxquelles apparaît la copie dans la référence, sous la forme « p. nn-
nn » et/ou « p. nn-nn et nn-nn » et/ou « pl. nn-nn ».
- **remarques : text**
Remarques éventuelles sur la copie (copiste, qualité, erreurs, etc).

TABLE « editions_diagrammes » (5 champs)

- **id : smallint unsigned (auto-incrémenté, obligatoire, unique)**
Identifiant de l'entrée dans la base, transparent pour l'utilisateur.
- **id_diagramme : smallint unsigned (obligatoire)**
Identifiant, dans la table « diagrammes », du diagramme reproduit par l'édition.
→ *Le chemin vers l'édition elle-même étant entièrement déterminé par son identifiant (sous la forme « diagramme_edition_id.jpg »), il n'est pas nécessaire d'introduire un champ pour le stocker.*
- **id_reference : smallint unsigned**
Identifiant, dans la table « references_biblio », de la référence où l'on trouve l'édition.
- **pages : varchar[20]**
Le cas échéant, pages auxquelles apparaît l'édition dans la référence, sous la forme « p. nn-
nn » et/ou « p. nn-nn et nn-nn ».
- **remarques : text**
Remarques éventuelles sur l'édition (fidélité, erreurs, etc).

TABLE « natures_effacements » (3 champs) NON MODIFIABLE PAR L'UTILISATEUR

- **id : tinyint unsigned (auto-incrémenté, obligatoire, unique)**
Identifiant de l'entrée dans la base, transparent pour l'utilisateur.
- **nom : varchar[60] (obligatoire, unique)**
Nom de la nature d'effacement.

- **description** : text
Description de la nature d'effacement.

TABLE « types_references » (3 champs)
NON MODIFIABLE PAR L'UTILISATEUR

- **id** : tinyint unsigned (auto-incrémenté, obligatoire, unique)
Identifiant de l'entrée dans la base, transparent pour l'utilisateur.
- **nom** : varchar[30] (obligatoire, unique)
Nom du type de référence.
- **nom_court** : varchar[15] (obligatoire, unique)
Nom court du type de référence (utile pour l'affichage dans les tableaux de résultats disposant d'une largeur limitée).

TABLE « langues_anciennes » (2 champs)
NON MODIFIABLE PAR L'UTILISATEUR

- **id** : tinyint unsigned (auto-incrémenté, obligatoire, unique)
Identifiant de l'entrée dans la base, transparent pour l'utilisateur.
- **nom** : varchar[20] (obligatoire, unique)
Nom (et/ou description) de la langue.

TABLE « langues_modernes » (2 champs)
NON MODIFIABLE PAR L'UTILISATEUR

- **id** : tinyint unsigned (auto-incrémenté, obligatoire, unique)
Identifiant de l'entrée dans la base, transparent pour l'utilisateur.
- **nom** : varchar[40] (obligatoire, unique)
Nom de la langue.

A.2.2.4. Tables d'associations

TABLE « assoc_tab_per » (6 champs)

- **id** : smallint unsigned (auto-incrémenté, obligatoire, unique)
Identifiant de l'entrée dans la base, transparent pour l'utilisateur.
- **id_tablette** : smallint unsigned (obligatoire)
Identifiant, dans la table « tablettes », de la tablette impliquée dans l'association.

- **id_periode : tinyint unsigned (obligatoire)**

Identifiant, dans la table « periodes », de la période impliquée dans l'association.

- **id_degre_certitude : tinyint unsigned**

Identifiant, dans la table « degres_certitude », du degré de certitude avec lequel la tablette considérée peut être attribuée à la période considérée. Attention, les associations avec le degré de certitude « Exclu » ne doivent être entrées dans la base que si elles ont été suggérées dans la littérature bien que l'on puisse désormais les écarter.

- **precisions : text**

Éventuelles précisions sur la datation donnée (roi régnant, année exacte, etc), en utilisant autant que possible des [mots-clés](#) de la liste. Bien que toutes les sources de l'association soient répertoriées par ailleurs, il est possible, lorsque cela semble utile, d'indiquer ponctuellement dans la présentation les sources d'éléments particuliers.

- **arguments : text**

Présentation des arguments sur lesquels est basée l'attribution de la tablette considérée à la période considérée. Cette présentation doit commencer par un groupe nominal donnant le type général d'arguments, en utilisant des [mots-clés](#) de la liste. Elle peut ensuite se poursuivre par des précisions sur ces arguments, en utilisant autant que possible des [mots-clés](#) de la liste. Bien que toutes les sources de l'association soient répertoriées par ailleurs, il est possible, lorsque cela semble utile, d'indiquer ponctuellement dans la présentation les sources d'éléments particuliers.

→ Les informations sur les références proposant d'attribuer la tablette considérée à la période considérée seront stockées dans la table d'associations correspondante.

TABLE « assoc_tab_prov » (6 champs)

- **id : smallint unsigned (auto-incrémenté, obligatoire, unique)**

Identifiant de l'entrée dans la base, transparent pour l'utilisateur.

- **id_tablette : smallint unsigned (obligatoire)**

Identifiant, dans la table « tablettes », de la tablette impliquée dans l'association.

- **id_provenance : tinyint unsigned (obligatoire)**

Identifiant, dans la table « provenances », de la provenance impliquée dans l'association. Attention, les associations impliquant des régions comme provenances ne doivent être insérées que si elles apportent une information supplémentaire par rapport aux associations avec des villes (ville précise inconnue ou degré de certitude plus grand pour la région) : si, par exemple, la tablette considérée est déjà associée à « Uruk » avec le degré de certitude « Probable », c'est redondant de l'associer également à « Babylonie du Sud » avec le degré de certitude « Probable » ; en revanche, il peut être utile le cas échéant de l'associer à « Babylonie du Sud » avec le degré de certitude « Certain ».

- **id_degre_certitude : tinyint unsigned**

Identifiant, dans la table « degres_certitude », du degré de certitude avec lequel la tablette considérée peut être attribuée à la provenance considérée. Attention, les associations avec le degré de certitude « Exclu » ne doivent être entrées dans la base que si elles ont été suggérées dans la littérature bien que l'on puisse désormais les écarter.

- **precisions : text**

Éventuelles précisions sur la provenance donnée (quartier, bâtiment, etc), en utilisant autant que possible des [mots-clés](#) de la liste. Bien que toutes les sources de l'association

soient répertoriées par ailleurs, il est possible, lorsque cela semble utile, d'indiquer ponctuellement dans la présentation les sources d'éléments particuliers.

- **arguments : text**

Présentation des arguments sur lesquels est basée l'attribution de la tablette considérée à la provenance considérée. Cette présentation doit commencer par un groupe nominal donnant le type général d'arguments, en utilisant des [mots-clés](#) de la liste. Elle peut ensuite se poursuivre par des précisions sur ces arguments, en utilisant autant que possible des [mots-clés](#) de la liste. Bien que toutes les sources de l'association soient répertoriées par ailleurs, il est possible, lorsque cela semble utile, d'indiquer ponctuellement dans la présentation les sources d'éléments particuliers.

→ Les informations sur les références proposant d'attribuer la tablette considérée à la provenance considérée seront stockées dans la table d'associations correspondante.

TABLE « assoc_tab_coll » (3 champs)

- **id : smallint unsigned (auto-incrémenté, obligatoire, unique)**

Identifiant de l'entrée dans la base, transparent pour l'utilisateur.

- **id_tablette : smallint unsigned (obligatoire)**

Identifiant, dans la table « tablettes », de la tablette impliquée dans l'association.

- **id_collection : tinyint unsigned (obligatoire)**

Identifiant, dans la table « collections », de la collection impliquée dans l'association.

TABLE « assoc_diag_tech » (6 champs)

- **id : smallint unsigned (auto-incrémenté, obligatoire, unique)**

Identifiant de l'entrée dans la base, transparent pour l'utilisateur.

- **id_diagramme : smallint unsigned (obligatoire)**

Identifiant, dans la table « diagrammes » du diagramme participant à l'association.

- **id_technique_trace : tinyint unsigned (obligatoire)**

Identifiant, dans la table « techniques_trace », de la technique de tracé participant à l'association.

- **degre_assurance : varchar[10]**

Chaîne de caractères « Clairement » ou « Plutôt », selon le degré de certitude avec lequel la technique de tracé participant à l'association peut être identifiée sur le dessin formant le diagramme participant à l'association.

- **indices : text**

Description des indices qui permettent de penser que certains des tracés du dessin constituant le diagramme ont été réalisés avec la technique en question. Cette description doit utiliser autant que possible des [mots-clés](#) de la liste. Toute information qui n'est pas basée sur une observation directe de la tablette ou de photographies doit être accompagnée de sa source.

- **remarques : text**

Autres remarques éventuelles sur l'utilisation de la technique de tracé participant à

l'association pour produire le dessin du diagramme participant à l'association. Toute information qui n'est pas basée sur une observation directe de la tablette ou de photographies doit être accompagnée de sa source.

TABLE « assoc_diag_cont » (4 champs)

- **id : smallint unsigned (auto-incrémenté, obligatoire, unique)**
Identifiant de l'entrée dans la base, transparent pour l'utilisateur.
- **id_diagramme : smallint unsigned (obligatoire)**
Identifiant, dans la table « diagrammes », du diagramme participant à l'association.
- **id_type_contenu : tinyint unsigned (obligatoire)**
Identifiant, dans la table « types_contenus », du type de contenu participant à l'association.
- **details : text**
Détails sur les éléments de contenu du type participant à l'association qui sont véhiculés par le diagramme participant à l'association. Toute information qui n'est pas basée sur une lecture personnelle du texte doit être accompagnée de sa source.

TABLE « assoc_config_lign » (4 champs)

- **id : smallint unsigned (auto-incrémenté, obligatoire, unique)**
Identifiant de l'entrée dans la base, transparent pour l'utilisateur.
- **id_configuration : smallint unsigned (obligatoire)**
Identifiant, dans la table « configurations_geometriques », de la configuration géométrique participant à l'association.
- **id_ligne_interieure : tinyint unsigned (obligatoire)**
Identifiant, dans la table « lignes_interieures », du type de lignes intérieures participant à l'association.
- **nombre : tinyint unsigned**
Nombre de lignes du type participant à l'association présentes dans la configuration géométrique participant à l'association.

TABLE « assoc_form_formelem » (3 champs)

- **id : smallint unsigned (auto-incrémenté, obligatoire, unique)**
Identifiant de l'entrée dans la base, transparent pour l'utilisateur.
- **id_forme : tinyint unsigned (obligatoire)**
Identifiant, dans la table « formes_geometriques », de la forme géométrique impliquée dans l'association.
- **id_forme_elementaire : tinyint unsigned (obligatoire)**
Identifiant, dans la table « formes_elementaires », de la forme géométrique élémentaire impliquée dans l'association.

TABLE « assoc_tab_ref_photo » (6 champs)

- **id : smallint unsigned (auto-incrémenté, obligatoire, unique)**
Identifiant de l'entrée dans la base, transparent pour l'utilisateur.
- **id_tablette : smallint unsigned (obligatoire)**
Identifiant, dans la table « tablettes », de la tablette impliquée dans l'association.
- **id_reference : smallint unsigned (obligatoire)**
Identifiant, dans la table « references_biblio », de la référence impliquée dans l'association.
- **pages : varchar[20]**
Le cas échéant, pages auxquelles apparaît la (ou les) photographie(s) de la tablette impliquée dans l'association dans la référence impliquée dans l'association, au format « p. nn-nn » et/ou « p. nn-nn et nn-nn » et/ou « pl. nn-nn ».
- **qualite : text**
Description de la qualité de la (ou des) photographie(s). Cette description commence par un mot-clé de la liste, et peut se poursuivre par des remarques plus détaillées.
- **remarques : text**
Remarques éventuelles (photographe, droits de reproduction, etc).

TABLE « assoc_tab_ref_copie » (6 champs)

- **id : smallint unsigned (auto-incrémenté, obligatoire, unique)**
Identifiant de l'entrée dans la base, transparent pour l'utilisateur.
- **id_tablette : smallint unsigned (obligatoire)**
Identifiant, dans la table « tablettes », de la tablette impliquée dans l'association.
- **id_reference : smallint unsigned (obligatoire)**
Identifiant, dans la table « references_biblio », de la référence impliquée dans l'association.
- **pages : varchar[20]**
Le cas échéant, pages auxquelles apparaît la copie de la tablette impliquée dans l'association dans la référence impliquée dans l'association, au format « p. nn-nn » et/ou « pl. nn-nn ».
- **qualite : text**
Description de la qualité de la copie. Cette description commence par un mot-clé de la liste, et peut se poursuivre par des remarques plus détaillées.
- **remarques : text**
Remarques éventuelles (copiste, droits de reproduction, etc).

TABLE « assoc_tab_ref_transl » (5 champs)

- **id : smallint unsigned (auto-incrémenté, obligatoire, unique)**

Identifiant de l'entrée dans la base, transparent pour l'utilisateur.

- **id_tablette : smallint unsigned (obligatoire)**
Identifiant, dans la table « tablettes », de la tablette impliquée dans l'association.
- **id_reference : smallint unsigned (obligatoire)**
Identifiant, dans la table « references_biblio », de la référence impliquée dans l'association.
- **pages : varchar[20]**
Le cas échéant, pages auxquelles apparaît la translittération du contenu de la tablette impliquée dans l'association dans la référence impliquée dans l'association, au format « p. *nn-nn* » et/ou « p. *nn-nn* et *nn-nn* ».
- **remarques : text**
Remarques éventuelles (auteur de la translittérations, erreurs relevées, etc).

TABLE « assoc_tab_ref_trad » (6 champs)

- **id : smallint unsigned (auto-incrémenté, obligatoire, unique)**
Identifiant de l'entrée dans la base, transparent pour l'utilisateur.
- **id_tablette : smallint unsigned (obligatoire)**
Identifiant, dans la table « tablettes », de la tablette impliquée dans l'association.
- **id_reference : smallint unsigned (obligatoire)**
Identifiant, dans la table « references_biblio », de la référence impliquée dans l'association.
- **pages : varchar[20]**
Le cas échéant, pages auxquelles apparaît la traduction du contenu de la tablette impliquée dans l'association dans la référence impliquée dans l'association, au format « p. *nn-nn* » et/ou « p. *nn-nn* et *nn-nn* » et/ou « pl. *nn-nn* ».
- **langue : varchar[20]**
Langue de la traduction.
- **remarques : text**
Remarques éventuelles (photographe, droits de reproduction, etc).

TABLE « assoc_tab_ref_comm » (5 champs)

- **id : smallint unsigned (auto-incrémenté, obligatoire, unique)**
Identifiant de l'entrée dans la base, transparent pour l'utilisateur.
- **id_tablette : smallint unsigned (obligatoire)**
Identifiant, dans la table « tablettes », de la tablette impliquée dans l'association.
- **id_reference : smallint unsigned (obligatoire)**
Identifiant, dans la table « references_biblio », de la référence impliquée dans l'association.
- **pages : varchar[20]**
Le cas échéant, pages auxquelles apparaît le commentaire de la tablette impliquée dans l'association dans la référence impliquée dans l'association, au format « p. *nn-nn* » et/ou

« p. *nn-nn* et *nn-nn* ».

- **remarques : text**

Remarques éventuelles (niveau de détail du commentaire, points de désaccord à signaler, etc).

TABLE « assoc_tab_ref_consult » (4 champs)

- **id : smallint unsigned (auto-incrémenté, obligatoire, unique)**

Identifiant de l'entrée dans la base, transparent pour l'utilisateur.

- **id_tablette : smallint unsigned (obligatoire)**

Identifiant, dans la table « tablettes », de la tablette impliquée dans l'association.

- **id_reference : smallint unsigned (obligatoire)**

Identifiant, dans la table « references_biblio », de la référence impliquée dans l'association.

- **remarques : text**

Remarques éventuelles (prise en compte d'une partie seulement, etc).

TABLE « assoc_dat_ref » (5 champs)

- **id : smallint unsigned (auto-incrémenté, obligatoire, unique)**

Identifiant de l'entrée dans la base, transparent pour l'utilisateur.

- **id_datation : smallint unsigned (obligatoire)**

Identifiant, dans la table « assoc_tab_per », de l'association d'une tablette à une période impliquée dans la présente association.

- **id_reference : smallint unsigned (obligatoire)**

Identifiant, dans la table « references_biblio », de la référence impliquée dans l'association.

- **pages : varchar[20]**

Le cas échéant, pages auxquelles apparaissent les informations sur la datation impliquée dans l'association dans la référence impliquée dans l'association, au format « p. *nn-nn* » et/ou « p. *nn-nn* et *nn-nn* ».

- **remarques : text**

Remarques éventuelles.

TABLE « assoc_prov_ref » (5 champs)

- **id : smallint unsigned (auto-incrémenté, obligatoire, unique)**

Identifiant de l'entrée dans la base, transparent pour l'utilisateur.

- **id_provenance : smallint unsigned (obligatoire)**

Identifiant, dans la table « assoc_tab_prov », de l'association d'une tablette à une provenance impliquée dans la présente association.

- **id_reference : smallint unsigned (obligatoire)**

Identifiant, dans la table « references_biblio », de la référence impliquée dans l'association.

- **pages : varchar[20]**
Le cas échéant, pages auxquelles apparaissent les informations sur la provenance impliquée dans l'association dans la référence impliquée dans l'association, au format « p. nn-nn » et/ou « p. nn-nn et nn-nn ».
- **remarques : text**
Remarques éventuelles.

TABLE « assoc_genres_sec_tab » (3 champs)

- **id : smallint unsigned (auto-incrémenté, obligatoire, unique)**
Identifiant de l'entrée dans la base, transparent pour l'utilisateur.
- **id_genre_sections : tinyint unsigned (obligatoire)**
Identifiant, dans la table « genres_sections », du genre de contenu de sections impliqué dans l'association.
- **id_genre_tablettes : tinyint unsigned (obligatoire)**
Identifiant, dans la table « genres_tablettes », du genre de contenu de tablettes impliqué dans l'association.

A.2.2.5. Tables d'administration

TABLE « utilisateurs » (5 champs) NON MODIFIABLE PAR L'UTILISATEUR

- **id : tinyint unsigned (auto-incrémenté, obligatoire, unique)**
Identifiant de l'entrée dans la base, transparent pour l'utilisateur.
- **login : varchar[25] (obligatoire, unique)**
Nom sous lequel l'utilisateur se connecte à la base.
- **nom : varchar[50] (obligatoire, unique)**
Nom complet de l'utilisateur.
- **mdp_hache : varchar[255] (obligatoire)**
Mot de passe permettant à l'utilisateur de se connecter à la base de données, stocké haché (avec la fonction PHP sha1) pour des raisons de sécurité.
- **permissions : varchar[12]**
Chaîne de caractères « Consultation » si l'utilisateur est seulement autorisé à consulter la base de données, et « Edition » s'il est également autorisé à y insérer et modifier des entrées. Le champ aura comme valeur par défaut « Consultation ».

E.3. Implémentation de la base de données et de son interface

Maintenant que j'ai décrit précisément la manière dont j'ai conçu l'organisation de la base de données, il me faut présenter la façon dont je l'ai mise en œuvre en pratique.

Il est important de distinguer, dans une base de données, d'une part la structure de données et les données elles-mêmes, et d'autre part l'interface qui permet d'y accéder. Il est très fortement conseillé de séparer ces deux éléments, notamment afin de pouvoir modifier l'interface sans perdre les données (par exemple si elle ne répond plus aux besoins actuels ou si elle est devenue obsolète), et c'est donc de cette manière que j'ai choisi de procéder.

Dans cette troisième et dernière partie de la documentation, je présente tour à tour les outils informatiques que j'ai utilisés pour encoder la structure de la base de données et stocker les données elles-mêmes, les outils informatiques que j'ai utilisés pour créer l'interface qui permet d'y accéder, et quelques questions techniques relatives à la sécurité, la compatibilité et l'hébergement, avant de fournir des extraits de mon code source.

E.3.1. Choix informatiques et techniques pour l'encodage de la structure

Commençons donc par les choix informatiques et techniques se rapportant à l'encodage de la structure de la base de données elle-même.

E.3.1.1. Le système de gestion de bases de données : MariaDB

À bas niveau, les données organisées en bases de données sont manipulées au moyen de logiciels système que l'on appelle des *systèmes de gestion de bases de données (SGBD)*. Ceux de ces logiciels qui implémentent la théorie relationnelle, c'est-à-dire qui stockent les données d'une manière qui peut être modélisée par des tables avec des champs et des entrées, sont appelés plus précisément des *systèmes de gestion de bases de données relationnelles (SGBDR)*.

Il existe une dizaine de systèmes de gestion de bases de données relationnelles. Le plus complet et le plus puissant est Oracle, mais il coûte très cher et n'est pas indispensable pour des projets modestes. J'ai donc plutôt choisi le système de gestion de bases de données relationnelles MariaDB (version 10.4.6), qui est libre, gratuit, et très utilisé par les débutants. Celui-ci ne suit pas toujours les normes générales et n'implémente pas certaines fonctionnalités avancées mais sera néanmoins amplement suffisant pour réaliser la base de données que je décris dans cette annexe.⁵

La communication avec un système de gestion de bases de données se fait en utilisant un langage informatique. Dans le cas de MariaDB, il s'agit du langage SQL (Structured Query Language), dont les instructions sont souvent appelées des *requêtes*.

E.3.1.2. L'outil d'administration de la base de données : phpMyAdmin

Dans la pratique, il existe plusieurs manières d'interagir avec un système de gestion de bases de données : en exécutant des instructions en langage SQL directement en ligne de commande, en exécutant des instructions en langage SQL incorporées dans des instructions dans un autre langage, ou encore en utilisant une *interface graphique* (qui ne doit pas être confondue avec l'interface Web de la base de données que je décrirai la la section E.3.2.). En

5. Il peut être utile de signaler que MariaDB a été développé en 2008 par le créateur du système de gestion de bases de données plus connu MySQL, après que ce dernier a été racheté par l'entreprise qui commercialise Oracle. MariaDB est basé sur le code source de MySQL, et présente donc des caractéristiques très proches de ce dernier.

ce qui me concerne, j'ai utilisé la troisième méthode pour implémenter la structure de la base de données, et la deuxième méthode pour insérer et consulter des données dans la base par l'intermédiaire de l'interface Web que je décrirai dans la section E.3.2..

L'interface graphique d'administration de la base de données que j'ai choisie est phpMyAdmin (version 4.9.0.1), l'une des plus courantes pour gérer des bases de données utilisant les systèmes MySQL et MariaDB. Cette interface permet de visualiser rapidement et efficacement la structure et le contenu de la base de données, comme le montrent les quelques captures d'écran des figures E.6 à E.8 ci-dessous, qui illustrent respectivement l'aperçu de la liste des tables de la base de données, la visualisation de la structure d'une table en particulier, et la consultation du contenu d'une table.

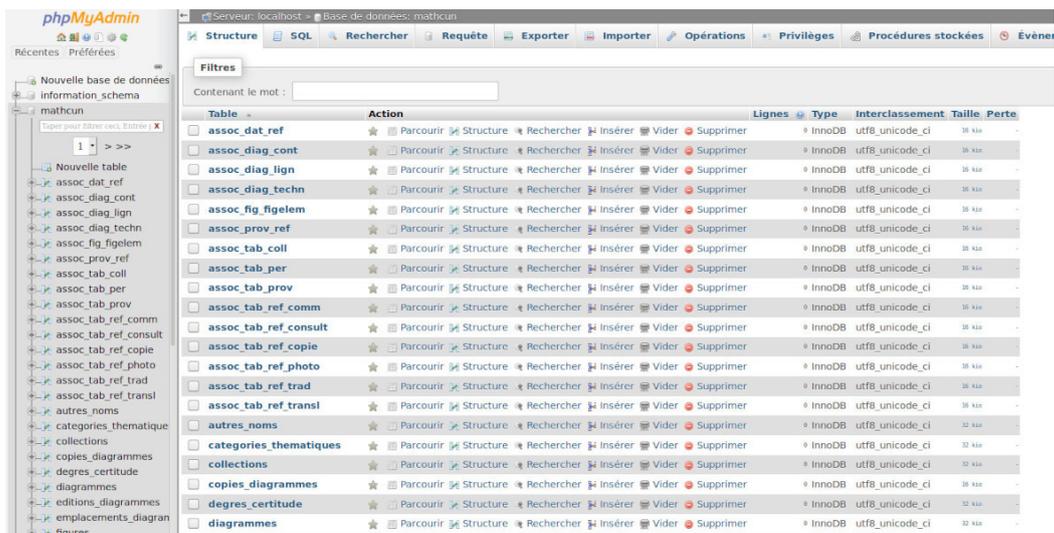


FIGURE E.6. Aperçu de la liste des tables de la base de données dans phpMyAdmin

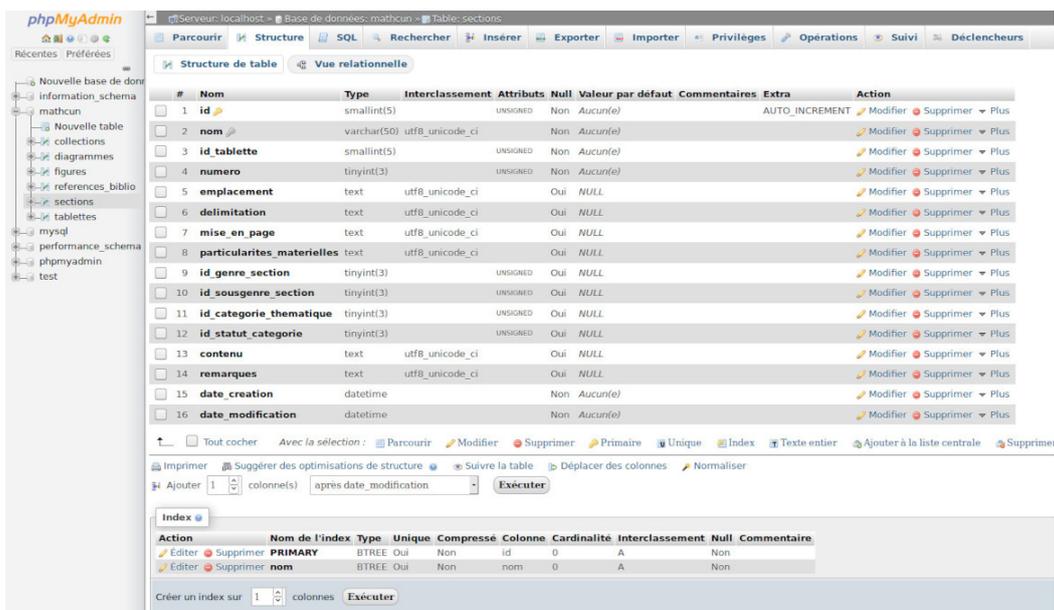


FIGURE E.7. Visualisation de la structure d'une table dans phpMyAdmin (exemple de la table « sections »)

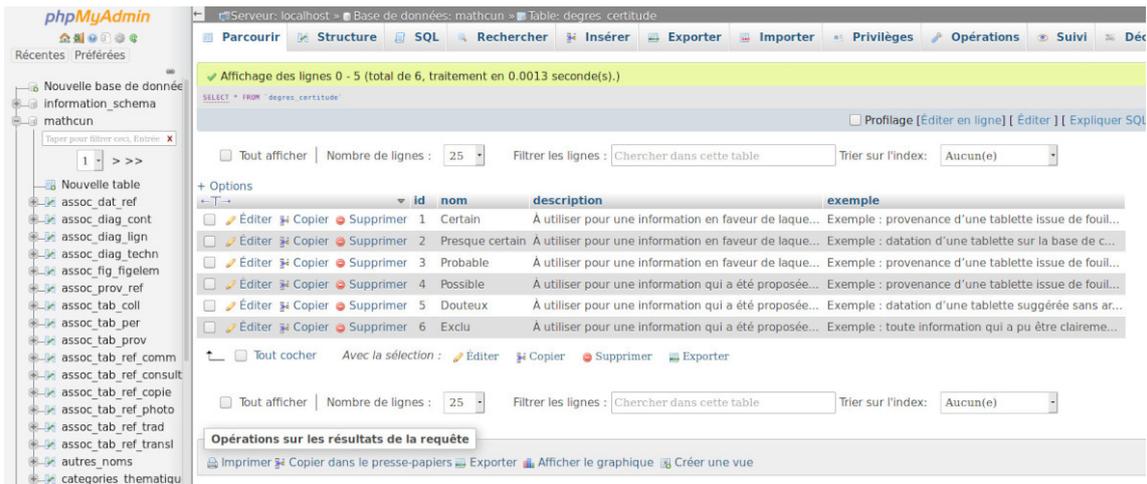


FIGURE E.8. Visualisation du contenu d'une table dans phpMyAdmin (exemple de la table « degre_certitude »)

L'interface graphique d'administration phpMyAdmin propose par ailleurs un certain nombre de fonctionnalités préprogrammées qui permettent d'effectuer des opérations standard sur la structure et le contenu de la base de données sans avoir à passer à chaque fois par des requêtes SQL. J'ai utilisé ces fonctionnalités d'une part pour créer l'ensemble des tables de la base et de leurs champs et définir les types et les propriétés de ces champs, comme illustré par la capture d'écran de la figure E.9 ci-dessous, et d'autre part pour remplir rapidement toutes les tables simples non modifiables par l'utilisateur.

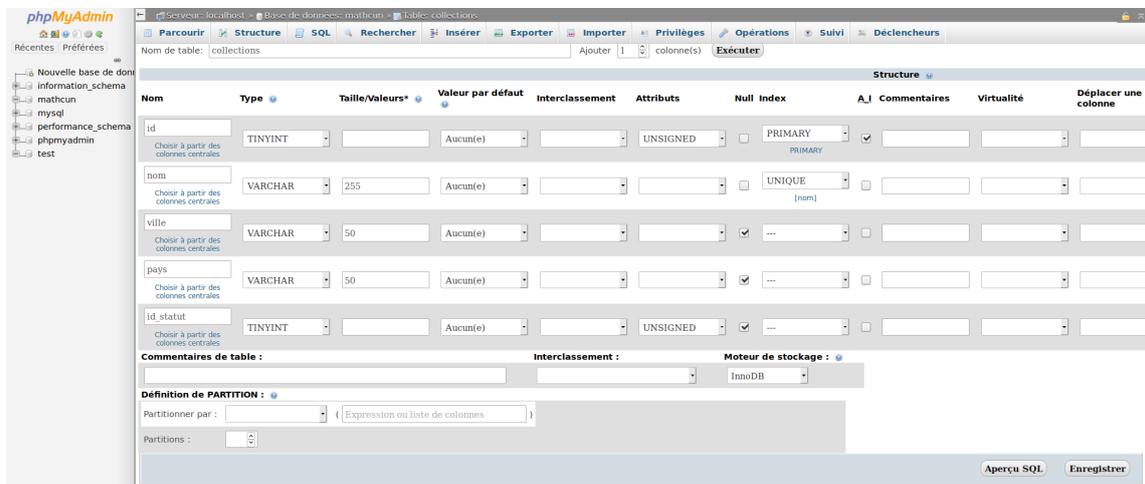


FIGURE E.9. Création d'une nouvelle table depuis phpMyAdmin (exemple de la table « collections »)

L'interface graphique d'administration phpMyAdmin permet également d'effectuer des opérations moins classiques sur la base de données, qui n'ont pas été prédéfinies, en exécutant les requêtes SQL appropriées dans un champ dédié. C'est de cette manière que j'ai défini toutes les clés étrangères présentes dans la base de données, comme illustré par la capture d'écran de la figure E.10 sur la page suivante.



FIGURE E.10. Exécution d'une requête SQL dans phpMyAdmin (exemple de la création d'une clé étrangère)

Enfin, l'interface graphique d'administration phpMyAdmin offre la possibilité d'exporter la structure et/ou le contenu de la base de données sous la forme d'un fichier `.sql` contenant toutes les requêtes SQL permettant de la reconstruire entièrement. Cette fonctionnalité, dont le résultat est illustré par la capture d'écran de la figure E.11 ci-dessous, est très utile à la fois pour effectuer des sauvegardes de la base de données et pour la transférer vers un autre ordinateur ou un serveur distant.⁶

```
--
-- Base de données : `mathcun`
--
-----
-- Structure de la table `assoc_dat_ref`
--
CREATE TABLE `assoc_dat_ref` (
  `id` smallint(5) UNSIGNED NOT NULL,
  `id_datation` smallint(5) UNSIGNED NOT NULL,
  `id_reference` smallint(5) UNSIGNED NOT NULL,
  `pages` varchar(20) COLLATE utf8_unicode_ci DEFAULT NULL,
  `remarques` text COLLATE utf8_unicode_ci DEFAULT NULL
) ENGINE=InnoDB DEFAULT CHARSET=utf8 COLLATE=utf8_unicode_ci;

-----
-- Structure de la table `assoc_diag_cont`
--
CREATE TABLE `assoc_diag_cont` (
  `id` smallint(5) UNSIGNED NOT NULL,
  `id_diagramme` smallint(5) UNSIGNED NOT NULL,
  `id_type_contenu` tinyint(3) UNSIGNED NOT NULL,
  `details` text COLLATE utf8_unicode_ci DEFAULT NULL
) ENGINE=InnoDB DEFAULT CHARSET=utf8 COLLATE=utf8_unicode_ci;
-----
```

FIGURE E.11. Extrait du fichier de sauvegarde `.sql` de la base de données

E.3.1.3. Le moteur de tables : InnoDB

Le système de gestion de bases de données MariaDB possède, tout comme le système plus connu MySQL, une spécificité que l'on appelle les *moteurs de tables*, qui permet de gérer différemment les tables selon l'utilité que l'on en a. Parmi les deux plus courants, j'ai choisi d'utiliser le moteur de tables InnoDB, qui n'est pas le plus rapide mais prend en charge certaines fonctionnalités importantes comme les clés étrangères et les transactions.

E.3.1.4. Le jeu de caractères : UTF-8

Enfin, lors de la création d'une base de données, il est important de choisir un jeu de caractères et un interclassement adaptés à ses besoins pour éviter les problèmes de stockage

6. Bien que le code ainsi généré permette de reconstruire intégralement ma base de données, l'inclure en entier dans cette annexe ne m'a pas semblé pertinent dans la mesure où cela aurait ajouté plusieurs dizaines de pages purement techniques qui auraient intéressé très peu de lecteurs. Je tiens néanmoins le fichier correspondant à la disposition des personnes qui souhaiteraient le consulter.

et d'affichage des données.⁷

Le jeu de caractères choisi détermine la manière dont les chaînes de caractères seront codées informatiquement sous forme de bits dans la base de données. Pour pouvoir gérer les caractères spéciaux de toutes les langues, y compris ceux que l'on utilise dans les transcriptions de l'akkadien et du sumérien, j'ai choisi le jeu de caractères UTF-8 (Universal character set Transformation Format – 8 bits), qui est recommandé à l'heure actuelle.

L'interclassement détermine quant à lui dans quel ordre les caractères du jeu de caractères seront classés et si certains d'entre eux doivent être considérés comme équivalents (par exemple comment les caractères accentués doivent être insérés dans l'ordre alphabétique par rapport aux caractères non accentués, ou bien si les recherches doivent être sensibles à la casse). J'ai sélectionné l'interclassement utf8-unicode-ci, qui prend en compte tous les caractères spéciaux et n'est pas sensible à la casse.⁸

E.3.2. Choix informatiques et techniques pour la création de l'interface Web

Passons maintenant aux choix informatiques et techniques se rapportant à la création d'une interface Web pour la base de données.

E.3.2.1. Pourquoi créer une interface Web ?

Ainsi que je l'ai mentionné plus haut, la base de données est a priori utilisable directement en ligne de commande ou via l'interface graphique d'administration phpMyAdmin, de sorte qu'une interface Web n'est pas indispensable dans l'absolu. Toutefois, manipuler la base de données sans une telle interface est particulièrement malaisé, et n'est pas du tout adapté à une utilisation par des personnes extérieures. En effet, lire ou écrire des données dans la base en passant par le terminal ou l'interface graphique d'administration nécessite de connaître précisément la structure décrite dans les sections E.2.1. et E.2.2., de formuler des requêtes en langage SQL, et d'intervenir dans plusieurs tables différentes pour chaque consultation ou modification d'entrée. Par exemple, des opérations aussi courantes que faire une recherche de tablettes ou ajouter un nouveau diagramme dans la base de données nécessitent l'exécution d'une série de requêtes SQL pouvant porter sur une dizaine de tables différentes devant être reliées les unes aux autres d'une manière précise, ce qui nécessite de se reporter à la documentation, est très fastidieux, et engendre un risque d'erreurs très élevé.

En plus d'être plus claire et plus conviviale qu'une interface graphique d'administration, une interface Web présente l'avantage d'apporter des solutions à ces différentes difficultés. En effet, une telle interface masque dans son code source la complexité de la structure de la base, les vérifications de forme et de cohérence des informations saisies, et les aspects techniques de la lecture et de l'écriture des données. Ainsi, pour rechercher ou ajouter une entrée, l'utilisateur peut se contenter de renseigner un unique formulaire, sans avoir besoin de connaître ni la structure interne de la base ni le langage SQL, et sa demande est ensuite traduite en les requêtes appropriées d'une manière complètement transparente pour lui.

La figure E.12 sur la page suivante montre, pour illustrer, le formulaire de « recherche rapide » de tablette dans l'interface que j'ai commencé à créer, qui masque toutes les difficultés techniques et se présente sous une forme très simple pour l'utilisateur.

7. Ces questions sont entre autres abordées sur le site <http://fluxbb.fr/aide/doku.php?id=mysql_charset_collation> (dernier accès le 2 avril 2020).

8. Un autre choix possible pour les champs contenant du texte en français est utf8-roman-ci, qui est plus rapide que utf8-unicode-ci. Toutefois, dans la mesure où certains champs contiendront des termes akkadiens et/ou sumériens, j'ai préféré utiliser utf8-unicode-ci dans l'ensemble de la base de données pour simplifier.



FIGURE E.12. Aperçu de l'écran d'accueil de la base de données (qui fait notamment apparaître un formulaire de recherche rapide de tablettes)

E.3.2.2. Les langages utilisés : HTML, CSS, PHP, SQL et JavaScript

Il existe différents outils « clé en main » permettant de mettre en place rapidement des interfaces Web pour bases de données, par exemple le logiciel libre Omeka. J'ai toutefois préféré coder mon interface entièrement à la main, d'une part parce que j'avais déjà passé beaucoup de temps à me documenter sur cette manière de faire lorsque l'on m'a parlé de ces outils, et d'autre part parce que c'est la façon de procéder avec laquelle je peux ajuster au mieux l'interface à mes besoins. J'ai conscience que ce choix est discutable car il prend beaucoup de temps et rend le site final un peu moins standard (et donc moins interopérable pour la moisson par les moteurs de recherche scientifiques comme Isidore), mais il me permet en contrepartie de comprendre et de maîtriser en détail l'intégralité du fonctionnement de l'interface, et de pouvoir mettre en place n'importe quelle fonctionnalité qui s'avérerait utile, ce qui est pour moi un aspect essentiel.

La création manuelle de l'interface Web repose sur l'utilisation de cinq langages informatiques, dont le rôle est présenté brièvement dans les paragraphes qui suivent.

Le site Web lui-même est codé dans les langages standard HTML et CSS. Le langage HTML (HyperText Markup Language, version HTML 5) permet d'organiser le contenu du site, c'est-à-dire d'en créer la structure générale avec des liens entre les différentes pages, de définir le texte qui doit y apparaître, d'insérer des images, etc. Le langage CSS (Cascading Style Sheets, version CSS 3) permet quant à lui de définir l'apparence du site, c'est-à-dire sa mise en page globale, le positionnement des différents éléments les uns par rapport aux autres, le style du fond et des bordures, la mise en forme du texte, etc.

Le lien entre le site Web et la base de données est mis en place au moyen du langage PHP (Hypertext Preprocessor, version 7.3.8), dont le code s'insère à l'intérieur du code HTML. Ce langage permet de rendre le site interactif, notamment en personnalisant l'affichage des pages en fonction de divers critères (valeurs de variables, résultats de tests, etc), en traitant les données saisies par les utilisateurs dans les formulaires, et en assurant la transmission d'informations d'une page du site à une autre. Il permet de plus d'exécuter des requêtes en langage SQL (Structured Query Language, déjà mentionné plus haut), qui agissent sur la base de données pour y lire ou y écrire des données.

Enfin, le langage JavaScript (version 1.8.5), dont le code s'insère lui aussi dans le code HTML, est utilisé de manière plus marginale pour rendre le site dynamique et ainsi mettre en place quelques fonctionnalités très pratiques de l'interface : l'affichage et le masquage à la demande de messages d'aide, l'adaptation des valeurs proposées dans les listes déroulantes en fonction des valeurs saisies dans les champs précédents, la détection instantanée des champs dont les valeurs ne répondent pas aux contraintes imposées, l'affichage à la demande de champs supplémentaires dans les formulaires qui le nécessitent, l'affiche d'une fenêtre de confirmation lors de la suppression d'une entrée, etc.

E.3.3. Quelques autres questions techniques

Au delà du choix des outils informatiques décrits ci-dessus, trois autres questions techniques se sont posées à moi : celles de gestion de la sécurité des données, de la compatibilité de l'interface Web avec les différents appareils, et de l'hébergement de la base.

E.3.3.1. Gestion de la sécurité

Un aspect essentiel d'une interface Web est sa sécurité. Il va sans dire qu'assurer de manière optimale la sécurité d'un site sans utiliser les outils « clé en main » mentionnées plus haut est une tâche complexe pour laquelle je ne suis pas suffisamment formée. Toutefois, les données contenues dans la base étant peu sensibles, un certain nombre de précautions de base couplées à des sauvegardes fréquentes devraient permettre d'assurer un fonctionnement normal.

Une première série de précautions à prendre concerne le traitement des informations reçues par les pages du site, qui peuvent être manipulées de manière inattendue par les utilisateurs – intentionnellement ou non – et ainsi causer divers problèmes. L'existence des variables reçues, que ce soit par le biais de l'URL avec la méthode « GET » ou par le biais des formulaires avec la méthode « POST », sera systématiquement vérifiée au moyen de la fonction PHP `isset()`. Ces variables seront de plus systématiquement converties dans le type attendu, et seront soumises à diverses vérifications (de taille, etc). Il est important de souligner que, dans la mesure où il est possible pour un utilisateur de désactiver l'exécution des scripts dans son navigateur, toutes les vérifications faites côté client en JavaScript pour des raisons de fluidité de navigation seront refaites côté serveur en PHP. De plus, des vérifications similaires (et notamment des vérifications d'extensions) seront mises en place pour tous les fichiers chargés par l'utilisateur.

Une deuxième précaution importante à prendre est la protection contre la faille que l'on appelle « faille XSS » : pour éviter qu'un utilisateur malveillant n'exécute sur une page du site du code JavaScript (ou autre) provoquant des actions indésirables, comme par exemple la récupération de données masquées, l'affichage de texte saisi par l'utilisateur (qu'il provienne directement d'un formulaire ou bien de la base de données) devra impérativement se faire avec l'aide de la fonction PHP `htmlspecialchars()` qui « échappe » le code HTML, c'est-à-dire qui provoque l'affichage de ses balises plutôt que leur exécution.

Une autre faille bien connue contre laquelle il convient de se prémunir est l'« injection SQL » : pour éviter qu'un utilisateur n'exécute des instructions SQL via une variable qui serait insérée par concaténation dans la formulation d'une requête, toutes les requêtes faisant intervenir des paramètres choisis par l'utilisateur seront codées sous la forme de requêtes préparées avec les fonctions PHP `prepare()` et `execute()`.

Afin d'éviter une rupture de l'intégrité des données de la base dans le cas d'une déconnexion inopinée entre deux requêtes liées, les groupes de requêtes devant impérativement être exécutées simultanément seront placés dans des transactions.

Enfin, deux précautions seront prises pour éviter que les mots de passe d'accès à la base de données ne puissent être dérobés. D'une part, la connexion entre le site et la base se fera avec la structure « try/catch » pour empêcher PHP d'afficher le mot de passe dans le message d'erreur en cas d'échec de la connexion. D'autre part, les mots de passe des visiteurs et des contributeurs seront stockés dans la base uniquement sous forme « hachée » (au moyen de la fonction PHP `sha1()`), une forme qui permet de tester si les mots de passe saisis lors de la connexion sont corrects mais ne permet pas de les lire.

E.3.3.2. Compatibilité de l'interface Web

Contrairement aux codes PHP et SQL, qui s'exécutent sur le serveur du site Web sur lequel se trouve la base de données, les codes HTML, CSS et JavaScript sont interprétés par les navigateurs des visiteurs de ce site, d'une manière qui peut différer légèrement de l'un à l'autre. Afin de ne pas alourdir davantage mon projet sur le plan purement technique, j'ai décidé de concevoir une interface principalement dédiée à Firefox, sans gérer tous les problèmes de compatibilité qui pourraient survenir avec d'autres navigateurs. Elle devrait pouvoir être également utilisée sans incidents majeurs avec Chrome et les versions les plus récentes d'Internet Explorer, mais pourrait mal fonctionner avec des navigateurs moins courants.

Par ailleurs, l'interface telle qu'elle est codée à l'heure actuelle est destinée à être utilisée sur un ordinateur, et n'est pas adaptée à une consultation sur une tablette ou un téléphone. Cet aspect pourra être amélioré relativement facilement par la suite, à l'aide de « media queries », si cela s'avère nécessaire.

E.3.3.3. Hébergement

Enfin, il se pose la question de savoir de quelle manière la base de données sera hébergée. Dans la mesure où il semble préférable que les données issues de recherches publiques soient hébergées sur des serveurs publics, j'ai pris contact en 2020 avec Huma-Num, une infrastructure d'appui à la recherche dédiée aux humanités numériques. Les personnes avec lesquelles j'ai échangé sont ouvertes à l'idée d'héberger la base de données que je suis en train de créer, et la discussion à ce sujet pourra être reprise lorsque l'interface sera opérationnelle.

E.3.4. Code source de l'interface Web

Pour terminer cette documentation, il me semble utile de présenter le code HTML, CSS, PHP, SQL et JavaScript que j'ai déjà écrit pour créer l'interface Web, qui représente environ un tiers du travail global à réaliser. L'insérer en intégralité dans cette annexe serait peu pertinent dans la mesure où il est très long et assez répétitif, mais en décrire la structure d'ensemble et en fournir des extraits représentatifs peut être éclairant pour les personnes désirant en savoir plus sur cet aspect de mon travail.

E.3.4.1. Liste des fichiers de code

Voici pour commencer la liste complète des fichiers `.php`, `.js` et `.css` qui composent l'interface Web, classés par rubriques thématiques, avec une petite présentation de chacun.

Il est à noter que tous les fichiers dont le nom fait apparaître le mot « entite » ont en fait autant de déclinaisons qu'il y a de classes d'entités faisant l'objet de tables modifiables par l'utilisateur dans la base de données. Ainsi, par exemple, le nom général `ajout_entite.php` doit être compris comme désignant en fait onze fichiers distincts, à savoir :

- `ajout_categorie_thematique.php`

- ajout_configuration_geometrique.php
- ajout_diagramme.php
- ajout_forme_geometrique.php
- ajout_forme_geometrique_elementaire.php
- ajout_inscription.php
- ajout_objet.php
- ajout_reference_bibliographique.php
- ajout_section.php
- ajout_tablette.php
- ajout_trace_effacement.php

LISTE DES FICHIERS DE CODE GÉNÉRAUX

- **style.css**
Code CSS déterminant la mise en page et la mise en forme de l'ensemble du site.
- **input_header.php**
Code pour la bannière d'en-tête du site, qui affiche le titre, le logo de la base de données (qui sert de lien de retour vers la page d'accueil `index.php`), le statut de connexion de l'utilisateur et un lien vers la page de connexion/déconnexion. Ce code est appelé depuis toutes les pages.
- **input_menu.php**
Code pour le menu de navigation du site, qui contient des liens (directs ou indirects) vers la plupart des autres pages. Ce code est appelé depuis toutes les pages.
- **index.php**
Page d'accueil du site. Lorsque l'utilisateur n'est pas connecté, cette page affiche les formulaires de connexion (`input_formulaire_connexion_visiteur.php` et `input_formulaire_connexion_contributeur.php`), qui redirigent vers les pages `admin_connexion_visiteur.php` et `admin_connexion_contributeur.php`. Lorsque l'utilisateur est connecté, cette page affiche l'encart de recherche rapide (`input_recherche_rapide.php`), qui redirige vers la page `recherche_rapide_traitement.php`.
- **input_connexion_bd.php**
Code permettant d'établir une connexion avec la base de données. Ce code est appelé depuis toutes les pages qui nécessitent de lire ou d'écrire des données dans la base.
- **script_aide_formulaire.js**
Script gérant l'affichage et le masquage des messages donnant des précisions sur la manière de remplir les champs des formulaires. Ce script est appelé depuis toutes les pages contenant des formulaires de recherche, d'ajout ou de modification.
- **input_caracteres_speciaux.php**
Code permettant d'afficher la liste des caractères spéciaux que l'utilisateur peut être amené à devoir insérer dans un champ de formulaire par copier-coller. Ce code est appelé depuis toutes les pages contenant des formulaires comportant au moins un champ dans lequel l'utilisateur peut avoir besoin d'écrire des termes akkadiens ou sumériens.

LISTE DES FICHIERS DE CODE POUR LE SYSTÈME DE CONNEXION DES UTILISATEURS

- **input_formulaire_connexion_visiteur.php**
Code permettant d'afficher le formulaire de connexion en tant que visiteur, et de transmettre en paramètre caché la variable \$adresse contenant l'adresse de la page d'origine de l'utilisateur lorsque celle-ci a été définie. Les données saisies dans ce formulaire sont traitées par la page `admin_connexion_visiteur.php`. Ce code est appelé depuis diverses pages, selon les situations.
- **input_formulaire_connexion_contributeur.php**
Code permettant d'afficher le formulaire de connexion en tant que contributeur, et de transmettre en paramètre caché la variable \$adresse contenant l'adresse de la page d'origine de l'utilisateur lorsque celle-ci a été définie. Les données saisies dans ce formulaire sont traitées par la page `admin_connexion_visiteur.php`. Ce code est appelé depuis diverses pages, selon les situations.
- **input_alerte_reserve_visiteurs.php**
Code affichant un message d'erreur et les deux formulaires de connexion en tant que visiteur (`input_formulaire_connexion_visiteur.php`) et en tant que contributeur (`input_formulaire_connexion_contributeur.php`). Ce code est appelé à chaque fois qu'un utilisateur non connecté essaie d'accéder à une page réservée aux visiteurs.
- **input_alerte_reserve_contributeurs.php**
Code affichant un message d'erreur et le formulaire de connexion en tant que contributeur (`input_formulaire_connexion_contributeur.php`). Ce code est appelé à chaque fois qu'un utilisateur non connecté, ou connecté seulement en tant que visiteur, essaie d'accéder à une page réservée aux contributeurs identifiés.
- **admin_connexion_visiteur.php**
Page traitant les demandes de connexion en tant que visiteur émises au moyen du formulaire `input_formulaire_connexion_visiteur.php`. Cette page affiche un message d'erreur et le formulaire de connexion en tant que visiteur lorsque la connexion échoue, et redirige automatiquement l'utilisateur vers sa page d'origine (ou à défaut la page d'accueil `index.php`) lorsqu'elle réussit.
- **admin_connexion_contributeur.php**
Page traitant les demandes de connexion en tant que contributeur émises au moyen du formulaire `input_formulaire_connexion_contributeur.php`. Cette page affiche un message d'erreur et le formulaire de connexion en tant que contributeur lorsque la connexion échoue, et redirige automatiquement l'utilisateur vers sa page d'origine (ou à défaut la page d'accueil `index.php`) lorsqu'elle réussit.
- **admin_deconnexion.php**
Page traitant les demandes de déconnexion manuelle. Cette page détruit toutes les variables de session et redirige l'utilisateur vers la page d'accueil `index.php`.

LISTE DES FICHIERS DE CODE POUR L'ACCÈS À LA DOCUMENTATION DE LA BASE DE DONNÉES

- **presentation.php**
Page donnant une brève présentation de la base de données.
- **documentation.php [visiteurs, contributeurs]**
Page d'accueil de la rubrique de consultation de la documentation complète de la base de données, qui donne accès à plusieurs autres pages `documentation_xxx.php` contenant chacune une partie de la documentation.

- **vocabulaire.php** [visiteurs, contributeurs]
Page permettant de consulter les définitions des principaux termes employés dans la base de données.
- **listes_fermees.php** [visiteurs, contributeurs]
Page permettant à l'utilisateur de choisir une liste fermée de la base de données dont il souhaite consulter les valeurs. Cette page donne accès à une page par liste fermée :
 - liste_collections.php,
 - liste_contenus_non_numeriques_inscriptions.php,
 - liste_contenus_numeriques_inscriptions.php,
 - liste_degrees_assurance.php,
 - liste_degrees_certitude.php,
 - liste_emplacements_diagrammes.php,
 - liste_genres_sections.php,
 - liste_genres_tablettes.php,
 - liste_informations_diagrammes.php,
 - liste_lignes_interieures.php,
 - liste_natures_effacements.php,
 - liste_orientations_configurations.php,
 - liste_orientations_inscriptions.php,
 - liste_periodes.php,
 - liste_provenances.php,
 - liste_statuts_categories.php,
 - liste_statuts_objets.php,
 - liste_techniques_trace.php,
 - liste_textes_associes.php,
 - liste_types_objets.php,
 - liste_types_tablettes.php.
- **contact.php**
Page permettant de contacter l'administrateur du site.

LISTE DES FICHIERS DE CODE POUR LA RECHERCHE D'ENTITÉS

- **recherche_autres.php** [visiteurs, contributeurs]
Page permettant à l'utilisateur de sélectionner le type d'entités qu'il souhaite rechercher dans la base de données, pour les types d'entités ne faisant pas l'objet d'un lien direct dans le menu de navigation. Cette page donne accès à une page recherche_entites.php par entité concernée.
- **recherches_predefinies.php** [visiteurs, contributeurs]
Page permettant à l'utilisateur de sélectionner la recherche prédéfinie dont il souhaite visualiser les résultats. Cette page donne accès à une page recherche_predefinie_xxx.php par recherche prédéfinie.

- **recherche_entites.php [visiteurs, contributeurs]**
Page contenant un formulaire permettant à l'utilisateur de formuler une recherche d'entrées du type concerné. Ce formulaire contient des messages d'aide donnant des détails sur la manière de renseigner les différents champs, qui peuvent être affichés ou masqués à la demande de l'utilisateur au moyen du script `script_aide_formulaire.js`. Il est traité par la page `recherche_entites_traitement.php`.
- **recherche_entites_traitement.php [visiteurs, contributeurs]**
Page traitant les demandes de recherches de données émises par la page `recherche_entites.php`. Cette page affiche un tableau listant l'ensemble des entrées correspondant aux critères formulés, et donne accès aux pages `recherche_entites.php` (pour effectuer une autre recherche) et `consultation_entite.php` (pour consulter les fiches détaillées des résultats de la recherche).
- **input_recherche_rapide.php**
Code permettant d'afficher un encart de recherche rapide de tablettes, qui est traité par la page `recherche_rapide_traitement.php`. Ce code est appelé depuis la page d'accueil `index.php` lorsque l'utilisateur est connecté.
- **recherche_rapide_traitement.php [visiteurs, contributeurs]**
Page traitant les demandes de recherches rapides émises au moyen du formulaire `input_recherche_rapide.php`. Cette page affiche un tableau listant l'ensemble des entrées correspondant aux critères formulés, et donne accès aux pages `recherche_tablettes.php` (pour effectuer une autre recherche) et `consultation_tablette.php` (pour consulter les fiches détaillées des résultats de la recherche).
- **script_en_savoir_plus_tableau.js**
Script gérant l'affichage et le masquage d'informations complémentaires à la demande de l'utilisateur dans les tableaux de résultats de recherches `recherche_entites_traitement.php` et `liste_entites.php`.

LISTE DES FICHIERS DE CODE POUR LA CONSULTATION DES FICHES D'ENTRÉES

- **consultation_entite.php [visiteurs, contributeurs]**
Page affichant la fiche de renseignements détaillée d'une entrée du type concerné, dont l'identifiant est reçu par l'URL. Lorsque cela s'y prête, cette fiche contient des tableaux donnant davantage de précisions sur d'autres entrées liées, qui peuvent être affichés ou masqués à la demande de l'utilisateur au moyen du script `script_en_savoir_plus.js`. Cette page donne accès aux pages `modification_entite.php` (pour modifier l'entrée en question) et `recherche_entites.php` (pour effectuer une autre recherche).
- **script_en_savoir_plus.js**
Script gérant l'affichage et le masquage des informations complémentaires à la demande de l'utilisateur dans les fiches de consultation d'entrées `consultation_entite.php`.

LISTE DES FICHIERS DE CODE POUR L'AJOUT D'ENTRÉES DANS LA BASE

- **ajout.php [contributeurs]**
Page d'accueil de la rubrique d'ajout d'entrées, permettant à l'utilisateur de choisir le type de l'entrée qu'il souhaite ajouter dans la base. Cette page donne accès aux pages `ajout_entite.php`.
- **ajout_entite.php [contributeurs]**
Page contenant un formulaire permettant d'ajouter une nouvelle entrée du type concerné

dans la base de données. Ce formulaire contient des messages d'aide donnant des détails sur la manière de renseigner les différents champs, qui peuvent être affichés ou masqués à la demande de l'utilisateur au moyen du script `script_aide_formulaire.js`. L'envoi de ce formulaire est bloqué au moyen du script `script_verification_ajout_entite.js` tant que les valeurs entrées dans les champs ne sont pas valides. Il est ensuite traité par la page `ajout_entite_traitement.php`.

- **ajout_entite_traitement.php [contributeurs]**
Page traitant les demandes d'ajout d'entrées émises par le formulaire de la page `ajout_entite.php`. Lorsque les conditions pour ajouter l'entrée ne sont pas remplies, cette page affiche un message d'erreur et donne accès à différentes pages selon la nature de l'erreur. Lorsque les conditions sont remplies, cette page procède à l'ajout dans la base de données et donne accès aux pages `consultation_entite.php` (pour consulter la fiche de la nouvelle entrée) et `ajout_entite.php` (pour ajouter une nouvelle entrée).
- **script_fonctions_verification.js**
Script définissant plusieurs fonctions générales permettant de vérifier la validité (formelle) des valeurs saisies par l'utilisateur dans des champs de formulaires. Ce script est appelé depuis tous les script `script_verification_ajout_entite.js`.
- **script_verification_ajout_entite.js**
Script vérifiant que les informations saisies par l'utilisateur dans les champs du formulaire de la page `ajout_entite.php` répondent bien aux conditions requises. Ce script signale les erreurs et bloque l'envoi des données lorsque ce n'est pas le cas. Il utilise des fonctions définies dans le script `script_fonctions_verification.js`.

LISTE DES FICHIERS DE CODE POUR LA MODIFICATION ET SUPPRESSION D'ENTRÉES DANS LA BASE

- **input_selection_entite.php**
Code permettant d'afficher un mini-formulaire grâce auquel l'utilisateur peut sélectionner l'entrée du type concerné qu'il souhaite modifier ou supprimer de la base de données. Ce code est appelé depuis les pages `modification_entite.php` et `suppression_entite.php`.
- **modification.php [contributeurs]**
Page d'accueil de la rubrique de modification d'entrées, qui permet à l'utilisateur de sélectionner le type d'entrées qu'il souhaite modifier dans la base. Cette page donne accès aux pages `modification_entite.php`.
- **modification_entite.php [contributeurs]**
Page permettant de modifier une entrée du type concerné dans la base de données. Si aucun identifiant (ou un identifiant invalide) ne lui a été transmis, cette page affiche le formulaire de sélection d'une entrée de ce type (`input_selection_entite.php`), qu'elle traite ensuite elle-même. Si elle a reçu un identifiant valide, cette page affiche le formulaire de modification de l'entrée en question, pré-rempli avec les valeurs actuellement enregistrées dans la base de données, qui sera traité par la page `modification_entite_traitement.php`. Ce dernier formulaire contient des messages d'aide donnant des détails sur la manière de renseigner les différents champs, qui peuvent être affichés ou masqués à la demande de l'utilisateur au moyen du script `script_aide_formulaire.js`. L'envoi de ce formulaire est par ailleurs bloqué au moyen du script `script_verification_ajout_entite.js` tant que les valeurs entrées dans les champs ne sont pas valides.

- **modification_entite_traitement.php [contributeurs]**
Page traitant les demandes de modification d'entrées émises par le formulaire de la page `modification_entite.php`. Lorsque les conditions pour modifier l'entrée ne sont pas remplies, cette page affiche un message d'erreur et donne accès à différentes pages selon la nature de l'erreur. Lorsque les conditions sont remplies, cette page procède à la modification et donne accès aux pages `consultation_entite.php` (pour consulter la fiche modifiée) et `modification_entite.php` (pour modifier une autre entrée).
- **suppression.php [contributeurs]**
Page d'accueil de la rubrique de suppression d'entrées, permettant à l'utilisateur de sélectionner le type d'entrées qu'il souhaite supprimer de la base. Cette page donne accès aux pages `suppression_entite.php`.
- **suppression_entite.php [contributeurs]**
Page affichant le formulaire de sélection d'une entrée du type concerné (`input_selection_entite.php`) en vue de la supprimer de la base de données. Ce formulaire est traité par la page `suppression_entite_traitement.php`.
- **suppression_entite_traitement.php [contributeurs]**
Page traitant les demandes de suppression d'entrées émises par la page `suppression_entite.php`. Lorsque les conditions pour supprimer l'entrée ne sont pas remplies, cette page affiche un message d'erreur et la liste des autres entrées de la base référencant l'entrée en question (le cas échéant). Lorsque les conditions sont remplies, cette page procède à la suppression dans la base de données et donne accès à la page `suppression_entite.php` (pour supprimer une autre entrée).
- **script_confirmation_suppression.js**
Script demandant une confirmation à l'utilisateur lorsqu'il essaie de supprimer une entrée de la base. Ce script est appelé depuis les pages `suppression_entite.php`.

Pour illustrer cette liste de fichiers, je fournis dans les sections ci-dessous des extraits du code source entrecoupés de captures d'écran montrant leur rendu dans l'interface Web. J'ai plus précisément choisi de présenter l'ensemble des fichiers de code permettant de mettre en place les fonctionnalités liées à l'entité « catégorie thématique ». Cette entité n'est pas du tout la plus importante de la base de données, mais il s'agit de celle pour laquelle le code est le plus simple et le plus court, et il me semble qu'elle constitue en conséquence la meilleure option pour donner un aperçu représentatif.

E.3.4.2. Extraits du code source : recherche dans la base

Voici tout d'abord le code du fichier `recherche_categories_thematiques.php`, qui contient un formulaire permettant à l'utilisateur d'effectuer une recherche de catégories thématiques dans la base.

```

1 <!-- MATHCUN : PAGE DE RECHERCHE DE CATEGORIES THEMATIQUES -->
2 <!-- Page permettant à l'utilisateur de rechercher des catégories thématiques dans la base de données. -->
3
4
5 <?php session_start() ?>
6
7 <!DOCTYPE html>
8 <html lang="fr">
9
10
11
12
13

```

```

14 <head>
15 <meta charset="utf-8" />
16 <title>MathCun - Rechercher des catégories thématiques</title>
17 <link rel="stylesheet" href="style.css" />
18 </head>
19
20 <body>
21
22 <!-- Bannière d'en-tête -->
23 <?php include ("input_header.php") ; ?>
24
25 <!-- Corps de page -->
26 <div class="bloc_page">
27
28 <!-- Menu de navigation -->
29 <?php include ("input_menu.php") ; ?>
30
31 <!-- Contenu de la page -->
32 <section class="corps">
33
34 <?php
35
36 /* Si le visiteur n'est pas encore connecté, on affiche un message d'erreur et on lui propose de se connecter (sans oublier
37 de garder dans une variable l'adresse de la page actuelle pour pouvoir l'y rediriger automatiquement dès qu'il sera
38 connecté) */
39 if ( (!isset($_SESSION['statut'])) OR ($_SESSION['statut'] == 'non_connecte') )
40 {
41     $adresse = 'recherche_categories_thematiques.php' ;
42     include("input_alerte_reserve_visiteurs.php") ;
43 }
44
45 /* Sinon, on affiche le formulaire permettant de faire une recherche. */
46 else
47 {
48     <!-- Paragraphe introductif -->
49     <article class="presentation">
50     <h1>Rechercher des catégories thématiques</h1>
51     <p>
52     Veuillez préciser vos critères de recherche au moyen du formulaire ci-dessous. Pour consulter la liste complète
53     des catégories thématiques renseignées dans la base de données, ne complétez aucun champ.
54     </p>
55     </article>
56
57     <!-- Formulaire de recherche de catégories thématiques -->
58     <article class="formulaire">
59     <form method="post" action="recherche_categories_thematiques_traitement.php">
60
61     <!-- Nom -->
62     <p>
63     <label for="nom">Nom (français) de la catégorie thématique :</label>
64     <input type="text" name="nom" id="nom" size=50 />
65     <span class="bouton_aide" id="aide_nom">Détails</span>
66     </p>
67     <p class="paragraphe_aide" id="paragraphe_aide_nom">
68     Ce champ contient le nom (français) de la catégorie thématique.
69     <br />
70     <span class="souligne">Exemple</span> : "Mur de terre"
71     <br />
72     Cliquez de nouveau sur "Détails" pour masquer ces indications.
73     </p>
74
75     <!-- Nom akkadien -->
76     <p>
77     <label for="nom_akkadien">Nom akkadien :</label>
78     <input type="text" name="nom_akkadien" id="nom_akkadien" size=50 />
79     <span class="bouton_aide" id="aide_nom_akkadien">Détails</span>
80     </p>
81     <p class="paragraphe_aide" id="paragraphe_aide_nom_akkadien">
82     Ce champ contient le(s) nom(s) akkadien(s) de la catégorie thématique, avec la normalisation qu'en
83     proposent les dictionnaires, avec mimation, et intégralement en minuscules. Si vous avez besoin de saisir
84     des caractères spéciaux, vous pouvez les insérer dans le champ par copier-coller depuis la liste donnée
85     ci-dessous.
86     <br />
87     <span class="souligne">Exemple</span> : "pitiqum"
88     <br />
89     <?php include("input_caracteres_speciaux.php") ; ?>
90     <br />
91     Cliquez de nouveau sur "Détails" pour masquer ces indications.
92     </p>
93
94     <!-- Nom sumérien -->
95     <p>
96     <label for="nom">Nom sumérien :</label>
97     <input type="text" name="nom_sumerien" id="nom_sumerien" size=50 />
98     <span class="bouton_aide" id="aide_nom_sumerien">Détails</span>
99     </p>
100     <p class="paragraphe_aide" id="paragraphe_aide_nom_sumerien">
101     Ce champ contient le(s) nom(s) sumérien(s) de la catégorie thématique, avec les chiffres en plein texte,
102     avec les différents composants séparés les uns des autres par des points, et intégralement en majuscules.
103     Si vous avez besoin de saisir des caractères spéciaux, vous pouvez les insérer dans le champ par
104     copier-coller depuis la liste donnée ci-dessous.
105     <br />
106     <span class="souligne">Exemple</span> : "IM.DU3.A"
107     <br />
108     <?php include("input_caracteres_speciaux.php") ; ?>
109     <br />
110     Cliquez de nouveau sur "Détails" pour masquer ces indications.
111     </p>
112
113     <!-- Critère de tri -->
114     <p>
115     <label for="tri">Critère de tri des entrées :</label>
116     <select name="tri" id="tri">
117     <option value="aucun">Tri par défaut</option>
118     <option value="nom">Tri par nom</option>
119     <option value="nom_akkadien">Tri par nom akkadien</option>
120     <option value="nom_sumerien">Tri par nom sumérien</option>
121     <option value="nombre_occurrences">Tri par nombre d'occurrences</option>
122     </select>
123     </p>

```

```

117
118         <p>
119             <input type="submit" value="Rechercher" class="bouton_envoi" />
120         </p>
121     </form>
122 </article>
123
124 <?php
125     }
126 }
127 ?>
128 </section>
129
130 </div>
131
132 <!-- Script général pour la gestion des messages d'aide. -->
133 <script src="script_aide_formulaire.js"></script>
134
135 </body>
136
137 </html>

```

Voici alors le formulaire correspondant à cet extrait de code tel qu'il apparaît dans l'interface Web de la base de données. Notons qu'ici l'utilisateur a choisi d'afficher les détails se rapportant au premier champ à remplir; il peut s'il le souhaite masquer ces détails, ou bien faire également apparaître ceux se rapportant aux deux champs suivants.

Rechercher des catégories thématiques

Veuillez préciser vos critères de recherche au moyen du formulaire ci-dessous. Pour consulter la liste complète des catégories thématiques renseignées dans la base de données, ne complétez aucun champ.

Nom (français) de la catégorie thématique : *Détails*

Ce champ contient le nom (français) de la catégorie thématique.
 Exemple : "Mur de terre"
 Cliquez de nouveau sur "Détails" pour masquer ces indications.

Nom akkadien : *Détails*

Nom sumérien : *Détails*

Critère de tri des entrées :

FIGURE E.13. Aperçu d'un formulaire de recherche dans la base de données (exemple de la recherche de catégories thématiques)

Voici maintenant le code du fichier `recherche_categories_thematiques_traitement.php`, qui traite la demande de recherche de catégories thématiques émise par le formulaire du fichier `recherche_categories_thematiques.php` ci-dessus, avec les vérifications et mesures de sécurité nécessaires, et qui affiche alors un tableau listant l'ensemble des entrées de catégories thématiques de la base de données répondant aux critères voulus.

```

1 <!-- MATHCUN : PAGE DE TRAITEMENT DES RECHERCHES DE CATEGORIES THEMATIQUES -->
2 <!-- MATHCUN : PAGE DE TRAITEMENT DES RECHERCHES DE CATEGORIES THEMATIQUES -->
3 <!-- MATHCUN : PAGE DE TRAITEMENT DES RECHERCHES DE CATEGORIES THEMATIQUES -->
4
5 <!-- Page traitant les demandes de recherches de catégories thématiques émises par la page "recherche_categories_thematiques.php. -->
6
7
8 <?php session_start() ?>
9
10 <!DOCTYPE html>
11
12 <html lang="fr">
13
14 <head>
15     <meta charset="utf-8" />
16     <title>MathCun - Rechercher des catégories thématiques</title>
17     <link rel="stylesheet" href="style.css" />
18 </head>
19

```

```

20 <body>
21
22 <!-- Bannière d'en-tête -->
23 <?php include ("input_header.php") ; ?>
24
25 <!-- Corps de page -->
26 <div class="bloc_page">
27
28 <!-- Menu de navigation -->
29 <?php include ("input_menu.php") ; ?>
30
31 <!-- Contenu de la page -->
32 <section class="corps">
33
34 <?php
35
36 /* Si le visiteur n'est pas connecté, on affiche un message d'alerte et on lui propose de se connecter. */
37 if (!isset($_SESSION['statut']) OR ($_SESSION['statut'] == 'non_connecte'))
38 {
39     $adresse = "recherche_categories_thematiques.php" ;
40     include("input_alerte_reserve_visiteurs.php") ;
41 }
42
43 /* Sinon, on traite la recherche. */
44 else
45 {
46
47     /* On commence par vérifier que toutes les variables ont bien été reçues. */
48     if ( !isset($_POST['nom']) OR !isset($_POST['nom_akkadien']) OR !isset($_POST['nom_sumerien']) OR !isset($_POST['tri']))
49     {
50         ?>
51         <article class="presentation">
52             <h1>Rechercher des catégories thématiques</h1>
53             <p class="avertissement">
54                 <span>Erreur</span> : Il y a eu un problème lors de la transmission des données.
55             </p>
56             <p>
57                 Veuillez <a href="recherche_categories_thematiques.php" class="lien">recommencer votre recherche</a>.
58             </p>
59         </article>
60         <?php
61     }
62
63     /* Puis on procède à la recherche. */
64     else
65     {
66
67         /* On définit les critères de sélection en ne conservant que les champs renseignés, afin de créer (1) une chaîne de
68         caractères correspondant à la portion de code à insérer dans la requête préparée SQL qui sera utilisée et (2) un
69         tableau contenant toutes les valeurs associées. La recherche utilisée est une recherche approximative LIKE, qui
70         renverra toutes les valeurs contenant la chaîne saisie par l'utilisateur (sans prendre en compte la casse). */
71         $champs_formulaire = array('nom', 'nom_akkadien', 'nom_sumerien') ;
72         $texte_requete = '' ;
73         $valeurs = array() ;
74         foreach ($champs_formulaire as $champ)
75         {
76             if ($_POST[$champ] != '')
77             {
78                 if ($texte_requete == '')
79                 {
80                     $texte_requete = 'WHERE ' . $champ . ' LIKE ?' ;
81                 }
82                 else
83                 {
84                     $texte_requete = $texte_requete . ' AND ' . $champ . ' LIKE ?' ;
85                 }
86                 $valeurs[] = '%' . (string) $_POST[$champ] . '%' ;
87             }
88         }
89
90         /* On définit le critère de tri si l'utilisateur en a spécifié un (et que c'est bien une valeur valide), sauf dans
91         le cas où il a choisi un tri par nombre d'occurrences (qui sera traité plus loin). */
92         $tri = (string) $_POST['tri'] ;
93         if (in_array($tri, $champs_formulaire))
94         {
95             $texte_requete = $texte_requete . ' ORDER BY ' . $tri ;
96         }
97
98         /* On se connecte à la base de données. */
99         include("input_connexion_bd.php") ;
100
101         /* On procède à la requête de sélection. On utilise "fetchAll" (avec des boucles foreach) plutôt que "fetch" (avec
102         des boucles while) car le deuxième ne permet pas de parcourir plusieurs fois les résultats. */
103         $recherche = $bdd -> prepare('SELECT * FROM categories_thematiques ' . $texte_requete) ;
104         $recherche -> execute($valeurs) ;
105         $resultats = $recherche -> fetchAll() ;
106         $recherche -> closeCursor() ;
107
108         /* On parcourt les résultats obtenus pour (1) les dénombrer et (2) déterminer le nombre d'occurrences de chacun. */
109         $nombre_resultats = 0 ;
110         $nombres_occurrences = array() ;
111         foreach ($resultats as $resultat)
112         {
113             $nombre_resultats = $nombre_resultats + 1 ;
114             $recherche_occurrences = $bdd -> prepare('SELECT COUNT(*) AS nombre FROM sections WHERE id_categorie_thematique=
115             ?') ;
116             $recherche_occurrences -> execute(array($resultat['id'])) ;
117             $occurrences = $recherche_occurrences -> fetch() ;
118             $recherche_occurrences -> closeCursor() ;
119             $nombres_occurrences[] = $occurrences['nombre'] ;
120         }
121
122         /* Si l'utilisateur a demandé un tri par nombre d'occurrences, on réordonne simultanément les deux tableaux de
123         données. */
124         if ($tri == 'nombre_occurrences')
125         {
126             array_multisort($nombres_occurrences, SORT_DESC, $resultats) ;
127         }
128         ?>
129     }
130 }
131
132

```

```

123 <!-- On affiche alors l'en-tête de la page. -->
124 <article class="presentation">
125 <h1>Rechercher des catégories thématiques : Résultats</h1>
126 <p>
127     Votre recherche a retourné <?php echo(htmlspecialchars($nombre_resultats)) ; ?> résultat(s). Cliquez sur le
128     nom d'un résultat pour consulter sa fiche.
129 </p>
130 <p>
131     <a href="recherche_categories_thematiques.php" class="lien">Effectuer une autre recherche</a>
132 </p>
133 </article>
134 <!-- Puis on parcourt les résultats eux-mêmes pour les afficher dans un tableau. -->
135 <article class="tableau_resultats">
136 <table>
137 <tr>
138 <th>Nom</th>
139 <th>Nom akkadien</th>
140 <th>Nom sumérien</th>
141 <th>Nombre d'occurrences</th>
142 </tr>
143 <tr>
144 <td><?php
145     $index = 0 ;
146     foreach ($resultats as $resultat)
147     {
148         echo('<tr><td><a href="consultation_categorie_thematique.php?id=' . htmlspecialchars($resultat['id']) .
149             '>' . htmlspecialchars($resultat['nom']) . '</a></td><td>' . htmlspecialchars($resultat['
150             nom_akkadien']) . '</td><td>' . htmlspecialchars($resultat['nom_sumerien']) . '</td><td>
151             class="decale">' . htmlspecialchars($nombres_occurrences[$index]) . '</td></tr>');
152             $index = $index + 1 ;
153     }
154 </tr>
155 </table>
156 </article>
157 <?php
158 }
159 </section>
160 </div>
161 </body>
162 </html>

```

Et voici l’affichage d’un résultat de recherche renvoyé par cet extrait de code tel qu’il apparaît dans l’interface de la base de données. Il s’agit du résultat de la recherche des catégories thématiques dont le nom sumérien contient « SAG ».

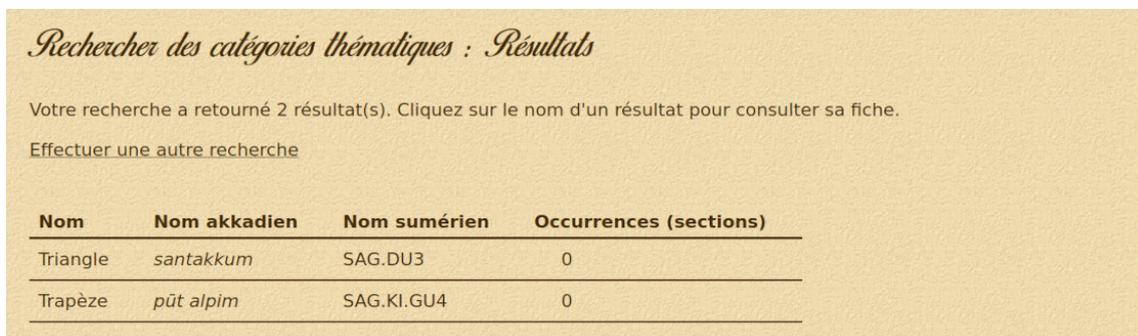


FIGURE E.14. Aperçu d’un résultat de recherche dans la base de données (exemple d’une recherche de catégories thématiques)

E.3.4.3. Extraits du code source : consultation de la fiche d’une entrée

Voici à présent le code du fichier `consultation_categorie_thematique.php`, qui permet d’afficher la fiche de renseignements détaillée d’une catégorie thématique sélectionnée.

```

1 <!-- On affiche alors l'en-tête de la page. -->
2 <!-- MATHCUN : PAGE DE CONSULTATION DE LA FICHE D'UNE CATEGORIE THEMATIQUE -->
3 <!-- Page affichant la fiche de renseignements détaillée d'une catégorie thématique dont l'identifiant est reçu par l'URL. -->
4
5 <!-- Page affichant la fiche de renseignements détaillée d'une catégorie thématique dont l'identifiant est reçu par l'URL. -->
6
7
8 <?php session_start() ?>
9
10 <!DOCTYPE html>
11
12 <html lang="fr">
13

```

```

14 </head>
15 <meta charset="utf-8" />
16 <title>MathCun - Consulter la fiche d'une catégorie thématique</title>
17 <link rel="stylesheet" href="style.css" />
18 </head>
19
20 <body>
21
22 <!-- Bannière d'en-tête -->
23 <?php include ("input_header.php") ; ?>
24
25 <!-- Corps de page -->
26 <div class="bloc_page">
27
28 <!-- Menu de navigation -->
29 <?php include ("input_menu.php") ; ?>
30
31 <!-- Contenu de la page -->
32 <section class="corps">
33
34 <?php
35
36 /* Si le visiteur n'est pas connecté, on affiche un message d'alerte et on lui propose de se connecter (sans oublier de
37 garder dans une variable l'adresse de la page actuelle pour pouvoir l'y rediriger automatiquement dès qu'il sera connecté).
38 */
39 if ((!isset($_SESSION['statut'])) OR ($_SESSION['statut'] == 'non_connecte'))
40 {
41     $adresse = "recherche_categories_thematiques.php" ;
42     include("input_alerte_reserve_visiteurs.php") ;
43 }
44
45 /* Sinon, on affiche la fiche de renseignements demandée. */
46 else
47 {
48     /* On commence par vérifier que l'identifiant de la fiche à afficher a bien été reçu. */
49     if (!isset($_GET['id']))
50     {
51         ?>
52         <article class="presentation">
53             <h1>Consulter la fiche d'une catégorie thématique</h1>
54             <p class="avertissement">
55                 <span>Erreur</span> : Il y a eu un problème lors de la transmission des données.
56             </p>
57             <p>
58                 Veuillez <a href="recherche_categories_thematiques.php" class="lien">recommencer votre recherche</a>.
59             </p>
60         </article>
61         <?php
62     }
63
64     /* Si c'est bien le cas, on affiche les informations à partir de la base de données. */
65     else
66     {
67         /* On force la conversion de type de l'identifiant reçu par mesure de précaution. */
68         $id = (int) $_GET['id'] ;
69
70         /* On se connecte à la base de données. */
71         include("input_connexion_bd.php") ;
72
73         /* Puis on sélectionne l'entrée voulue. */
74         $recherche = $bdd -> prepare('SELECT * FROM categories_thematiques WHERE id=?') ;
75         $recherche -> execute(array($id)) ;
76         $resultat = $recherche -> fetch() ;
77         $recherche -> closeCursor() ;
78
79         /* S'il n'y a aucun résultat renvoyé, c'est que l'identifiant cherché n'est pas valide. */
80         if (! $resultat)
81         {
82             ?>
83             <article class="presentation">
84                 <h1>Consulter la fiche d'une catégorie thématique</h1>
85                 <p class="avertissement">
86                     <span>Erreur</span> : La fiche que vous cherchez à consulter n'existe pas dans la base de données.
87                 </p>
88                 <p>
89                     Veuillez <a href="recherche_categories_thematiques.php" class="lien">recommencer votre recherche</a>.
90                 </p>
91             </article>
92             <?php
93         }
94
95         /* Sinon... */
96         else
97         {
98
99             /* On détermine le nombre d'occurrences de la catégorie thématique. */
100             $denombrement = $bdd -> prepare('SELECT COUNT(*) AS nombre FROM sections WHERE id_categorie_thematique=?') ;
101             $denombrement -> execute(array($id)) ;
102             $resultat_denombrement = $denombrement -> fetch() ;
103             $denombrement -> closeCursor() ;
104             $nombre_occurrences = $resultat_denombrement['nombre'] ;
105
106             /* Et on affiche les informations. */
107             ?>
108             <article class="presentation">
109                 <h1>Consulter la fiche d'une catégorie thématique : <?php echo(htmlspecialchars($resultat['nom'])) ; ?</h1>
110                 <p><a href="modification_categorie_thematique.php?id=?php echo(htmlspecialchars($resultat['id'])) ; ?"
111                     class="lien">Modifier cette fiche</a></p>
112                 <p><a href="recherche_categories_thematiques.php" class="lien">Effectuer une autre recherche</a></p>
113             </article>
114             <article class="fiche">
115                 <p class="premier_paragraphe">
116                     <span class="nom_champ">Nom de la catégorie thématique : </span>
117                     <?php echo(htmlspecialchars($resultat['nom'])) ; ?>
118                 </p>
119                 <p>
120                     <span class="nom_champ">Nom akkadien : </span>
121                     <span class="akkadien"><?php echo(htmlspecialchars($resultat['nom_akkadien'])) ; ?</span>
122                 </p>

```

```

122     <span class="nom_champ">Nom sumérien : </span>
123     <?php echo(htmlspecialchars($resultat['nom_sumerien'])); ?>
124     </p>
125     </p>
126     <p>
127         <span class="nom_champ">Nombre d'occurrences : </span>
128         <?php echo(htmlspecialchars($nombre_occurrences)); ?>
129         <span class="bouton_en_savoir_plus" id="liste_occurrences"> (Afficher la liste des occurrences)</span>
130     </p>
131     <p class="en_savoir_plus" id="details_liste_occurrences">
132         Cette fonctionnalité sera programmée ultérieurement.
133     </p>
134 </article>
135 <?php
136 }
137 }
138 }
139 }
140
141 </section>
142
143 </div>
144
145 <script src="script_en_savoir_plus.js"></script>
146
147 </body>
148
149 </html>

```

Voici alors la fiche de l'entrée « mur de terre » générée par cet extrait de code telle qu'elle apparaît dans l'interface de la base de données.



FIGURE E.15. Aperçu de la fiche d'une entrée dans la base de données (exemple de la fiche de la catégorie thématique « mur de terre »)

Voici en complément le code du fichier `script_en_savoir_plus.js`, qui permet d'afficher ou de masquer à la demande de l'utilisateur de petites listes donnant des informations complémentaires à l'intérieur de la fiche d'une entrée, comme celle énumérant les occurrences de la catégorie thématique considérée dans l'exemple ci-dessus.

```

1  /*.....*/
2  /* MATHCUN : SCRIPT POUR AFFICHER/MASQUER LES INFORMATIONS "EN SAVOIR PLUS" DANS LES FICHES DE CONSULTATION */
3  /*.....*/
4
5  /* Script qui affiche ou masque les informations complémentaires concernant un champ d'une fiche de consultation d'élément de la base
6  de données lorsque l'utilisateur clique sur le bouton correspondant. */
7
8  /* ATTENTION ! Pour que ce script fonctionne correctement, quelques petites règles devront être respectées dans le code PHP :
9     - tous les boutons "en savoir plus" devront avoir une classe "bouton_en_savoir_plus",
10    - tous les boutons "en savoir plus" devront avoir un identifiant "nom",
11    - tous les messages d'informations complémentaires associés devront avoir un identifiant "details_nom". */
12
13
14 /* Fonction qui prend en paramètre un bouton "en savoir plus" et renvoie le paragraphe contenant les informations associées. */
15 function paragraphe_details (bouton)
16 {
17     var id_bouton = bouton['id'] ;
18     var id_paragraphe_cible = 'details_' + id_bouton ;
19     var paragraphe_cible = document.getElementById(id_paragraphe_cible) ;
20     return paragraphe_cible ;
21 }
22
23
24 /* Tableau contenant tous les boutons "en savoir plus". */
25 var boutons_en_savoir_plus = document.querySelectorAll('.bouton_en_savoir_plus') ;
26 var nombre_boutons_en_savoir_plus = boutons_en_savoir_plus.length ;
27
28

```

```

29 /* Fonction à exécution immédiate qui masque par défaut toutes les informations complémentaires de la page. */
30 (function ()
31 {
32     for (i=0 ; i < nombre_boutons_en_savoir_plus ; i++)
33     {
34         var paragraphe_cible = paragraphe_details(boutons_en_savoir_plus[i]) ;
35         paragraphe_cible.setAttribute('style', 'display : none ;') ;
36     }
37 }) () ;
38
39
40 /* Fonction à exécution immédiate qui associe l'évènement d'affichage/masquage à tous les boutons "en_savoir_plus" de la page. */
41 (function ()
42 {
43     for (i=0 ; i < nombre_boutons_en_savoir_plus ; i++)
44     {
45         boutons_en_savoir_plus[i].addEventListener('click', function (e)
46         {
47
48             /* On sélectionne le paragraphe à afficher ou masquer. */
49             var paragraphe_courant = e.target ;
50             var paragraphe_cible = paragraphe_details(paragraphe_courant) ;
51
52             /* Selon si le paragraphe est actuellement affiché ou masqué, on le masque ou on l'affiche, et on modifie le
53             texte du bouton. */
54             var statut = getComputedStyle(paragraphe_cible).display ;
55             if (statut == 'block')
56             {
57                 paragraphe_cible.setAttribute('style', 'display : none ;') ;
58                 var texte = paragraphe_courant.innerHTML ;
59                 texte = texte.replace("Masquer", "Afficher") ;
60                 paragraphe_courant.innerHTML = texte ;
61             }
62             else if (statut == 'none')
63             {
64                 paragraphe_cible.setAttribute('style', 'display : block ;') ;
65                 var texte = paragraphe_courant.innerHTML ;
66                 texte = texte.replace("Afficher", "Masquer") ;
67                 paragraphe_courant.innerHTML = texte ;
68             }
69         }
70     }
71 }) () ;
72

```

E.3.4.4. Extraits du code source : ajout d'une entrée

Passons maintenant aux opérations d'édition de la base de données.

Voici pour commencer le code du fichier `ajout_categorie_thematique.php`, qui contient un formulaire permettant à un contributeur d'ajouter une nouvelle catégorie thématique dans la base de données.

```

1 <!-- ..... -->
2 <!-- MATHCUN : PAGE D'AJOUT D'UNE NOUVELLE CATEGORIE THEMATIQUE -->
3 <!-- ..... -->
4
5 <!-- Page proposant un formulaire pour ajouter une nouvelle catégorie thématique dans la base de données. -->
6
7
8 <?php session_start() ?>
9
10 <!DOCTYPE html>
11
12 <html lang="fr">
13
14 <head>
15     <meta charset="utf-8" />
16     <title>MathCun - Ajouter une catégorie thématique</title>
17     <link rel="stylesheet" href="style.css" />
18 </head>
19
20 <body>
21
22     <!-- Bannière d'en-tête -->
23     <?php include ("input_header.php") ; ?>
24
25     <!-- Corps de page -->
26     <div class="bloc_page">
27
28         <!-- Menu de navigation -->
29         <?php include ("input_menu.php") ; ?>
30
31         <!-- Contenu de la page -->
32         <section class="corps">
33
34             <?php
35
36             /* Si le visiteur n'est pas connecté comme contributeur, on affiche un message d'alerte et on lui propose de se connecter (
37             sans oublier de garder dans une variable l'adresse de la page actuelle pour pouvoir l'y rediriger automatiquement dès qu'il
38             sera connecté). */
39             if ((!isset($_SESSION['statut'])) OR ($_SESSION['statut'] == 'non_connecte') OR ($_SESSION['statut'] == 'visiteur'))
40             {
41                 $adresse = "ajout_categorie_thematique.php" ;
42                 include("input_alerte_reserve_contributeurs.php") ;
43             }
44             /* Sinon, on affiche le contenu de la page. */
45             else
46             {
47                 ?>
48
49                 <!-- Paragraphe introductif. -->
50                 <article class="presentation">
51                     <h1>Ajouter une catégorie thématique</h1>

```

```

51         <p>
52             Veuillez compléter le formulaire ci-dessous pour ajouter une nouvelle catégorie thématique à la base de données.
53         </p>
54         <p class="avertissement">
55             <span>Attention !</span> Si ce n'est pas déjà fait, n'oubliez pas de vérifier que vous n'allez pas créer un
56             doublon : <span class="lien"><a href="recherche_categories_thematiques.php">recherche</a></span>.
57         </p>
58     </article>
59
60     <!-- Formulaire d'ajout d'une nouvelle catégorie thématique. -->
61     <article class="formulaire">
62         <form method="post" action="ajout_categorie_thematique_traitement.php">
63
64             <!-- Nom -->
65             <p>
66                 <label for="nom">Nom (français) de la catégorie thématique :</label>
67                 <input type="text" name="nom" id="nom" size=50 />
68                 <span class="bouton_aide" id="aide_nom">Détails</span>
69             </p>
70             <p class="paragraphe_aide" id="paragraphe_aide_nom">
71                 Veuillez saisir dans ce champ le nom (français) au moyen duquel vous souhaitez désigner la catégorie
72                 thématique. Ce nom ne peut excéder 50 caractères. Il est obligatoire et doit être unique.
73                 <br />
74                 <span class="souligne">Exemple</span> : "Mur de terre"
75                 <br />
76                 Cliquez de nouveau sur "Détails" pour masquer ces indications.
77             </p>
78
79             <!-- Nom akkadien -->
80             <p>
81                 <label for="nom akkadien">Nom akkadien :</label>
82                 <input type="text" name="nom akkadien" id="nom akkadien" size=50 />
83                 <span class="bouton_aide" id="aide_nom akkadien">Détails</span>
84             </p>
85             <p class="paragraphe_aide" id="paragraphe_aide_nom akkadien">
86                 Veuillez saisir dans ce champ le nom akkadien de la catégorie thématique, avec la normalisation qu'en
87                 proposent les dictionnaires, avec mination, et intégralement en minuscules. Dans le cas où plusieurs
88                 noms akkadiens sont attestés, ceux-ci doivent être listés les uns à la suite des autres et séparés par
89                 des virgules : "nom1, nom2, nom3". Si vous avez besoin de saisir des caractères spéciaux, vous pouvez
90                 les insérer dans le champ par copier-coller depuis la liste donnée ci-dessous. La longueur totale du
91                 texte saisi ne peut excéder 255 caractères.
92                 <br />
93                 <span class="souligne">Exemple</span> : "pitiqum"
94                 <br />
95                 <?php include("input_caracteres_speciaux.php") ; ?>
96                 <br />
97                 Cliquez de nouveau sur "Détails" pour masquer ces indications.
98             </p>
99
100             <!-- Nom sumérien -->
101             <p>
102                 <label for="nom">Nom sumérien :</label>
103                 <input type="text" name="nom sumerien" id="nom sumerien" size=50 />
104                 <span class="bouton_aide" id="aide_nom sumerien">Détails</span>
105             </p>
106             <p class="paragraphe_aide" id="paragraphe_aide_nom sumerien">
107                 Veuillez saisir dans ce champ le nom sumérien de la catégorie thématique, avec les chiffres en plein
108                 texte, avec les différents composants séparés les uns des autres par des points, et intégralement en
109                 majuscules. Dans le cas où plusieurs noms sumériens sont attestés, ceux-ci doivent être listés les uns
110                 à la suite des autres et séparés par des virgules : "NOM1, NOM2, NOM3". Si vous avez besoin de saisir
111                 des caractères spéciaux, vous pouvez les insérer dans le champ par copier-coller depuis la liste donnée
112                 ci-dessous. La longueur totale du texte saisi ne peut excéder 255 caractères.
113                 <br />
114                 <span class="souligne">Exemple</span> : "IM.DU3.A"
115                 <br />
116                 <?php include("input_caracteres_speciaux.php") ; ?>
117                 <br />
118                 Cliquez de nouveau sur "Détails" pour masquer ces indications.
119             </p>
120
121             <input type="submit" value="Ajouter" class="bouton_envoi" />
122         </form>
123     </article>
124
125     <?php
126     }
127 >
128 </section>
129 </div>
130
131 <!-- Script général pour la gestion des messages d'aide. -->
132 <script src="script_aide_formulaire.js"></script>
133
134 <!-- Scripts pour la vérification des informations saisies. -->
135 <script src="script_fonctions_verification.js"></script>
136 <script src="script_verification_ajout_categorie_thematique.js"></script>
137
138 </body>
139 </html>

```

Voici alors le formulaire d'ajout d'une catégorie thématique correspondant à cet extrait de code tel qu'il apparaît dans l'interface Web de la base de données. Ici, le contributeur a fait le choix d'afficher les détails concernant le champ dédié au nom akkadien de la catégorie thématique, qui fournissent des précisions sur ce qui doit être entré dans ce champ et proposent également une liste de caractères spéciaux pouvant être copiés-collés facilement en cas de besoin. Il est bien sûr possible de masquer ces détails à n'importe quel moment ou encore

d'afficher ceux portant sur les deux autres champs à remplir.

Ajouter une catégorie thématique

Veillez compléter le formulaire ci-dessous pour ajouter une nouvelle catégorie thématique à la base de données.

Attention ! Si ce n'est pas déjà fait, n'oubliez pas de vérifier que vous n'allez pas créer un doublon : [recherche](#).

Nom (français) de la catégorie thématique : *Détails*

Nom akkadien : *Détails*

Veillez saisir dans ce champ le nom akkadien de la catégorie thématique, avec la normalisation qu'en proposent les dictionnaires, avec mimation, et intégralement en minuscules. Dans le cas où plusieurs noms akkadiens sont attestés, ceux-ci doivent être listés les uns à la suite des autres et séparés par des virgules : "nom1, nom2, nom3". Si vous avez besoin de saisir des caractères spéciaux, vous pouvez les insérer dans le champ par copier-coller depuis la liste donnée ci-dessous. La longueur totale du texte saisi ne peut excéder 255 caractères.

Exemple : "pitiqum"

Caractères spéciaux : ā ē ī ū š ṣ ṭ ḫ š̄

Cliquez de nouveau sur "Détails" pour masquer ces indications.

Nom sumérien : *Détails*

FIGURE E.16. Aperçu d'un formulaire d'ajout d'entrée dans la base de données (exemple de l'ajout d'une catégorie thématique)

Voici en complément le code du fichier `script_verification_ajout_categorie_thematique.js`, qui est appelé par le fichier `ajout_categorie_thematique.php` ci-dessus afin de vérifier que les informations saisies par l'utilisateur dans les champs du formulaire répondent bien aux conditions requises et de bloquer l'envoi des données vers le serveur si ce n'est pas le cas.

```
1  /* MATHGUN : SCRIPT POUR LA VERIFICATION DES INFORMATIONS SAISIES DANS LE FORMULAIRE D'AJOUT DE CATEGORIE THEMATIQUE */
2  /******
3  4
5  /* Ce script vérifie que les informations saisies par l'utilisateur dans les champs du formulaire d'ajout d'une catégorie thématique
6  répondent bien aux conditions requises. Dans le cas où il détecte des erreurs, il bloque l'envoi des données vers le serveur,
7  met les champs correspondant en rouge et affiche un message d'alerte. */
8
9  /* ATTENTION : ce script utilise des fonctions définies dans le script "script_fonctions_verification.js", qui devra donc également
10 être chargé par la page PHP. */
11
12 /* ATTENTION : les conditions d'unicité seront vérifiées uniquement côté serveur. */
13
14
15 /* Sélection du bouton d'envoi du formulaire. */
16 var bouton_envoi = document.querySelector('.bouton_envoi') ;
17
18 /* Déclaration d'un événement attaché au bouton d'envoi, qui effectue toutes les vérifications et déclenche les actions appropriées
19 dans le cas où des erreurs sont détectées. */
20 bouton_envoi.addEventListener('click', function (e)
21 {
22     /* Variable de test qui vaut "true" au départ. */
23     var test = true ;
24
25     /* Vérification du champ "nom". */
26     var champ_nom = document.getElementById('nom') ;
27     var test_nom = verif_longueur_minmax(champ_nom, 1, 50) ;
28     test = test && test_nom ;
29
30     /* Vérification du champ "nom akkadien". */
31     var champ_nom_akkadien = document.getElementById('nom_akkadien') ;
32     var test_nom_akkadien = verif_longueur_max(champ_nom_akkadien, 255) ;
33     test = test && test_nom_akkadien ;
34
35     /* Vérification du champ "nom sumérien". */
36     var champ_nom_sumerien = document.getElementById('nom_sumerien') ;
37     var test_nom_sumerien = verif_longueur_max(champ_nom_sumerien, 255) ;
38     test = test && test_nom_sumerien ;
39
40     /* Si au moins une erreur a été détectée... */
41     if (test === false)
42     {
43         /* On bloque l'envoi des informations vers le serveur. */
44         e.preventDefault() ;
45
46         /* Et on affiche un message d'alerte. */
47         alert
48         (
49             'Des erreurs ont été détectées dans les champs signalés en rouge.'
```

```

50     + '\nMerci de corriger votre saisie, en consultant si besoin les messages d\'aide.'
51   );
52   }
53
54 });

```

Voici de plus le code du fichier `script_fonctions_verification.js`, qui est appelé par le fichier `script_verification_ajout_categorie_thematique.js` ci-dessus et qui contient les définitions de plusieurs fonctions générales permettant de vérifier la validité (formelle) des valeurs saisies par les contributeurs dans les champs.

```

1  /* *****
2  /* MATHCUN : FONCTIONS DE VERIFICATION DES LES DONNEES SAISIES */
3  /* *****
4
5  /* Ce script contient plusieurs fonctions générales qui seront appelées pour vérifier que les données saisies par l'utilisateur
6  dans les champs des formulaires sont bien correctes. */
7
8
9  /* Fonction de vérification de la longueur minimale d'une chaîne saisie dans un champ texte. */
10 function verif_longueur_min (champ, valeur_min)
11 {
12   var longueur_chaine_saisie = champ.value.length ;
13   if (longueur_chaine_saisie < valeur_min)
14   {
15     champ.setAttribute('style', 'background-color : rgb(206,50,85) ;') ;
16     return false ;
17   }
18   else
19   {
20     champ.setAttribute('style', 'background-color : rgb(227,227,227) ;') ;
21     return true ;
22   }
23 }
24
25 /* Fonction de vérification de la longueur maximale d'une chaîne saisie dans un champ texte. */
26 function verif_longueur_max (champ, valeur_max)
27 {
28   var longueur_chaine_saisie = champ.value.length ;
29   if (longueur_chaine_saisie > valeur_max)
30   {
31     champ.setAttribute('style', 'background-color : rgb(206,50,85) ;') ;
32     return false ;
33   }
34   else
35   {
36     champ.setAttribute('style', 'background-color : rgb(227,227,227) ;') ;
37     return true ;
38   }
39 }
40
41 /* Fonction de vérification des longueurs minimale et maximale d'une chaîne saisie dans un champ texte. */
42 function verif_longueur_minmax (champ, valeur_min, valeur_max)
43 {
44   var longueur_chaine_saisie = champ.value.length ;
45   if (longueur_chaine_saisie < valeur_min || longueur_chaine_saisie > valeur_max)
46   {
47     champ.setAttribute('style', 'background-color : rgb(206,50,85) ;') ;
48     return false ;
49   }
50   else
51   {
52     champ.setAttribute('style', 'background-color : rgb(227,227,227) ;') ;
53     return true ;
54   }
55 }

```

Voici, pour illustrer les deux derniers extraits de code, un message d'erreur renvoyé par l'interface Web dans le cas où un contributeur essaie de valider l'ajout d'une catégorie thématique sans avoir indiqué de valeur dans le champ obligatoire « nom ».

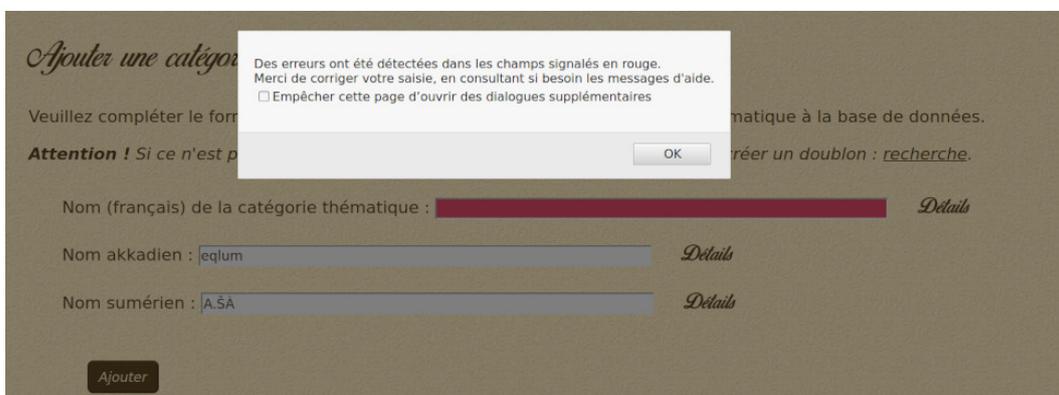


FIGURE E.17. Aperçu d'un message d'erreur lors de l'ajout d'une entrée dans la base de données

Voici ensuite le code du fichier `ajout_categorie_thematique_traitement.php`, qui traite les demandes d'ajout d'entrées non rejetées issues du formulaire `ajout_categorie_thematique.php` présenté au début de la section, en procédant aux vérifications de sécurité et de cohérence nécessaires.

```

1 <!------->
2 <!-- MATHCUN : PAGE DE TRAITEMENT DE L'AJOUT D'UNE NOUVELLE CATEGORIE THEMATIQUE -->
3 <!------->
4
5 <!-- Page traitant la demande d'ajout d'une nouvelle catégorie thématique émise par la page "ajout_categorie_thematique.php". -->
6
7
8
9 <?php session_start() ?>
10
11 <!DOCTYPE html>
12 <html lang="fr">
13
14 <head>
15 <meta charset="utf-8" />
16 <title>MathCun - Ajouter une catégorie thématique</title>
17 <link rel="stylesheet" href="style.css" />
18 </head>
19
20 <body>
21
22 <!-- Bannière d'en-tête -->
23 <?php include ("input_header.php") ; ?>
24
25 <!-- Corps de page -->
26 <div class="bloc_page">
27
28 <!-- Menu de navigation -->
29 <?php include ("input_menu.php") ; ?>
30
31 <!-- Contenu de la page -->
32 <section class="corps">
33
34 <?php
35
36 /* Si le visiteur n'est pas connecté comme contributeur, on affiche un message d'alerte et on lui propose de se connecter (
37 sans oublier de garder dans une variable l'adresse de la page actuelle pour pouvoir l'y rediriger automatiquement dès qu'il
38 sera connecté). */
39 if ((!isset($_SESSION['statut'])) OR ($_SESSION['statut'] == 'non_connecte') OR ($_SESSION['statut'] == 'visiteur'))
40 {
41     $adresse = "ajout_categorie_thematique.php" ;
42     include("input_alerte_reserve_contributeurs.php") ;
43 }
44
45 /* Sinon, on traite la demande d'ajout. */
46 else
47 {
48     /* On commence par vérifier que toutes les variables ont bien été reçues. */
49     if ( !isset($_POST['nom']) OR !isset($_POST['nom_akkadien']) OR !isset($_POST['nom_sumerien']) )
50     {
51         ?>
52         <article class="presentation">
53             <h1>Ajouter une catégorie thématique</h1>
54             <p class="avertissement">
55                 <span>Erreur</span> : Il y a eu un problème lors de la transmission des données.
56             </p>
57             <p>
58                 Veuillez <a href="ajout_categorie_thematique.php" class="lien">recommencer votre saisie</a>.
59             </p>
60         </article>
61         <?php
62     }
63
64     /* Si c'est bien le cas... */
65     else
66     {
67         /* On donne des noms aux variables et on force leur conversion dans le bon type pour poursuivre le traitement. */
68         $nom = (string) $_POST['nom'] ;
69         $nom_akkadien = (string) $_POST['nom_akkadien'] ;
70         $nom_sumerien = (string) $_POST['nom_sumerien'] ;
71
72         /* On vérifie de nouveau côté serveur les conditions déjà vérifiées côté client. S'il y a un problème, on renvoie
73 un message d'erreur et on propose de recommencer la saisie. */
74         if ( $nom == '' OR strlen($nom) > 50 OR strlen($nom_akkadien) > 255 OR strlen($nom_sumerien) > 255 )
75         {
76             ?>
77             <article class="presentation">
78                 <h1>Ajouter une catégorie thématique</h1>
79                 <p class="avertissement">
80                     <span>Erreur</span> : Certaines des données que vous avez saisies ne répondent pas aux conditions
81 imposées.
82                 </p>
83                 <p>
84                     Veuillez <a href="ajout_categorie_thematique.php" class="lien">recommencer votre saisie</a> en
85 respectant les contraintes décrites dans les rubriques "Détails".
86                 </p>
87             </article>
88             <?php
89         }
90
91         /* Si ces conditions sont bien vérifiées, on vérifie ensuite les conditions d'intégrité de la base de données. */
92         else
93         {
94             /* On se connecte à la base de données. */
95             include("input_connexion_bd.php") ;
96
97             /* S'il existe déjà dans la base une catégorie thématique du nom déclaré, on renvoie un message d'erreur et on
98 propose d'aller consulter la liste des catégories thématiques. */

```

```

96 $unicite = $bdd -> prepare('SELECT * FROM categories_thematiques WHERE nom=?');
97 $unicite -> execute(array($nom));
98 $resultat = $unicite -> fetch();
99 $unicite -> closeCursor();
100 if ($resultat)
101 {
102     ?>
103     <article class="presentation">
104     <h1>Ajouter une catégorie thématique</h1>
105     <p class="avertissement">
106     <span>Erreur</span> : Il existe déjà dans la base de données une catégorie thématique du nom de "
107     <?php echo(htmlspecialchars($nom)); ?>".
108     </p>
109     </article>
110     <article class="presentation">
111     <p>
112     <a href="consultation_categorie_thematique.php?id=<?php echo(htmlspecialchars($resultat['id'])) ?>"
113     class="lien">Consulter la fiche de la catégorie thématique "<?php echo(htmlspecialchars($resultat['nom'])
114     ?>"</a>
115     </p>
116     <p>
117     <a href="recherche_categories_thematiques.php" class="lien">Rechercher des catégories thématiques</a>
118     </p>
119     <p>
120     <a href="ajout_categorie_thematique.php" class="lien">Revenir au formulaire d'ajout d'une catégorie
121     thématique</a>
122     </p>
123     </article>
124     <?php
125 }
126
127 /* Enfin, s'il n'y a aucun problème, on procède à l'ajout (en gérant les éventuelles erreurs qui pourraient
128 subsister). */
129 else
130 {
131     try
132     {
133         /* On ajoute l'entrée dans la base. */
134         $ajout = $bdd -> prepare('INSERT INTO categories_thematiques (nom, nom_akkadien, nom_sumerien) VALUES
135         (?, ?, ?)');
136         $ajout -> execute(array($nom, $nom_akkadien, $nom_sumerien));
137         /* On récupère l'identifiant de l'entrée créée. */
138         $recherche = $bdd -> prepare('SELECT id FROM categories_thematiques WHERE nom=?');
139         $recherche -> execute(array($nom));
140         $resultat = $recherche -> fetch();
141         $recherche -> closeCursor();
142         /* Et enfin on affiche un message de confirmation. */
143         ?>
144         <article class="presentation">
145         <h1>Ajouter une catégorie thématique : c'est fait !</h1>
146         <p>
147         La catégorie thématique "<?php echo(htmlspecialchars($nom)); ?>" a bien été ajoutée dans la
148         base de données.
149         </p>
150         </article>
151         <article class="presentation">
152         <p>
153         <a href="consultation_categorie_thematique.php?id=<?php echo(htmlspecialchars($resultat['id']))
154         ; ?>" class="lien">Consulter la fiche de la nouvelle entrée</a>
155         </p>
156         <p>
157         <a href="ajout_categorie_thematique.php" class="lien">Ajouter une autre catégorie thématique</a>
158         </p>
159         </article>
160         <?php
161     }
162     catch (Exception $e)
163     {
164         die('Erreur : ' . $e->getMessage());
165     }
166 }
167 }
168 }
169 ?>
170 </section>
171 </div>
172 </body>
173 </html>

```

E.3.4.5. Extraits du code source : modification d'une entrée

Voici cette fois le code du fichier `input_selection_categorie_thematique.php`, qui permet à un contributeur de sélectionner une catégorie thématique qu'il souhaite modifier.

```

1 <!-- ..... -->
2 <!-- MATHCUN : SELECTION D'UNE CATEGORIE THEMATIQUE -->
3 <!-- ..... -->
4
5 <!-- Code affichant un mini-formulaire permettant de sélectionner une catégorie thématique de la base de données, qui est appelé depuis les
6 pages de modification et de suppression de catégories thématiques. La variable $action permet de déterminer dans laquelle de ces deux
7 situations on se trouve. -->
8
9 <!-- On cherche dans la base de données la liste des catégories thématiques. -->
10 <?php $recherche = $bdd -> query('SELECT id, nom FROM categories_thematiques ORDER BY nom'); ?>
11
12 <!-- On affiche cette liste dans une liste déroulante. -->
13 <article class="formulaire">
14 <form method="post" action="<?php if ($action == "modification") {echo("modification_categorie_thematique.php")} else { echo("
15 suppression_categorie_thematique_traitement.php")} ?>">

```

```

15     <select name="id" id="id">
16         <option value="false">Choisir une catégorie thématique...</option>
17     <?php
18         while($categorie = $recherche -> fetch())
19         {
20             echo('<option value="' . htmlspecialchars($categorie['id']) . '">' . htmlspecialchars($categorie['nom']) . '</option>');
21         }
22     </select>
23     <input type="submit" value="<?php if ($action == "modification") {echo("Modifier");} else {echo("Supprimer");} ?>" class="
24         bouton_envoi_en_ligne" />
25 </p>
26 </form>
27 </article>
28
29 <!-- On ferme le curseur de recherche. -->
30 <?php $recherche -> closeCursor() ?>
31
32 <!-- On affiche enfin une petite remarque. -->
33 <article class="presentation">
34     Si vous ne connaissez pas le nom de l'entrée que vous souhaitez <?php if ($action == "modification") {echo("modifier");} else {echo("
35     supprimer");} ?>, vous pouvez commencer par <a href="recherche_categories_thematiques.php" class="lien">faire une recherche</a>.

```

Voici alors l'écran de sélection d'une catégorie thématique à modifier généré à partir de ce code, tel qu'il apparaît dans l'interface Web de la base de données.



FIGURE E.18. Aperçu de la sélection d'une entrée à modifier dans la base de données

Voici ensuite le code du fichier `modification_categorie_thematique.php`, qui affiche un formulaire pré-rempli avec les valeurs courantes de l'entrée que le contributeur vient de sélectionner mais modifiable pour permettre d'effectuer les corrections voulues.

```

1 <!-- MATHCUN : PAGE DE MODIFICATION D'UNE CATEGORIE THEMATIQUE -->
2 <!-- MATHCUN : PAGE DE MODIFICATION D'UNE CATEGORIE THEMATIQUE -->
3 <!-- MATHCUN : PAGE DE MODIFICATION D'UNE CATEGORIE THEMATIQUE -->
4
5 <!-- Page permettant à l'utilisateur de modifier une catégorie thématique de la base de données. Cette page affiche le formulaire de
6 sélection d'une catégorie thématique ("input_selection_categorie_thematique.php") si elle n'a reçu aucun identifiant (ou un identifiant
7 invalide), et le formulaire de modification d'une catégorie thématique si elle a reçu un identifiant valide. -->
8
9 <?php session_start() ?>
10
11 <!DOCTYPE html>
12 <html lang="fr">
13
14 <head>
15     <meta charset="utf-8" />
16     <title>MathCun - Modifier une catégorie thématique</title>
17     <link rel="stylesheet" href="style.css" />
18 </head>
19
20 <body>
21
22     <!-- Bannière d'en-tête -->
23     <?php include ("input_header.php") ; ?>
24
25     <!-- Corps de page -->
26     <div class="bloc_page">
27
28         <!-- Menu de navigation -->
29         <?php include ("input_menu.php") ; ?>
30

```

```

31 <!-- Contenu de la page -->
32 <section class="corps">
33
34 <?php
35
36 /* Si le visiteur n'est pas encore connecté, ou seulement comme visiteur, on affiche un message d'erreur et on lui propose
de se connecter (sans oublier de transmettre dans une variable l'adresse de la page actuelle pour pouvoir l'y rediriger
automatiquement dès qu'il sera connecté). */
37 if ((!isset($_SESSION['statut'])) OR ($_SESSION['statut'] == 'non_connecte') OR ($_SESSION['statut'] == 'visiteur' )
38 {
39     $adresse = "modification_categorie_thematique.php" ;
40     include("input_alerte_reserve_contributeurs.php") ;
41 }
42
43 /* Sinon... */
44 else
45 {
46
47     /* On se connecte à la base de données. */
48     include("input_connexion_bd.php") ;
49
50     /* Si aucun identifiant n'a été reçu, on affiche le formulaire de sélection d'une catégorie thématique, en indiquant au
moyen d'une variable que l'on souhaite ici l'utiliser pour choisir une catégorie à modifier. */
51 if ( !isset($_POST['id']) AND !isset($_GET['id']) )
52 {
53     ?>
54     <article class="presentation">
55     <h1>Modifier une catégorie thématique</h1>
56     <p>
57         Sélectionnez dans la liste la catégorie thématique que vous souhaitez modifier :
58     </p>
59     </article>
60     <?php
61     $action = "modification" ;
62     include("input_selection_categorie_thematique.php") ;
63 }
64
65 /* Si un identifiant a bien été reçu... */
66 else
67 {
68
69     /* On donne un nom à l'identifiant et on force sa conversion en entier. */
70     if (isset($_GET['id']))
71     {
72         $id = (int) $_GET['id'] ;
73     }
74     else
75     {
76         $id = (int) $_POST['id'] ;
77     }
78
79     /* On sélectionne dans la base de données l'entrée ayant cet identifiant. */
80     $recherche_entree = $bdd -> prepare('SELECT * FROM categories_thematiques WHERE id=?') ;
81     $recherche_entree -> execute(array($id)) ;
82     $categorie = $recherche_entree -> fetch() ;
83     $recherche_entree -> closeCursor() ;
84
85     /* Si aucun résultat n'est renvoyé, c'est que l'identifiant cherché n'est pas valide. On affiche alors un message
d'erreur et le formulaire de sélection d'une catégorie thématique (en indiquant au moyen de la variable $action
qu'on l'utilise dans un objectif de modification). */
86 if (! $categorie)
87 {
88     ?>
89     <article class="presentation">
90     <h1>Modifier une catégorie thématique</h1>
91     <p class="avertissement">
92         <span>Erreur</span> : L'entrée que vous cherchez à modifier n'existe pas dans la base de données.
93     </p>
94     <p>
95         Sélectionnez la catégorie thématique que vous souhaitez modifier :
96     </p>
97     </article>
98     <?php
99     $action = "modification" ;
100     include("input_selection_categorie_thematique.php") ;
101 }
102
103 /* Sinon, on affiche le formulaire de modification de la catégorie thématique sélectionnée, pré-rempli avec les
valeurs des champs actuellement enregistrés dans la base. */
104 else
105 {
106     ?>
107
108     <!-- Paragraphe introductif. -->
109     <article class="presentation">
110     <h1>Modifier une catégorie thématique : <?php echo(htmlspecialchars($categorie['nom'])) ; ?></h1>
111     <p>
112         Veuillez modifier dans le formulaire ci-dessous les valeurs que vous souhaitez changer.
113     </p>
114     </article>
115
116     <!-- Formulaire de modification. -->
117     <article class="formulaire">
118     <form method="post" action="modification_categorie_thematique_traitement.php">
119
120         <!-- Nom -->
121         <p>
122             <label for="nom">Nom (français) de la catégorie thématique :</label>
123             <input type="text" name="nom" id="nom" size=50 value="<?php echo(htmlspecialchars($categorie['nom'])
); ?>" />
124             <span class="bouton_aide" id="aide_nom">Détails</span>
125         </p>
126         <p class="paragraphe_aide" id="paragraphe_aide_nom">
127             Veuillez saisir dans ce champ le nom (français) au moyen duquel vous souhaitez désigner la
catégorie thématique. Ce nom ne peut excéder 50 caractères. Il est obligatoire et doit être unique.
128             <br />
129             <span class="souligne">Exemple</span> : "Mur de terre"
130             <br />
131             Cliquez de nouveau sur "Détails" pour masquer ces indications.
132         </p>
133     </form>

```

```

134 <!-- Nom akkadien -->
135 <p>
136 <label for="nom akkadien">Nom akkadien :</label>
137 <input type="text" name="nom akkadien" id="nom akkadien" size=50 value="<?php echo(htmlspecialchars(
138 $categorie['nom akkadien']); ?>" />
139 <span class="bouton_aid" id="aide_nom akkadien">Détails</span>
140 </p>
141 <p class="paragraphe_aid" id="paragraphe_aid_nom akkadien">
142 Veuillez saisir dans ce champ le nom akkadien de la catégorie thématique, avec la normalisation
143 qu'en proposent les dictionnaires, avec mimation, et intégralement en minuscules. Dans le cas où
144 plusieurs noms akkadiens sont attestés, ceux-ci doivent être listés les uns à la suite des autres
145 et séparés par des virgules : "nom1, nom2, nom3". Si vous avez besoin de saisir des caractères
146 spéciaux, vous pouvez les insérer dans le champ par copier-coller depuis la liste donnée
147 ci-dessous. La longueur totale du texte saisi ne peut excéder 255 caractères.
148 <br />
149 <span class="souligne">Exemple</span> : "pitiqum"
150 <br>
151 <?php include("input_caracteres_speciaux.php") ; ?>
152 <br />
153 Cliquez de nouveau sur "Détails" pour masquer ces indications.
154 </p>
155 <!-- Nom sumérien -->
156 <p>
157 <label for="nom">Nom sumérien :</label>
158 <input type="text" name="nom sumerien" id="nom sumerien" size=50 value="<?php echo(htmlspecialchars(
159 $categorie['nom sumerien']); ?>" />
160 <span class="bouton_aid" id="aide_nom sumerien">Détails</span>
161 </p>
162 <p class="paragraphe_aid" id="paragraphe_aid_nom sumerien">
163 Veuillez saisir dans ce champ le nom sumérien de la catégorie thématique, avec les chiffres en
164 plein texte, avec les différents composants séparés les uns des autres par des points, et
165 intégralement en majuscules. Dans le cas où plusieurs noms sumériens sont attestés, ceux-ci doivent
166 être listés les uns à la suite des autres et séparés par des virgules : "NOM1, NOM2, NOM3". Si vous
167 avez besoin de saisir des caractères spéciaux, vous pouvez les insérer dans le champ par
168 copier-coller depuis la liste donnée ci-dessous. La longueur totale du texte saisi ne peut excéder
169 255 caractères.
170 <br />
171 <span class="souligne">Exemple</span> : "IM.DU3.A"
172 <br>
173 <?php include("input_caracteres_speciaux.php") ; ?>
174 <br />
175 Cliquez de nouveau sur "Détails" pour masquer ces indications.
176 </p>
177 <input type="hidden" name="id" value="<?php echo(htmlspecialchars($categorie['id'])); ?>" />
178 <input type="submit" value="Modifier" class="bouton_envoi" />
179 </p>
180 </form>
181 </article>
182 <?php
183 </section>
184 </div>
185 </div>
186 <!-- Script général pour la gestion des messages d'aide. -->
187 <script src="script_aid_formulaire.js"></script>
188 <!-- Scripts pour la vérification des informations saisies. -->
189 <script src="script_fonctions_verification.js"></script>
190 <script src="script_verification_ajout_categorie_thematique.js"></script>
191 </body>
192 </html>

```

Voici, pour illustrer, un aperçu du formulaire de modification d'une catégorie thématique généré à partir de ce code, tel qu'il apparaît dans l'interface Web de la base de données.

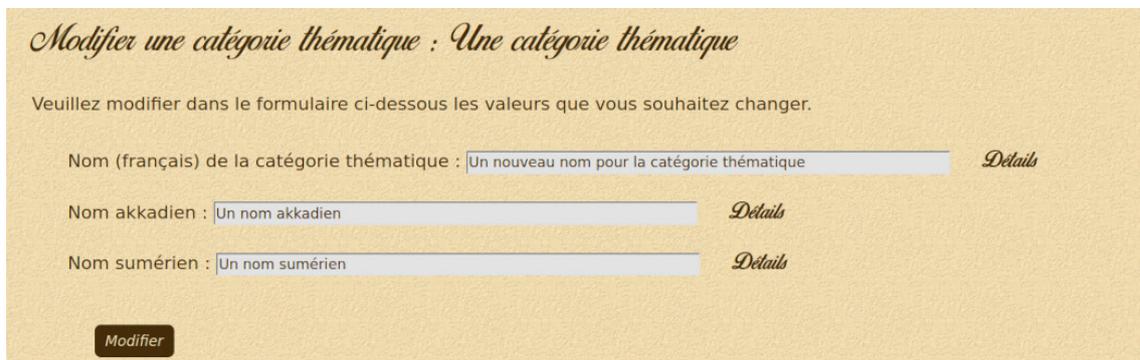


FIGURE E.19. Aperçu du formulaire de modification d'une entrée de la base de données (exemple de la modification d'une catégorie thématique)

La saisie validée par l'utilisateur dans ce formulaire est ensuite soumise aux mêmes vérifications que celles présentées dans le cadre de l'ajout d'une entrée, puis les valeurs rentrées dans les différents champs sont envoyées au serveur et sont traitées, avec les mesures de sécurité habituelles, au moyen du fichier `modification_categorie_thematique_traitement.php`, dont le code est donné ci-dessous.

```

1 <!-- MATHCUN : PAGE DE TRAITEMENT DE LA MODIFICATION D'UNE CATEGORIE THEMATIQUE -->
2 <!-- MATHCUN : PAGE DE TRAITEMENT DE LA MODIFICATION D'UNE CATEGORIE THEMATIQUE -->
3 <!-- MATHCUN : PAGE DE TRAITEMENT DE LA MODIFICATION D'UNE CATEGORIE THEMATIQUE -->
4
5 <!-- Page traitant la demande de modification d'une catégorie thématique émise par la page "modification_categorie_thematique.php". -->
6
7
8 <?php session_start() ?>
9
10 <!DOCTYPE html>
11
12 <html lang="fr">
13
14 <head>
15 <meta charset="utf-8" />
16 <title>MathCun - Modifier une catégorie thématique</title>
17 <link rel="stylesheet" href="style.css" />
18 </head>
19
20 <body>
21
22 <!-- Bannière d'en-tête -->
23 <?php include ("input_header.php") ; ?>
24
25 <!-- Corps de page -->
26 <div class="bloc_page">
27
28 <!-- Menu de navigation -->
29 <?php include ("input_menu.php") ; ?>
30
31 <!-- Contenu de la page -->
32 <section class="corps">
33
34 <?php
35
36
37 /* Si le visiteur n'est pas connecté comme contributeur, on affiche un message d'alerte et on lui propose de se connecter (
38 sans oublier de transmettre l'adresse de la page actuelle pour pouvoir l'y rediriger automatiquement dès qu'il sera
39 identifié). */
40 if ((!isset($_SESSION['statut'])) OR ($_SESSION['statut'] == 'non_connecte') OR ($_SESSION['statut'] == 'visiteur'))
41 {
42     $adresse = "modification_categorie_thematique.php" ;
43     include("input_alerte_reserve_contributeurs.php") ;
44 }
45
46 /* Sinon, on traite la demande de modification. */
47 else
48 {
49
50     /* On commence par vérifier que toutes les variables ont bien été reçues. */
51     if ( !isset($_POST['id']) OR !isset($_POST['nom']) OR !isset($_POST['nom_akkadien']) OR !isset($_POST['nom_sumerien']) )
52     {
53         ?>
54         <article class="presentation">
55             <h1>Modifier une catégorie thématique</h1>
56             <p class="avertissement">
57                 <span>Erreur</span> : Il y a eu un problème lors de la transmission des données.
58             </p>
59             <p>
60                 Veuillez <a href="modification_categorie_thematique.php" class="lien">recommencer votre saisie</a>.
61             </p>
62         </article>
63         <?php
64     }
65
66     /* Si c'est bien le cas... */
67     else
68     {
69
70         /* On donne des noms aux variables et on force leur conversion dans le bon type pour poursuivre le traitement. */
71         $id = (int) $_POST['id'] ;
72         $nom = (string) $_POST['nom'] ;
73         $nom_akkadien = (string) $_POST['nom_akkadien'] ;
74         $nom_sumerien = (string) $_POST['nom_sumerien'] ;
75
76         /* On se connecte à la base de données. */
77         include("input_connexion_bd.php") ;
78
79         /* On vérifie que l'identifiant reçu existe bien dans la table "categories_thematiques". */
80         $recherche = $bdd -> prepare('SELECT * FROM categories_thematiques WHERE id=?') ;
81         $recherche -> execute(array($id)) ;
82         $stest = $recherche -> fetch() ;
83         $recherche -> closeCursor() ;
84         if (!$stest)
85         {
86             ?>
87             <article class="presentation">
88                 <h1>Modifier une catégorie thématique</h1>
89                 <p class="avertissement">
90                     <span>Erreur</span> : L'entrée que vous cherchez à modifier n'existe pas dans la base de données.
91                 </p>
92                 <p>
93                     Veuillez <a href="modification_categorie_thematique.php" class="lien">recommencer votre saisie</a>.
94                 </p>
95             </article>
96             <?php
97         }
98
99         /* Si c'est bien le cas... */

```

```

97         else
98         {
99
100             /* On vérifie que les valeurs saisies répondent aux conditions imposées. */
101             if ( $nom == '' OR strlen($nom) > 50 OR strlen($nom_akkadien) > 255 OR strlen($nom_sumerien) > 255 )
102             {
103                 ?>
104                 <article class="presentation">
105                     <h1>Modifier une catégorie thématique</h1>
106                     <p class="avertissement">
107                         <span>Erreur</span> : Certaines des données que vous avez saisies ne répondent pas aux conditions
108                         imposées.
109                     </p>
110                     Veuillez <a href="modification_categorie_thematique.php?id=<?php echo(htmlspecialchars($id)) ?> ; ?>
111                         " class="lien">recommencer votre saisie</a> en respectant les contraintes décrites dans les
112                         rubriques "Détails".
113                     </p>
114                 </article>
115                 <?php
116             }
117             /* Si ces conditions sont bien vérifiées... */
118             else
119             {
120                 /* Si le nom a été modifié et qu'il existe déjà dans la base de données une catégorie thématique du nom
121                 déclaré, on renvoie un message d'erreur et on propose d'aller consulter la liste des catégories
122                 thématiques. */
123                 $unicite = $bdd -> prepare('SELECT * FROM categories_thematiques WHERE nom=? ');
124                 $unicite -> execute(array($nom));
125                 $resultat = $unicite -> fetch();
126                 $unicite -> closeCursor();
127                 if ($resultat AND $resultat['id'] != $id)
128                 {
129                     ?>
130                     <article class="presentation">
131                         <h1>Modifier une catégorie thématique</h1>
132                         <p class="avertissement">
133                             <span>Erreur</span> : Il existe déjà dans la base de données une catégorie thématique du nom de
134                             "<?php echo(htmlspecialchars($nom)) ; ?>".
135                         </p>
136                     </article>
137                     <article class="presentation">
138                         <p>
139                             <a href="consultation_categorie_thematique.php?id=<?php echo(htmlspecialchars($resultat['id']))
140                                 ?>" target=" _blank" class="lien">Consulter la fiche de la catégorie thématique "<?echo
141                                 htmlspecialchars($resultat['nom']) ?>"</a>
142                         </p>
143                         <p>
144                             <a href="recherche_categories_thematiques.php" target=" _blank" class="lien">Rechercher des
145                             catégories thématiques</a>
146                         </p>
147                         <p>
148                             <a href="modification_categorie_thematique.php?id=<?php echo(htmlspecialchars($id)) ?>" class="
149                             lien">Revenir au formulaire de modification</a>
150                         </p>
151                     </article>
152                 <?php
153             }
154             /* Enfin, s'il n'y a aucun problème, on procède aux modifications (en affichant les éventuelles erreurs qui
155             pourraient subsister). */
156             else
157             {
158                 try
159                 {
160                     /* On modifie l'entrée dans la base. */
161                     $modification = $bdd -> prepare('UPDATE categories_thematiques SET nom=?, nom_akkadien=?,
162                         nom_sumerien=? WHERE id=?');
163                     $modification -> execute(array($nom, $nom_akkadien, $nom_sumerien, $id));
164                     /* Et enfin on affiche un message de confirmation. */
165                     ?>
166                     <article class="presentation">
167                         <h1>Modifier une catégorie thématique : c'est fait !</h1>
168                         <p>
169                             La catégorie thématique "<?php echo(htmlspecialchars($nom)) ; ?>" a bien été modifiée dans
170                             la base de données.
171                         </p>
172                         <p>
173                             <a href="consultation_categorie_thematique.php?id=<?php echo(htmlspecialchars($id)) ; ?>"
174                             class="lien">Visualiser l'entrée modifiée</a>
175                         </p>
176                         <p>
177                             <a href="modification_categorie_thematique.php" class="lien">Modifier une autre catégorie
178                             thématique</a>
179                         </p>
180                     </article>
181                 <?php
182                 catch (Exception $e)
183                 {
184                     die('Erreur : ' . $e->getMessage());
185                 }
186             }
187         }
188     }
189 }
190 }
191 }
192 }
193 }
194 }
195 }
196 }
197 }
198 }
199 }
200 }
201 }
202 }
203 }
204 }
205 }
206 }
207 }
208 }
209 }
210 }
211 }
212 }
213 }
214 }
215 }
216 }
217 }
218 }
219 }
220 }
221 }
222 }
223 }
224 }
225 }
226 }
227 }
228 }
229 }
230 }
231 }
232 }
233 }
234 }
235 }
236 }
237 }
238 }
239 }
240 }
241 }
242 }
243 }
244 }
245 }
246 }
247 }
248 }
249 }
250 }
251 }
252 }
253 }
254 }
255 }
256 }
257 }
258 }
259 }
260 }
261 }
262 }
263 }
264 }
265 }
266 }
267 }
268 }
269 }
270 }
271 }
272 }
273 }
274 }
275 }
276 }
277 }
278 }
279 }
280 }
281 }
282 }
283 }
284 }
285 }
286 }
287 }
288 }
289 }
290 }
291 }
292 }
293 }
294 }
295 }
296 }
297 }
298 }
299 }
300 }
301 }
302 }
303 }
304 }
305 }
306 }
307 }
308 }
309 }
310 }
311 }
312 }
313 }
314 }
315 }
316 }
317 }
318 }
319 }
320 }
321 }
322 }
323 }
324 }
325 }
326 }
327 }
328 }
329 }
330 }
331 }
332 }
333 }
334 }
335 }
336 }
337 }
338 }
339 }
340 }
341 }
342 }
343 }
344 }
345 }
346 }
347 }
348 }
349 }
350 }
351 }
352 }
353 }
354 }
355 }
356 }
357 }
358 }
359 }
360 }
361 }
362 }
363 }
364 }
365 }
366 }
367 }
368 }
369 }
370 }
371 }
372 }
373 }
374 }
375 }
376 }
377 }
378 }
379 }
380 }
381 }
382 }
383 }
384 }
385 }
386 }
387 }
388 }
389 }
390 }
391 }
392 }
393 }
394 }
395 }
396 }
397 }
398 }
399 }
400 }
401 }
402 }
403 }
404 }
405 }
406 }
407 }
408 }
409 }
410 }
411 }
412 }
413 }
414 }
415 }
416 }
417 }
418 }
419 }
420 }
421 }
422 }
423 }
424 }
425 }
426 }
427 }
428 }
429 }
430 }
431 }
432 }
433 }
434 }
435 }
436 }
437 }
438 }
439 }
440 }
441 }
442 }
443 }
444 }
445 }
446 }
447 }
448 }
449 }
450 }
451 }
452 }
453 }
454 }
455 }
456 }
457 }
458 }
459 }
460 }
461 }
462 }
463 }
464 }
465 }
466 }
467 }
468 }
469 }
470 }
471 }
472 }
473 }
474 }
475 }
476 }
477 }
478 }
479 }
480 }
481 }
482 }
483 }
484 }
485 }
486 }
487 }
488 }
489 }
490 }
491 }
492 }
493 }
494 }
495 }
496 }
497 }
498 }
499 }
500 }
501 }
502 }
503 }
504 }
505 }
506 }
507 }
508 }
509 }
510 }
511 }
512 }
513 }
514 }
515 }
516 }
517 }
518 }
519 }
520 }
521 }
522 }
523 }
524 }
525 }
526 }
527 }
528 }
529 }
530 }
531 }
532 }
533 }
534 }
535 }
536 }
537 }
538 }
539 }
540 }
541 }
542 }
543 }
544 }
545 }
546 }
547 }
548 }
549 }
550 }
551 }
552 }
553 }
554 }
555 }
556 }
557 }
558 }
559 }
560 }
561 }
562 }
563 }
564 }
565 }
566 }
567 }
568 }
569 }
570 }
571 }
572 }
573 }
574 }
575 }
576 }
577 }
578 }
579 }
580 }
581 }
582 }
583 }
584 }
585 }
586 }
587 }
588 }
589 }
590 }
591 }
592 }
593 }
594 }
595 }
596 }
597 }
598 }
599 }
600 }
601 }
602 }
603 }
604 }
605 }
606 }
607 }
608 }
609 }
610 }
611 }
612 }
613 }
614 }
615 }
616 }
617 }
618 }
619 }
620 }
621 }
622 }
623 }
624 }
625 }
626 }
627 }
628 }
629 }
630 }
631 }
632 }
633 }
634 }
635 }
636 }
637 }
638 }
639 }
640 }
641 }
642 }
643 }
644 }
645 }
646 }
647 }
648 }
649 }
650 }
651 }
652 }
653 }
654 }
655 }
656 }
657 }
658 }
659 }
660 }
661 }
662 }
663 }
664 }
665 }
666 }
667 }
668 }
669 }
670 }
671 }
672 }
673 }
674 }
675 }
676 }
677 }
678 }
679 }
680 }
681 }
682 }
683 }
684 }
685 }
686 }
687 }
688 }
689 }
690 }
691 }
692 }
693 }
694 }
695 }
696 }
697 }
698 }
699 }
700 }
701 }
702 }
703 }
704 }
705 }
706 }
707 }
708 }
709 }
710 }
711 }
712 }
713 }
714 }
715 }
716 }
717 }
718 }
719 }
720 }
721 }
722 }
723 }
724 }
725 }
726 }
727 }
728 }
729 }
730 }
731 }
732 }
733 }
734 }
735 }
736 }
737 }
738 }
739 }
740 }
741 }
742 }
743 }
744 }
745 }
746 }
747 }
748 }
749 }
750 }
751 }
752 }
753 }
754 }
755 }
756 }
757 }
758 }
759 }
760 }
761 }
762 }
763 }
764 }
765 }
766 }
767 }
768 }
769 }
770 }
771 }
772 }
773 }
774 }
775 }
776 }
777 }
778 }
779 }
780 }
781 }
782 }
783 }
784 }
785 }
786 }
787 }
788 }
789 }
790 }
791 }
792 }
793 }
794 }
795 }
796 }
797 }
798 }
799 }
800 }
801 }
802 }
803 }
804 }
805 }
806 }
807 }
808 }
809 }
810 }
811 }
812 }
813 }
814 }
815 }
816 }
817 }
818 }
819 }
820 }
821 }
822 }
823 }
824 }
825 }
826 }
827 }
828 }
829 }
830 }
831 }
832 }
833 }
834 }
835 }
836 }
837 }
838 }
839 }
840 }
841 }
842 }
843 }
844 }
845 }
846 }
847 }
848 }
849 }
850 }
851 }
852 }
853 }
854 }
855 }
856 }
857 }
858 }
859 }
860 }
861 }
862 }
863 }
864 }
865 }
866 }
867 }
868 }
869 }
870 }
871 }
872 }
873 }
874 }
875 }
876 }
877 }
878 }
879 }
880 }
881 }
882 }
883 }
884 }
885 }
886 }
887 }
888 }
889 }
890 }
891 }
892 }
893 }
894 }
895 }
896 }
897 }
898 }
899 }
900 }
901 }
902 }
903 }
904 }
905 }
906 }
907 }
908 }
909 }
910 }
911 }
912 }
913 }
914 }
915 }
916 }
917 }
918 }
919 }
920 }
921 }
922 }
923 }
924 }
925 }
926 }
927 }
928 }
929 }
930 }
931 }
932 }
933 }
934 }
935 }
936 }
937 }
938 }
939 }
940 }
941 }
942 }
943 }
944 }
945 }
946 }
947 }
948 }
949 }
950 }
951 }
952 }
953 }
954 }
955 }
956 }
957 }
958 }
959 }
960 }
961 }
962 }
963 }
964 }
965 }
966 }
967 }
968 }
969 }
970 }
971 }
972 }
973 }
974 }
975 }
976 }
977 }
978 }
979 }
980 }
981 }
982 }
983 }
984 }
985 }
986 }
987 }
988 }
989 }
990 }
991 }
992 }
993 }
994 }
995 }
996 }
997 }
998 }
999 }
1000 }

```

E.3.4.6. Extraits du code source : suppression d'une entrée

Voici enfin le code du fichier `suppression_categorie_thematique.php`, qui permet au contributeur de sélectionner une catégorie thématique qu'il souhaite supprimer de la base.

```
1 <!-- MATHCUN : PAGE DE SUPPRESSION D'UNE CATEGORIE THEMATIQUE -->
2 <!-- MATHCUN : PAGE DE SUPPRESSION D'UNE CATEGORIE THEMATIQUE -->
3 <!-- MATHCUN : PAGE DE SUPPRESSION D'UNE CATEGORIE THEMATIQUE -->
4
5 <!-- Page permettant à l'utilisateur de demander la suppression d'une catégorie thématique de la base de données. -->
6
7
8 <?php session_start() ?>
9
10 <!DOCTYPE html>
11
12 <html lang="fr">
13
14 <head>
15 <meta charset="utf-8" />
16 <title>MathCun - Supprimer une catégorie thématique</title>
17 <link rel="stylesheet" href="style.css" />
18 </head>
19
20 <body>
21
22 <!-- Bannière d'en-tête -->
23 <?php include ("input_header.php") ; ?>
24
25 <!-- Corps de page -->
26 <div class="bloc_page">
27
28 <!-- Menu de navigation -->
29 <?php include ("input_menu.php") ; ?>
30
31 <!-- Contenu de la page -->
32 <section class="corps">
33
34 <?php
35
36
37 /* Si le visiteur n'est pas encore connecté, ou seulement comme visiteur, on affiche un message d'erreur et on lui propose
38 de se connecter (sans oublier de garder dans une variable l'adresse de la page actuelle pour l'y rediriger automatiquement
39 dès qu'il sera identifié). */
40 if ((!isset($_SESSION['statut'])) OR ($_SESSION['statut'] == 'non_connecte') OR ($_SESSION['statut'] == 'visiteur' )
41 {
42     $adresse = "suppression_categorie_thematique.php" ;
43     include("input_alerte_reserve_contributeurs.php") ;
44 }
45
46 /* Sinon... */
47 else
48 {
49     /* On se connecte à la base de données. */
50     include("input_connexion_bd.php") ;
51     ?>
52
53 <!-- On affiche un petit message d'introduction. -->
54 <article class="presentation">
55 <h1>Supprimer une catégorie thématique</h1>
56 <p>
57 Sélectionnez dans la liste la catégorie thématique que vous souhaitez supprimer :
58 </p>
59 </article>
60
61 <!-- Puis on affiche le formulaire de sélection d'une catégorie thématique, en lui indiquant au moyen de la variable
62 $action que l'on souhaite ici l'utiliser dans un objectif de suppression. -->
63 <?php
64 $action = "suppression" ;
65 include("input_selection_categorie_thematique.php") ;
66 }
67 ?>
68
69 </section>
70
71 </div>
72
73 <!-- Script de demande de confirmation de la suppression -->
74 <script src="script_confirmation_suppression.js"></script>
75
76 </body>
77 </html>
```

Voici en outre le code du fichier `script_confirmation_suppression.js`, qui affiche une fenêtre de dialogue au moment où le contributeur clique sur le bouton de suppression afin de l'avertir que cette action est irréversible et de lui demander confirmation.

```
1 /* ***** */
2 /* SCRIPT DEMANDANT UNE CONFIRMATION POUR LA SUPPRESSION D'UNE ENTREE */
3 /* ***** */
4
5 /* Script qui affiche une fenêtre d'alerte demandant à l'utilisateur de confirmer son action lorsqu'il souhaite supprimer
6 une entrée de la base de données.*/
7
8
9 /* On sélectionne le bouton de demande de suppression. */
10 var bouton_suppression = document.querySelector('input[type="submit"]') ;
11
12 /* On associe à ce bouton l'événement qui demande une confirmation. */
13 bouton_suppression.addEventListener('click', function(e)
```

```

14 {
15     var confirmation = confirm
16     (
17         'ATTENTION ! Vous vous apprêtez à supprimer une entrée de la base de données.'
18         + '\nCette action est irréversible. Êtes-vous sûr de vouloir continuer ?'
19     );
20     if (!confirmation)
21     {
22         e.preventDefault();
23     }
24 });

```

Voici alors un aperçu du message d’alerte généré par le code ci-dessus dans l’interface Web de la base de données.

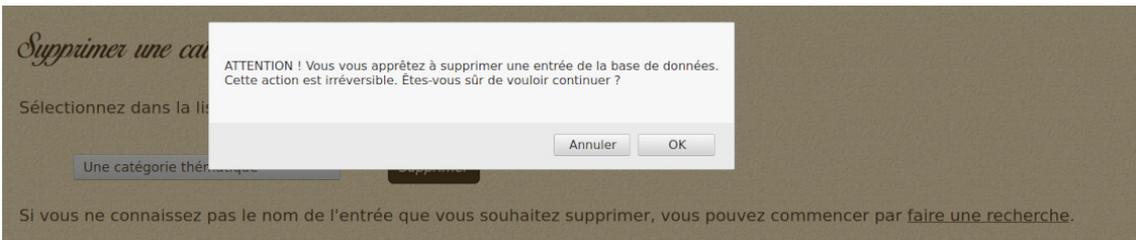


FIGURE E.20. Aperçu de la demande de confirmation avant la suppression d’une entrée de la base de données

Voici pour finir le code du fichier `suppression_categorie_thematique_traitement.php`, qui procède à la suppression de la catégorie thématique sélectionnée si celle-ci est possible et renvoie un message d’erreur si elle ne l’est pas (en particulier si l’entrée que le contributeur cherche à supprimer est reliée à d’autres entrées de la base de données).

```

1 <!-- ..... -->
2 <!-- MATHCUN : PAGE DE TRAITEMENT DE LA SUPPRESSION D'UNE CATEGORIE THEMATIQUE -->
3 <!-- ..... -->
4
5 <!-- Page traitant la demande de suppression d'une catégorie thématique émise par la page "suppression_categorie_thematique.php". -->
6
7
8 <?php session_start() ?>
9
10 <!DOCTYPE html>
11
12 <html lang="fr">
13
14 <head>
15     <meta charset="utf-8" />
16     <title>MathCun - Supprimer une catégorie thématique</title>
17     <link rel="stylesheet" href="style.css" />
18 </head>
19
20 <body>
21
22     <!-- Bannière d'en-tête -->
23     <?php include ("input_header.php") ; ?>
24
25     <!-- Corps de page -->
26     <div class="bloc_page">
27
28         <!-- Menu de navigation -->
29         <?php include ("input_menu.php") ; ?>
30
31         <!-- Contenu de la page -->
32         <section class="corps">
33
34             <?php
35
36             /* Si le visiteur n'est pas connecté comme contributeur, on affiche un message d'alerte et on lui propose de se connecter
37             sans oublier de transmettre l'adresse de la page actuelle afin de pouvoir l'y rediriger automatiquement dès qu'il sera
38             identifié. */
39             if ((!isset($_SESSION['statut'])) OR ($_SESSION['statut'] == 'non_connecte') OR ($_SESSION['statut'] == 'visiteur'))
40             {
41                 $adresse = "suppression_categorie_thematique.php" ;
42                 include("input_alerte_reserve_contributeurs.php") ;
43             }
44
45             /* Sinon, on traite la demande de suppression. */
46             else
47             {
48                 /* On commence par vérifier que la variable a bien été reçue. */
49                 if ( !isset($_POST['id']) )
50                 {
51                     ?>
52                     <article class="presentation">
53                         <h1>Supprimer une catégorie thématique</h1>
54                         <p class="avertissement">
55                             <span>Erreur</span> : Il y a eu un problème lors de la transmission des données.
56                         </p>
57                     </article>

```

```

57 <?php
58 $action = "suppression" ;
59 include("input_selection_categorie_thematique.php") ;
60 }
61
62 /* Si c'est bien le cas... */
63 else
64 {
65     /* On donne un nom à cette variable et on force sa conversion dans le bon type pour poursuivre le traitement. */
66     $id = (int) $_POST['id'] ;
67
68     /* On se connecte à la base de données. */
69     include("input_connexion_bd.php") ;
70
71     /* On vérifie que l'identifiant reçu existe bien dans la table "categories_thematiques". Si ce n'est pas le cas, on
72     affiche un message d'erreur et on demande de recommencer le choix. */
73     $recherche = $bdd -> prepare('SELECT nom FROM categories_thematiques WHERE id=?') ;
74     $recherche -> execute(array($id)) ;
75     $test = $recherche -> fetch() ;
76     $recherche -> closeCursor() ;
77     if (!$test)
78     {
79         ?>
80         <article class="presentation">
81             <h1>Supprimer une catégorie thématique</h1>
82             <p class="avertissement">
83                 <span>Erreur</span> : L'entrée que vous cherchez à supprimer n'existe pas dans la base de données.
84             </p>
85             <p>
86                 Sélectionnez dans la liste la catégorie thématique que vous souhaitez supprimer :
87             </p>
88         </article>
89         <?php
90         $action = "suppression" ;
91         include("input_selection_categorie_thematique.php") ;
92     }
93
94     /* Si c'est bien le cas... */
95     else
96     {
97         /* On récupère le nom de la catégorie thématique que l'utilisateur veut supprimer. */
98         $nom = (string) $test['nom'] ;
99
100        /* On recherche les sections référencant l'entrée à supprimer. */
101        $recherche_references_sections = $bdd -> prepare('SELECT id, nom FROM sections WHERE id_categorie_thematique=?') ;
102        $recherche_references_sections -> execute(array($id)) ;
103        $references_sections = $recherche_references_sections -> fetchAll() ;
104        $nombre_sections = count($references_sections) ;
105        $recherche_references_sections -> closeCursor() ;
106
107        /* On recherche les objets référencant l'entrée à supprimer. */
108        $recherche_references_objets = $bdd -> prepare('SELECT id, nom FROM objets WHERE id_categorie_thematique=?') ;
109        $recherche_references_objets -> execute(array($id)) ;
110        $references_objets = $recherche_references_objets -> fetchAll() ;
111        $nombre_objets = count($references_objets) ;
112        $recherche_references_objets -> closeCursor() ;
113
114        /* Si au moins un des deux résultats n'est pas vide, on affiche un message d'erreur. */
115        if ($nombre_sections > 0 OR $nombre_objets > 0)
116        {
117            ?>
118            <article class="presentation">
119                <h1>Supprimer une catégorie thématique</h1>
120                <p class="avertissement">
121                    <span>Erreurs</span> : La catégorie thématique "<?php echo(htmlspecialchars($nom)) ; ?>" est
122                    référencée dans d'autres entrées de la base de données. Veuillez modifier ces entrées avant de
123                    pouvoir la supprimer.
124                </p>
125            </article>
126            <?php
127
128            /* Si au moins une section référence l'entrée, on affiche la liste de ces sections. */
129            if ($nombre_sections > 0)
130            {
131                ?>
132                <article class="presentation">
133                    <h2>Sections faisant référence à la catégorie thématique "<?php echo(htmlspecialchars($nom)) ; ?>" :</h2>
134                    <ul class="liste_liens">
135                        <?php
136                        foreach ($references_sections as $section)
137                        {
138                            echo('<li><a href="consultation_section.php?id=' . htmlspecialchars($section['id']) . '>' .
139                                htmlspecialchars($section['nom']) . '</a></li>') ;
140                        }
141                    </ul>
142                </article>
143            <?php
144
145            /* Si au moins un objet référence l'entrée, on affiche la liste de ces objets. */
146            if ($nombre_objets > 0)
147            {
148                ?>
149                <article class="presentation">
150                    <h2>Objets faisant référence à la catégorie thématique "<?php echo(htmlspecialchars($nom)) ; ?>" :</h2>
151                    <ul class="liste_liens">
152                        <?php
153                        foreach ($references_objets as $objet)
154                        {
155                            echo('<li><a href="consultation_objet.php?id=' . htmlspecialchars($objet['id']) . '>' .
156                                htmlspecialchars($objet['nom']) . '</a></li>') ;
157                        }
158                    </ul>
159                </article>
160            <?php
161
162            }
163        }
164    }
165 }

```

```

161      /* Sinon, c'est-à-dire si l'entrée n'est pas référencée à d'autres endroits de la base de données, on la
162      supprime et on affiche un message de confirmation. */
163      else
164      {
165          try
166          {
167              /* On supprime l'entrée de la base. */
168              $suppression = $bdd -> prepare('DELETE FROM categories_thematiques WHERE id=? ');
169              $suppression -> execute(array($id));
170              /* Et on affiche un message de confirmation. */
171              ?>
172              <article class="presentation">
173              <h1>Supprimer une catégorie thématique : c'est fait !</h1>
174              <p>
175                  La catégorie thématique "<?php echo(htmlspecialchars($nom)); ?>" a bien été supprimée de la
176                  base de données.
177              </p>
178              <a href="suppression_categorie_thematique.php" class="lien">Supprimer une autre catégorie
179                  thématique</a>
180              </p>
181              </article>
182              <?php
183          }
184          catch (Exception $e)
185          {
186              die('Erreur : ' . $e->getMessage());
187          }
188      }
189  }
190  ?>
191 </section>
192
193 </div>
194
195 </body>

```

Et voici, pour illustrer, l'écran généré par ce code dans le cas où la suppression demandée par le contributeur n'est pas possible dans l'immédiat.

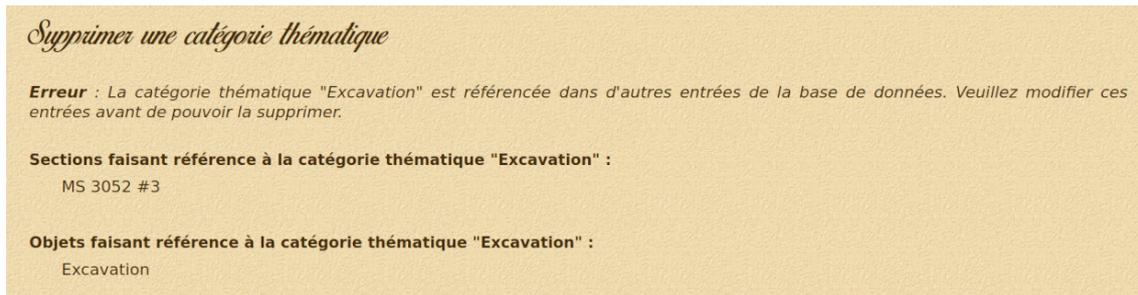


FIGURE E.21. Écran d'erreur obtenu suite à une tentative de suppression d'une entrée de la base de données

Bibliographie

- [ABRAHAMI2016] ABRAHAMI, P. 2016. « Les dessins de bâtiment dans la documentation cunéiforme de Mésopotamie ». *ArchéOrient Le Blog*, 11/03/16. Article accessible en ligne à l'adresse <<https://archeorient.hypotheses.org/5680>> (dernier accès le 27 août 2021).
- [AHW-1] VON SODEN, W. 1965. *Akkadisches Handwörterbuch : unter Benutzung des lexikalischen Nachlasses von Bruno Meissner (1868-1947) - Band 1 : A-L*. Otto Harrassowitz, Wiesbaden.
- [AHW-2] VON SODEN, W. 1972. *Akkadisches Handwörterbuch : unter Benutzung des lexikalischen Nachlasses von Bruno Meissner (1868-1947) - Band 2 : M-S*. Otto Harrassowitz, Wiesbaden.
- [AHW-3] VON SODEN, W. 1981. *Akkadisches Handwörterbuch : unter Benutzung des lexikalischen Nachlasses von Bruno Meissner (1868-1947) - Band 3 : Ş-Z*. Otto Harrassowitz, Wiesbaden.
- [ALBERTSON2021] ALBERTSON, L. 2021. « Norwegian police seize artefacts from the Martin Schøyen collection ». *Blog of the Association for Research into Crimes against Art (ARCA)*, 3 septembre 2021. Article accessible en ligne à l'adresse <<https://art-crime.blogspot.com/2021/09/norwegian-police-seize-artefacts-from.html>>.
- [ALIVERNINI2014] ALIVERNINI, S. 2014. « The Ur III field surveying texts : measurement techniques and officials in charge in the city of Girsu ». *Journal of Cuneiform Studies*, 66, pages 3-9.
- [AMIN2014] AMIN, O. S. M. 2014. « A cadastral text from Sippar ». *World History Encyclopedia*. Article accessible en ligne à l'adresse <<https://www.worldhistory.org/image/2787/a-cadastral-text-from-sippar/>> (dernier accès le 2 mars 2022).
- [ANDRÉ-SALVINI2010] ANDRÉ-SALVINI, B. 2010. « Scheil, Jean-Vincent ». In : P. SÉNÉCHAL & C. BARBILLON (éd.), *Dictionnaire critique des historiens de l'art actifs en France de la Révolution à la Première Guerre mondiale*. Publication numérique de l'INHA. Article accessible en ligne à l'adresse <<https://www.inha.fr/fr/ressources/publications/publications-numeriques/dictionnaire-critique-des-historiens-de-l-art/scheil-jean-vincent.html>> (dernier accès le 18 août 2019).
- [ARCHIBAB] « ArchiBab - Archives babyloniennes (XXe-XVIIIe siècles av. J.-C.) ». Site Internet accessible à l'adresse <<http://www.archibab.fr/Accueil.htm>> (dernier accès le 2 mars 2022).
- [ATLAS] « Louvre : Collections ». Site Internet accessible à l'adresse <<https://collections.louvre.fr/>> (dernier accès le 5 août 2023).
- [ATTINGER2005] ATTINGER, P. 2005. « À propos de AK 'faire' (I) ». *Zeitschrift für Assyriologie und Vorderasiatische Archäologie*, 95, pages 46-64.

- [ATTINGER2008] ATTINGER, P. 2008. « Racines carrées et racines cubiques ». *Zeitschrift für Assyriologie und Vorderasiatische Archäologie*, 98/2, pages 12-19.
- [ATTINGER2016] ATTINGER, P. 2016. « Lexique sumérien-français ». Document accessible en ligne sur le Bern Open Repository and Information System : <<https://boris.unibe.ch/id/eprint/80500>> (dernier accès le 7 août 2021).
- [AURENCHE1977] AURENCHE, O. (éd.). 1977. *Dictionnaire illustré multilingue de l'architecture du Proche-Orient ancien* (Institut Français d'Archéologie de Beyrouth, Collection de la Maison de l'Orient Méditerranéen Ancien n°3, Série Archéologique 2). Maison de l'Orient, Lyon.
- [BAGG2011] BAGG, A. 2011. « Mesopotamische Bauzeichnungen ». **In** : G. SELZ & K. WAGENSONNER (éd.), *Die empirische Dimension altorientalischer Forschungen* (Wiener Offene Orientalistik 6), pages 543–586. Lit, Vienne.
- [BAKER2003] BAKER, H. 2003. « Record-keeping practices as revealed by the Neo-Babylonian private archival documents ». **In** : M. BROSIUS (éd.), *Ancient archives and archival traditions : concepts of record-keeping in the Ancient World*, pages 241-263. Oxford University Press, Oxford.
- [BAQIR1950] BAQIR, T. 1950. « An important mathematical problem text from Tell Harmal ». *Sumer*, 6, pages 39-54.
- [BAQIR1962] BAQIR, T. 1962. « Tell Dhiba'i : new mathematical texts ». *Sumer*, 18, pages 11-14.
- [BIGGS1973] BIGGS, R. 1973. « On regional cuneiform handwritings in third millenium Mesopotamia ». *Orientalia*, 42, pages 39-46.
- [BIGGS1974] BIGGS, R. 1974. *Inscriptions from Tell Abū Ṣalābīkh* (The University of Chicago Oriental Institute Publications, volume XCIX). University of Chicago Press, Chicago.
- [BLEIBTREU2003] BLEIBTREU, E. 2003. « Bemerkungen zum Griffel des Tontafelschreibers ». **In** : G. J. SELZ (éd.), *Festschrift für Burkhard Kienast zu seinem 70. Geburtstage, dargebracht von Freunden, Schülern und Kollegen* (Alter Orient und Altes Testament 274), pages 1-5. Ugarit-Verlag, Münster.
- [BM] « The British Museum ». Site Internet accessible à l'adresse <<https://www.britishmuseum.org/>> (dernier accès le 29 juillet 2023).
- [BNUS] « Bibliothèque Nationale et Universitaire de Strasbourg : Le patrimoine antique et archéologique ». Page Internet accessible à l'adresse <<https://www.bnu.fr/fr/services/nos-collections/le-patrimoine-antique-et-archeologique>> (dernier accès le 24 janvier 2022).
- [BORNEMANN2010] BORNEMANN, D. 2010. « Les tablettes cunéiformes de la Bibliothèque Nationale et Universitaire de Strasbourg (BNU) ». Article accessible en ligne à l'adresse <https://cdli.ucla.edu/collections/strasbourg/bnus_intro_fr.html> (dernier accès le 24 janvier 2022).

- [BRAMANTI2015a] BRAMANTI, A. 2015. « The cuneiform stylus, some addenda ». *Cuneiform Digital Library Notes*, 2015 :12. Accessible en ligne à l'adresse <<http://cdli.ucla.edu/pubs/cdln/php/single.php?id=65>> (dernier accès le 2 octobre 2018).
- [BRAMANTI2015b] BRAMANTI, A. 2015. « Rethinking the writing space : anatomy of some Early Dynastic signs ». In : E. DEVECCHI, G. G. W. MÜLLER & J. MYNÁŘOVÁ (éd.), *Current research in cuneiform palaeography (Proceedings of the workshop organised at the 60th Rencontre Assyriologique Internationale, Warsaw 2014)*, pages 31-48. PeWe-Verlag, Gladbeck.
- [BRITTON&al2011] BRITTON, J., PROUST, C. & SCHNIDER, S. 2011. « Plimpton 322 : a review and a different perspective ». *Archive for the History of Exact Science*, 65, pages 519-566.
- [BRUINS1953] BRUINS, E. M. 1953. « Three geometrical problems ». *Sumer*, 9, pages 255-259.
- [BRUINS1964] BRUINS, E. M. 1964. *Codex Constantinopolitanus Palatii Veteris No.1. Part Three : Translation and Commentary*. E. J. Brill, Leiden.
- [BRUINS&RUTTEN1961] BRUINS, E. M. & RUTTEN, M. 1961. *Textes mathématiques de Suse* (Mémoires de la Mission Archéologique en Iran, tome XXXIV). Librairie Orientaliste Paul Geuthner, Paris.
- [BRUNKE2015] BRUNKE, H. 2015. « Embedded structures : two Mesopotamian examples ». *Cuneiform Digital Library Bulletin*, 2015/6. Article accessible en ligne à l'adresse <http://cdli.ucla.edu/pubs/cdlb/2015/cdlb2015_006.html> (dernier accès le 5 septembre 2023).
- [BRUNKE2018] BRUNKE, H. 2018. « A new geometric school text from Cornell ». *Cuneiform Digital Library Bulletin*, 2018 :1. Accessible en ligne à l'adresse <<https://cdli.mpiwg-berlin.mpg.de/articles/cdlb/2018-1>> (dernier accès le 14 août 2023).
- [CAD-A1] OPPENHEIM, A. L. & REINER, E. (éd.). 1964. *The Assyrian Dictionary of the Oriental Institute of the University of Chicago - Volume 1 : A, part I*. The Oriental Institute, Chicago.
- [CAD-A2] OPPENHEIM, A. L., REINER, E. & BIGGS, R. D. (éd.). 1968. *The Assyrian Dictionary of the Oriental Institute of the University of Chicago - Volume 1 : A, part II*. The Oriental Institute, Chicago.
- [CAD-B] OPPENHEIM, A. L., REINER, E. & BIGGS, R. D. (éd.). 1965. *The Assyrian Dictionary of the Oriental Institute of the University of Chicago - Volume 2 : B*. The Oriental Institute, Chicago.
- [CAD-IJ] OPPENHEIM, A. L. & REINER, E. (éd.). 1960. *The Assyrian Dictionary of the Oriental Institute of the University of Chicago - Volume 7 : I and J*. The Oriental Institute, Chicago.

- [CAD-M1] OPPENHEIM, A. L., REINER, E. & BIGGS, R. D. (éd.). 1977. *The Assyrian Dictionary of the Oriental Institute of the University of Chicago - Volume 10 : M, part I*. The Oriental Institute, Chicago.
- [CAD-N1] REINER, E. & BIGGS, R. D. (éd.). 1980. *The Assyrian Dictionary of the Oriental Institute of the University of Chicago - Volume 11 : N, part I*. The Oriental Institute, Chicago.
- [CAD-P] ROTH, M. (éd.). 2005. *The Assyrian Dictionary of the Oriental Institute of the University of Chicago - Volume 12 : P*. The Oriental Institute, Chicago.
- [CAD-S] REINER, E. & BIGGS, R. D. (éd.). 1984. *The Assyrian Dictionary of the Oriental Institute of the University of Chicago - Volume 15 : S*. The Oriental Institute, Chicago.
- [CAMMAROSANO2014] CAMMAROSANO, M. 2014. « The cuneiform stylus ». *Mesopotamia*, 49, pages 53-90.
- [CAMMAROSANO2015] CAMMAROSANO, M. 2015. « 3D-Joins und Schriftmetrologie, a quantitative approach to cuneiform palaeography ». In : E. DEVECCHI, G. G. W. MÜLLER & J. MYNÁŘOVÁ (éd.), *Current research in cuneiform palaeography (Proceedings of the workshop organised at the 60th Rencontre Assyriologique Internationale, Warsaw 2014)*, pages 145-186. PeWe-Verlag, Gladbeck.
- [CAMMAROSANO&al2014] CAMMAROSANO, M., MÜLLER, G. G. W., FISSELER, D. & WEICHERT, F. 2014. « Schriftmetrologie des Keils : dreidimensionale Analyse von Keileindrücken und Handschriften ». *Die Welt des Orients*, 44, pages 1-35.
- [CAMMAROSANO&al2019] CAMMAROSANO, M., WEIRAUCH, K., MARUHN, F., JENDRITZKI, G. & KOHL, P. L. 2019. « They wrote on wax : wax boards in the Ancient Near East ». *Mesopotamia : Rivista di Archeologia, Epigrafia e Storia Orientale Antica*, LIV, pages 121-180.
- [CANCİK&SCHNITZLEIN2018] CANCİK-KIRSCHBAUM, E. & SCHNITZLEIN, B. (éd.). *Keilschriftartefakte : Untersuchungen zur Materialität von Keilschriftdokumenten* (Berliner Beiträge zum Vorderen Orient, Band 26). PeWe-Verlag, Gladbeck.
- [CAPELLE2017] CAPELLE, J. 2017. « Reflectance Transformation Imaging (RTI) et épigraphie ». *RAAN : Recherche en architecture, archéologie et numérique – un blog de l'IRAA*, 20/02/17. Article accessible en ligne à l'adresse <<https://raan.hypotheses.org/1326>> (dernier accès le 24 juin 2023).
- [CARTWRIGHT&TAYLOR2011] CARTWRIGHT, C. & TAYLOR, J. 2011. « Investigating technological and environmental evidence from plant remains and molluscs in cuneiform tablets ». *The British Museum Technical Research Bulletin*, 5, pages 67-72.
- [CDA] BLACK, J., GEORGE, A. & POSTGATE, N. (éd.). 2000. *A Concise Dictionary of Akkadian* (SANTAG, Arbeiten und Untersuchungen zur Keilschriftkunde, Band 5), 2ème édition corrigée. Harrassowitz Verlag, Wiesbaden.
- [CDLI] « Cuneiform Digital Library Initiative ». Site Internet accessible à l'adresse <<http://cdli.ucla.edu>> (dernier accès le 22 août 2021).

- [CDLIa] « Old Babylonian scribal schools ». *CDLI Wiki : Educational pages of the Cuneiform Digital Library Initiative*. Article accessible à l'adresse <https://cdli.ox.ac.uk/wiki/doku.php?id=old_babylonian_scribal_schools> (dernier accès le 4 septembre 2022).
- [CDLIb] « Collection : Yale Babylonian Collection, New Haven, Connecticut, USA ». *CDLI : Cuneiform Digital Library Initiative*. Article accessible à l'adresse <<https://cdli.mpiwg-berlin.mpg.de/collections/6>> (dernier accès le 26 juin 2023).
- [CDLIc] « Adopted periodisation in CDLI ». *CDLI Wiki : Educational pages of the Cuneiform Digital Library Initiative*. Article accessible à l'adresse <https://cdli.ox.ac.uk/wiki/doku.php?id=adopted_periodisation_in_cdli> (dernier accès le 8 septembre 2023).
- [CHABERT2010] CHABERT, J.-L. & al. 2010. *Histoire d'algorithmes : Du caillou à la puce* (Collection Belin Sup Histoire des Sciences), 2ème édition. Belin, Paris.
- [CHAIGNEAU2019] CHAIGNEAU, P. 2019. *Otto Neugebauer, François Thureau-Dangin et l'édition des textes mathématiques cunéiformes dans les années 1930*. Thèse de Doctorat de l'Université de Paris, Paris.
- [CHARETTE2012] CHARETTE, F. 2012. « The logical Greek versus the imaginative Oriental : on the historiography of 'non-Western' mathematics during the period 1820-1920 ». In : K. CHEMLA (éd.), *The history of mathematical proof in ancient traditions*, pages 274-293. Cambridge University Press, Cambridge.
- [CHARPIN1988] CHARPIN, D. 1988. « Sippar : Deux villes jumelles ». *Revue d'Assyriologie et d'Archéologie Orientale*, 82, pages 13-32.
- [CHARPIN1989] CHARPIN, D. 1989. « Corrections, ratures et annulation : la pratique des scribes mésopotamiens ». In : R. LAUFER (éd.), *Le texte et son inscription*, pages 57-62. CNRS Éditions, Paris.
- [CHARPIN2002] CHARPIN, D. 2002. « Esquisse d'une diplomatie des documents mésopotamiens ». *Bibliothèque de l'École des Chartes*, 160/2, pages 487-511.
- [CHARPIN2018] CHARPIN, D. 2018. « "Rendez à César ce qui est à César", 2 : à propos des deux Sippar" ». *Nouvelles Assyriologiques Brèves et Utilitaires*, 2018/73.
- [CHARPIN2020] CHARPIN, D. 2020. « L'élection du P. Scheil au Collège de France en 1905 ». In : A. AZZONI, A. KLEINERMAN, D. A. KNIGHT & D. I. OWEN (éd.), *From Mari to Jerusalem and back : Assyriological and biblical studies in honor of Jack Murad Sasson*, pages 26-68. Eisenbrauns, University Park.
- [CHARPIN2022] CHARPIN, D. 2022. *En quête de Ninive. Des savants français à la découverte de la Mésopotamie (1842-1976)*. Collège de France & Les Belles Lettres, Paris.
- [CHARPIN&SAUVAGE2001] CHARPIN, D. & SAUVAGE, M. 2001. « Sippar ». In : F. JOANNÈS (éd.), *Dictionnaire de la civilisation mésopotamienne*, pages 782-784. Robert Laffont, Paris.

- [CHEMLA2005] CHEMLA, K. 2005. « Geometrical figures and generality in ancient China and beyond : Liu Hui and Zhao Shuang, Plato and Thabit ibn Qurra ». *Science in context*, 18, pages 123-166.
- [CHEMLA2010] CHEMLA, K. 2010. « Changes and continuities in the use of diagrams ‘Tu’ in Chinese mathematical writings (third century to fourteenth century), I ». *East Asian Science, Technology and Society : an International Journal*, 4, pages 303-326.
- [CHEMLA2012] CHEMLA, K. (éd.). 2012. *The history of mathematical proof in ancient traditions*. Cambridge University Press, Cambridge.
- [CHEMLA2018] CHEMLA, K. 2018. « The proof is in the diagram : Liu Yi and the graphical writing of algebraic equations in eleventh-century China ». *Endeavour*, 42, pages 60-77.
- [CHEMLA&al2016] CHEMLA, K., CHORLAY, R. & RABOUIN, D. (éd.). 2016. *The Oxford Handbook of generality in mathematics and the sciences*. Oxford University Press, Oxford.
- [CHEMLA&FOXKELLER2017] CHEMLA, K. & FOX KELLER, E. (éd.). 2017. *Cultures without culturalism : the making of scientific knowledge*. Duke University Press, Durham.
- [CHI] « Cultural Heritage Imaging : Reflectance Transformation Imaging (RTI) ». Page de site Internet accessible à l’adresse <<https://culturalheritageimaging.org/Technologies/RTI/>> (dernier accès le 24 juin 2023).
- [CIVIL1985] CIVIL, M. 1985. « Sur les ‘livres d’écoliers’ à l’époque paléo-babylonienne ». **In** : J.-M. DURAND & J.-R. KUPPER (éd.), *Miscellanea Babylonica : mélanges offerts à Maurice Birot*, pages 67-78. Éditions Recherche sur les Civilisations, Paris.
- [CLANCIER2009] CLANCIER, P. 2009. *Les bibliothèques en Babylonie dans la deuxième moitié du Ier millénaire av. J.-C.* (Alter Orient und Altes Testament 363). Ugarit-Verlag, Münster.
- [CLAY1915] CLAY, A. T. 1915. *Miscellaneous inscriptions in the Yale Babylonian Collection* (Yale Oriental Series, Babylonian texts, volume 1). Yale University Press, New Haven & Humphrey Milford, London & Oxford University Press, Oxford.
- [COW] « Cuneiform On Wax : An interdisciplinary project by Michele Cammarosano & Katja Weirauch ». Site Internet accessible à l’adresse <<https://osf.io/urpuf/wiki/home/>> (dernier accès le 9 septembre 2023).
- [CROZET1999] CROZET, P. 1999. « À propos des figures dans les manuscrits arabes de géométrie : l’exemple de Siġzi ». **In** : Y. IBISH (éd.), *Editing Islamic manuscripts on science*, pages 131-163. Al-Furq an Islamic Heritage Foundation, Londres.
- [DASILVA2022] DA SILVA, A. 2022. *Une étude ethnomathématique du dessin sur le sable du Vanuatu : de l’ethnographie à la modélisation mathématique, regards croisés sur la pratique des Uli-Uli chez les Raga de Nord-Pentecôte*. Thèse de doctorat de l’Université Paris Cité, Paris.

- [DAMEROW2001] DAMEROW, P. 2001. « Kannten die Babylonier den Satz des Pythagoras? Epistemologische Anmerkungen zur Natur der babylonischen Mathematik ». In : J. HØYRUP & P. DAMEROW (éd.), *Changing views on ancient Near Eastern mathematics* (Berliner Beiträge zum vorderen Orient, Band 19), pages 219-310. Dietrich Reimer Verlag, Berlin.
- [DANIELS1995] DANIELS, P. 1995. « Cuneiform calligraphy ». In : R. MATTILA (éd.), *Nineveh 612 BC, the glory and fall of the Assyrian Empire*, pages 82-90. Helsinki University Press, Helsinki.
- [DCCMT] « The Open Richly Annotated Cuneiform Corpus (ORACC) : Project 'Digital Corpus on Mathematical Cuneiform Texts' ». Site Internet accessible à l'adresse <<http://oracc.museum.upenn.edu/dccmt/>> (dernier accès le 1er novembre 2021).
- [DEGENOUILLAC1924] DE GENOUILLAC, H. 1924. *Fouilles françaises d'El-'Akhymer, premières recherches archéologiques à Kich : mission d'Henri de Genouillac, 1911-1912 (tome premier)*. Librairie ancienne Édouard Champion, Paris.
- [DEGENOUILLAC1925] DE GENOUILLAC, H. 1925. *Fouilles françaises d'El-'Akhymer, premières recherches archéologiques à Kich : mission d'Henri de Genouillac, 1911-1912 (tome second)*. Librairie ancienne Édouard Champion, Paris.
- [DEYOUNG2009] DE YOUNG, G. 2009. « Diagrams in ancient Egyptian geometry : survey and assessment ». *Historia Mathematica*, 36, pages 321-373.
- [DEYOUNG2011] DE YOUNG, G. 2011. « DRaFT Software : a user's report ». In : G. DE YOUNG, K. SAITO & al., *Diagrams in Greek mathematical texts*, volume accessible en ligne à l'adresse <https://www.greekmath.org/diagrams/Diagrams_in_Greek_Mathematical_Texts_Report_Ver_2_03_20110403.pdf> (dernier accès le 10 septembre 2023), pages 3-14.
- [DEYOUNG2012] DE YOUNG, G. 2012. « Mathematical diagrams from manuscript to print : examples from the Arabic Euclidean transmission ». *Synthese*, 186, pages 21-54.
- [DEYOUNG2014] DE YOUNG, G. 2014. « Editing a collection of diagrams ascribed to Al-Ḥajjāj : an initial case study ». *SCIAMVS : Sources and Commentaries in Exact Sciences*, 15, pages 171-238.
- [DEKIERE1994a] DEKIERE, L. 1994. *Old-Babylonian real estate documents from Sippar in the British Museum, Part 1 : Pre-Hammurabi documents* (Mesopotamian History and Environment, Series III Volume II). Ghent University, Gand.
- [DEKIERE1994b] DEKIERE, L. 1994. *Old-Babylonian real estate documents from Sippar in the British Museum, Part 2 : Documents from the reign of Hamumurabi* (Mesopotamian History and Environment, Series III Volume II). Ghent University, Gand.
- [DEKIERE1995a] DEKIERE, L. 1995. *Old-Babylonian real estate documents from Sippar in the British Museum, Part 3 : Documents from the reign of Samsu-iluna* (Mesopotamian History and Environment, Series III Volume II). Ghent University, Gand.

- [DEKIERE1995b] DEKIERE, L. 1995. *Old-Babylonian real estate documents from Sippar in the British Museum, Part 4 : Post sam-su-iluna documents* (Mesopotamian History and Environment, Series III Volume II). Ghent University, Gand.
- [DELNERO2010] DELNERO, P. 2010. « Sumerian extract tablets and scribal education ». *Journal of Cuneiform Studies*, 62, pages 53-69.
- [DESSAGNES2017] DESSAGNES, M. 2017. *La circulation des tablettes cunéiformes mathématiques et la constitution des collections de la fin du XIXe siècle à la première moitié du XXe siècle : une contribution à l'historiographie des mathématiques mésopotamiennes*. Thèse de doctorat de l'Université Paris Diderot, Paris.
- [EBL] « Electronic Babylonian Library ». Site Internet accessible à l'adresse <<https://www.ebl.lmu.de/>> (dernier accès le 26 juin 2023).
- [EDZARD1980] EDZARD, D. O. 1980. « Keilschrift ». In : D. O. EDZARD (éd.), *Reallexikon der Assyriologie und vorderasiatischen Archäologie - Band 5*, pages 544-568. De Gruyter, Berlin. Article accessible en ligne à l'adresse <<http://publikationen.badw.de/de/rla/index#6430>> (dernier accès le 2 mars 2022).
- [EIDEM2002] EIDEM, J. 2002. « The clay they wrote on : Old Babylonian letters as artefacts ». In : L. AL-GAILANI & al. (éd.), *Of pots and plans : papers on the archaeology and history of Mesopotamia and Syria, presented to David Oates in honour of his 75th birthday*, pages 74-81. Nabu Publications, Londres.
- [ePSD] « Electronic Pennsylvania Sumerian Dictionary ». Site Internet accessible à l'adresse <<http://psd.museum.upenn.edu/nepsd-frame.html>> (dernier accès le 16 juin 2021).
- [ESCOBAR2019] ESCOBAR, E. 2019. « Number culture : Old Babylonian mathematics at Yale ». In : A. LASSEN, E. FRAHM & K. WAGENSONNER (éd.), *Ancient Mesopotamia speaks : Highlights of the Yale Babylonian Collection*, pages 184-191. Yale University Press, New Haven.
- [FAIVRE1995] FAIVRE, X. 1995. « Le recyclage des tablettes cunéiformes ». *Revue d'assyriologie et d'archéologie orientale*, 89, pages 57-66.
- [FAIVRE2001] FAIVRE, X. 2001. « Tablette ». In : F. JOANNÈS (éd.), *Dictionnaire de la Civilisation Mésopotamienne*, pages 829-831. Robert Laffont, Paris.
- [FALKENSTEIN1936] FALKENSTEIN, A. 1936. *Archaische Texte aus Uruk* (Ausgrabungen der deutschen Forschungsgemeinschaft in Uruk-Warka 2). Deutsche Forschungsgemeinschaft, Berlin.
- [FINCKE2021] FINCKE, J. 2021. *An ancient Mesopotamian herbal handbook : The Series URU.AN.NA and MÙD-UR.MAH - Volume 1 : The Tablets* (Orient & Méditerranée 33). Peeters, Leuven.
- [FINKEL2011] FINKEL, I. 2011. « Drawings on tablets ». *Scienze dell'Antichità*, 17, pages 337-344
- [FINKEL&TAYLOR2015] FINKEL, I. & TAYLOR, J. 2015. *Cuneiform*. The British Museum Press, Londres.

- [FISSELER&al2014] FISSELER, D., WEICHERT, E., MÜLLER, G. G. W. & CAMMAROSANO, M. 2014. « Towards an interactive and automated script feature analysis of 3D-scanned cuneiform tablets ». *Scientific computing and cultural heritage*, 2013, pages 1-10.
- [FITZGERALD2003] FITZGERALD, M. 2003. « Pisan dub-ba and the direction of cuneiform script ». *Cuneiform Digital Library Bulletin*, 2003/2. Accessible en ligne à l'adresse <https://cdli.ucla.edu/file/publications/cdlb2003_002.pdf> (dernier accès le 27 août 2021).
- [FOWLER&ROBSON1998] FOWLER, D. & ROBSON, E. 1998. « Square root approximations in Old Babylonian mathematics : YBC 7289 in context ». *Historia Mathematica*, 25, pages 366-378.
- [FOXVOG2016] FOXVOG, D. A. 2016. *Introduction to Sumerian Grammar, revised version*. Cuneiform Digital Library Preprints. Accessible en ligne à l'adresse <http://cdli.ucla.edu/pubs/cdlp/cdlp0002_20160104.pdf> (dernier accès le 9 août 2022).
- [FRANK1928] FRANK, C. 1928. *Straßburger Keilschrifttexte in sumerischer und babylonischer Sprache* (Schriften der Straßburger wissenschaftlichen Gesellschaft in Heidelberg, Neue Folge, 9. Heft). Walter De Gruyter, Berlin & Leipzig.
- [FRIBERG1987] FRIBERG, J. 1987. « Mathematik ». In : D. O. EDZARD (éd.), *Reallexikon der Assyriologie und vorderasiatischen Archäologie - Band 7*, pages 531-585. De Gruyter, Berlin. Article accessible en ligne à l'adresse <<http://publikationen.badw.de/de/rla/index>> (dernier accès le 7 juin 2023).
- [FRIBERG1993] FRIBERG, J. 1993. « On the structure of cuneiform metrological texts from the -1st millenium ». In : H. D. GALTER (éd.), *Die Rolle der Astronomie in den Kulturen Mesopotamiens* (Grazer Morgenländische Studien 3), pages 383-405. rm-Druck- & Vergesellschaft mbH, Graz.
- [FRIBERG1997] FRIBERG, J. 1997. « 'Seed and reeds' continued : another metro-mathematical topic-text from Late Babylonian Uruk ». *Baghdader Mitteilungen*, 28, pages 251-365.
- [FRIBERG2000] FRIBERG, J. 2000. « Mathematics at Ur in the Old-Babylonian period ». *Revue d'assyriologie et d'archéologie orientale*, 94/2, pages 97-188.
- [FRIBERG2001] FRIBERG, J. 2001. « Bricks and mud in metro-mathematical cuneiform texts ». In : J. HØYRUP & P. DAMEROW (éd.), *Changing views on Ancient Near Eastern mathematics* (Berliner Beiträge zum Vorderen Orient, Band 19), pages 61-154. Dietrich Reimer Verlag, Berlin.
- [FRIBERG2004] FRIBERG, J. 2004. « Matematiska kilskriftstexter i den norska Schøyensamlingen ». *Nordisk Matematisk Tidskrift*, 4, pages 145-159.
- [FRIBERG2005] FRIBERG, J. 2005. *Unexpected links between Egyptian and Babylonian mathematics*. World Scientific, Singapour.

- [FRIBERG2007a] FRIBERG, J. 2007. *A remarkable collection of Babylonian mathematical texts* (Sources and studies in the history of mathematics and physical sciences). Springer, New-York.
- [FRIBERG2007b] FRIBERG, J. 2007. *Amazing traces of a Babylonian origin in Greek mathematics*. World Scientific, Singapour.
- [FRIBERG2009] FRIBERG, J. 2009. « A geometric algorithm with solutions to quadratic equations in a Sumerian juridical document from Ur III Umma ». *Cuneiform Digital Library Journal*, 2009/3.
- [FRIBERG2013] FRIBERG, J. 2013. « Geometric division problems, quadratic equations, and recursive geometric algorithms in Mesopotamian mathematics ». *Archive for the History of Exact Sciences*, 68, pages 1-34.
- [FRIBERG&AL-RAWI2016] FRIBERG, J. & AL-RAWI, F. 2016. *New mathematical cuneiform texts* (Sources and Studies in the History of Mathematics and Physical Sciences). Springer International Publishing Switzerland, Cham.
- [FRIBERG&al1990] FRIBERG, J., HUNGER, H. & AL-RAWI, F. 1990. « ‘Seed and reeds’ : a metro-mathematical topic text from Late Babylonian Uruk ». *Baghdader Mitteilungen*, 21, pages 483-557.
- [FRIEDRICH1906] FRIEDRICH, T. 1906. « Altbabylonische Urkunden aus Sippara – Texte mit Umschrift, Übersetzung und Kommentar ». In : F. DELITZSCH & P. HAUPT (éd.), *Beiträge zur Assyriologie und semitischen Sprachwissenschaft – Fünfter Band*, pages 413-530. J. C. Heinrichs'sche Buchhandlung, Leipzig.
- [FRITZ1972] FRITZ, K. 1972. *Briefe aus dem Istanbuler Museum* (Altbabylonische Briefe in Umschrift und Übersetzung 5). E. J. Brill, Leiden. Livre accessible à l'adresse <http://dlib.nyu.edu/ancientworld/books/brill_awdl000039/8> (dernier accès le 17 août 2019).
- [GASCHE1983] GASCHE, H. 1983. « Lehm als Baumaterial ». In : D. O. EDZARD (éd.), *Reallexikon der Assyriologie und vorderasiatischen Archäologie - Band 5*, pages 550-556. De Gruyter, Berlin. Article accessible en ligne à l'adresse <<http://publikationen.badw.de/de/rla/index\#6430>> (dernier accès le 18 avril 2024).
- [GASCHE1989] GASCHE, H. 1989. *La Babylonie au 17ème siècle avant notre ère : approche archéologique, problèmes et perspectives* (Mesopotamian history and environment 1). Rijksuniversiteit Gent, Gand.
- [GASCHE&JANSSEN1997] GASCHE, H. & JANSSEN, C. 1997. « Sippar ». In : E. M. MEYERS (éd.), *The Oxford Encyclopaedia of Archaeology in the Near East – Volume 5*, pages 47-49. Oxford University Press, Oxford & New-York.
- [GASCHE&TANRET2011] GASCHE, H. & TANRET, M. 2011. « Sippar. B. Archäologisch ». In : M. P. STRECK (éd.), *Reallexikon der Assyriologie und Vorderasiatischen Archäologie – Band 12 (7/8)*, pages 537-547. De Gruyter, Berlin & Boston. Article accessible à l'adresse <<http://publikationen.badw.de/de/rla/index\#10869>> (dernier accès le 2 mars 2022).

- [GAVIN&SCHÄRLIG2012] GAVIN, J. & SCHÄRLIG, A. 2012. *Longtemps avant l'algèbre : la fausse position. Ou comment on a posé le faux pour connaître le vrai, des Pharaons aux temps modernes*. Presses polytechniques et universitaires romandes, Lausanne.
- [GERÇEK&ADALI2021] GERÇEK, I. & ADALI, S. 2021. « The Istanbul Sippar Project ». *Thin End of the Wedge : exploring life in the ancient Middle East*, épisode 16, 7 janvier 2021. Émission accessible en ligne à l'adresse <<http://www.wedgepod.org/episode-list/>> (dernier accès le 28 mars 2024).
- [GESCHE2001] GESCHE, P. 2001. *Schulunterricht in Babylonien im ersten Jahrtausend v. Chr.* (Alter Orient und Altes Testament, Band 275). Ugarit-Verlag, Münster.
- [GIAQUINTO2015] GIAQUINTO, M. 2015. « The epistemology of visual thinking in mathematics ». *Stanford Encyclopedia of Philosophy*. Article consultable en ligne à l'adresse <<https://plato.stanford.edu/entries/epistemology-visual-thinking/>> (dernier accès le 30 mai 2018).
- [GLASSNER2000] GLASSNER, J.-J. 2000. *Écrire à Sumer, l'invention du cunéiforme*. Éditions du Seuil, Paris.
- [GONÇALVES2015] GONÇALVES, C. 2015. *Mathematical tablets from Tell Harmal* (Sources and Studies in the History of Mathematics and Physical Sciences). Springer, Cham.
- [GONÇALVES2022] GONÇALVES, C. 2022. « Quantification and computation in the mathematical texts of Old Babylonian Diyala ». In : K. CHEMLA, A. KELLER & C. PROUST (éd.), *Cultures of computation and quantification in the Ancient World* (Why the Sciences of the Ancient World Matter 6), pages 691-730. Springer, Dordrecht.
- [GORDON1958] GORDON, E. 1958. « Sumerian animal proverbs and fables : 'Collection five' ». *Journal of Cuneiform Studies*, 12/1, pages 1-21.
- [GRIBAUMONT2014] GRIBAUMONT, C. 2014. *Administrez vos bases de données avec MySQL*. OpenClassrooms, Paris.
- [GUILLEMOT1990] GUILLEMOT, M. 1990-91. « Entre arithmétique et algèbre : les méthodes de fausse position ». *Publications mathématiques et informatiques de Rennes*, 5, pages 1-23.
- [HANNAH2007] HANNAH, J. 2007. « False position in Leonardo of Pisa's *Liber Abbaci* ». *Historia Mathematica*, 34, pages 304-332.
- [HEIMPEL2004] HEIMPEL, W. 2004. « AO 7667 and the meaning of ba-an-gi₄ ». *Cuneiform Digital Library Journal*, 2004/1.
- [HEINRICH&SEIDL1971] HEINRICH, E. & SEIDL, U. 1971. « Grundriß-Zeichnungen ». In : E. EBELING, E. WEIDNER & M. STRECK, *Reallexikon der Assyriologie und Vorderasiatischen Archäologie – Band 3*, pages 664-668. De Gruyter, Berlin. Accessible en ligne à l'adresse <<http://publikationen.badw.de/de/rla/index#4781>> (dernier accès le 20 juillet 2023).

- [HILPRECHT1906] HILPRECHT, H. V. 1906. *Mathematical, metrological and chronological tablets from the Temple library of Nippur* (The Babylonian Expedition of the University of Pennsylvania - Series A : Cuneiform texts XX,1). Department of Archaeology of the University of Pennsylvania, Philadelphia. Livre accessible à l'adresse <<https://babel.hathitrust.org/cgi/pt?id=uc1.c3355234>> (dernier accès le 17 août 2019).
- [HØYRUP1984] HØYRUP, J. 1984. *Babylonian algebra from the view-point of geometrical heuristics : an investigation of terminology, methods and patterns of thought*. Roskilde University Centre - Institute of educational research, media studies and theory of science, Roskilde.
- [HØYRUP1990] HØYRUP, J. 1990. « Algebra and naive geometry : an investigation of some basic aspects of Old Babylonian mathematical thought I ». *Altorientalische Forschungen* 17 :1, pages 27-69.
- [HØYRUP1995] HØYRUP, J. 1995. « A note on an anomalous area measurement from Ur III (with a remark about confidence in experts) ». *Altorientalische Forschungen*, 22 :1, pages 84-86.
- [HØYRUP1999] HØYRUP, J. 1999. « Pythagorean "rule" and "theorem" : mirror of the relation between Babylonian and Greek mathematics ». In : J. RENGER (éd.), *Babylon : Focus mesopotamischer Geschichte, Wiege früher Gelehrsamkeit, Mythos in der Moderne*, pages 393-407. Deutsche Orient-Gesellschaft, Berlin & SDV Saarbrücker Druckerei und Verlag, Saarbrücken.
- [HØYRUP2000] HØYRUP, J. 2000. « The finer structure of the Old Babylonian mathematical corpus - Elements of classification, with some results ». In : J. MARZAHN & H. NEUMANN (éd.), *Assyriologica et semitica : Festschrift für Joachim Oelsner anlässlich seines 65. Geburtstages am 18. Februar 1997*, pages 117-177. Ugarit Verlag, Münster.
- [HØYRUP2001] HØYRUP, J. 2001. « The Old Babylonian square texts BM 13901 and YBC 4714 : retranslation and analysis ». In : J. HØYRUP & P. DAMEROW (éd.), *Changing views on ancient Near Eastern mathematics* (Berliner Beiträge zum vorderen Orient, Band 19), pages 155-218. Dietrich Reimer Verlag, Berlin.
- [HØYRUP2002] HØYRUP, J. 2002. *Lengths, widths, surfaces : a portrait of Old-Babylonian algebra and its kin* (Sources and Studies in the History of Mathematics and Physical Sciences). Springer, New-York.
- [HØYRUP2010] HØYRUP, J. 2010. *L'algèbre au temps de Babylone : quand les mathématiques s'écrivaient sur de l'argile*. Vuibert & Adapt-Snes, Paris.
- [HUEHNERGARD2011] HUEHNERGARD, J. *A grammar of Akkadian*, 3ème édition. Eisenbrauns, Winona Lake.
- [JAGERSMA2010] JAGERSMA, A. H. 2010. *A descriptive grammar of Sumerian*. Thèse de doctorat de l'Université de Leiden.
- [JANKOVIĆ2004] JANKOVIĆ, B. 2004. *Vogelzucht und Vogelfang in Sippar im 1. Jahrtausend v. Chr.* (Alter Orient und Altes Testament 315). Ugarit-Verlag, Münster.

- [JARDINE&JARDINE2010] JARDINE, B. & JARDINE, N. 2010. « Critical editing of early-modern astronomical diagrams ». *Journal for the History of Astronomy*, xli, pages 393-414.
- [JAWDAT&DEBOER2020] JAWDAT, J. & DE BOER, R. 2020. « Gardening on the frontline ». *Thin End of the Wedge : exploring life in the ancient Middle East*, épisode 5, 21 octobre 2020. Émission accessible en ligne à l'adresse <<http://www.wedgepod.org/episode-list/>> (dernier accès le 7 septembre 2023).
- [JESTIN1937] JESTIN, R. 1937. *Tablettes sumériennes de Šuruppak conservées au Musée de Stamboul* (Mémoires de l'Institut Français d'Archéologie de Stamboul publiés sous la direction de M. Albert Gabriel, III). E. De Boccard, Paris.
- [KALLA2011] KALLA, G. 2011. « Sippar. A. I. Im 3. und 2. Jahrtausend ». In : M. P. STRECK (éd.), *Reallexikon der Assyriologie und vorderasiatischen Archäologie - Band 12 (7/8)*, pages 528-533. De Gruyter, Berlin & Boston. Article accessible en ligne à l'adresse <<http://publikationen.badw.de/de/rla/index#10867>> (dernier accès le 2 mars 2022).
- [KATZ2009] KATZ, V. *A history of mathematics : An introduction* (third edition). Addison-Wesley, Boston.
- [KELLER2005] KELLER, A. 2005. « Making diagrams speak, in Bhāskara I's commentary on the Āryabāṭīya ». *Historia Mathematica*, 32, pages 275-302.
- [KELLER2012] KELLER, A. 2012. « Dispelling mathematical doubts : assessing mathematical correctness of algorithms in Bhāskara's commentary on the mathematical chapter of the Āryabāṭīya ». In : K. CHEMLA (éd.), *The history of mathematical proof in ancient traditions*, pages 487-508. Cambridge University Press, Cambridge.
- [KELLERÀP] KELLER, A. À paraître. « Performing multiplications beyond the text of some Sanskrit mathematical commentaries ». In : A. BRITTA, J. KAROLEWSKI, M. HUSSON, L. MIOLO & H. WIMMER (éd.), *Manuscripts and performances in religions, arts, and sciences* (Studies in Manuscript Cultures, volume 36). De Gruyter, Berlin.
- [KILMER1960] KILMER, A. DRAFFKORN. 1960. « Two new lists of key numbers for mathematical operations ». *Orientalia (Nova Series)*, 29/3, pages 273-308.
- [KILMER1990] KILMER, A. DRAFFKORN. 1990. « Sumerian and Akkadian names for designs and geometric shapes ». In : A. C. GUNTER (éd.), *Investigating Artistic Environments in the Ancient Near East*, pages 83-91. Smithsonian Institution, Washington.
- [KING1900] KING, L. 1900. *Cuneiform texts from Babylonian tablets, &c., in the British Museum - Part IX*. The Trustees of the British Museum, Londres.
- [KLEIN1986] KLEIN, J. 1986. « On writing monumental inscriptions in Ur III scribal curriculum ». *Revue d'Assyriologie et d'Archéologie Orientale*, 80/1, pages 1-7.
- [KREBERNIK2006] KREBERNIK, M. 2006. « Neues zu den Fāra-Texten ». *Nouvelles Assyriologiques Brèves et Utilitaires*, 2006/1, pages 13-14.

- [LABAT1975] LABAT, R. 1975. « Herz ». **In** : D. O. EDZARD (éd.), *Reallexikon der Assyriologie und vorderasiatischen Archäologie - Band 4*, pages 367-368. De Gruyter, Berlin & New York. Accessible en ligne à l'adresse <<http://publikationen.badw.de/de/rla/index#5298>> (dernier accès le 10 août 2022).
- [LABAT2011] LABAT, R. & MALBRAN-LABAT, F. 2011. *Manuel d'épigraphie akkadienne : signes, syllabaire, idéogrammes*, 6ème édition revue et augmenté. Librairie orientaliste Paul Geuthner, Paris.
- [LAFONT2001] LAFONT, B. 2001. « Cadastre et arpentage ». **In** : F. JOANNÈS (éd.), *Dictionnaire de la civilisation mésopotamienne*, pages 149-151. Robert Laffont, Paris.
- [LAFONT&al2017] LAFONT, B., TENU, A., JOANNÈS, F. & CLANCIER, P. 2017. *La Mésopotamie, de Gilgamesh à Artaban (3300-120 av. J.-C.)*. Belin, Paris.
- [LASSEN&al2019] LASSEN, A., FRAHM, E. & WAGENSONNER, K. (éd.). 2019. *Ancient Mesopotamia speaks : Highlights of the Yale Babylonian Collection*. Yale University Press, New Haven.
- [LEEMANS&BRUINS1951] LEEMANS, M. & BRUINS, E. M. 1951. « Un texte vieux-babylonien concernant des cercles concentriques ». **In** : F. THUREAU-DANGIN & al. (éd.), *Compte-rendu de la seconde Rencontre Assyriologique Internationale*, pages 31-35. Imprimerie Nationale, Paris.
- [LIVERANI1990] LIVERANI, M. 1990. « The shape of Neo-Sumerian fields ». *Bulletin on Sumerian Agriculture*, 5, pages 147-186.
- [LOIZELET&HUSSONÀP] LOIZELET, G. & HUSSON, M. (éd.). *Practices of mathematical reasoning in ancient and mediaeval sciences*. À paraître.
- [MAIOCCHI2015] MAIOCCHI, M. 2015. « From stylus to sign : a sketch of Old Akkadian palaeography ». **In** : E. DEVECCHI, G. G. W. MÜLLER & J. MYNÁŘOVÁ (éd.), *Current research in cuneiform palaeography (Proceedings of the workshop organised at the 60th Rencontre Assyriologique Internationale, Warsaw 2014)*, pages 71-88. PeWe-Verlag, Gladbeck.
- [MANDER2017] MANDER, P. 2017. « Zeichnung, auf Tontafeln (drawing, on cuneiform tablets) ». **In** : E. EBELING, E. WEIDNER & M. STRECK (éd.), *Reallexikon der Assyriologie und vorderasiatischen Archäologie - Band 15 (5/6)*, pages 244-246. De Gruyter, Berlin. Article accessible en ligne à l'adresse <<https://publikationen.badw.de/de/rla/index#12683>> (dernier accès le 9 février 2024).
- [MANSFIELD2020] MANSFIELD, D. 2020. « Perpendicular lines and diagonal triples in Old Babylonian surveying ». *Journal of Cuneiform Studies*, 72, pages 87-99.
- [MANSFIELD&WILDBERGER2017] MANSFIELD, D. F. & WILDBERGER, N. J. 2017. « Plimpton 322 is Babylonian exact sexagesimal trigonometry ». *Historia Mathematica*, 44, pages 395-419.

- [MARZAHN2003] MARZAHN, J. 2003. « Die Keilschrift ». In : W. SEIPEL (éd.), *Der Turmbau zu Babel : Ursprung und Vielfalt von Sprache und Schrift - Band IIIA*, pages 81-92. Kunsthistorisches Museum, Vienne & Skira, Milan.
- [MESOCALC] MÉLÈS, B. 2013. « MesoCalc : a Mesopotamian calculator ». Logiciel distribué sous licence GNU et utilisable à l'adresse <<http://baptiste.meles.free.fr/site/mesocalc.html>> (dernier accès le 24 janvier 2022).
- [MESSERSCHMIDT1907] MESSERSCHMIDT, L. 1907. *Zur Technik des Tontafel-Schreibens - Erweiterter Sonderabdruck aus der Orientalistischen Literatur-Zeitung 1906*. W. Peiser, Berlin.
- [MICHEL2001a] MICHEL, C. 2001. « Cartes ». In : F. JOANNÈS (éd.), *Dictionnaire de la civilisation mésopotamienne*, pages 160-162. Robert Laffont, Paris.
- [MICHEL2001b] MICHEL, C. 2001. « Plans et orientation ». In : F. JOANNÈS (éd.), *Dictionnaire de la civilisation mésopotamienne*, pages 661-662. Robert Laffont, Paris.
- [MIDDEKE-CONLIN2020] MIDDEKE-CONLIN, R. 2020. *The making of a scribe : errors, mistakes and rounding numbers in the Old Babylonian kingdom of Larsa* (Why the Sciences of the Ancient World Matter, volume 4). Springer, Cham.
- [MIGLUS2013] MIGLUS, P. A. 2013. « Straße. B. Archäologisch ». In : M. P. STRECK (éd.), *Reallexikon der Assyriologie und vorderasiatischen Archäologie - Band 13 (3/4)*, pages 208-210. De Gruyter, Berlin & Boston. Article accessible en ligne à l'adresse <<http://publikationen.badw.de/de/rla/index#11044>> (dernier accès le 2 mars 2022).
- [MILLARD1987] MILLARD, A. 1987. « Cartography in the ancient Near East ». In : J. HARLEY & D. WOODWARD (éd.), *The history of cartography vol. 1 : Cartography in Prehistoric, Ancient and Medieval Europe and the Mediterranean*, pages 107-116. University of Chicago Press, Chicago & London.
- [MITTERMAYER2006] MITTERMAYER, C. & ATTINGER, P. 2006. *Altbabylonische Zeichenliste der sumerisch-literarischen Texte* (Orbis Biblicus et Orientalis, Sonderband). Academic Press, Fribourg & Vandenhoeck und Ruprecht, Göttingen.
- [MOOREY1967] MOOREY, P. R. S. 1967. « Some aspects of incised drawing and mosaic in the Early Dynastic period ». *Iraq*, 29, pages 97-116.
- [MORALES&TROUDET2013] MORALES, A., MORALES, M. & TROUDET, M. 2013. « Les mathématiques à l'école des scribes de Mésopotamie ». *Bulletin de l'Association des Professeurs de Mathématiques de l'Enseignement Public (APMEP)*, 504, pages 327-336.
- [MOYON2008] MOYON, M. 2008. *La géométrie pratique en Europe en relation avec la tradition arabe, l'exemple du mesurage et du découpage : contribution à l'étude des mathématiques médiévales*. Thèse de doctorat de l'Université Lille 1, Lille.
- [MÜLLER&al2015] MÜLLER, G. G. W., FISSELER, D. & WEICHERT, F. 2015. « 3D-Joins und Schriftmetrologie : die Entwicklung des „CuneiformAnalyser“ zur Computer-unterstützten Visualisierung, Analyse und Rekonstruktion von Keilschrifttafeln ». In : E. DEVECCHI, G. G. W. MÜLLER & J. MYNÁŘOVÁ (éd.),

Current research in cuneiform palaeography (Proceedings of the workshop organised at the 60th Rencontre Assyriologique Internationale, Warsaw 2014), pages 129-144. PeWe-Verlag, Gladbeck.

- [MUROI2003] MUROI, K. 2003. « Mathematical term *Takiltum* and completing the square in Babylonian mathematics ». *Historia Scientiarum*, 12, pages 254-263.
- [NEBRA2017a] NEBRA, M. 2017. *Concevez votre site Web avec PHP et MYSQL (3ème édition)*. Eyrolles & OpenClassrooms, Paris.
- [NEBRA2017b] NEBRA, M. 2017. *Réalisez votre site Web avec HTML 5 et CSS 3 (2ème édition)*. Eyrolles & OpenClassrooms, Paris.
- [NEMET-NEJAT1980] NEMET-NEJAT, K. R. 1980. « Late Babylonian field plans ». *Mesopotamia*, XV, pages 109-134.
- [NEMET-NEJAT1982] NEMET-NEJAT, K. R. 1982. *Late Babylonian field plans in the British Museum* (Studia Pohl - Series Maior 11). Biblical Institute Press, Rome.
- [NEMET-NEJAT1989] NEMET-NEJAT, K. R. 1989. « A bibliography for cuneiform mathematical texts ». *Journal of the Ancient Near Eastern Society*, 19, pages 119-133.
- [NEMET-NEJAT1995] NEMET-NEJAT, K. R. 1995. « Systems for learning mathematics in Mesopotamian scribal schools ». *Journal of Near Eastern Studies*, 54/4, pages 241-260.
- [NEMET-NEJAT2002] NEMET-NEJAT, K. R. 2002. « Square tablets in the Yale Babylonian Collection ». **In** : J. M. STEELE & A. IMHAUSEN (éd.), *Under one sky : Astronomy and mathematics in the Ancient Near East* (Alter Orient und Altes Testament, Band 297), pages 253-282. Ugarit-Verlag, Münster.
- [NETZ1999] NETZ, R. 1999. *The shaping of deduction in Greek mathematics : a study in cognitive history* (Ideas in Context, 51). Cambridge University Press, Cambridge.
- [NETZ2004] NETZ, R. 2004. « The limits of text in Greek mathematics ». **In** : K. CHEMLA (éd.), *History of science, history of text* (Boston Studies in the Philosophy of Science, volume 238). Springer, Dordrecht.
- [NETZ2012] NETZ, R. 2012. « The texture of Archimedes' writings : through Heiberg's veil ». **In** : K. CHEMLA (éd.), *The history of mathematical proof in ancient traditions*, pages 163-205. Cambridge University Press, Cambridge.
- [NETZ&NOEL2007] NETZ, R. & NOEL, W. 2007. *The Archimedes Codex : How a medieval prayer book is revealing the true genius of Antiquity's greatest scientist*. Da Capo Press, Boston.
- [NEUGEBAUER1934] NEUGEBAUER, O. 1934. *Vorlesungen über Geschichte der antiken mathematischen Wissenschaften - Erster Band : Vorgriechische Mathematik* (Die Grundlehren der mathematischen Wissenschaften, Band 43). Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg & New-York.

- [NEUGEBAUER1935a] NEUGEBAUER, O. 1935. *Mathematische Keilschrift-texte – Erster Teil : Texte* (Quellen und Studien zur Geschichte der Mathematik, Astronomie und Physik, Abteilung A, 3. Band). Verlag von Julius Springer, Berlin.
- [NEUGEBAUER1935b] NEUGEBAUER, O. 1935. *Mathematische Keilschrift-texte – Zweiter Teil : Register, Glossar, Nachträge, Tafeln* (Quellen und Studien zur Geschichte der Mathematik, Astronomie und Physik, Abteilung A, 3. Band). Springer-Verlag, Berlin & Heidelberg.
- [NEUGEBAUER1937] NEUGEBAUER, O. 1937. *Mathematische Keilschrift-texte – Dritter Teil : Ergänzungsheft* (Quellen und Studien zur Geschichte der Mathematik, Astronomie und Physik, Abteilung A, 3. Band). Verlag von Julius Springer, Berlin.
- [NEUGEBAUER&SACHS1945] NEUGEBAUER, O. & SACHS, A. 1945. *Mathematical Cuneiform Texts* (American Oriental Series, volume 29). American Oriental Society & American Schools of Oriental Research, New Haven.
- [NEUGEBAUER&SACHS1984] NEUGEBAUER, O. & SACHS, A. 1984. « Mathematical and metrological texts ». *Journal of Cuneiform Studies*, 36/2, pages 243-251.
- [NIELSEN2019] NIELSEN, J. L. 2019. « The heart is a dust board : Abu'l Wafa Al-Buzjani, dissection, construction, and the dialog between art and mathematics in medieval Islamic culture ». *ArXiv*, 2019. Article accessible en ligne à l'adresse <<https://arxiv.org/abs/1910.14432>> (dernier accès le 9 septembre 2023).
- [NISSEN&al1993] NISSEN, H. J., DAMEROW, P. & ENGLUND, R. K. 1993. *Archaic bookkeeping : Early writing and technics of economic administration in the Ancient Near East*. The University of Chicago Press, Chicago & London.
- [OSSENDRIJVER2018] OSSENDRIJVER, M. 2018. « Bisecting the trapezoid : tracing the origins of a Babylonian computation of Jupiter's motion ». *Archive for History of Exact Science*, 72, pages 145-189.
- [OWEN&MAYR2007] OWEN, D. I. & MAYR, R. H. *The Garšana Archives* (Cornell University Studies in Assyriology and Sumerology, volume 3). CDL Press, Bethesda.
- [PARDANAUD&DELAMARCK2017] PARDANAUD, J. & DE LA MARCK, S. 2017. *Découvrez le langage JavaScript*. Eyrolles & OpenClassrooms, Paris.
- [PICCHIONI1984] PICCHIONI, S. A. 1984. « Die Keilschriftichtung und ihre archäologischen Implikationen ». *Sumer*, 42, pages 48-54.
- [PODANY2002] PODANY, A. 2002. *The land of Hana : kings, chronology, and scribal tradition*. CDL Press, Bethesda.
- [POWELL1976] POWELL, M. A. 1976. « The antecedents of Old Babylonian place notation and the early history of Babylonian mathematics ». *Historia Mathematica*, 3, pages 417-439.
- [POWELL1981] POWELL, M. A. 1981. « Three problems in the history of cuneiform writing : origins, direction of script, literacy ». In : M. A. POWELL (éd.), *Aspects of cuneiform writing*, pages 419-440. Visible language, Cleveland.

- [POWELL1990] POWELL, M. A. 1990. « Maße und Gewichte ». In : D. O. EDZARD (éd.), *Reallexikon der Assyriologie und vorderasiatischen Archäologie - Band 7*, pages 457-517. De Gruyter, Berlin. Article accessible en ligne à l'adresse <<http://publikationen.badw.de/de/rla/index>> (dernier accès le 4 septembre 2022).
- [PRESCOTT&RASMUSSEN2020] PRESCOTT, C. & RASMUSSEN, J. M. « Exploring the ‘Cozy Cabal of academics, dealers and collectors’ through the Schøyen Collection ». *Heritage*, 2020/3, pages 68-97.
- [PROUST2005] PROUST, C. 2005. « Le calcul sexagésimal en Mésopotamie ». *CultureMath : Site de ressources mathématiques pour les enseignants*. Article accessible en ligne à l'adresse <<https://cm2.ens.fr/content/le-calcul-sexagesimal-en-mesopotamie-2461>> (dernier accès le 25 janvier 2022).
- [PROUST2006] PROUST, C. 2006. « Brève chronologie de l'histoire des mathématiques en Mésopotamie ». *CultureMath : Site de ressources mathématiques pour les enseignants*. Article accessible en ligne à l'adresse <<https://cm2.ens.fr/content/breve-chronologie-de-lhistoire-des-mathematiques-en-mesopotamie-2095>> (dernier accès le 25 janvier 2022).
- [PROUST2007] PROUST, C. 2007. *Tablettes mathématiques de Nippur* (Varia Anatolica XVIII). Institut français d'études anatoliennes Georges Dumézil, Istanbul & De Boccard, Paris.
- [PROUST2008a] PROUST, C. 2008. *Tablettes mathématiques de la Collection Hilprecht* (Texte und Materialien der Frau Professor Hilprecht Collection 8). Harrassowitz Verlag, Wiesbaden.
- [PROUST2008b] PROUST, C. 2008. « Quantifier et calculer : usages des nombres à Nippur ». *Revue d'histoire des mathématiques*, 14/2, pages 143-209.
- [PROUST2009a] PROUST, C. 2009. « Deux nouvelles tablettes mathématiques du Louvre : AO 9071 et AO 9072 ». *Zeitschrift für Assyriologie und Vorderasiatische Archäologie*, 99/2, pages 127-232.
- [PROUST2009b] PROUST, C. 2009. « Numerical and metrological graphemes : from cuneiform to transliteration ». *Cuneiform Digital Library Journal*, 2009/1. Article accessible en ligne à l'adresse <http://www.cdli.ucla.edu/pubs/cdlj/2009/cdlj2009_001.html> (dernier accès le 12 février 2017).
- [PROUST2012a] PROUST, C. 2012. « Reading colophons from Mesopotamian clay-tablets dealing with mathematics ». *NTM Zeitschrift für Geschichte der Wissenschaften, Technik und Medizin*, 20, pages 123-156.
- [PROUST2012b] PROUST, C. 2012. « Problèmes de partage : des cadastres à l'arithmétique ». *CultureMath : Site de ressources mathématiques pour les enseignants*. Article accessible en ligne à l'adresse <<https://cm2.ens.fr/content/problemes-de-partage-des-cadastres-a-larithmetique-2394>> (dernier accès le 1er novembre 2021).

- [PROUST2012c] PROUST, C. 2012. « Masters' Writings and Students' Writings : School Material in Mesopotamia ». In : G. GUEUDET, B. PEPIN & L. TROUCHE (éd.), *From Text to 'Lived' Resources : Mathematics Curriculum Materials and Teacher Development* (Mathematics Teacher Education, volume 7), pages 161-179. Springer, Dordrecht, Heidelberg & London.
- [PROUST2012d] PROUST, C. 2012. « Interpretation of reverse algorithms in several Mesopotamian texts ». In : K. CHEMLA (éd.), *The history of mathematical proof in ancient traditions*, pages 384-422. Cambridge University Press, Cambridge.
- [PROUST2013] PROUST, C. 2013. « Du calcul flottant en Mésopotamie ». *La Gazette des Mathématiciens*, 138, pages 23-48.
- [PROUST2015] PROUST, C. 2015. « Trouver toutes les diagonales : Plimpton 322, à la recherche des rectangles sexagésimaux, une version mésopotamienne de la recherche des 'triplets pythagoriciens' ». *Images des mathématiques*. Article accessible en ligne à l'adresse <<http://images.math.cnrs.fr/Trouver-toutes-les-diagonales.html>> (derniers accès le 1er septembre 2021).
- [PROUST2016a] PROUST, C. 2016. « Les bâtisseurs de remparts avaient-ils besoin de mathématiques? Quelques témoignages puisés dans des tablettes mathématiques paléo-babyloniennes provenant de Babylonie du nord ». In : P. ABRAHAMI & C. WOLFF (éd.), *Kakkēka rukusma ('Ceins tes armes!') : 2ème rencontre d'histoire militaire du Proche-Orient ancien, Lyon, 17-18 octobre 2013* (Revue internationale d'Histoire Militaire Ancienne, n°3), pages 249-277. Klincksieck, Paris.
- [PROUST2016b] PROUST, C. 2016. « Mathematical and philological insights on cuneiform texts : Neugebauer's correspondence with fellow assyriologists ». In : A. JONES, C. PROUST & J. STEELE (éds.), *A mathematician's journeys : Otto Neugebauer and modern transformations of Ancient Science* (Archimedes, New Studies in the History and Philosophy of Science and Technology, volume 45), pages 207-235. Springer, Cham.
- [PROUST2018] PROUST, C. 2018. « Segmentation of texts in Old Babylonian mathematics ». In : F. BRETTELLE-ESTABLET & S. SCHMITT (éd.), *Pieces and parts in scientific texts* (Why the Sciences of the Ancient World Matter 1), pages 49-70. Springer, Cham.
- [PROUST2019] PROUST, C. 2019. « A mathematical collection found in the 'House of the āšīpus' : the art of metrology in Achaemenid Uruk ». In : C. PROUST & J. STEELE (éd.), *Scholars and scholarship in Late Babylonian Uruk* (Why the Sciences of the Ancient World Matter, 2), pages 89-146. Springer, Cham.
- [PROUST2022] PROUST, C. 2022. « Des partages de champs et de l'arithmétique en Mésopotamie ». *Images des Mathématiques : la recherche mathématique en mots et en images*. Article accessible en ligne à l'adresse <<https://images.math.cnrs.fr/Des-partages-de-champs-et-de-l-arithmetique-en-Mesopotamie.html>> (dernier accès le 17 juin 2023).

- [PROUST&MÉLÈS2015] PROUST, C. & MÉLÈS, B. 2015. «How to use MesoCalc ? A tutorial with exercises extracted from cuneiform school tablets ». Article accessible en ligne à l'adresse <<https://cdli.ox.ac.uk/wiki/lib/exe/fetch.php?media=mesocalc-tutorial-2015-09-16.pdf>> (dernier accès le 25 janvier 2022).
- [QUILLIEN2003] QUILLIEN, J. 2003. « Deux cadastres de l'époque d'Ur III ». *Revue d'Histoire des Mathématiques*, 9, pages 9-31.
- [RAMPELL2010] RAMPELL, P. 2010. « The use of similarity in Old Babylonian mathematics ». Mémoire de l'Université de Harvard, Cambridge. Article accessible en ligne à l'adresse <https://www.maa.org/sites/default/files/pdf/upload_library/46/HOMSIGMAA2010/RampellHOM2010.pdf> (dernier accès le 7 juin 2023).
- [RAYNAUD2014] RAYNAUD, D. 2014. « Building the stemma codicum from geometric diagrams, a treatise on optics by Ibn al-Haytham as a test case ». *Archive for the History of Exact Science*, 68, pages 297-239.
- [READE2017] READE, J. E. 2017. « The manufacture, evaluation and conservation of clay tablets inscribed in cuneiform : traditional problems and solutions ». *Iraq*, 79, pages 163-202.
- [REYNAUD2016] REYNAUD, A. 2016. *Interactions entre textes et diagrammes dans les raisonnements mathématiques paléo-babyloniens*. Mémoire de Master sous la direction de Christine Proust. Université Paris 7 Diderot, Paris.
- [REYNAUDÀP] REYNAUD, A. À paraître. « A few insights into the variety of interactions between texts and diagrams in Old Babylonian mathematics ». In : N. KALLAS (éd.), *Bridging the Gap : Disciplines, Times, and Spaces in Dialogue – Volume 2*. Archaeopress, Oxford.
- [RICHARDSON2010] RICHARDSON, S. 2010. *Texts from the late Old Babylonian period* (Journal of Cuneiform Studies Supplemental Series, number 2). American Schools of Oriental Research, Boston.
- [ROBERT] « Le Robert : Dico en ligne ». Site Internet accessible à l'adresse <<https://dictionnaire.lerobert.com/>> (dernier accès le 28 juin 2022).
- [ROBSON1996] ROBSON, E. 1996. « Building with bricks and mortar : quantity surveying in the Ur III and Old Babylonian periods ». In : K. VEENHOF, 1996, *Houses and households in ancient Mesopotamia - Papers read at the 40th Rencontre Assyriologique Internationale*, pages 181-190. Nederlands Historisch Archaeologisch Instituut te Istanbul, Leiden & Istanbul.
- [ROBSON1997] ROBSON, E. 1997. « Three Old Babylonian methods for dealing with "Pythagorean" triangles ». *Journal of cuneiform studies* 49, pages 51-72.
- [ROBSON1999] ROBSON, E. 1999. *Mesopotamian mathematics, 2100-1600 BC : technical constants in bureaucracy and education* (Oxford Editions of Cuneiform Texts, volume XIV). Clarendon Press, Oxford.

- [ROBSON2000] ROBSON, E. 2000. « Mathematical cuneiform tablets in Philadelphia - Part 1 : problems and calculations ». *SCIAMVS : Sources and Commentaries in Exact Sciences*, 1, pages 11-48.
- [ROBSON2002a] ROBSON, E. 2002. « More than metrology : mathematics education in an Old Babylonian scribal school ». In : J. M. STEELE & A. IMHAUSEN (éd.), *Under One Sky : Astronomy and Mathematics in the Ancient Near East* (Alter Orient und Altes Testament, volume 297), pages 325-365. Ugarit-Verlag, Münster.
- [ROBSON2002b] ROBSON, E. 2002. « Guaranteed genuine originals : the Plimpton Collection and the early history of mathematical assyriology ». In : C. WUNSCH (éd.), *Mining the archives : Festschrift for Christopher Walker on the occasion of his 60th birthday* (Babylonische Archive, Band 1), pages 245-292. ISLET, Dresden.
- [ROBSON2004] ROBSON, E. 2004. « Review of : "The Babylonian Gilgamesh Epic : introduction, critical edition and cuneiform texts", A. R. GEORGE, 2003 ». *Bryn Mawr Classical Review*, 2004.04.21. Accessible en ligne à l'adresse <<https://bmc.brynmawr.edu/2004/2004.04.21>> (dernier accès le 22 août 2021).
- [ROBSON2008a] ROBSON, E. 2008. *Mathematics in Ancient Iraq : a social history*. Princeton University Press, Princeton & Oxford.
- [ROBSON2008b] ROBSON, E. 2008. « The long career of a favorite figure : the *apsamikku* in Neo-Babylonian mathematics ». In : M. ROSS (éd.), *From the banks of the Euphrates : studies in honor of Alice Louise Slotsky*, pages 211-226. Pennsylvania State University Press, University Park.
- [ROEGEL2015] ROEGEL, D. 2015. « Editing ancient technical and mathematical figures : tools and traps ». Rapport de recherche du laboratoire LORIA de l'Université de Lorraine, accessible en ligne à l'adresse <<https://inria.hal.science/hal-01198446>> (dernier accès le 2 septembre 2022).
- [RÖLLIG1983] RÖLLIG, W. 1983. « Landkarten ». In : D. O. EDZARD (éd.), *Reallexikon der Assyriologie und Vorderasiatischen Archäologie – Band 4*, pages 464-467. De Gruyter, Berlin & New-York. Accessible en ligne à l'adresse <<http://publikationen.badw.de/de/rla/index#6910>> (dernier accès le 20 juillet 2023).
- [ROQUES1940] ROQUES, M. 1940. « Éloge funèbre du R. P. Vincent Scheil, membre de l'Académie ». *Comptes rendus des séances de l'Académie des Inscriptions et Belles-Lettres*, 5, pages 372-385. Article accessible en ligne à l'adresse <https://www.persee.fr/doc/crai_0065-0536_1940_num_84_5_77347> (dernier accès le 18 août 2019).
- [RUTTEN1938] RUTTEN, M. 1938. « Trente-deux modèles de foies en argile inscrits provenant de Tell-Hariri (Mari) ». *Revue d'Assyriologie et d'Archéologie Orientale*, 35/1, pages 36-70.

- [SAGGS1960] SAGGS, H. W. F. 1960. « A Babylonian geometrical text ». *Revue d'Assyriologie et d'Archéologie Orientale*, 54/3, pages 131-145.
- [SAGGS1981] SAGGS, H. W. F. 1981. « The reed stylus ». *Sumer*, 37, pages 127-128.
- [SAIDAN1978] SAIDAN, A. S. 1978. *The Arithmetic of Al-Uqlīdisī : The story of Hindu-Arabic arithmetic as told in Kitāb al-Fuṣūl fī al-Ḥisāb al-Hindī by Abū al-Ḥasan Aḥmad ibn Ibrāhīm al-Uqlīdisī, written in Damascus in the year 341 (A.D. 952/3)*. D. Reidel Publishing Company, Dordrecht.
- [SAITO2013] SAITO, K. 2013. « DRaFT Reference Manual, for DRaFT release 1.1b25 (June 21, 2012) ». Manuel de référence accompagnant le logiciel DRaFT, accessible en ligne à l'adresse <https://www.greekmath.org/draft/DRaFT_distribution_20130228.zip> (dernier accès le 10 septembre 2023).
- [SAITO&DEYOUNG2013] SAITO, K. & DE YOUNG, G. 2013. « DRaFT tutorial ». Tutoriel accompagnant le logiciel DRaFT, accessible en ligne à l'adresse <https://www.greekmath.org/draft/DRaFT_distribution_20130228.zip> (dernier accès le 10 septembre 2023).
- [SAITO&SIDOLI2012] « Diagrams and arguments in ancient Greek mathematics : lessons drawn from comparisons of the manuscript diagrams with those in modern critical editions ». In : K. CHEMLA (éd.), *The history of mathematical proof in ancient traditions*, pages 135-162. Cambridge University Press, Cambridge.
- [SALLABERGER1996] SALLABERGER, W. 1996. « Sign list : palaeography and syllabary ». In : F. ISMAÏL, W. SALLABERGER, P. TALON & K. VAN LERBERGHE (éd.), *Administrative documents from Tell Beydar, seasons 1993-1995 (Subartu II)*, pages 33-67. Brepols, Turnhout.
- [SALLABERGER2014] SALLABERGER, W. 2014. « Ton (sowie Lehm, tonhaltige Erde). A. Philologisch ». In : M. P. STRECK (éd.), *Reallexikon der Assyriologie und Vorderasiatischen Archäologie, Band 14*, pages 89-91. De Gruyter, Berlin. Article accessible en ligne à l'adresse <<http://publikationen.badw.de/de/fla/index/#11731>> (dernier accès le 18 avril 2024).
- [SAUVAGE2001] SAUVAGE, M. 2001. « Mur ». In : F. JOANNÈS (éd.), *Dictionnaire de la civilisation mésopotamienne*, pages. Robert Laffont, Paris.
- [SAUVAGE2009] SAUVAGE, M. 2009. « Les débuts de l'architecture de terre au Proche-Orient ». In : M. ACHENZA, M. CORREIA & H. GUILLAUD (éd.), *Mediterra 2009 : 1a conferenza mediterranea sull'architettura in terra cruda / 1ère conférence méditerranéenne sur l'architecture de terre / 1st Mediterranean conference on earth architecture ((Architettura sostenibile, documenti))*, pages 189-198. EdicomEdizioni, Cagliari.
- [SAUVAGE2016] SAUVAGE, M. 2016. « Les débuts de la construction en terre au Proche-Orient ». *ArchéOrient Le Blog*, 03/03/16. Article accessible en ligne à l'adresse <<https://archeorient.hypotheses.org/5598>> (dernier accès le 18 avril 2024).

- [SAW] « SAW ERC Project : Mathematical Sciences in the Ancient World, new theoretical approaches to the sources and socio-political issues of the present day ». Site Internet accessible à l'adresse <<https://saw.erc.hypotheses.org/>> (dernier accès le 24 juin 2023).
- [SCHEIL1894] SCHEIL, V. 1894. « Extrait d'une lettre du P. Scheil ». *Recueil de travaux relatifs à la philologie et à l'archéologie égyptiennes et assyriennes*, 16(3-4), pages 23-24. Article accessible en ligne à l'adresse <<https://archive.org/details/recueildetravaux16masp/>> (dernier accès le 13 septembre 2019).
- [SCHEIL1895] SCHEIL, V. 1895. « Notes d'épigraphie et d'archéologie assyriennes ». *Recueil de travaux relatifs à la philologie et à l'archéologie égyptiennes et assyriennes*, 17, pages 27-41. Article accessible en ligne à l'adresse <<https://digi.ub.uni-heidelberg.de/diglit/retrav1895>> (dernier accès le 16 août 2019).
- [SCHEIL1902] SCHEIL, V. 1902. *Une saison de fouilles à Sippar (Abou Habba), janvier-avril 1894*. Imprimerie de l'Institut français d'archéologie orientale, Le Caire. Livre accessible à l'adresse <<https://archive.org/details/unesaisiondefouil00sche/page/1>> (dernier accès le 6 juillet 2019).
- [SCHEIL1915] SCHEIL, V. 1915. « Le calcul des volumes dans un cas particulier à l'époque d'Ur ». *Revue d'Assyriologie et d'archéologie orientale*, 12/4, pages 161-172.
- [SCHEIL1937] SCHEIL, V. 1937. *Au service de Clio – Notices diverses*. Émile Bertrand, Châlon-sur-Saône.
- [SCHØYEN] « The Schøyen Collection : manuscripts from around the world spanning 5000 years of human culture & civilization ». Site Internet accessible à l'adresse <<https://www.schoyencollection.com/>> (dernier accès le 23 mai 2020).
- [SHELTON2013] SHELTON, R. 2013. « The Babylonian labyrinths ». *Caerdroia : The Journal of Mazes and Labyrinths*, 42, pages 7-29.
- [SHIN&al2013] SHIN, S.-J., LEMON, O. & MUMMA, J. « Diagrams ». *Stanford Encyclopedia of Philosophy*. Article consultable en ligne à l'adresse <<https://plato.stanford.edu/entries/diagrams/>> (dernier accès le 30 mai 2018).
- [SIDOLI&LI2011] SIDOLI, N. & LI, C. « The manuscript diagrams of al-Harawī's version of Menelaus' *Spherics* » (Research report for "Databasing the manuscript diagrams of sources in ancient and medieval mathematics"). Article accessible en ligne à l'adresse <https://www.greekmath.org/diagrams/diagrams_index.html> (dernier accès le 4 avril 2024).
- [SIGRIST2003] SIGRIST, M. 2003. *Old Babylonian account texts in the Horn Archaeological Museum* (Andrews University Cuneiform Texts, volume V). Andrews University Press, Berrien Springs.

- [SMITH2006] SMITH, A. M. 2006. *Alhacen on the principles of reflection : a critical edition, with english translation and commentary, of Books 4 and 5 of Alhacen's De Aspectibus* (Transactions of the American Philosophical Society held at Philadelphia for promoting useful knowledge, volume 96, parts 2 & 3). American Philosophical Society, Philadelphia.
- [STRECK2013] STRECK, M. P. 2013. « Straße (street, road). A. Philologisch ». In : M. P. STRECK (éd.), *Reallexikon der Assyriologie und vorderasiatischen Archäologie - Band 13 (3/4)*, pages 206-208. De Gruyter, Berlin & Boston. Article accessible en ligne à l'adresse <<http://publikationen.badw.de/de/rla/index#11043>> (dernier accès le 2 mars 2022).
- [STUDEVENT-HICKMAN2007] STUDEVENT-HICKMAN, B. 2007. « The ninety-degree rotation of the cuneiform script ». In : J. CHENG & M. H. FELDMAN, *Ancient Near Eastern art in context – Studies in honor of Irene J. Winter by her students* (Culture and history of the Ancient Near East 26), pages 485-513. Brill, Leiden & Boston.
- [TANRET1982] TANRET, M. 1982. « Les tablettes 'scolaires' découvertes à Tell ed-Dēr ». *Akkadica*, 27, pages 46-49.
- [TANRET2002] TANRET, M. 2002. *Per aspera ad astra : l'apprentissage du cunéiforme à Sippar-Amnānum pendant la période paléo-babylonienne tardive* (Mesopotamian History and Environment Series III Texts, I/2). Ghent University, Gand.
- [TAYLOR2011] TAYLOR, J. 2011. « Tablets as artefacts, scribes as artisans ». In : K. RADNER & E. ROBSON (éd.), *The Oxford Handbook of cuneiform culture*, pages 5-31. Oxford University Press, Oxford.
- [TAYLOR2015] TAYLOR, J. 2015. « Wedge order in cuneiform ». In : E. DEVECCHI, G. G. W. MÜLLER & J. MYNÁŘOVÁ (éd.), *Current research in cuneiform palaeography (Proceedings of the workshop organised at the 60th Rencontre Assyriologique Internationale, Warsaw 2014)*, pages 1-30. PeWe-Verlag, Gladbeck.
- [TAYLOR&CARTWRIGHT2011] TAYLOR, J. & CARTWRIGHT, C. 2011. « The making and re-making of clay tablets ». *Scienze dell'Antichità*, 17, pages 297-324.
- [THOMSEN1984] THOMSEN, M.-L. 1984. *The Sumerian language : an introduction to its history and grammatical structure* (Copenhagen Studies in Assyriology, volume 10). Akademisk Forlag, Copenhagen.
- [THUREAU-DAGIN1935] THUREAU-DAGIN, F. 1935. « La mesure des volumes d'après une tablette inédite du British Museum ». *Revue d'Assyriologie et d'Archéologie Orientale*, 32/1, pages 1-28.
- [THUREAU-DAGIN1936] THUREAU-DAGIN, F. 1936. « Notes sur la mathématique babylonienne ». *Revue d'Assyriologie et d'Archéologie Orientale*, 33/4, pages 180-184.
- [THUREAU-DAGIN1937] THUREAU-DAGIN, F. 1937. « La clepsydre babylonienne ». *Revue d'Assyriologie et d'Archéologie Orientale*, 34/3, page 144.

- [THUREAU-DANGIN1938a] THUREAU-DANGIN, F. 1938. *Textes mathématiques babyloniens* (Publications de la société Ex Oriente Lux, tome I). E. J. Brill, Leiden.
- [THUREAU-DANGIN1938b] THUREAU-DANGIN, F. 1938. « La méthode de fausse position et l'origine de l'algèbre ». *Revue d'assyriologie et d'archéologie orientale*, 35/1, pages 71-77.
- [TINNEY1999] TINNEY, S. 1999. « On the curricular setting of Sumerian literature ». *Iraq*, 61, pages 159-172.
- [VAIMAN1955] VAIMAN, A. A. 1955. « Èrmitažnaja klinolisnaja matematičeskja tablička n°015189 (The Hermitage cuneiform mathematical tablet n°015189) ». *Epigrafika Vostoka*, X, pages 73-83.
- [VAIMAN1958] VAIMAN, A. A. 1958. « Èrmitažnaja klinolisnaja matematičeskja tablička n°15188 (The Hermitage cuneiform mathematical tablet n°15188) ». *Epigrafika Vostoka*, XII, pages 90-93.
- [VAIMAN1961] VAIMAN, A. A. 1961. *Šumero-Vavilonskaya matematika III-I tysyacheletiya do n.e. (Sumero-babylonian mathematics in the third to first millennia b.o.e.)* Izdatel'stvo Vostochnoy Literatury, Moscou.
- [VAM] « Staatliche Museen zu Berlin, Preußischer Kulturbesitz : Vorderasiatisches Museum ». Site Internet accessible à l'adresse <<https://www.smb.museum/en/museums-institutions/vorderasiatisches-museum/home/>> (dernier accès le 7 août 2023).
- [VANDIJK1976] VAN DIJK, J. 1976. *Cuneiform texts : texts of varying content* (Texts in the Irak Museum, volume IX). E. J. Brill, Leiden.
- [VANLEEUWEN2016] VAN LEEUWEN, J. 2016. *The Aristotelian Mechanics : text and diagrams* (Boston Studies in the Philosophy and History of Science, Volume 316). Springer, Cham.
- [VANDENDRIESSCHE&DASILVA2022] VANDENDRIESSCHE, E. & DA SILVA, A. 2022. « Les dessins sur le sable du Nord de l'île d'Ambrym (Vanuatu) : une étude ethnomathématique ». *Ethnographiques.org*, 43. Article accessible en ligne à l'adresse <https://www.ethnographiques.org/2022/Vandendriessche_DaSilva> (dernier accès le 16 septembre 2023).
- [VELDHUIS1997] VELDHUIS, N. 1997. *Elementary education at Nippur : the lists of trees and wooden objects*. Thèse de Doctorat de l'Université de Groningen, Groningen.
- [VOLK2009] VOLK, K. 2009. « Schreibgriffel ». In : M. P. STRECK (éd.), *Reallexikon der Assyriologie und vorderasiatischen Archäologie - Band 12 (3-4)*, pages 280-286. De Gruyter, Berlin. Article accessible en ligne à l'adresse <<http://publikationen.badw.de/de/rla/index#10607>> (dernier accès le 2 mars 2022).
- [VONSODEN1937] VON SODEN, W. 1937. « Bücherbesprechung : O. Neugebauer, 'Mathematische Keilschrift-Texte, herausgegeben und bearbeitet (...)'. » *Zeitschrift der Deutschen Morgenländischen Gesellschaft*, 91/1, pages 185-203.

- [VONSODEN1995] VON SODEN, W. 1995. *Grundriss der akkadischen Grammatik, 3. ergänzte Aufgabe* (Analecta Orientalia : Commentationes Scientifcae de Rebus Orientis Antiqui 33). Pontificium Institutum Biblicum, Rome.
- [VONWEIHER1993] VON WEIHER, E. 1993. *Uruk : Spätbabylonische Texte aus dem Planquadrat U 18, volume 4* (Ausgrabungen in Uruk Warka, 12). Von Zabern, Mainz am Rhein.
- [WAAL2010] WAAL, W. 2010. *The source as object : studies in Hittite diplomatics*. Thèse de Doctorat de l'Université de Leiden, Leiden.
- [WALKER1987] WALKER, C. B. F. 1987. *Cuneiform* (Reading the Past 3). University of California Press, Berkeley & Los Angeles.
- [WALKER2014] WALKER, C. B. F. 2014. « Tontafel, Tontafelhülle (clay tablet, envelope). A. In Mesopotamien ». In : M. P. STRECK (éd.), *Reallexikon der Assyriologie und vorderasiatischen Archäologie, Band 14 (1-2)*, pages 101-104. De Gruyter, Berlin. Article accessible en ligne à l'adresse <<http://publikationen.badw.de/de/rla/index#11731>> (dernier accès le 2 mars 2022).
- [WEIDNER1967] WEIDNER, E. 1967. *Gestirn-darstellungen auf babylonischen Tontafeln* (Österreichische Akademie der Wissenschaften, Philosophisch-historische Klasse, Sitzungsberichte, 254. Band, 2. Abhandlung). Kommissionsverlag der Österreichischen Akademie der Wissenschaften, Wien.
- [WILSON2008] WILSON, M. 2008. *Education in the earliest schools : cuneiform manuscripts in the Cotsen Collection*. Cotsen Occasional Press, Los Angeles.
- [WOODS2016] WOODS, C. 2016. « The abacus in Mesopotamia : considerations from a comparative perspective ». In : L. FELIU, F. KARAHASHI & G. RUBIO (éds.), *The first ninety years : a Sumerian celebration in honor of Miguel Civil* (Studies in Ancient Near Eastern Records, volume 12), pages 416-478. De Gruyter, Boston & Berlin.
- [YBC] « Yale University Babylonian Collection ». Site Internet accessible à l'adresse <<https://babylonian-collection.yale.edu/>> (dernier accès le 1er novembre 2021).
- [YOSHIKAWA1990] YOSHIKAWA, M. 1990. « A note on stylus ». *Acta Sumerologica*, 12, pages 356-357.
- [YUSTE2005] YUSTE, P. 2005. « Estudio geométrico de AO 17264 ». *Theoria*, 52, pages 45-67.
- [YUSTE2013] YUSTE LECIÑENA, P. 2013. « Matemáticas en Mesopotamia : álgebra, geometría y cálculo ». Dykinson, Madrid.
- [ZAWADZKI&JURSA2001] ZAWADZKI, S. & JURSA, M. 2001. « Šamaš-tirri-kušur, a smith manufacturing weapons in the Ebabbar temple at Sippar ». *Wiener Zeitschrift für die Kunde des Morgenlandes*, 91, pages 347-363.

- [ZHOU2018] ZHOU, X. 2018. *Elements of continuity between mathematical writings from the Song-Yuan (13th-14th century) Dynasties and the Ming Dynasty (15th century) : comparing Yang Hui's Mathematical Methods (1261 C.E.) and Wu Jing's Great Compendium (1450 C.E.)*. Thèse de Doctorat de l'Université Paris Diderot, Paris.
- [ZIEGLER1999] ZIEGLER, N. 1999. *Le Harem de Zimrî-Lîm* (Florilegium Marianum, 4). Société pour l'Étude du Proche-Orient Ancien, Paris.

Table des matières

Résumé de la thèse	3
Résumé et mots-clés (en français)	3
Abstract and keywords (in English)	5
Remerciements	7
Avertissement et remerciements complémentaires	9
Sommaire	11
INTRODUCTION	13
PREMIÈRE PARTIE : ÉTUDE D'ENSEMBLE DU CORPUS	23
Chapitre I. Délimitation et présentation générale du corpus	25
I.1. Notion de « diagramme mathématique » dans le contexte paléo-babylonien . .	25
I.1.1. Définition du vocabulaire employé	26
I.1.1.1. <i>Tablettes et contenus</i>	26
I.1.1.2. <i>Formes et configurations géométriques</i>	26
I.1.1.3. <i>Diagrammes mathématiques</i>	27
I.1.1.4. <i>Textes</i>	28
I.1.1.5. <i>Schéma récapitulatif</i>	29
I.1.1.6. <i>Illustration sur un exemple</i>	30
I.1.2. Difficultés d'identification	31
I.1.2.1. <i>Une possible confusion avec d'autres types de diagrammes</i>	31
I.1.2.2. <i>Mise en place d'une démarche d'identification</i>	36
I.1.2.3. <i>Limites liées à l'accès aux sources</i>	37
I.2. Inventaire des diagrammes mathématiques paléo-babyloniens	38
I.2.1. Diagrammes mathématiques paléo-babyloniens associés à du texte . . .	38
I.2.1.1. <i>Liste des tablettes comportant un texte mathématique et des diagrammes</i>	38
I.2.1.2. <i>Liste des diagrammes apparaissant sur ces tablettes</i>	43
I.2.2. Une tradition des diagrammes mathématiques paléo-babyloniens de Ba-	
bylonie associés à des textes relativement homogène	59
I.2.2.1. <i>Nature des configurations géométriques montrées par les diagrammes</i> .	59
I.2.2.2. <i>Orientation des configurations géométriques montrées par les diagrammes</i>	62
I.2.2.3. <i>Nature des inscriptions présentes sur les diagrammes</i>	65
I.2.2.4. <i>Position des inscriptions présentes sur les diagrammes</i>	68
I.2.2.5. <i>Conclusion et application</i>	69
I.2.2.6. <i>Cas de la tablette BM 15285 et de celles des régions voisines de la Babylonie</i>	72
I.2.3. Diagrammes mathématiques paléo-babyloniens non associés à du texte	75
I.2.3.1. <i>Liste des tablettes comportant des diagrammes mathématiques sans texte</i>	75
I.2.3.2. <i>Liste des diagrammes apparaissant sur ces tablettes</i>	78
I.2.3.3. <i>Remarques sur certains diagrammes inclus dans le corpus</i>	91
I.2.4. Aux marges du corpus	93
I.2.4.1. <i>Diagrammes mathématiques apparaissant sur des tablettes non éditées</i> .	93

I.2.4.2. Cas litigieux d'éléments apparaissant sur des tablettes paléo-babyloniennes que l'on peut hésiter à considérer ou non comme des diagrammes mathématiques	96
I.2.4.3. Diagrammes mathématiques d'autres époques	102
I.2.4.4. Diagrammes mathématiques réalisés sur des supports éphémères ou périssables	105
I.3. Première approche d'ensemble du corpus	106
I.3.1. Utilité d'une base de données adaptée à l'étude des diagrammes	106
I.3.1.1. Nécessité d'inclure des champs pour les informations liées aux diagrammes	106
I.3.1.2. Nécessité de présenter les données de manière homogène	107
I.3.1.3. Nécessité d'intégrer une dimension critique	108
I.3.1.4. Un projet titanesque encore en cours	109
I.3.2. Répartition géographique et chronologique	110
I.3.2.1. Difficultés à connaître l'origine des tablettes du corpus	110
I.3.2.2. Quelques éléments de répartition géographique	111
I.3.2.3. Quelques éléments de répartition chronologique	113
I.3.3. Répartition par type et par genre	113
I.3.3.1. Quelques généralités sur la présence de diagrammes	113
I.3.3.2. Quelques éléments de répartition selon les types de tablettes	114
I.3.3.3. Quelques éléments de répartition selon les genres de contenus de tablettes	114
I.3.4. Observations sur les configurations géométriques et les inscriptions	116
I.3.4.1. Quelques données sur la nature des configurations géométriques montrées	116
I.3.4.2. Quelques données sur l'orientation des configurations géométriques montrées	118
I.3.4.3. Quelques données sur la nature des inscriptions	120
I.3.4.4. Quelques données sur la position des inscriptions	123
I.3.4.5. Quelques mots sur les diagrammes de régions voisines de la Babylonie	123
I.3.5. Synthèse et pistes d'exploration	124
I.3.5.1. Synthèse des observations du chapitre	124
I.3.5.2. Pistes d'exploration du corpus	125

Chapitre II. Les diagrammes mathématiques paléo-babyloniens vus comme objets matériels **127**

II.1. Propriétés matérielles des tablettes comportant des diagrammes	129
II.1.1. Fabrication et inscription des tablettes d'argile	129
II.1.1.1. Collecte et préparation de l'argile	129
II.1.1.2. Techniques de façonnage des tablettes	132
II.1.1.3. Finitions appliquées aux tablettes	136
II.1.1.4. Contraintes temporelles pour l'inscription	138
II.1.2. Format, mise en page et « style » des tablettes	142
II.1.2.1. Forme et dimensions	142
II.1.2.2. Organisation de l'espace	146
II.1.2.3. Classification en types	148
II.1.2.4. Disposition du texte	151
II.1.2.5. Emplacement des éléments particuliers	154
II.1.2.6. Autres marques présentes sur les tablettes	156
II.1.2.7. Style d'écriture	158
II.1.3. Devenir des tablettes après inscription	160
II.1.3.1. Conservation des tablettes dans l'Antiquité	160

II.1.3.2. Recyclage	162
II.1.3.3. Mise au rebut	165
II.1.3.4. Altération au cours du temps	165
II.2. Techniques de tracé et temporalité de réalisation des diagrammes	167
II.2.1. Instruments et techniques de tracé des diagrammes mathématiques	167
II.2.1.1. Sources pour l'étude des techniques d'écriture et de tracé	167
II.2.1.2. Instruments et techniques utilisés pour écrire en cunéiforme sur l'argile	170
II.2.1.3. Instruments et techniques utilisés pour tracer des lignes sur l'argile	176
II.2.1.4. Instruments et techniques utilisés pour réaliser des dessins sur l'argile	180
II.2.1.5. Application à la reconstitution de l'instrument et des techniques utilisés pour tracer des diagrammes mathématiques sur l'argile	182
II.2.1.6. Instruments auxiliaires spécifiques aux diagrammes mathématiques	186
II.2.2. Temporalité des tracés	192
II.2.2.1. Indices permettant de déterminer l'ordre de tracé	193
II.2.2.2. Quelques résultats sur la dynamique de l'écriture cunéiforme	196
II.2.2.3. Reconstitution des séquences de tracé des dessins géométriques	198
II.2.2.4. Reconstitution des étapes de production d'un diagramme	200
II.3. Effacements pratiqués en lien avec les diagrammes	204
II.3.1. Indices permettant de détecter qu'un effacement a été pratiqué	204
II.3.1.1. Traces de frottement	204
II.3.1.2. Surface enfoncée ou bosselée	205
II.3.1.3. Clous ou signes résiduels	206
II.3.1.4. Restes de fonds de clous	207
II.3.1.5. Signes ou traits déformés	208
II.3.1.6. Ré-humidification ou application de barbotine	208
II.3.1.7. Limites de ces indices	209
II.3.2. Aperçu des traces d'effacement dans mon corpus	210
II.3.2.1. Fréquence et contexte des effacements sur les tablettes mathématiques comportant des diagrammes	210
II.3.2.2. Premières distinctions et questions pour l'étude de ces effacements	211
II.3.3. Synthèse et perspectives	213
II.3.3.1. Synthèse de l'étude matérielle menée dans le chapitre	213
II.3.3.2. Perspectives de prolongements	214

Chapitre III. Les diagrammes mathématiques paléo-babyloniens vus comme objets mathématiques **215**

III.1. Informations véhiculées par les diagrammes mathématiques	217
III.1.1. Objets montrés et objets représentés par les diagrammes	217
III.1.1.1. Configurations géométriques montrées par les diagrammes	217
III.1.1.2. Objets représentés par les diagrammes	218
III.1.1.3. Cas particulier des objets tridimensionnels	220
III.1.1.4. Pistes d'étude du corpus ouvertes par cette discussion	222
III.1.2. Inscriptions présentes sur les diagrammes	222
III.1.2.1. Nature des inscriptions	222
III.1.2.2. Signification des inscriptions	223
III.1.2.3. Conventions de placement des inscriptions	223
III.1.2.4. Quelques exceptions intéressantes	224
III.1.2.5. Pistes d'étude du corpus ouvertes par cette discussion	224
III.1.3. Inexactitude métrique et géométrique des diagrammes	225

III.1.3.1. Des dessins au tracé peu précis	225
III.1.3.2. Des dessins qui ne sont pas à l'échelle	225
III.1.3.3. Des dessins qui respectent plus ou moins la forme géométrique	226
III.1.3.4. Des « schémas de structure » ?	228
III.1.3.5. Des formes de communication à la fois visuelles et textuelles	229
III.1.3.6. Pistes d'étude du corpus ouvertes par cette discussion	230
III.1.4. Orientation des diagrammes	230
III.1.4.1. Une orientation presque invariable	230
III.1.4.2. Une orientation en décalage avec la terminologie	231
III.1.4.3. Lien avec le changement de direction de l'écriture cunéiforme	232
III.1.4.4. Quelques exceptions intéressantes	234
III.1.4.5. Pistes d'étude du corpus ouvertes par cette discussion	234
III.2. Rôles des diagrammes dans les pratiques mathématiques	234
III.2.1. Lieux d'apparition des diagrammes	235
III.2.1.1. Genres de contenus faisant intervenir des diagrammes	235
III.2.1.2. Association des diagrammes aux unités de texte	236
III.2.1.3. Une « situation d'énonciation » souvent inconnue	237
III.2.2. Nature des liens explicites entre les diagrammes et les textes	238
III.2.2.1. Nom donné aux diagrammes	239
III.2.2.2. Absence de références directes aux diagrammes	240
III.2.2.3. Un lien par les valeurs numériques	241
III.2.3. Interactions implicites entre les textes et les diagrammes	242
III.2.3.1. Informations véhiculées par les diagrammes par rapport aux textes	242
III.2.3.2. Forme des valeurs numériques entre les textes et les diagrammes	243
III.2.3.3. Forme des objets considérés dans les textes et les diagrammes	243
III.2.3.4. Interdépendance des textes et des diagrammes	244
III.2.3.5. Impact de la présence de diagrammes sur les textes, et réciproquement	245
III.2.3.6. Temporalités comparées des textes et des diagrammes	245
III.2.4. Rôles joués par les diagrammes	245
III.2.4.1. Nature des activités mathématiques impliquant des diagrammes	246
III.2.4.2. De nombreux rôles possibles	246
III.2.4.3. Liens avec les raisonnements figuratifs reconstitués par J. Høyrup	247
III.2.5. Intentions révélées par les effacements pratiqués en lien avec les diagrammes	251
III.2.5.1. Effacer d'anciennes inscriptions afin de réutiliser la tablette	252
III.2.5.2. Effacer une surface de travail afin de faire disparaître des inscriptions qui ne relèvent pas du contenu principal de la tablette	253
III.2.5.3. Effacer une erreur ponctuelle afin de la corriger	255
III.2.5.4. Effacer la solution d'un exercice afin de la faire rechercher à un étudiant	256
III.2.5.5. Effacer des éléments d'un diagramme afin de « l'améliorer »	258
III.2.5.6. Des intentions mathématiques très différentes les unes des autres	259
III.2.6. Synthèse et perspectives	259
III.2.6.1. Synthèse des résultats obtenus	259
III.2.6.2. Limites et nécessité d'approfondissement	260

DEUXIÈME PARTIE : ÉTUDES DE CAS DÉTAILLÉES **261**

Chapitre IV. Documents sélectionnés et méthodes de travail **263**

IV.1. Groupes de tablettes sélectionnés	263
IV.1.1. Exemples de diagrammes mathématiques paléo-babyloniens de Babylonie	264
IV.1.1.1. Le cas « le plus simple » de diagrammes associés à du texte	264
IV.1.1.2. Un cas « plus élaboré » de diagrammes associés à du texte	265
IV.1.1.3. Le cas des diagrammes non accompagnés de texte	265
IV.1.2. Comparaison avec d'autres diagrammes contemporains	266
IV.1.2.1. Des diagrammes de Babylonie plus proches des pratiques administratives	266
IV.1.2.2. Des diagrammes mathématiques d'une région voisine	267
IV.2. Méthodes de travail	267
IV.2.1. État de l'art	268
IV.2.1.1. Consultation des bases de données	268
IV.2.1.2. Recherches bibliographiques	270
IV.2.1.3. Identification des autres ressources mobilisables	270
IV.2.1.4. Des tablettes étudiées de manière très inégale par le passé	272
IV.2.2. Discussion du contexte	273
IV.2.2.1. Un contexte rarement bien documenté	273
IV.2.2.2. Une utilisation prudente des « groupes de Goetze »	274
IV.2.2.3. Un emploi rigoureux du vocabulaire indiquant les degrés de certitude .	275
IV.2.3. Description matérielle	276
IV.2.3.1. Une grille d'observation pour les propriétés matérielles des tablettes . .	276
IV.2.3.2. Une attention particulière aux traces d'effacement	283
IV.2.4. Observation et édition des diagrammes	284
IV.2.4.1. Une grille d'observation pour les propriétés visuelles des diagrammes .	284
IV.2.4.2. Réalisation d'éditions des diagrammes	289
IV.2.5. Établissement du texte	293
IV.2.5.1. Conventions d'édition	293
IV.2.5.2. Style des traductions	293
IV.2.5.3. Références assyriologiques	294
IV.2.5.4. Traduction du vocabulaire technique	294
IV.2.6. Explication mathématique	295
IV.2.6.1. Genres et structure des documents	295
IV.2.6.2. Nombres et mesures	296
IV.2.6.3. Opérations mathématiques	297
IV.2.6.4. Conventions pour mes schémas explicatifs	297
IV.2.7. Analyse des rôles joués par les diagrammes dans les raisonnements . .	298
IV.2.7.1. Informations véhiculées par les diagrammes	298
IV.2.7.2. Rôles des diagrammes	301

Chapitre V. Deux tablettes de Babylonie du Sud contenant chacune un problème résolu accompagné d'un diagramme : BNUS 367 et YBC 8633 **305**

V.1. Une tablette dont le diagramme fait apparaître des valeurs « posées » pour le raisonnement : BNUS 367	306
V.1.1. Références et ressources	306
V.1.1.1. Publications traitant de la tablette	306
V.1.1.2. Autres ressources disponibles pour l'étude de la tablette	308
V.1.2. Contexte	309

V1.2.1.	<i>Histoire de l'objet</i>	309
V1.2.2.	<i>Discussion de la provenance</i>	309
V1.2.3.	<i>Discussion de la datation</i>	320
V1.3.	Description matérielle de la tablette	320
V1.3.1.	<i>État et conséquences</i>	320
V1.3.2.	<i>Matériau et fabrication</i>	321
V1.3.3.	<i>Format et mise en page</i>	321
V1.3.4.	<i>Écriture et tracés</i>	322
V1.3.5.	<i>Traces d'effacement</i>	323
V1.3.6.	<i>Synthèse des observations et tentatives de conclusions</i>	325
V1.4.	Description détaillée du diagramme	325
V1.4.1.	<i>Emplacement et délimitation</i>	326
V1.4.2.	<i>Configuration géométrique montrée</i>	327
V1.4.3.	<i>Inscriptions</i>	329
V1.4.4.	<i>Techniques de tracé</i>	329
V1.4.5.	<i>Ordre de tracé des différents éléments</i>	332
V1.4.6.	<i>Édition avec le logiciel DRaFT</i>	334
V1.5.	Lecture et explication du texte	334
V1.5.1.	<i>Translittération et traduction</i>	334
V1.5.2.	<i>Structure d'ensemble du texte</i>	342
V1.5.3.	<i>Énoncé : un problème de partage de trapèze (lignes 1 à 5)</i>	342
V1.5.4.	<i>Détermination des différences entre le front supérieur et la transversale et entre la transversale et le front inférieur (lignes 6 à 11)</i>	346
V1.5.5.	<i>Détermination des flancs (lignes 12 à 22)</i>	348
V1.5.6.	<i>Détermination des fronts et de la transversale (lignes 23 à 28)</i>	351
V1.5.7.	<i>Commentaire d'ensemble : un raisonnement de fausse position?</i>	353
V1.6.	Analyse des interactions entre le texte et le diagramme	359
V1.6.1.	<i>Une illustration de l'énoncé?</i>	359
V1.6.2.	<i>Une illustration de la procédure de résolution?</i>	362
V1.6.3.	<i>Une représentation d'une situation fictive ou temporaire?</i>	363
V1.6.4.	<i>Un apport d'informations?</i>	364
V1.6.5.	<i>Autres liens potentiels entre le diagramme et le texte</i>	365
V1.6.6.	<i>Rôles possiblement joués par le diagramme</i>	366
V2.	Une tablette dont le diagramme montre des formes géométriques dans une configuration impossible : YBC 8633	367
V2.1.	Références et ressources	367
V2.1.1.	<i>Publications traitant de la tablette</i>	367
V2.1.2.	<i>Autres ressources disponibles</i>	368
V2.2.	Contexte	369
V2.2.1.	<i>Discussion de la datation</i>	370
V2.2.2.	<i>Discussion de la provenance</i>	370
V2.3.	Description matérielle de la tablette	372
V2.3.1.	<i>État et conséquences</i>	372
V2.3.2.	<i>Matériau et fabrication</i>	373
V2.3.3.	<i>Format et mise en page</i>	374
V2.3.4.	<i>Écriture et tracés</i>	375
V2.3.5.	<i>Traces d'effacement</i>	377
V2.3.6.	<i>Synthèse des observations et tentatives de conclusions</i>	378
V2.4.	Description détaillée du diagramme	379

V2.4.1. Emplacement et délimitation	380
V2.4.2. Configuration géométrique montrée	380
V2.4.3. Inscriptions	381
V2.4.4. Techniques de tracé	383
V2.4.5. Ordre de tracé des différents éléments	383
V2.4.6. Édition avec le logiciel DRaFT	384
V2.5. Lecture et explication du texte	384
V2.5.1. Translittération et traduction	385
V2.5.2. Structure d'ensemble du texte	386
V2.5.3. Énoncé : un problème d'aire de triangle (ligne 1)	387
V2.5.4. Subdivision du triangle initial (lignes 2 à 5)	387
V2.5.5. Détermination du « deuxième flanc » ou « vrai flanc » (lignes 6 à 8)	388
V2.5.6. Détermination de l'aire du premier triangle (lignes 8 à 10)	389
V2.5.7. Détermination de l'aire du deuxième triangle (lignes 11 à 13)	389
V2.5.8. Détermination de l'aire du troisième triangle (lignes 14 à 16)	390
V2.5.9. Détermination de l'aire du triangle initial (ligne 17)	390
V2.5.10. Deuxième et troisième sections : une justification ? (lignes 18 à 26)	391
V2.5.11. Tentative d'explication globale de la procédure	391
V2.6. Analyse des interactions entre le texte et le diagramme	393
V2.6.1. Le diagramme comme outil de travail pour l'auteur et les lecteurs du texte	393
V2.6.2. Le diagramme comme aide possible pour d'autres aspects du raisonnement mathématique	397
V2.6.3. Le diagramme comme témoignage de pratiques plus générales de raisonnement mathématique	398

**Chapitre VI. Une tablette de Babylonie du Sud contenant une collection de problèmes
résolus dont plusieurs comportent un diagramme : MS 3052**

VI.1. Présentation de la tablette	401
VI.1.1. Références et ressources	402
VI.1.1.1. Ressources disponibles pour l'étude de la tablette	402
VI.1.1.2. Une tablette conservée dans une collection privée	404
VI.1.2. Contexte	404
VI.1.2.1. Discussion de la provenance de la tablette	404
VI.1.2.2. Discussion de la datation de la tablette	410
VI.1.3. Description matérielle	411
VI.1.3.1. État et conservation de la tablette, et conséquences sur son étude	411
VI.1.3.2. Une grande tablette de type S	412
VI.1.3.3. Une tablette confectionnée avec soin	413
VI.1.3.4. Une tablette rédigée avec application	413
VI.1.3.5. Synthèse des observations et tentatives de conclusions	414
VI.1.4. Présentation générale du contenu	415
VI.1.4.1. Une succession de problèmes résolus suivie d'un colophon	415
VI.1.4.2. Description rapide des sixième, septième et huitième problèmes	420
VI.1.5. Motivations pour l'étude de la tablette	421
VI.1.5.1. Questions générales sur les diagrammes	421
VI.1.5.2. Questions autour des variations entre les diagrammes, et des variations liées aux diagrammes, à l'intérieur de la collection de problèmes	422
VI.1.5.3. Questions autour de la représentation d'objets concrets tridimensionnels	422
VI.1.5.4. Questions autour de certaines propriétés atypiques des diagrammes	423

VI.2. Le premier problème, autour d'un mur de section trapézoïdale percé d'une brèche	423
VI.2.1. Description du diagramme	423
VI.2.1.1. Emplacement et délimitation	424
VI.2.1.2. Configuration géométrique montrée	424
VI.2.1.3. Techniques de tracé	425
VI.2.1.4. Inscriptions	425
VI.2.1.5. Ordre de réalisation des différents éléments	426
VI.2.1.6. Édition avec le logiciel DRaFT	429
VI.2.2. Lecture et explication du texte	429
VI.2.2.1. Translittération et traduction	429
VI.2.2.2. Structure d'ensemble du problème	435
VI.2.2.3. L'énoncé : un mur de terre, une brèche et une réparation (lignes 1 à 4)	435
VI.2.2.4. Première phase : transformation en un problème plan (lignes 4 à 7)	437
VI.2.2.5. Une petite parenthèse : l'« étendue », une surface verticale ?	441
VI.2.2.6. Deuxième phase : résolution du problème plan (lignes 7 à 11)	444
VI.2.2.7. La clé : le coefficient <i>indanum</i>	446
VI.2.2.8. Synthèse	449
VI.2.3. Analyse des interactions entre le texte et le diagramme	449
VI.2.3.1. Un diagramme représentant un objet concret tridimensionnel	449
VI.2.3.2. Un diagramme comportant des inscriptions au contenu peu commun	451
VI.2.3.3. Un diagramme qui n'est pas une illustration de l'énoncé	453
VI.2.3.4. Circulation des valeurs numériques entre le diagramme et le texte	453
VI.2.3.5. Rôles possiblement joués par le diagramme	454
VI.3. Les problèmes suivants, d'autres murs de terre	455
VI.3.1. Le deuxième problème, un mur de section trapézoïdale mesuré à une certaine hauteur	456
VI.3.2. Le troisième problème, un mur de section triangulaire mesuré à une certaine hauteur	458
VI.3.3. Le quatrième problème, un mur de section triangulaire avec une brèche mesuré à une certaine hauteur	461
VI.3.4. Le cinquième problème, un mur avec une brèche ?	465

Chapitre VII. Un groupe de tablettes de Babylonie du Nord présentant des diagrammes qui relèvent d'une tradition mathématique différente : Ist Si 181 et al.

Chapitre VII. Un groupe de tablettes de Babylonie du Nord présentant des diagrammes qui relèvent d'une tradition mathématique différente : Ist Si 181 et al.	469
VII.1. Présentation de l'ensemble du groupe	470
VII.1.1. Un petit groupe de tablettes du Musée d'Istanbul relativement homogène	470
VII.1.1.1. Liste des tablettes du groupe	470
VII.1.1.2. Des tablettes ayant des formats et des contenus très proches les uns des autres	471
VII.1.2. Contexte et parcours des tablettes du groupe	472
VII.1.2.1. Des tablettes issues de fouilles de V. Scheil	472
VII.1.2.2. Des tablettes provenant de Sippar mais sans contexte archéologique précis	473
VII.1.2.3. Des tablettes en grande partie inédites	476
VII.2. Édition et étude détaillée de la tablette Ist Si 181	476
VII.2.1. Description matérielle générale	477
VII.2.1.1. État et conservation de la tablette	477
VII.2.1.2. Une tablette façonnée avec un certain soin	477
VII.2.1.3. Une tablette lenticulaire à profil plano-convexe	478

VII.2.1.4. Une tablette dont la face et le revers paraissent indépendants	479
VII.2.1.5. Une tablette inscrite avec un calame en roseau	480
VII.2.1.6. Une tablette comportant de nombreuses traces d'effacement	480
VII.2.1.7. Synthèse des observations	481
VII.2.2. Description détaillée du diagramme	482
VII.2.2.1. Emplacement et délimitation	482
VII.2.2.2. Configuration géométrique montrée	482
VII.2.2.3. Inscriptions	483
VII.2.2.4. Techniques de tracé	484
VII.2.2.5. Ordre de réalisation des différents éléments	485
VII.2.2.6. Retour sur les traces d'effacement	486
VII.2.3. Lecture et analyse du contenu	488
VII.2.3.1. Translittération et traduction des inscriptions et du texte	489
VII.2.3.2. Représentation d'un terrain	490
VII.2.3.3. Dimensions du terrain	492
VII.2.3.4. Calcul des aires des parcelles du terrain	495
VII.2.3.5. Liens entre la face et le revers de la tablette	496
VII.2.3.6. Brève synthèse	497
VII.3. Les diagrammes de ce groupe, des « exercices de plans »?	497
VII.3.1. Des diagrammes qui ne s'inscrivent pas dans la même tradition mathématique que ceux étudiés jusqu'à présent	498
VII.3.1.1. Caractéristiques des dessins constituant les diagrammes du groupe	498
VII.3.1.2. Caractéristiques des inscriptions portées sur les diagrammes du groupe	499
VII.3.1.3. Conclusion intermédiaire	499
VII.3.2. Des diagrammes qui ne semblent pas être de vrais plans administratifs	500
VII.3.2.1. Des caractéristiques communes avec les plans de terrains et de bâtiments	500
VII.3.2.2. Des caractéristiques étonnantes pour des documents administratifs	500
VII.3.3. Des diagrammes à la croisée des mathématiques et de l'administration?	501
VII.3.3.1. Quelques observations supplémentaires	501
VII.3.3.2. Une hypothèse sur la nature des diagrammes du groupe	501
VII.3.3.3. Synthèse	502

CONCLUSION **503**

ANNEXES **509**

Annexe A. Abréviations et conventions d'édition **511**

A.1. Liste des abréviations	511
A.2. Conventions et symboles utilisés dans les translittérations	512
A.3. Conventions et symboles utilisés dans les traductions	513

Annexe B. Nombres et mesures à l'époque paléo-babylonienne **515**

B.1. Numération sexagésimale positionnelle flottante	515
B.1.1. Principe	515
B.1.2. Conventions de translittération et de traduction	516
B.1.3. Quelques remarques sur les calculs	516
B.2. Système métrologique normalisé paléo-babylonien	517
B.2.1. Sous-système des longueurs	517

B.2.2.	Sous-système des surfaces	517
B.2.3.	Sous-système des volumes	518
B.2.4.	Sous-système des capacités	518
B.2.5.	Sous-système des poids	518
B.2.6.	Conventions de translittération et de traduction	518
B.3.	Écriture et manipulation des mesures	519
B.3.1.	Système numérique standard	519
B.3.2.	Systèmes de numération utilisés devant les grandes unités	519
B.3.3.	Cas particulier des unités BAN ₂ et BARIG	520
B.3.4.	Conventions de translittération et de traduction	520
Annexe C. Critères de provenance pour les tablettes mathématiques		521
C.1.	Distinction des tablettes du Nord et du Sud de la Babylonie	521
C.1.1.	Présentation des critères identifiés par Albrecht Goetze	521
C.1.2.	Avis sur la fiabilité de ces critères	522
C.2.	Classification des tablettes en « groupes de Goetze »	523
C.2.1.	Présentation de la contribution d'Albrecht Goetze	523
C.2.2.	Présentation de la contribution de Jens Høyrup	524
C.2.3.	Présentation de la contribution de Jöran Friberg	535
C.2.4.	Avis sur la fiabilité de cette classification	540
Annexe D. Glossaires analytiques des termes rencontrés		543
D.1.	Termes akkadiens apparaissant dans les textes étudiés	545
D.2.	Sumérogrammes apparaissant dans les textes étudiés	578
Annexe E. Documentation de la base de données MathCun		615
E.1.	Présentation générale de la base de données	615
E.1.1.	Caractéristiques recherchées	615
E.1.1.1.	<i>Nécessité d'inclure des champs pour les informations liées aux diagrammes</i>	616
E.1.1.2.	<i>Nécessité de présenter les données de manière homogène</i>	616
E.1.1.3.	<i>Nécessité d'intégrer une dimension critique</i>	617
E.1.2.	Informations à répertoire	618
E.1.2.1.	<i>Objets considérés dans la structure de la base de données</i>	618
E.1.2.2.	<i>Informations sur les tablettes</i>	620
E.1.2.3.	<i>Informations sur les sections</i>	621
E.1.2.4.	<i>Informations sur les diagrammes</i>	622
E.1.2.5.	<i>Informations sur les configurations géométriques</i>	623
E.1.2.6.	<i>Informations sur les formes géométriques</i>	624
E.1.2.7.	<i>Informations sur les inscriptions</i>	624
E.1.2.8.	<i>Informations sur les traces d'effacement</i>	625
E.1.2.9.	<i>Informations sur les références bibliographiques</i>	625
E.1.3.	Perspectives pour l'avenir	626
E.1.3.1.	<i>Enrichissements possibles</i>	626
E.1.3.2.	<i>Vers un projet collectif?</i>	627
E.2.	Structure de la base de données	627
E.2.1.	Structure d'ensemble	627
E.2.1.1.	<i>Quelques généralités sur le modèle conceptuel entités-associations</i>	627
E.2.1.2.	<i>Schéma conceptuel retenu</i>	629
E.2.2.	Liste des tables et de leurs champs	631
E.2.2.1.	<i>Présentation du modèle logique relationnel</i>	631

E.2.2.2. Tables d'entités « principales »	632
E.2.2.2. Tables d'entités « auxiliaires »	647
E.2.2.2. Tables d'associations	659
E.2.2.2. Tables d'administration	666
E.3. Implémentation de la base de données et de son interface	667
E.3.1. Choix informatiques et techniques pour l'encodage de la structure	667
E.3.1.1. Le système de gestion de bases de données : MariaDB	667
E.3.1.2. L'outil d'administration de la base de données : phpMyAdmin	667
E.3.1.3. Le moteur de tables : InnoDB	670
E.3.1.4. Le jeu de caractères : UTF-8	670
E.3.2. Choix informatiques et techniques pour la création de l'interface Web	671
E.3.2.1. Pourquoi créer une interface Web ?	671
E.3.2.2. Les langages utilisés : HTML, CSS, PHP, SQL et JavaScript	672
E.3.3. Quelques autres questions techniques	673
E.3.3.1. Gestion de la sécurité	673
E.3.3.2. Compatibilité de l'interface Web	674
E.3.3.3. Hébergement	674
E.3.4. Code source de l'interface Web	674
E.3.4.1. Liste des fichiers de code	674
E.3.4.2. Extraits du code source : recherche dans la base	680
E.3.4.3. Extraits du code source : consultation de la fiche d'une entrée	684
E.3.4.4. Extraits du code source : ajout d'une entrée	687
E.3.4.5. Extraits du code source : modification d'une entrée	692
E.3.4.6. Extraits du code source : suppression d'une entrée	698
Bibliographie	703
Table des matières	731
Liste des figures	743
Liste des tableaux	753
Crédits photographiques	757
Liste des images retirées	767

Liste des figures

Chapitre I - Délimitation et présentation générale du corpus

FIGURE I.1. Schéma récapitulant les relations entre les différents éléments définis	29
FIGURE I.2. Exemple permettant d'illustrer le vocabulaire introduit	30
FIGURE I.3. Exemples de plans de bâtiments d'époque paléo-babylonienne	33
FIGURE I.4. Exemples de plans de terrains d'époque paléo-babylonienne	34
FIGURE I.5. Formes géométriques élémentaires montrées par les diagrammes mathématiques paléo-babyloniens de Babylonie accompagnés de texte (sauf ceux de BM 15285)	60
FIGURE I.6. Exemples de plans de terrains d'époque paléo-babylonienne	60
FIGURE I.7. Formes géométriques montrées par les diagrammes mathématiques paléo-babyloniens de Babylonie accompagnés de texte (sauf ceux de BM 15285)	61
FIGURE I.8. Répertoire des différentes lignes intérieures montrées par les diagrammes mathématiques paléo-babyloniens de Babylonie accompagnés de texte (sauf ceux de BM 15285)	62
FIGURE I.9. Exemples de plans de terrains d'époque paléo-babylonienne	63
FIGURE I.10. Orientation des configurations géométriques montrées par les diagrammes mathématiques paléo-babyloniens accompagnés de texte (sauf ceux de BM 15285)	64
FIGURE I.11. Contenu des inscriptions présentes sur les diagrammes mathématiques paléo-babyloniens de Babylonie accompagnés de texte (sauf ceux de BM 15285)	65
FIGURE I.12. Forme des nombres dans les inscriptions présentes sur les diagrammes mathématiques paléo-babyloniens accompagnés de texte (sauf ceux de BM 15285)	66
FIGURE I.13. Nature et langue des termes dans les inscriptions présentes sur les diagrammes mathématiques paléo-babyloniens accompagnés de texte (sauf ceux de BM 15285)	67
FIGURE I.14. Orientations des inscriptions attestées dans les diagrammes mathématiques paléo-babyloniens de Babylonie accompagnés de texte (sauf ceux de BM 15285)	68
FIGURE I.15. Orientation des inscriptions présentes sur les diagrammes mathématiques paléo-babyloniens de Babylonie accompagnés de texte (sauf ceux de BM 15285)	68
FIGURE I.16. Premier exemple de discussion de la nature d'un diagramme : tablette YBC 3895	70
FIGURE I.17. Deuxième exemple de discussion de la nature d'un diagramme : tablette YBC 3892	71
FIGURE I.18. Quelques exemples de formes géométriques élémentaires montrées par les diagrammes de la tablette BM 15285 en plus de celles du répertoire « standard » identifié plus haut	73
FIGURE I.19. Quelques exemples de configurations géométriques particulièrement élaborées montrées par les diagrammes de la tablette BM 15285	73
FIGURE I.20. Extrait du texte de la tablette BM 15285	73
FIGURE I.21. Configurations géométriques montrées par les diagrammes mathématiques des régions voisines de la Babylonie en plus de celles du répertoire « standard » identifié plus haut	74

FIGURE I.22. Éléments géométriques acceptés dans le corpus des diagrammes mathématiques paléo-babyloniens de Babylonie non accompagnés de texte bien qu'ils n'appartiennent pas exactement au répertoire identifié pour les diagrammes mathématiques paléo-babyloniens de Babylonie accompagnés de texte tel qu'il a été décrit dans les sections I.2.2.1 à I.2.2.4	92
FIGURE I.23. Aperçu de croquis apparaissant sur des tablettes scolaires paléo-babyloniennes	97
FIGURE I.24. Aperçu de dessins géométriques apparaissant sur des tablettes paléo-babyloniennes	98
FIGURE I.25. Aperçu de labyrinthes dessinés sur des tablettes paléo-babyloniennes .	99
FIGURE I.26. Aperçu de quelques tracés apparaissant sur des tablettes paléo-babyloniennes qui peuvent faire penser à des diagrammes mais sont probablement plutôt des éléments de mise en page	101
FIGURE I.27. Aperçu de quelques tracés confus sur des tablettes paléo-babyloniennes	102
FIGURE I.28. Aperçu du diagramme mathématique antérieur à l'époque paléo-babylonienne	104
FIGURE I.29. Aperçu des diagrammes mathématiques postérieurs à l'époque paléo-babylonienne	104
FIGURE I.30. Connaissance de la provenance des tablettes paléo-babyloniennes comportant des diagrammes mathématiques	111
FIGURE I.31. Carte du Proche-Orient ancien faisant apparaître les villes dont proviennent des tablettes paléo-babyloniennes éditées comportant des diagrammes mathématiques	112
FIGURE I.32. Provenance des tablettes paléo-babyloniennes éditées comportant des diagrammes mathématiques (lorsque celle-ci est connue ou au moins supposée)	112
FIGURE I.33. Présence de texte associé aux diagrammes mathématiques paléo-babyloniens	114
FIGURE I.34. Nombre de diagrammes mathématiques apparaissant sur les tablettes paléo-babyloniennes	114
FIGURE I.35. Types de format et de mise en page des tablettes paléo-babyloniennes sur lesquelles apparaissent des diagrammes mathématiques	115
FIGURE I.36. Genres de contenu des tablettes paléo-babyloniennes sur lesquelles apparaissent des diagrammes mathématiques	115
FIGURE I.37. Formes géométriques élémentaires montrées par l'ensemble des diagrammes mathématiques paléo-babyloniens de Babylonie (sauf ceux de BM 15285)	116
FIGURE I.38. Types de formes géométriques montrées par les diagrammes mathématiques paléo-babyloniens de Babylonie (sauf ceux de BM 15285)	117
FIGURE I.39. Lignes intérieures présentes dans les configurations géométriques montrées par les diagrammes mathématiques paléo-babyloniens de Babylonie (sauf ceux de BM 15285)	118
FIGURE I.40. Orientation des configurations géométriques montrées par les diagrammes mathématiques paléo-babyloniens de Babylonie (sauf ceux de BM 15285) . . .	120
FIGURE I.41. Présence d'inscriptions sur les diagrammes mathématiques paléo-babyloniens de Babylonie (sauf ceux de BM 15285)	121
FIGURE I.42. Présence d'inscriptions sur les diagrammes mathématiques paléo-babyloniens de Babylonie (sauf ceux de BM 15285)	121
FIGURE I.43. Forme des nombres dans les inscriptions présentes sur les diagrammes mathématiques paléo-babyloniens de Babylonie (sauf ceux de BM 15285) . . .	122
FIGURE I.44. Nature et langue des termes dans les inscriptions présentes sur les diagrammes mathématiques paléo-babyloniens (sauf ceux de BM 15285)	122
FIGURE I.45. Orientation des inscriptions présentes sur les diagrammes mathématiques paléo-babyloniens de Babylonie (sauf ceux de BM 15285)	123

FIGURE I.46. Configurations géométriques montrées par les diagrammes mathématiques paléo-babyloniens d'Élam en plus de celles rencontrées en Babylonie . . .	124
--	-----

Chapitre II - Les diagrammes mathématiques paléo-babyloniens vus comme objets matériels

FIGURE II.1. Exemples d'incrustations dans des tablettes du corpus	130
FIGURE II.2. Possibles anciennes inclusions végétales décomposées dans une tablette du corpus	131
FIGURE II.3. Différence de qualité de l'argile entre deux tablettes du corpus	131
FIGURE II.4. Exemples de tablettes du corpus qui semblent avoir été directement modelées à la main	133
FIGURE II.5. Exemples de tablettes du corpus qui ont probablement été formées à l'aide d'un support	134
FIGURE II.6. Exemples de tablettes du corpus qui semblent avoir été fabriquées autour d'un noyau	135
FIGURE II.7. Exemples de tablettes du corpus confectionnées avec plus ou moins d'application	136
FIGURE II.8. Exemples de tablettes du corpus présentant des traces de lissage	137
FIGURE II.9. Exemples de tablettes du corpus dont les bords ont pu être raclés avec un outil	137
FIGURE II.10. Exemples de tablettes du corpus présentant des traces de lissage	138
FIGURE II.11. Exemple de tablette du corpus comportant des signes tracés à l'encre	140
FIGURE II.12. Exemple de tablette du corpus dont la surface a été ré-humidifiée	141
FIGURE II.13. Exemples de tablettes du corpus présentant différents profils	143
FIGURE II.14. Exemples de tablettes du corpus dont les tranches ont différents aspects	143
FIGURE II.15. Exemples de tablettes du corpus dont les bords ont différents aspects	144
FIGURE II.16. Exemples de tablettes du corpus dont les coins ont différents aspects	144
FIGURE II.17. Exemples de tablettes du corpus de tailles très différentes	145
FIGURE II.18. Exemples de tablettes du corpus d'épaisseurs très différentes	145
FIGURE II.19. Exemples de tablettes du corpus utilisant ou non la tranche inférieure	146
FIGURE II.20. Exemples de tablettes du corpus utilisant ou non la tranche droite	147
FIGURE II.21. Exemples de tablettes du corpus organisées en colonnes	148
FIGURE II.22. Exemples de tablettes du corpus ayant différents types de formats et de mises en page	150
FIGURE II.23. Exemples de tablettes du corpus de type S ou M comportant uniquement des diagrammes	150
FIGURE II.24. Exemples de tablettes du corpus plus ou moins adaptées à la longueur du texte	151
FIGURE II.25. Exemples de tablettes du corpus dont le texte est justifié ou non	152
FIGURE II.26. Exemples de tablettes du corpus présentant des lignes auxiliaires	153
FIGURE II.27. Exemples de tablettes du corpus présentant ou non une ligne de fin	153
FIGURE II.28. Exemples de tablettes du corpus présentant des lignes de structure	153
FIGURE II.29. Différents emplacements possibles des diagrammes du corpus associés à du texte	155
FIGURE II.30. Différentes dispositions possibles des diagrammes du corpus non associés à du texte	155
FIGURE II.31. Manières dont les diagrammes du corpus peuvent être délimités de ce qui les entoure	156
FIGURE II.32. Exemples de traces de doigts sur des tablettes du corpus	157

FIGURE II.33. Exemples d'autres traces involontaires sur des tablettes du corpus . . .	158
FIGURE II.34. Exemples de styles d'écriture des textes sur des tablettes du corpus . .	160
FIGURE II.35. Exemples de styles d'écriture des inscriptions sur des diagrammes du corpus	160
FIGURE II.36. Potentiels exemples de traces d'emballage sur des tablettes du corpus	161
FIGURE II.37. Exemples de tablettes du corpus recyclées	163
FIGURE II.38. Exemples de cas du corpus dans lesquels on peut discerner le contenu avant recyclage	165
FIGURE II.39. Exemples de modifications de tablettes du corpus liées à leur conservation moderne	167
FIGURE II.40. Schéma du « motif de Messerschmidt » et exemples repérés dans le corpus	171
FIGURE II.41. Deux formes et modes de fabrication possibles du calame	173
FIGURE II.42. Traces de doigts susceptibles de révéler comment étaient tenues des tablettes du corpus	175
FIGURE II.43. Principaux gestes permettant de tracer des lignes sur l'argile	177
FIGURE II.44. Indices permettant de reconnaître les lignes tracées par impression . .	179
FIGURE II.45. Indices permettant de reconnaître les lignes tracées par incision	179
FIGURE II.46. Indices permettant de reconnaître les lignes tracées par impression avec traînée	179
FIGURE II.47. Exemples de dessins réalisés sur des tablettes paléo-babyloniennes . .	181
FIGURE II.48. Exemples de diagrammes du corpus tracés par impression simple . . .	182
FIGURE II.49. Exemples de diagrammes du corpus tracés par impression avec traînée	182
FIGURE II.50. Exemples de diagrammes du corpus tracés par incision	183
FIGURE II.51. Exemples de diagrammes du corpus tracés en combinant différentes techniques	184
FIGURE II.52. Cas unique de diagramme tracé avec une succession d'impressions simples	184
FIGURE II.53. Exemples de diagrammes du corpus qui semblent avoir été tracés avec une règle	187
FIGURE II.54. Gros plans sur les règles des statues néo-sumériennes de Gudea	187
FIGURE II.55. Exemples de diagrammes du corpus qui ont clairement été tracés sans règle	188
FIGURE II.56. Exemples de diagrammes du corpus montrant des cercles parfaitement circulaires	189
FIGURE II.57. Exemples de diagrammes du corpus montrant des cercles avec une marque au centre	189
FIGURE II.58. Exemples de diagrammes du corpus clairement tracés sans compas . .	190
FIGURE II.59. Exemples de diagrammes du corpus tracés au compas mais avec difficulté	191
FIGURE II.60. Exemple de tracés de construction réalisés au compas puis effacés . . .	192
FIGURE II.61. Croquis de W. Sallaberger représentant des intersections de têtes de clous	193
FIGURE II.62. Photographies de signes expérimentaux d'A. Bramanti montrant que les intersections de queues de clous peuvent être trompeuses	194
FIGURE II.63. Photographies de signes expérimentaux d'A. Bramanti montrant montrant différents indices pour étudier les intersections de queues de clous	194
FIGURE II.64. Photographies de signes expérimentaux d'A. Bramanti montrant deux cas d'intersection d'un clou avec une série de clous parallèles	195
FIGURE II.65. Photographies de signes expérimentaux d'A. Bramanti montrant deux cas d'intersection d'un clou avec une série de clous parallèles	196
FIGURE II.66. Premier exemple de reconstitution de l'ordre relatif de tracé de deux lignes du dessin géométrique d'un diagramme du corpus	198

FIGURE II.67. Deuxième exemple de reconstitution de l'ordre de tracé relatif de deux lignes du dessin géométrique d'un diagramme du corpus	199
FIGURE II.68. Exemples de cas dans lesquels on peut déterminer qu'une inscription figurant sur un diagramme a été ajoutée après qu'une ligne du diagramme près de laquelle elle se trouve a été tracée	201
FIGURE II.69. Exemples de cas dans lesquels on peut déterminer l'ordre relatif de tracé d'une ligne appartenant à un diagramme et d'une ligne de délimitation tracée autour de ce diagramme	202
FIGURE II.70. Exemples de cas dans lesquels on peut déterminer l'ordre de tracé relatif d'une ligne appartenant à un diagramme et d'une ligne de délimitation tracée autour de ce diagramme	203
FIGURE II.71. Exemples de traces de frottement permettant de repérer qu'un effacement a été pratiqué	205
FIGURE II.72. Exemples de déformations ou d'affinements de la surface de la tablette permettant de repérer qu'un effacement a été pratiqué	205
FIGURE II.73. Exemples de clous résiduels permettant de repérer qu'un effacement a été pratiqué	206
FIGURE II.74. Exemples de « fonds de clous » permettant de repérer qu'un effacement a été pratiqué	207
FIGURE II.75. Exemples de « fonds de traits » permettant de repérer qu'un effacement a été pratiqué	207
FIGURE II.76. Exemple de trait déformé permettant de repérer qu'un effacement a été pratiqué	208
FIGURE II.77. Exemple de ré-humidification tendant à indiquer qu'un effacement a été pratiqué	209
FIGURE II.78. Contraste entre des effacements locaux et des effacements globaux . .	211
FIGURE II.79. Exemple d'effacement local d'une inscription réalisée par-dessus un effacement global	212
FIGURE II.80. Contraste entre des effacements suivis et non suivis d'une réinscription	212

Chapitre III - Les diagrammes mathématiques paléo-babyloniens vus comme objets mathématiques

FIGURE III.1. Exemples de diagrammes du corpus représentant des objets concrets .	219
FIGURE III.2. Allure d'un diagramme du corpus représentant un arbre	219
FIGURE III.3. Formes des dessins de trapèzes dans une série de diagrammes	228
FIGURE III.4. Exemple de raisonnement figuratif reconstitué par J. Høyrup (premier problème de la tablette BM 13901)	248
FIGURE III.5. À la recherche des raisonnements figuratifs reconstitués par J. Høyrup	250
FIGURE III.6. Un premier exemple d'intention révélée par des traces d'effacement : MS 2985	252
FIGURE III.7. Un deuxième exemple d'intention révélée par des traces d'effacement : YBC 7290	253
FIGURE III.8. Autres exemples comparables : VAT 7532 et MAH 16055	254
FIGURE III.9. Un troisième exemple d'intention révélée par des traces d'effacement : BNUS 364	255
FIGURE III.10. Un quatrième exemple d'intention révélée par des traces d'effacement : IM 43996	256
FIGURE III.11. Un cinquième exemple d'intention révélée par des traces d'effacement : Sb 13088	258

Chapitre IV - Documents sélectionnés et méthodes de travail

FIGURE IV.1. Fiche de la tablette BNUS 367 dans la base de données du CDLI	268
FIGURE IV.2. Fiche de la tablette YBC 4675 dans la base de données ORACC DCCMT	269
FIGURE IV.3. Fiches de tablettes dans des bases de données de collections	269
FIGURE IV.4. Visualisation de la tablette YBC 4675 avec le logiciel RTIviewer	271
FIGURE IV.5. Éléments du dossier sur la tablette YBC 8633 dans les archives d'O. Neugebauer	272
FIGURE IV.6. Copie, édition et schéma du diagramme de la tablette YBC 8633	291
FIGURE IV.7. Manières de faire apparaître l'ordre de réalisation des clous dans les signes cunéiformes	292
FIGURE IV.8. Préparation de l'édition d'un diagramme de la tablette MS 3052 avec le logiciel DRaFT	293
FIGURE IV.9. Une multiplication avec la « calculatrice mésopotamienne » MesoCalc .	297
FIGURE IV.10. Exemples de schémas explicatifs personnels, illustrant les conventions que j'utilise	298

Chapitre V - Deux tablettes de Babylonie du Sud contenant chacune un problème résolu accompagné d'un diagramme : BNUS 367 et YBC 8633

FIGURE V.1. Copie de la tablette BNUS 367 par C. Frank	307
FIGURE V.2. Aspect de la surface de la tablette BNUS 367	321
FIGURE V.3. Forme de la tablette BNUS 367	322
FIGURE V.4. Aspect de l'écriture sur la tablette BNUS 367	322
FIGURE V.5. « Motifs de Messerschmidt » sur la tablette BNUS 367	323
FIGURE V.6. Ligne double marquant la fin du texte de la tablette BNUS 367	323
FIGURE V.7. Potentielles traces d'effacement sur la tranche droite de la tablette BNUS 367324	
FIGURE V.8. Potentielles traces d'effacement sur la tranche inférieure de la tablette BNUS 367	324
FIGURE V.9. Traces d'effacement en bas du revers de la tablette BNUS 367	324
FIGURE V.10. Photographie du diagramme de la tablette BNUS 367	326
FIGURE V.11. Position du diagramme de la tablette BNUS 367	326
FIGURE V.12. Ligne de délimitation sous le diagramme de la tablette BNUS 367 . . .	327
FIGURE V.13. Comparaison des formes de différents dessins de trapèzes	329
FIGURE V.14. Marques aux extrémités de certaines lignes du diagramme de la tablette BNUS 367	330
FIGURE V.15. Non-rectilinéarité des traits formant le diagramme de la tablette BNUS 367330	
FIGURE V.16. Irrégularité des bords des traits formant le diagramme de la tablette BNUS 367	330
FIGURE V.17. Variation de profondeur des traits formant le diagramme de la tablette BNUS 367	331
FIGURE V.18. Billes d'argile accumulées dans les traits formant le diagramme de la tablette BNUS 367	331
FIGURE V.19. Intersections de certains traits formant le diagramme de la tablette BNUS 367	333
FIGURE V.20. Édition du diagramme de la tablette BNUS 367	334
FIGURE. Translittération et traduction du diagramme de la tablette BNUS 367	335
FIGURE. Énoncé du problème de la tablette BNUS 367 (schéma 1)	343
FIGURE. Énoncé du problème de la tablette BNUS 367 (schéma 2)	343
FIGURE. Énoncé du problème de la tablette BNUS 367 (schéma 3)	344
FIGURE V.21. Énoncé du problème de la tablette BNUS 367 (schéma récapitulatif) .	345

FIGURE V.22. Vocabulaire relatif aux trapèzes divisés en deux bandes	346
FIGURE. Première partie de la procédure de la tablette BNUS 367 (schéma 1)	346
FIGURE. Première partie de la procédure de la tablette BNUS 367 (schéma 2)	347
FIGURE. Première partie de la procédure de la tablette BNUS 367 (schéma 3)	347
FIGURE. Première partie de la procédure de la tablette BNUS 367 (schéma 4)	347
FIGURE. Deuxième partie de la procédure de la tablette BNUS 367 (schéma 1)	348
FIGURE. Deuxième partie de la procédure de la tablette BNUS 367 (schéma 2)	349
FIGURE. Deuxième partie de la procédure de la tablette BNUS 367 (schéma 3)	350
FIGURE. Deuxième partie de la procédure de la tablette BNUS 367 (schéma 4)	350
FIGURE. Troisième partie de la procédure de la tablette BNUS 367 (schéma 1)	351
FIGURE. Troisième partie de la procédure de la tablette BNUS 367 (schéma 2)	351
FIGURE. Troisième partie de la procédure de la tablette BNUS 367 (schéma 3)	352
FIGURE. Troisième partie de la procédure de la tablette BNUS 367 (schéma 4)	352
FIGURE. Troisième partie de la procédure de la tablette BNUS 367 (schéma 5)	352
FIGURE. Troisième partie de la procédure de la tablette BNUS 367 (schéma 6)	353
FIGURE. Définition d'une affinité orthogonale	356
FIGURE V.23. Explication de la procédure de la tablette BNUS 367 au moyen d'affinités orthogonales	357
FIGURE V.24. Comparaison du trapèze dessiné sur la tablette BNUS 367 et de sa forme réelle	362
FIGURE V.25. Copie de la tablette YBC 8633 dans son édition [NEUGEBAUER&SACHS1945]	368
FIGURE V.26. Photographies en éclairage modifiable de la face et du revers de la ta- blette YBC 8633	369
FIGURE V.27. Fragments recollés de la tablette YBC 8633	373
FIGURE V.28. Aspect de l'argile constituant la tablette YBC 8633 dans une cassure et en surface	373
FIGURE V.29. Aspect des cassures de la tablette YBC 8633	374
FIGURE V.30. Forme des tranches de la tablette YBC 8633	375
FIGURE V.31. Tracés auxiliaires guidant le texte de la tablette YBC 8633	376
FIGURE V.32. Aspect de l'écriture sur la tablette YBC 8633	376
FIGURE V.33. Possibles « motifs de Messerschmidt » sur la tablette YBC 8633	377
FIGURE V.34. Autres particularités de l'écriture sur la tablette YBC 8633	377
FIGURE V.35. Ligne double séparant deux sections de la tablette YBC 8633	377
FIGURE V.36. Premières lignes de la tablette YBC 8633, écrites sur un précédent texte effacé	378
FIGURE V.37. Photographie du diagramme de la tablette YBC 8633	380
FIGURE V.38. Absence de séparation entre le diagramme et le texte de la tablette YBC 8633	380
FIGURE V.39. Particularités d'écriture des inscriptions du diagramme de la tablette YBC 8633	382
FIGURE V.40. Indices permettant de reconstituer la séquence du production du dia- gramme de la tablette YBC 8633	383
FIGURE V.41. Édition du diagramme de la tablette YBC 8633 réalisée avec le logiciel DRaFT	384
FIGURE. Translittération et traduction du diagramme de la tablette YBC 8633	385
FIGURE V.42. Forme des triangles considérés dans le problème de la tablette YBC 8633	390
FIGURE. Somme des aires partielles à la fin de la procédure de résolution de la tablette YBC 8633	390

FIGURE V.43. Situations incompatibles que le diagramme de la tablette YBC 8633 tente de concilier	400
---	-----

Chapitre VI - Une tablette de Babylonie du Sud contenant une collection de problèmes résolus dont plusieurs comportent un diagramme : MS 3052

FIGURE VI.1. Copie de la tablette MS 3052 par F. Al-Rawi	403
FIGURE VI.2. Illustration de l'état de la tablette MS 3052	411
FIGURE VI.3. Allure de la tranche droite de la tablette MS 3052 d'après le schéma de structure de J. Friberg	412
FIGURE VI.4. Illustration du soin apporté à la confection de la tablette MS 3052 . . .	413
FIGURE VI.5. Techniques de tracé des traits de délimitation de la tablette MS 3052 .	414
FIGURE VI.6. Ressemblance de la tablette MS 3052 avec certaines tablettes mathématiques contemporaines	415
FIGURE VI.7. « Schéma de structure » de la tablette MS 3052 par J. Friberg	419
FIGURE VI.8. Diagramme du sixième problème de la tablette MS 3052	421
FIGURE VI.9. Photographie du diagramme de la section MS 3052 #1	424
FIGURE. Noms donnés aux lignes constituant le diagramme de la section MS 3052 #1	426
FIGURE VI.10. Intersections des lignes composant le diagramme de la section MS 3052 #1	427
FIGURE VI.11. Ordre de tracé des différentes lignes du diagramme de la section MS 3052 #1	427
FIGURE VI.12. Temporalité des inscriptions du diagramme de la section MS 3052 #1	428
FIGURE VI.13. Temporalité des traits de délimitation du diagramme de la section MS 3052 #1	429
FIGURE VI.14. Édition du diagramme de la section MS 3052 #1	429
FIGURE. Translittération et traduction du diagramme de MS 3052 #1	430
FIGURE VI.15. Dimensions du mur de terre décrit dans l'énoncé du problème MS 3052 #1	436
FIGURE VI.16. Brèche décrite dans l'énoncé du problème MS 3052 #1 (ce schéma s'avérera faux par la suite)	437
FIGURE VI.17. Calcul de l'aire de la section du mur du problème MS 3052 #1	438
FIGURE VI.18. Configuration rectifiée du problème MS 3052 #1	438
FIGURE VI.19. Illustration de ce qu'il est demandé de déterminer dans le problème MS 3052 #1	439
FIGURE VI.20. Aires des sections du mur avant et après réparation dans le problème MS 3052 #1	440
FIGURE VI.21. Schéma du problème plan auquel est ramené le problème MS 3052 #1 après la première phase de la procédure de résolution	440
FIGURE VI.22. Schéma du problème plan auquel est ramené le problème MS 3052 #1 (redessiné dans le cas d'un trapèze rectangle)	441
FIGURE VI.23. Procédure habituelle de calcul d'un volume	442
FIGURE VI.24. Procédure de calcul du volume dans la tablette MS 3052 #1	442
FIGURE VI.25. Autre manière de comprendre la procédure de calcul du volume dans le problème MS 3052 #1	443
FIGURE VI.26. Situation intermédiaire obtenue lors de la deuxième phase de la résolution du problème MS 3052 #1	445
FIGURE VI.27. Situation finale obtenue lors de la deuxième phase de la résolution du problème MS 3052 #1	445
FIGURE VI.28. Coefficient <i>indatum</i> d'un trapèze (vu comme agissant sur les longueurs)	446
FIGURE VI.29. Coefficient <i>indatum</i> d'un trapèze (vu comme agissant sur les surfaces)	447

FIGURE VI.30. Rappel de la situation au début de la deuxième phase de la procédure de résolution du problème MS 3052 #1	447
FIGURE VI.31. Premières étapes de la deuxième phase de la procédure de résolution du problème MS 3052 #1	448
FIGURE VI.32. Étapes suivantes de la deuxième phase de la procédure de résolution du problème MS 3052 #1	448
FIGURE VI.33. Forme du trapèze considéré dans le problème MS 3052 #1	450
FIGURE. Translittération et traduction du diagramme de MS 3052 #2	456
FIGURE. Translittération et traduction du diagramme de MS 3052 #3	458
FIGURE. Translittération et traduction du diagramme de MS 3052 #4	461

Chapitre VII - Un groupe de tablettes de Babylonie du Nord présentant des diagrammes qui relèvent d'une tradition mathématique différente : Ist Si 181 et al.

FIGURE VII.1. Aperçu du lot de tablettes de Sippar étudié dans ce chapitre	471
FIGURE VII.2. Traces d'effacement repérées sur les tablettes du lot	472
FIGURE VII.3. Photographies de Vincent Scheil et de ses fouilles à Sippar	473
FIGURE VII.4. Plan de Sippar, montrant la zone où semblent avoir été trouvées les tablettes du lot	475
FIGURE VII.5. Photographies de la tablette Ist Si 181	477
FIGURE VII.6. Traces de lissage sur la face de la tablette Ist Si 181	478
FIGURE VII.7. « Motifs de Messerschmidt » repérés sur la tablette Ist Si 181	480
FIGURE VII.8. « Zone de travail » sur la face de la tablette Ist Si 181	481
FIGURE VII.9. Zone très en creux au revers de la tablette Ist Si 181	481
FIGURE VII.10. Configuration géométrique montrée par le diagramme de la tablette Ist Si 181	483
FIGURE VII.11. Mesures indicatives de longueurs et d'angles sur le diagramme de la tablette Ist Si 181	483
FIGURE VII.12. Probable reconstitution de la configuration géométrique que le diagramme de la tablette Ist Si 181 cherche à montrer	484
FIGURE VII.13. Aspect des traits du diagramme de la tablette Ist Si 181	485
FIGURE VII.14. Aspect des sommets du diagramme de la tablette Ist Si 181	485
FIGURE VII.15. Ordre de réalisation des traits et inscriptions sur le diagramme de la tablette Ist Si 181	486
FIGURE VII.16. Potentielle trace d'effacement sur la droite du diagramme de la tablette Ist Si 181	487
FIGURE VII.17. Zone confuse en bas à gauche du diagramme de la tablette Ist Si 181	487
FIGURE VII.18. Inscription dans une zone ré-humidifiée sur le diagramme de la tablette Ist Si 181	488
FIGURE VII.19. Autres traces d'effacement potentielles sur le diagramme de la tablette Ist Si 181	488
FIGURE VII.20. Interprétation de la situation représentée par le diagramme de la tablette Ist Si 181	493
FIGURE VII.21. Terrain montré par le diagramme de la tablette Ist Si 181, tel qu'il apparaît sur le dessin et redessiné avec les proportions correctes	495

Annexe A - Abréviations et conventions d'édition

Annexe B - Nombres et mesures à l'époque paléo-babylonienne

Annexe C - Critères de provenance pour les tablettes mathématiques

Annexe D - Glossaires analytiques des termes rencontrés

Schéma de structure des entrées du glossaire	543
--	-----

Annexe E - Documentation de la base de données MathCun

FIGURE E.1. Liens entre le vocabulaire défini pour l'ensemble de la thèse et les objets considérés dans la structure interne de la base de données	619
FIGURE E.2. Exemples de représentations de classes d'entités	628
FIGURE E.3. Exemple de représentation d'une classe d'associations	628
FIGURE E.4. Exemple de représentation d'effectifs d'une relation	629
FIGURE E.5. Schéma conceptuel entités-associations retenu pour la base de données	629
FIGURE E.6. Aperçu de la liste des tables de la base de données dans phpMyAdmin .	668
FIGURE E.7. Visualisation de la structure d'une table dans phpMyAdmin (exemple de la table « sections »)	668
FIGURE E.8. Visualisation du contenu d'une table dans phpMyAdmin (exemple de la table « degres_certitude »)	669
FIGURE E.9. Création d'une nouvelle table depuis phpMyAdmin (exemple de la table « collections »)	669
FIGURE E.10. Exécution d'une requête SQL dans phpMyAdmin (exemple de la création d'une clé étrangère)	670
FIGURE E.11. Extrait du fichier de sauvegarde .sql de la base de données	670
FIGURE E.12. Aperçu de l'écran d'accueil de la base de données (qui fait notamment apparaître un formulaire de recherche rapide de tablettes)	672
FIGURE E.13. Aperçu d'un formulaire de recherche dans la base de données (exemple de la recherche de catégories thématiques)	682
FIGURE E.14. Aperçu d'un résultat de recherche dans la base de données (exemple d'une recherche de catégories thématiques)	684
FIGURE E.15. Aperçu de la fiche d'une entrée dans la base de données (exemple de la fiche de la catégorie thématique « mur de terre »)	686
FIGURE E.16. Aperçu d'un formulaire d'ajout d'entrée dans la base de données (exemple de l'ajout d'une catégorie thématique)	689
FIGURE E.17. Aperçu d'un message d'erreur lors de l'ajout d'une entrée dans la base de données	690
FIGURE E.18. Aperçu de la sélection d'une entrée à modifier dans la base de données	693
FIGURE E.19. Aperçu du formulaire de modification d'une entrée de la base de données (exemple de la modification d'une catégorie thématique)	695
FIGURE E.20. Aperçu de la demande de confirmation avant la suppression d'une entrée de la base de données	699
FIGURE E.21. Écran d'erreur obtenu suite à une tentative de suppression d'une entrée de la base de données	701

Liste des tableaux

Chapitre I - Délimitation et présentation générale du corpus

TABLEAU I.1. Catalogue des tablettes mathématiques paléo-babyloniennes comportant à la fois du texte et un ou des diagrammes	40
TABLEAU I.2. Catalogue des diagrammes mathématiques paléo-babyloniens associés à du texte - Premier bloc : Diagrammes apparaissant sur des tablettes de Babylonie, à l'exception de BM 15285	45
TABLEAU I.3. Catalogue des diagrammes mathématiques paléo-babyloniens associés à du texte - Deuxième bloc : Diagrammes apparaissant sur la tablette particulière BM 15285	52
TABLEAU I.4. Catalogue des diagrammes mathématiques paléo-babyloniens associés à du texte - Troisième bloc : Diagrammes apparaissant sur des tablettes de régions voisines de la Babylonie	57
TABLEAU I.5. Catalogue des tablettes mathématiques paléo-babyloniennes comportant un ou des diagrammes sans texte	75
TABLEAU I.6. Catalogue des diagrammes mathématiques paléo-babyloniens non associés à du texte - Premier bloc : Diagrammes apparaissant sur des tablettes de Babylonie	79
TABLEAU I.7. Catalogue des diagrammes mathématiques paléo-babyloniens non associés à du texte - Deuxième bloc : Diagrammes apparaissant sur des tablettes de régions voisines de la Babylonie	90
TABLEAU I.8. Exemples de tablettes paléo-babyloniennes inédites qui semblent comporter un ou des diagrammes mathématiques	94
TABLEAU I.9. Exemples de tablettes paléo-babyloniennes comportant des croquis d'écoliers	97
TABLEAU I.10. Exemples de tablettes paléo-babyloniennes comportant des dessins d'allure géométrique mathématiques	98
TABLEAU I.11. Exemples de tablettes paléo-babyloniennes comportant des labyrinthes	99
TABLEAU I.12. Exemples de tablettes paléo-babyloniennes comportant des tracés qui pourraient faire penser à des diagrammes mais sont probablement plutôt des éléments de mise en page	100
TABLEAU I.13. Exemples de tablettes paléo-babyloniennes comportant des tracés confus	101
TABLEAU I.14. Tablettes éditées antérieures à l'époque paléo-babylonienne comportant un ou des diagrammes mathématiques	102
TABLEAU I.15. Tablettes éditées postérieures à l'époque paléo-babylonienne comportant un ou des diagrammes mathématiques	103

Chapitre II - Les diagrammes mathématiques paléo-babyloniens vus comme objets matériels

TABLEAU II.1. Définitions des types de formats et de mises en page des tablettes cunéiformes	149
TABLEAU II.2. Indices permettant d'identifier la manière dont une ligne a été tracée sur l'argile	178

Chapitre III - Les diagrammes mathématiques paléo-babyloniens vus comme objets mathématiques

TABLEAU III.1. Genres de contenus des tablettes cunéiformes faisant intervenir des diagrammes	235
---	-----

Chapitre IV - Documents sélectionnés et méthodes de travail

Termes employés pour caractériser les degrés de certitude de la provenance et la datation des tablettes	275
TABLEAU IV.1. Grille d'observation des propriétés matérielles des tablettes cunéiformes	276
TABLEAU IV.2. Grille d'observation des traces d'effacement apparaissant sur les tablettes cunéiformes	283
TABLEAU IV.3. Grille d'observation des propriétés visuelles des diagrammes du corpus	285
TABLEAU IV.4. Grille de questionnaire sur les informations véhiculées par les diagrammes	298
TABLEAU IV.5. Grille de questionnaire sur les rôles joués par les diagrammes	301

Chapitre V - Deux tablettes de Babylonie du Sud contenant chacune un problème résolu accompagné d'un diagramme : BNUS 367 et YBC 8633

TABLEAU V.0. Comparaison des propriétés des tablettes mathématiques de Strasbourg du point de vue de la structure des problèmes	311
TABLEAU V.1. Comparaison des propriétés des tablettes mathématiques de Strasbourg du point de vue de la terminologie employée pour désigner les opérations mathématiques	313
TABLEAU V.2. Comparaison des propriétés des tablettes mathématiques de Strasbourg et de Berlin du point de vue de la structure des problèmes	315
TABLEAU V.3. Comparaison des propriétés des tablettes mathématiques de Strasbourg et de Berlin du point de vue de la terminologie employée pour désigner les opérations mathématiques	317
TABLEAU V.5. « Vraies » et « fausses » valeurs dans la procédure de la tablette BNUS 367350	

Chapitre VI - Une tablette de Babylonie du Sud contenant une collection de problèmes résolus dont plusieurs comportent un diagramme : MS 3052

TABLEAU VI.0. Application des « critères Nord-Sud » à la tablette MS 3052	405
TABLEAU VI.1. Positionnement de la tablette MS 3052 par rapport aux « groupes de Goetze » sur la base du format et de la structure des problèmes	407
TABLEAU VI.2. Positionnement de la tablette MS 3052 par rapport aux « groupes de Goetze » sur la base du vocabulaire employé	408
Translittération et traduction du colophon MS 3052 #9	416
TABLEAU VI.4. Correspondance des différentes numérotations des sections de la tablette MS 3052	419

Chapitre VII - Un groupe de tablettes de Babylonie du Nord présentant des diagrammes qui relèvent d'une tradition mathématique différente : Ist Si 181 et al.

TABLEAU VII.1. Exemples de tablettes paléo-babyloniennes inédites qui semblent comporter un ou des diagrammes mathématiques	470
TABLEAU VII.2. Exemples de tablettes paléo-babyloniennes inédites qui semblent comporter un ou des diagrammes mathématiques	471

Annexe A - Abréviations et conventions d'édition

Annexe B - Nombres et mesures à l'époque paléo-babylonienne

Annexe C - Critères de provenance pour les tablettes mathématiques

TABLEAU C.0. Critères proposés par A. Goetze pour distinguer les tablettes mathématiques paléo-babyloniennes provenant du Nord et du Sud de la Babylonie . . .	521
--	-----

TABLEAU C.1. Groupes de tablettes mathématiques paléo-babyloniennes décrits par A. Goetze	523
TABLEAU C.2. Groupes de tablettes mathématiques paléo-babyloniennes décrits par J. Høyrup	524
TABLEAU C.3 « Tableau inversé » reprenant les observations de J. Høyrup sur la struc- ture de le format des problèmes dans les différents groupes de tablettes	530
TABLEAU C.4 « Tableau inversé » reprenant les observations de J. Høyrup sur le voca- bulaire technique employé dans les différents groupes de tablettes	532
TABLEAU C.5. Groupes de tablettes mathématiques paléo-babyloniennes décrits par J. Friberg	535
TABLEAU C.6. « Tableau inversé » reprenant les termes sumériens relevés par J. Friberg dans les différents groupes de tablettes	538

Annexe D - Glossaires analytiques des termes rencontrés

Annexe E - Documentation de la base de données MathCun

Crédits photographiques

FIGURE I.4 (page 34) : N 2456, photographie tirée de la base de données du CDLI, courtoisie du Penn Museum (Philadelphie) • BM 79861, photographie tirée du site Internet du British Museum, © Trustees of the British Museum (Londres)

TABLEAU I.2 (pages 45-51) : AO 10642, photographie tirée de la base de données Atlas, © Musée du Louvre – Département des Antiquités Orientales (Paris) • BM 85194, photographie tirée du site Internet du British Museum, © Trustees of the British Museum (Londres) • BM 85196, photographie tirée du site Internet du British Museum, © Trustees of the British Museum (Londres) • VAT 6598, photographie réalisée par O. M. Teßmer, © Staatliche Museen zu Berlin – Vorderasiatisches Museum (Berlin) • BNUS 364, photographie tirée de la base de données du CDLI, courtoisie de la Bibliothèque Nationale et Universitaire (Strasbourg) • BNUS 367, photographie réalisée par J. Jawdat, courtoisie de la Bibliothèque Nationale et Universitaire (Strasbourg) • LB 1821, photographie tirée de la base de données du CDLI, courtoisie du Netherlands Institute for the Near East – De Liagre Böhl Collection (Leiden) • MLC 1354, photographie réalisée par K. Wagensooner et tirée du site Internet de la Yale Babylonian Collection, courtoisie du Yale Peabody Museum of Natural History (New Haven) • MLC 1950, photographie réalisée par K. Wagensooner et tirée du site Internet de la Yale Babylonian Collection, courtoisie du Yale Peabody Museum of Natural History (New Haven) • VAT 7532, photographie réalisée par C. Proust, © Staatliche Museen zu Berlin – Vorderasiatisches Museum (Berlin) • VAT 7535, photographie réalisée par C. Proust, © Staatliche Museen zu Berlin – Vorderasiatisches Museum (Berlin) • VAT 7621, photographie réalisée par A. Reynaud, © Staatliche Museen zu Berlin – Vorderasiatisches Museum (Berlin) • VAT 8393, photographie réalisée par A. Reynaud, © Staatliche Museen zu Berlin – Vorderasiatisches Museum (Berlin) • VAT 8522, photographie réalisée par C. Proust, © Staatliche Museen zu Berlin – Vorderasiatisches Museum (Berlin) • YBC 4675, photographie réalisée par K. Wagensooner, courtoisie du Yale Peabody Museum of Natural History (New Haven) • YBC 8633, photographie réalisée par K. Wagensooner, courtoisie du Yale Peabody Museum of Natural History (New Haven)

TABLEAU I.3 (pages 52-57) : BM 15285, photographie tirée du site Internet du British Museum, © Trustees of the British Museum (Londres)

TABLEAU I.4 (pages 57-58) : Sb 13928, photographie tirée de la base de données Atlas, © Musée du Louvre – Département des Antiquités Orientales (Paris)

FIGURE I.16 (page 70) : YBC 3895, photographie tirée de la base de données du CDLI, courtoisie du Yale Peabody Museum of Natural History (New Haven)

FIGURE I.17 (page 71) : YBC 3892, photographie tirée de la base de données du CDLI, courtoisie du Yale Peabody Museum of Natural History (New Haven)

TABLEAU I.6 (pages 79-89) : Ashm 1922.168, photographie tirée de la base de données du CDLI, courtoisie du Ashmolean Museum (Oxford) • AUAM 73.2834, photographie tirée de la base de données du CDLI, courtoisie de Andrews University – Horn Museum Cuneiform Collection (Berrien Springs) • AUAM 73.2841, photographie tirée de la base de données du CDLI, courtoisie de Andrews University – Horn Museum Cuneiform Collection (Berrien Springs) • CULC 458, photographie tirée de la base de données du CDLI, courtoisie de Columbia University – Rare Book & Manuscript Library (New York) • Ist O 4360, photographie réalisée par C. Proust, courtoisie du Istanbul Arkeoloji Müzeleri (Istanbul) • Ist Si 269, photographie réalisée par C. Proust, courtoisie du Istanbul Arkeoloji Müzeleri (Istanbul) • MAH 16055, photographie réalisée par C. Proust, courtoisie du Musée d'Art et d'Histoire (Genève) • OIM A 30279, photographie tirée de la base de données du CDLI, courtoisie de l'Institute for the Study of Ancient Cultures of the University of Chicago (Chicago) • UM 29-15-709, photographie tirée de la base de données du CDLI, courtoisie du Penn Museum (Philadelphie) • YBC 3892, photographie réalisée par C. Proust, courtoisie du Yale Peabody Museum of Natural History (New Haven) • YBC 7289, photographie réalisée par A. Urcia et tirée du site Internet de la Yale Babylonian Collection, courtoisie du Yale Peabody Museum of Natural History (New Haven) • YBC 7290, photographie réalisée par K. Wagensooner et tirée du site Internet de la Yale Babylonian Collection, courtoisie du Yale Peabody Museum of Natural History (New Haven) • YBC 7302, photographie tirée du site Internet de la Yale Babylonian Collection, courtoisie du Yale Peabody Museum of Natural History (New Haven) • YBC 7359,

photographie réalisée par C. Proust, courtoisie du Yale Peabody Museum of Natural History (New Haven) • YBC 11120, photographie réalisée par C. Proust, courtoisie du Yale Peabody Museum of Natural History (New Haven) • YBC 11126, photographie réalisée par K. Wagensonner et tirée du site Internet de la Yale Babylonian Collection, courtoisie du Yale Peabody Museum of Natural History (New Haven)

TABLEAU I.7 (page 90) : Sb 13087, photographie tirée de la base de données Atlas, © Musée du Louvre – Département des Antiquités Orientales (Paris) • Sb 13088, photographie tirée de la base de données Atlas, © Musée du Louvre – Département des Antiquités Orientales (Paris)

FIGURE I.26 (page 101) : PTS 50, photographie tirée de la base de données du CDLI, courtoisie du Princeton Theological Seminary – Wright library – Special collections (Princeton) • YBC 7291, photographie réalisée par C. Proust, courtoisie du Yale Peabody Museum of Natural History (New Haven)

FIGURE I.27 (page 102) : N 4942, photographie tirée de la base de données du CDLI, courtoisie du Penn Museum (Philadelphie)

FIGURE II.1 (page 130) : VAT 8393, photographie réalisée par A. Reynaud, © Staatliche Museen zu Berlin – Vorderasiatisches Museum (Berlin)

FIGURE II.3 (page 131) : Sb 13087, photographie réalisée par C. Proust, courtoisie du Musée du Louvre – Département des Antiquités Orientales (Paris) • MAH 16055, photographie réalisée par C. Proust, courtoisie du Musée d'Art et d'Histoire (Genève)

FIGURE II.4 (page 133) : OIM A 30279, photographie tirée de la base de données du CDLI, courtoisie de l'Institute for the Study of Ancient Cultures of the University of Chicago (Chicago)

FIGURE II.5 (page 134) : BM 15285, photographie tirée du site Internet du British Museum, © Trustees of the British Museum (Londres)

FIGURE II.6 (page 135) : YBC 3895, photographie réalisée par C. Proust, courtoisie du Yale Peabody Museum of Natural History (New Haven) • Ist Si 269, photographie réalisée par C. Proust, courtoisie du Istanbul Arkeoloji Müzeleri (Istanbul)

FIGURE II.7 (page 136) : YBC 7290, photographie réalisée par K. Wagensonner et tirée du site Internet de la Yale Babylonian Collection, courtoisie du Yale Peabody Museum of Natural History (New Haven) • OIM A 30279, photographie tirée de la base de données du CDLI, courtoisie de l'Institute for the Study of Ancient Cultures of the University of Chicago (Chicago)

FIGURE II.8 (page 137) : VAT 6598, photographie réalisée par O. M. Teßmer, © Staatliche Museen zu Berlin – Vorderasiatisches Museum (Berlin) • MAH 16055, photographie réalisée par C. Proust, courtoisie du Musée d'Art et d'Histoire (Genève)

FIGURE II.9 (page 137) : Sb 13087, photographie réalisée par C. Proust, courtoisie du Musée du Louvre – Département des Antiquités Orientales (Paris)

FIGURE II.10 (page 138) : YBC 4675, photographie réalisée par K. Wagensonner, courtoisie du Yale Peabody Museum of Natural History (New Haven)

FIGURE II.11 (page 140) : YBC 7359, photographie réalisée par C. Proust, courtoisie du Yale Peabody Museum of Natural History (New Haven)

FIGURE II.13 (page 143) : Sb 13088, photographie réalisée par C. Proust, courtoisie du Musée du Louvre – Département des Antiquités Orientales (Paris) • YBC 7290, photographie réalisée par K. Wagensonner et tirée du site Internet de la Yale Babylonian Collection, courtoisie du Yale Peabody Museum of Natural History (New Haven) • BM 85194, photographie tirée du site Internet du British Museum, © Trustees of the British Museum (Londres) • YBC 11126, photographie réalisée par K. Wagensonner et tirée du site Internet de la Yale Babylonian Collection, courtoisie du Yale Peabody Museum of Natural History (New Haven)

FIGURE II.14 (page 143) : YBC 8633, photographie réalisée par K. Wagensonner, courtoisie du Yale Peabody Museum of Natural History (New Haven) • YBC 11126, photographie réalisée par K. Wagensonner et tirée du site Internet de la Yale Babylonian Collection, courtoisie du Yale Peabody Museum of Natural History (New Haven)

FIGURE II.15 (page 144) : VAT 8522, photographie réalisée par C. Proust, © Staatliche Museen zu Berlin – Vorderasiatisches Museum (Berlin) • BNUS 364, photographie tirée de la base de données du CDLI, courtoisie de la Bibliothèque Nationale et Universitaire (Strasbourg)

FIGURE II.16 (page 144) : BM 85194, photographie tirée du site Internet du British Museum, © Trustees of the British Museum (Londres) • YBC 8633, photographie réalisée par K. Wagensonner, courtoisie du Yale Peabody Museum of Natural History (New Haven) • VAT 7535, photographie réalisée par C. Proust, © Staatliche Museen zu Berlin – Vorderasiatisches Museum (Berlin)

FIGURE II.17 (page 145) : YBC 3892, photographie réalisée par C. Proust, courtoisie du Yale Peabody Museum of Natural History (New Haven) • BM 15285, photographie tirée du site Internet du British Museum, © Trustees of the British Museum (Londres)

FIGURE II.18 (page 145) : VAT 7535, photographie réalisée par C. Proust, © Staatliche Museen zu Berlin – Vorderasiatisches Museum (Berlin)

FIGURE II.19 (page 146) : YBC 8633, photographie réalisée par K. Wagensonner, courtoisie du Yale Peabody Museum of Natural History (New Haven) • BM 85194, photographie tirée du site Internet du British Museum, © Trustees of the British Museum (Londres) • VAT 7532, photographie réalisée par C. Proust, © Staatliche Museen zu Berlin – Vorderasiatisches Museum (Berlin)

FIGURE II.20 (page 147) : VAT 8522, photographie réalisée par C. Proust, © Staatliche Museen zu Berlin – Vorderasiatisches Museum (Berlin) • MLC 1950, photographie réalisée par K. Wagensonner et tirée du site Internet de la Yale Babylonian Collection, courtoisie du Yale Peabody Museum of Natural History (New Haven) • BM 85194, photographie tirée du site Internet du British Museum, © Trustees of the British Museum (Londres)

FIGURE II.21 (page 148) : BM 85194, photographie tirée du site Internet du British Museum, © Trustees of the British Museum (Londres) • VAT 8522, photographie réalisée par C. Proust, © Staatliche Museen zu Berlin – Vorderasiatisches Museum (Berlin) • BM 15285, photographie tirée du site Internet du British Museum, © Trustees of the British Museum (Londres)

FIGURE II.22 (page 150) : VAT 7532, photographie réalisée par C. Proust, © Staatliche Museen zu Berlin – Vorderasiatisches Museum (Berlin) • VAT 8522, photographie réalisée par C. Proust, © Staatliche Museen zu Berlin – Vorderasiatisches Museum (Berlin) • LB 1821, photographie tirée de la base de données du CDLI, courtoisie du Netherlands Institute for the Near East – De Liagre Böhl Collection (Leiden) • YBC 3892, photographie réalisée par C. Proust, courtoisie du Yale Peabody Museum of Natural History (New Haven) • YBC 7290, photographie réalisée par C. Proust, courtoisie du Yale Peabody Museum of Natural History (New Haven)

FIGURE II.23 (page 150) : Ist Si 269, photographie réalisée par C. Proust, courtoisie du Istanbul Arkeoloji Müzeleri (Istanbul) • Ist O 4360, photographie réalisée par C. Proust, courtoisie du Istanbul Arkeoloji Müzeleri (Istanbul)

FIGURE II.24 (page 151) : BNUS 367, photographie réalisée par J. Jawdat, courtoisie de la Bibliothèque Nationale et Universitaire (Strasbourg) • BM 85196, photographie tirée du site Internet du British Museum, © Trustees of the British Museum (Londres) • VAT 7532, photographie réalisée par C. Proust, © Staatliche Museen zu Berlin – Vorderasiatisches Museum (Berlin) • VAT 8522, photographie réalisée par C. Proust, © Staatliche Museen zu Berlin – Vorderasiatisches Museum (Berlin)

FIGURE II.25 (page 152) : BM 85194, photographie tirée du site Internet du British Museum, © Trustees of the British Museum (Londres)

FIGURE II.26 (page 153) : Sb 13928, photographie tirée de la base de données Atlas, © Musée du Louvre – Département des Antiquités Orientales (Paris) • LB 1821, photographie tirée de la base de données du CDLI, courtoisie du Netherlands Institute for the Near East – De Liagre Böhl Collection (Leiden) • MLC 1354, photographie réalisée par K. Wagensonner, courtoisie du Yale Peabody Museum of Natural History (New Haven)

FIGURE II.27 (page 153) : YBC 4675, photographie réalisée par K. Wagensonner, courtoisie du Yale Peabody Museum of Natural History (New Haven) • VAT 7532, photographie réalisée par C. Proust, ©

Staatliche Museen zu Berlin – Vorderasiatisches Museum (Berlin) • YBC 8633, photographie réalisée par K. Wagensonner, courtoisie du Yale Peabody Museum of Natural History (New Haven)

FIGURE II.28 (page 153) : VAT 6598, photographie réalisée par C. Proust, © Staatliche Museen zu Berlin – Vorderasiatisches Museum (Berlin) • Ist O 4360, photographie réalisée par C. Proust, courtoisie du Istanbul Arkeoloji Müzeleri (Istanbul)

FIGURE II.29 (page 155) : VAT 7621, photographie réalisée par O. M. Teßmer, © Staatliche Museen zu Berlin – Vorderasiatisches Museum (Berlin) • Sb 13928, photographie tirée de la base de données Atlas, © Musée du Louvre – Département des Antiquités Orientales (Paris)

FIGURE II.30 (page 155) : Sb 13088, photographie tirée de la base de données Atlas, © Musée du Louvre – Département des Antiquités Orientales (Paris) • AUAM 73.2834, photographie tirée de la base de données du CDLI, courtoisie de Andrews University – Horn Museum Cuneiform Collection (Berrien Springs) • Ist Si 269, photographie réalisée par C. Proust, courtoisie du Istanbul Arkeoloji Müzeleri (Istanbul)

FIGURE II.31 (page 156) : LB 1821, photographie tirée de la base de données du CDLI, courtoisie du Netherlands Institute for the Near East – De Liagre Böhl Collection (Leiden) • BM 15285, photographie tirée du site Internet du British Museum, © Trustees of the British Museum (Londres)

FIGURE II.32 (page 157) : BM 85194, photographie tirée du site Internet du British Museum, © Trustees of the British Museum (Londres) • YBC 7359, photographie réalisée par C. Proust, courtoisie du Yale Peabody Museum of Natural History (New Haven)

FIGURE II.33 (page 158) : YBC 11120, photographie réalisée par C. Proust, courtoisie du Yale Peabody Museum of Natural History (New Haven) • Sb 13087, photographie réalisée par C. Proust, courtoisie du Musée du Louvre – Département des Antiquités Orientales (Paris) • VAT 6598, photographie réalisée par C. Proust, © Staatliche Museen zu Berlin – Vorderasiatisches Museum (Berlin)

FIGURE II.34 (page 160) : AO 10642, photographie réalisée par C. Proust, courtoisie du Musée du Louvre – Département des Antiquités Orientales (Paris) • BNUS 367, photographie réalisée par J. Jawdat, courtoisie de la Bibliothèque Nationale et Universitaire (Strasbourg) • VAT 6598, photographie réalisée par C. Proust, © Staatliche Museen zu Berlin – Vorderasiatisches Museum (Berlin)

FIGURE II.35 (page 160) : UM 29-15-709, photographie tirée de la base de données du CDLI, courtoisie du Penn Museum (Philadelphie) • YBC 7290, photographie réalisée par C. Proust, courtoisie du Yale Peabody Museum of Natural History (New Haven)

FIGURE II.36 (page 161) : UM 29-15-709, photographie tirée de la base de données du CDLI, courtoisie du Penn Museum (Philadelphie) • MLC 1950, photographie réalisée par K. Wagensonner et tirée du site Internet de la Yale Babylonian Collection, courtoisie du Yale Peabody Museum of Natural History (New Haven)

FIGURE II.39 (page 167) : Ashm 1922.168, photographie tirée de la base de données du CDLI, courtoisie du Ashmolean Museum (Oxford) • UM 29-15-709, photographie tirée de la base de données du CDLI, courtoisie du Penn Museum (Philadelphie) • YBC 8633, photographie réalisée par K. Wagensonner, courtoisie du Yale Peabody Museum of Natural History (New Haven)

FIGURE II.40 (page 171) : Ist O 3930, photographie réalisée par C. Proust, courtoisie du Istanbul Arkeoloji Müzeleri (Istanbul) • YBC 3892, photographie réalisée par C. Proust, courtoisie du Yale Peabody Museum of Natural History (New Haven) • BNUS 367, photographie réalisée par J. Jawdat, courtoisie de la Bibliothèque Nationale et Universitaire (Strasbourg) • OIM A 30279, photographie tirée de la base de données du CDLI, courtoisie de l'Institute for the Study of Ancient Cultures of the University of Chicago (Chicago) • AUAM 73.2841, photographie tirée de la base de données du CDLI, courtoisie de Andrews University – Horn Museum Cuneiform Collection (Berrien Springs)

FIGURE II.42 (page 175) : YBC 11126, photographie réalisée par C. Proust, courtoisie du Yale Peabody Museum of Natural History (New Haven) • YBC 11120, photographie réalisée par C. Proust, courtoisie du Yale Peabody Museum of Natural History (New Haven)

FIGURE II.44 (page 179) : VAT 8522, photographie réalisée par C. Proust, © Staatliche Museen zu Berlin – Vorderasiatisches Museum (Berlin) • BNUS 364, photographie tirée de la base de données du

CDLI, courtoisie de la Bibliothèque Nationale et Universitaire (Strasbourg) • VAT 6598, photographie réalisée par C. Proust, © Staatliche Museen zu Berlin – Vorderasiatisches Museum (Berlin)

FIGURE II.45 (page 179) : Sb 13088, photographie réalisée par C. Proust, courtoisie du Musée du Louvre – Département des Antiquités Orientales (Paris) • VAT 7532, photographie réalisée par C. Proust, © Staatliche Museen zu Berlin – Vorderasiatisches Museum (Berlin)

FIGURE II.47 (page 181) : SC 1, 011, photographie tirée de la base de données du CDLI, courtoisie de UCLA Library Special Collections – Lloyd E. Cotsen cuneiform tablets collection (Los Angeles) • PARS 12/01, 074, photographie tirée de la base de données du CDLI, courtoisie de UCLA Library Special Collections – Lloyd E. Cotsen cuneiform tablets collection (Los Angeles) • BM 92669, photographie tirée du site Internet du British Museum, © Trustees of the British Museum (Londres)

FIGURE II.48 (page 182) : YBC 7290, photographie réalisée par C. Proust, courtoisie du Yale Peabody Museum of Natural History (New Haven) • YBC 7359, photographie réalisée par C. Proust, courtoisie du Yale Peabody Museum of Natural History (New Haven) • VAT 6598, photographie réalisée par C. Proust, © Staatliche Museen zu Berlin – Vorderasiatisches Museum (Berlin)

FIGURE II.49 (page 182) : Ist Si 269, photographie réalisée par C. Proust, courtoisie du Istanbul Arkeoloji Müzeleri (Istanbul)

FIGURE II.50 (page 183) : Sb 13087, photographie tirée de la base de données Atlas, © Musée du Louvre – Département des Antiquités Orientales (Paris) • Sb 13088, photographie réalisée par C. Proust, courtoisie du Musée du Louvre – Département des Antiquités Orientales (Paris)

FIGURE II.51 (page 184) : VAT 7621, photographie réalisée par A. Reynaud, © Staatliche Museen zu Berlin – Vorderasiatisches Museum (Berlin)

FIGURE II.52 (page 184) : YBC 7359, photographie réalisée par C. Proust, courtoisie du Yale Peabody Museum of Natural History (New Haven)

FIGURE II.53 (page 187) : Sb 13087, photographie tirée de la base de données Atlas, © Musée du Louvre – Département des Antiquités Orientales (Paris)

FIGURE II.54 (page 187) : Statue de Gudea B, photographie tirée de la base de données Atlas, © Musée du Louvre – Département des Antiquités Orientales (Paris) • Statue de Gudea F, photographie tirée de la base de données Atlas, © Musée du Louvre – Département des Antiquités Orientales (Paris)

FIGURE II.56 (page 189) : AUAM 73.2841, photographie tirée de la base de données du CDLI, courtoisie de Andrews University – Horn Museum Cuneiform Collection (Berrien Springs) • LB 1821, photographie tirée de la base de données du CDLI, courtoisie du Netherlands Institute for the Near East – De Liagre Böhl Collection (Leiden) • Sb 13087, photographie tirée de la base de données Atlas, © Musée du Louvre – Département des Antiquités Orientales (Paris)

FIGURE II.57 (page 189) : BM 15285, photographie tirée du site Internet du British Museum, © Trustees of the British Museum (Londres) • BM 85194, photographie tirée du site Internet du British Museum, © Trustees of the British Museum (Londres)

FIGURE II.58 (page 190) : BM 85194, photographie tirée du site Internet du British Museum, © Trustees of the British Museum (Londres) • YBC 11120, photographie réalisée par C. Proust, courtoisie du Yale Peabody Museum of Natural History (New Haven)

FIGURE II.59 (page 191) : BM 85194, photographie tirée du site Internet du British Museum, © Trustees of the British Museum (Londres)

FIGURE II.60 (page 192) : Sb 13088, photographie réalisée par A. Reynaud, courtoisie du Musée du Louvre – Département des Antiquités Orientales (Paris)

FIGURE II.66 (page 198) : VAT 6598, photographie réalisée par C. Proust, © Staatliche Museen zu Berlin – Vorderasiatisches Museum (Berlin)

FIGURE II.67 (page 199) : YBC 7359, photographie réalisée par C. Proust, courtoisie du Yale Peabody Museum of Natural History (New Haven)

FIGURE II.68 (page 201) : AO 10642, photographie réalisée par C. Proust, courtoisie du Musée du Louvre – Département des Antiquités Orientales (Paris) • YBC 7359, photographie réalisée par C. Proust, courtoisie du Yale Peabody Museum of Natural History (New Haven) • VAT 7621, photographie réalisée par A. Reynaud, © Staatliche Museen zu Berlin – Vorderasiatisches Museum (Berlin) • YBC 11120, photographie réalisée par C. Proust, courtoisie du Yale Peabody Museum of Natural History (New Haven) • Ist Si 269, photographie réalisée par C. Proust, courtoisie du Istanbul Arkeoloji Müzeleri (Istanbul)

FIGURE II.69 (page 202) : VAT 6598, photographie réalisée par C. Proust, © Staatliche Museen zu Berlin – Vorderasiatisches Museum (Berlin)

FIGURE II.70 (page 203) : VAT 6598, photographie réalisée par C. Proust, © Staatliche Museen zu Berlin – Vorderasiatisches Museum (Berlin)

FIGURE II.71 (page 205) : Sb 13087, photographie réalisée par A. Reynaud, courtoisie du Musée du Louvre – Département des Antiquités Orientales (Paris) • YBC 4675, photographie réalisée par K. Wagenonner, courtoisie du Yale Peabody Museum of Natural History (New Haven)

FIGURE II.72 (page 205) : VAT 7621, photographie réalisée par A. Reynaud, © Staatliche Museen zu Berlin – Vorderasiatisches Museum (Berlin)

FIGURE II.73 (page 206) : Sb 13087, photographie réalisée par A. Reynaud, courtoisie du Musée du Louvre – Département des Antiquités Orientales (Paris) • UM 29-15-709, photographie tirée de la base de données du CDLI, courtoisie du Penn Museum (Philadelphie)

FIGURE II.74 (page 207) : MAH 16055, photographie réalisée par C. Proust, courtoisie du Musée d'Art et d'Histoire (Genève) • VAT 7532, photographie réalisée par C. Proust, © Staatliche Museen zu Berlin – Vorderasiatisches Museum (Berlin)

FIGURE II.75 (page 207) : Sb 13088, photographie réalisée par A. Reynaud, courtoisie du Musée du Louvre – Département des Antiquités Orientales (Paris)

FIGURE II.76 (page 208) : Sb 13088, photographie réalisée par A. Reynaud, courtoisie du Musée du Louvre – Département des Antiquités Orientales (Paris)

FIGURE II.78 (page 211) : BNUS 364, photographie tirée de la base de données du CDLI, courtoisie de la Bibliothèque Nationale et Universitaire (Strasbourg)

FIGURE II.80 (page 212) : YBC 4675, photographie réalisée par K. Wagenonner, courtoisie du Yale Peabody Museum of Natural History (New Haven)

FIGURE III.1 (page 219) : BM 85196, photographie tirée du site Internet du British Museum, © Trustees of the British Museum (Londres) • VAT 6598, photographie réalisée par O. M. Teßmer, © Staatliche Museen zu Berlin – Vorderasiatisches Museum (Berlin) • LB 1821, photographie tirée de la base de données du CDLI, courtoisie du Netherlands Institute for the Near East – De Liagre Böhl Collection (Leiden)

FIGURE III.2 (page 219) : BNUS 367, photographie réalisée par J. Jawdat, courtoisie de la Bibliothèque Nationale et Universitaire (Strasbourg) • VAT 8522, photographie réalisée par C. Proust, © Staatliche Museen zu Berlin – Vorderasiatisches Museum (Berlin) • BM 83400, photographie tirée du site Internet du British Museum, © Trustees of the British Museum (Londres)

FIGURE III.7 (page 253) : YBC 7290, photographie réalisée par C. Proust, courtoisie du Yale Peabody Museum of Natural History (New Haven)

FIGURE III.8 (page 254) : VAT 7532, photographie réalisée par C. Proust, © Staatliche Museen zu Berlin – Vorderasiatisches Museum (Berlin) • MAH 16055, photographie réalisée par C. Proust, courtoisie du Musée d'Art et d'Histoire (Genève)

FIGURE III.9 (page 255) : BNUS 364, photographie tirée de la base de données du CDLI, courtoisie de la Bibliothèque Nationale et Universitaire (Strasbourg)

FIGURE III.11 (page 258) : Sb 13088, photographie réalisée par A. Reynaud, courtoisie du Musée du Louvre – Département des Antiquités Orientales (Paris)

FIGURE IV.1 (page 268) : BNUS 367, photographie tirée de la base de données du CDLI, courtoisie de la Bibliothèque Nationale et Universitaire (Strasbourg)

FIGURE IV.3 (page 269) : Sb 13088, photographie tirée de la base de données Atlas, © Musée du Louvre – Département des Antiquités Orientales (Paris) • YBC 8633, photographie réalisée par K. Wagensonner et tirée du site Internet de la Yale Babylonian Collection, courtoisie du Yale Peabody Museum of Natural History (New Haven)

FIGURE IV.4 (page 271) : YBC 4675, photographie réalisée par K. Wagensonner, courtoisie du Yale Peabody Museum of Natural History (New Haven)

FIGURE V.2 (page 321) : BNUS 367, photographie tirée de la base de données du CDLI, courtoisie de la Bibliothèque Nationale et Universitaire (Strasbourg)

FIGURE V.3 (page 322) : BNUS 367, photographie réalisée par J. Jawdat, courtoisie de la Bibliothèque Nationale et Universitaire (Strasbourg) • BNUS 367, photographie tirée de la base de données du CDLI, courtoisie de la Bibliothèque Nationale et Universitaire (Strasbourg)

FIGURE V.4 (page 322) : BNUS 367, photographie réalisée par J. Jawdat, courtoisie de la Bibliothèque Nationale et Universitaire (Strasbourg)

FIGURE V.5 (page 323) : BNUS 367, photographie réalisée par J. Jawdat, courtoisie de la Bibliothèque Nationale et Universitaire (Strasbourg)

FIGURE V.6 (page 323) : BNUS 367, photographie réalisée par J. Jawdat, courtoisie de la Bibliothèque Nationale et Universitaire (Strasbourg)

FIGURE V.7 (page 324) : BNUS 367, photographie réalisée par J. Jawdat, courtoisie de la Bibliothèque Nationale et Universitaire (Strasbourg)

FIGURE V.8 (page 324) : BNUS 367, photographie tirée de la base de données du CDLI, courtoisie de la Bibliothèque Nationale et Universitaire (Strasbourg)

FIGURE V.9 (page 324) : BNUS 367, photographie réalisée par J. Jawdat, courtoisie de la Bibliothèque Nationale et Universitaire (Strasbourg)

FIGURE V.10 (page 326) : BNUS 367, photographie réalisée par J. Jawdat, courtoisie de la Bibliothèque Nationale et Universitaire (Strasbourg)

FIGURE V.11 (page 326) : BNUS 367, photographie réalisée par J. Jawdat, courtoisie de la Bibliothèque Nationale et Universitaire (Strasbourg)

FIGURE V.12 (page 327) : BNUS 367, photographie réalisée par J. Jawdat, courtoisie de la Bibliothèque Nationale et Universitaire (Strasbourg)

FIGURE V.13 (page 329) : BNUS 367, photographie réalisée par J. Jawdat, courtoisie de la Bibliothèque Nationale et Universitaire (Strasbourg) • YBC 7290, photographie réalisée par C. Proust, courtoisie du Yale Peabody Museum of Natural History (New Haven) • VAT 7621, photographie réalisée par A. Reynaud, © Staatliche Museen zu Berlin – Vorderasiatisches Museum (Berlin)

FIGURE V.14 (page 330) : BNUS 367, photographie réalisée par A. Reynaud, courtoisie de la Bibliothèque Nationale et Universitaire (Strasbourg)

FIGURE V.15 (page 330) : BNUS 367, photographie réalisée par J. Jawdat, courtoisie de la Bibliothèque Nationale et Universitaire (Strasbourg)

FIGURE V.16 (page 330) : BNUS 367, photographie réalisée par J. Jawdat, courtoisie de la Bibliothèque Nationale et Universitaire (Strasbourg)

FIGURE V.17 (page 331) : BNUS 367, photographie réalisée par J. Jawdat, courtoisie de la Bibliothèque Nationale et Universitaire (Strasbourg)

FIGURE V.18 (page 331) : BNUS 367, photographie réalisée par J. Jawdat, courtoisie de la Bibliothèque Nationale et Universitaire (Strasbourg)

FIGURE V.19 (page 333) : BNUS 367, photographie réalisée par J. Jawdat, courtoisie de la Bibliothèque Nationale et Universitaire (Strasbourg)

FIGURE V.26 (page 369) : YBC 8633, photographie réalisée par K. Wagensonner, courtoisie du Yale Peabody Museum of Natural History (New Haven)

FIGURE V.27 (page 373) : YBC 8633, photographie réalisée par K. Wagensonner, courtoisie du Yale Peabody Museum of Natural History (New Haven)

FIGURE V.28 (page 373) : YBC 8633, photographie réalisée par K. Wagensonner, courtoisie du Yale Peabody Museum of Natural History (New Haven)

FIGURE V.29 (page 374) : YBC 8633, photographie réalisée par K. Wagensonner, courtoisie du Yale Peabody Museum of Natural History (New Haven)

FIGURE V.30 (page 375) : YBC 8633, photographie réalisée par K. Wagensonner, courtoisie du Yale Peabody Museum of Natural History (New Haven)

FIGURE V.31 (page 376) : YBC 8633, photographie réalisée par K. Wagensonner, courtoisie du Yale Peabody Museum of Natural History (New Haven)

FIGURE V.32 (page 376) : YBC 8633, photographie réalisée par K. Wagensonner et tirée du site Internet de la Yale Babylonian Collection, courtoisie du Yale Peabody Museum of Natural History (New Haven)

FIGURE V.33 (page 377) : YBC 8633, photographie réalisée par K. Wagensonner et tirée du site Internet de la Yale Babylonian Collection, courtoisie du Yale Peabody Museum of Natural History (New Haven)

FIGURE V.34 (page 377) : YBC 8633, photographie réalisée par K. Wagensonner, courtoisie du Yale Peabody Museum of Natural History (New Haven) • YBC 8633, photographie réalisée par K. Wagensonner et tirée du site Internet de la Yale Babylonian Collection, courtoisie du Yale Peabody Museum of Natural History (New Haven)

FIGURE V.35 (page 377) : YBC 8633, photographie réalisée par K. Wagensonner, courtoisie du Yale Peabody Museum of Natural History (New Haven)

FIGURE V.36 (page 378) : YBC 8633, photographie réalisée par K. Wagensonner, courtoisie du Yale Peabody Museum of Natural History (New Haven) • YBC 8633, photographie réalisée par K. Wagensonner et tirée du site Internet de la Yale Babylonian Collection, courtoisie du Yale Peabody Museum of Natural History (New Haven)

FIGURE V.37 (page 380) : YBC 8633, photographie réalisée par K. Wagensonner, courtoisie du Yale Peabody Museum of Natural History (New Haven)

FIGURE V.38 (page 380) : YBC 8633, photographie réalisée par K. Wagensonner, courtoisie du Yale Peabody Museum of Natural History (New Haven)

FIGURE V.39 (page 382) : YBC 8633, photographie réalisée par K. Wagensonner, courtoisie du Yale Peabody Museum of Natural History (New Haven)

FIGURE V.40 (page 383) : YBC 8633, photographie réalisée par K. Wagensonner, courtoisie du Yale Peabody Museum of Natural History (New Haven)

FIGURE VI.6 (page 415) : YBC 4663, photographie réalisée par C. Proust, courtoisie du Yale Peabody Museum of Natural History (New Haven) • YBC 4662, photographie réalisée par C. Proust, courtoisie du Yale Peabody Museum of Natural History (New Haven)

FIGURE VII.1 (page 471) : Ist Si 169, photographie réalisée par C. Proust, courtoisie du Istanbul Arkeoloji Müzeleri (Istanbul) • Ist Si 178, photographie réalisée par C. Proust, courtoisie du Istanbul Arkeoloji

Müzeleri (Istanbul) • Ist Si 180, photographie réalisée par C. Proust, courtoisie du Istanbul Arkeoloji Müzeleri (Istanbul) • Ist Si 181, photographie réalisée par C. Proust, courtoisie du Istanbul Arkeoloji Müzeleri (Istanbul) • Ist Si 718, photographie réalisée par C. Proust, courtoisie du Istanbul Arkeoloji Müzeleri (Istanbul)

FIGURE VII.2 (page 472) : Ist Si 169, photographie réalisée par C. Proust, courtoisie du Istanbul Arkeoloji Müzeleri (Istanbul) • Ist Si 178, photographie réalisée par C. Proust, courtoisie du Istanbul Arkeoloji Müzeleri (Istanbul) • Ist Si 181, photographie réalisée par C. Proust, courtoisie du Istanbul Arkeoloji Müzeleri (Istanbul) • Ist Si 718, photographie réalisée par C. Proust, courtoisie du Istanbul Arkeoloji Müzeleri (Istanbul)

FIGURE VII.5 (page 477) : Ist Si 181, photographie réalisée par C. Proust, courtoisie du Istanbul Arkeoloji Müzeleri (Istanbul)

FIGURE VII.6 (page 478) : Ist Si 181, photographie réalisée par C. Proust, courtoisie du Istanbul Arkeoloji Müzeleri (Istanbul)

FIGURE VII.7 (page 480) : Ist Si 181, photographie réalisée par C. Proust, courtoisie du Istanbul Arkeoloji Müzeleri (Istanbul)

FIGURE VII.8 (page 481) : Ist Si 181, photographie réalisée par C. Proust, courtoisie du Istanbul Arkeoloji Müzeleri (Istanbul)

FIGURE VII.9 (page 481) : Ist Si 181, photographie réalisée par C. Proust, courtoisie du Istanbul Arkeoloji Müzeleri (Istanbul)

FIGURE VII.13 (page 485) : Ist Si 181, photographie réalisée par C. Proust, courtoisie du Istanbul Arkeoloji Müzeleri (Istanbul)

FIGURE VII.14 (page 485) : Ist Si 181, photographie réalisée par C. Proust, courtoisie du Istanbul Arkeoloji Müzeleri (Istanbul)

FIGURE VII.15 (page 486) : Ist Si 181, photographie réalisée par C. Proust, courtoisie du Istanbul Arkeoloji Müzeleri (Istanbul)

FIGURE VII.16 (page 487) : Ist Si 181, photographie réalisée par C. Proust, courtoisie du Istanbul Arkeoloji Müzeleri (Istanbul)

FIGURE VII.17 (page 487) : Ist Si 181, photographie réalisée par C. Proust, courtoisie du Istanbul Arkeoloji Müzeleri (Istanbul)

FIGURE VII.18 (page 488) : Ist Si 181, photographie réalisée par C. Proust, courtoisie du Istanbul Arkeoloji Müzeleri (Istanbul)

FIGURE VII.19 (page 488) : Ist Si 181, photographie réalisée par C. Proust, courtoisie du Istanbul Arkeoloji Müzeleri (Istanbul)

Liste des images retirées

TABLEAU I.2 (pages 45-51) : Photographies des diagrammes mathématiques apparaissant sur les tablettes Bod AB 216, Erm 15073, MS 2792, MS 3049 et MS 3052.

TABLEAU I.4 (pages 57-58) : Photographies des diagrammes mathématiques apparaissant sur les tablettes IM 55357, IM 67118 et IM 95771.

TABLEAU I.6 (pages 79-89) : Photographies des diagrammes mathématiques apparaissant sur les tablettes 2N-T174, CUNES 52-02-043, Erm 15188, Erm 15189, IM 43996, MS 1938/2, MS 2107, MS 2192, MS 2985, MS 3041, MS 3042, MS 3050, MS 3051 et MS 3908.

FIGURE I.24 (page 98) : Photographies des dessins géométriques apparaissant sur les tablettes MS 3940 et IM 51979.

FIGURE I.25 (page 99) : Photographies des labyrinthes apparaissant sur les tablettes MS 3194, MS 4515 et MS 4516.

FIGURE I.26 (page 101) : Photographie des tracés apparaissant sur la tablette Ist Ni 5393.

FIGURE I.28 (page 104) : Photographie du diagramme mathématique apparaissant sur la tablette IM 58045.

FIGURE I.29 (page 104) : Photographies des diagrammes mathématiques apparaissant sur les tablettes IM 75985 et BM 64696.

FIGURE II.1 (page 130) : Photographies d'une coquille incrustée dans l'argile de la tablette 2N-T174 et d'un trou correspondant probablement à une ancienne incrustation désormais tombée dans l'argile de la tablette MS 3051.

FIGURE II.2 (page 131) : Photographies de trous correspondant probablement à d'anciennes incrustations végétales désormais décomposées dans l'argile de la tablette MS 2985.

FIGURE II.4 (page 133) : Photographie de la tablette vraisemblablement modelée à la main MS 2192.

FIGURE II.5 (page 134) : Photographie de la tablette vraisemblablement formée à l'aide d'un support plan et/ou d'outils spécifiques MS 3049.

FIGURE II.9 (page 137) : Photographie des bords vraisemblablement raclés avec un outil de la tablette MS 3049.

FIGURE II.12 (page 141) : Photographie de la surface ré-humidifiée de la tablette MS 2985.

FIGURE II.13 (page 143) : Photographies du profil plano-convexe de la tablette MS 2107 et du profil sphérique de la tablette MS 2192.

FIGURE II.14 (page 143) : Photographie d'une tranche plate de la tablette MS 3049.

FIGURE II.18 (page 145) : Photographie d'une tranche épaisse de la tablette MS 2985.

FIGURE II.20 (page 147) : Photographie de la tranche droite utilisée pour des fins de lignes de texte de la tablette MS 2792.

FIGURE II.24 (page 151) : Photographie du revers entièrement utilisé de la tablette MS 3052.

FIGURE II.25 (page 152) : Photographie du texte non justifié apparaissant sur la tablette IM 67118.

FIGURE II.28 (page 153) : Photographie d'une ligne de structure simple apparaissant sur la tablette MS 3052.

FIGURE II.29 (page 155) : Photographies d'un diagramme apparaissant en haut à gauche d'une section sur la tablette MS 3049 et d'un diagramme apparaissant à la fin d'une section sur la tablette IM 67118.

FIGURE II.31 (page 156) : Photographie d'un diagramme partiellement entouré de lignes sur la tablette MS 3052.

FIGURE II.33 (page 158) : Photographie de possibles traces d'ongles sur la tablette Bod AB 216.

FIGURE II.34 (page 160) : Photographie d'une partie du texte apparaissant sur la tablette MS 3052.

FIGURE II.35 (page 160) : Photographies d'une partie des inscriptions apparaissant sur les diagrammes des tablettes MS 2192 et MS 3042.

FIGURE II.37 (page 163) : Photographies de la tablette effacée puis réinscrite MS 3042 et de la tablette en cours de remodelage 2N-T174.

FIGURE II.38 (page 165) : Photographies d'indices permettant de reconstituer le contenu avant recyclage sur les tablettes MS 3042 et 2N-T174.

FIGURE II.45 (page 179) : Photographie d'une ligne tracée par incision sur la tablette MS 1938/2.

FIGURE II.46 (page 179) : Photographie d'une ligne tracée par impression avec traînée sur la tablette MS 3052.

FIGURE II.49 (page 182) : Photographie d'un diagramme tracé par impression avec traînée sur la tablette MS 2985.

FIGURE II.50 (page 183) : Photographies de diagrammes tracés par incision sur les tablettes MS 3042 et MS 2107.

FIGURE II.51 (page 184) : Photographies de diagrammes tracés en combinant différentes techniques sur les tablettes MS 3908 et MS 2192.

FIGURE II.53 (page 187) : Photographie d'un diagramme tracé avec un règle sur la tablette MS 1938/2.

FIGURE II.55 (page 188) : Photographies de diagrammes tracés sans règle sur les tablettes MS 1938/2 et MS 3042.

FIGURE II.56 (page 189) : Photographie d'un diagramme montrant un cercle parfaitement circulaire sur la tablette MS 3049.

FIGURE II.57 (page 189) : Photographie d'un diagramme montrant un cercle avec une marque au centre sur la tablette MS 3041.

FIGURE II.58 (page 190) : Photographies de diagrammes tracés sans compas sur les tablettes MS 2985 et CUNES 52-02-043.

FIGURE II.59 (page 191) : Photographie d'un diagramme tracé au compas mais avec difficulté sur la tablette MS 3041.

FIGURE II.69 (page 202) : Photographie d'un diagramme pour lequel on peut déterminer l'ordre de tracé relatif d'une ligne du dessin géométrique et d'une ligne de délimitation sur la tablette MS 3052.

FIGURE II.70 (page 203) : Photographie d'un diagramme pour lequel on peut déterminer l'ordre de tracé relatif d'une inscription et d'une ligne de délimitation sur la tablette MS 2792.

FIGURE II.71 (page 205) : Photographie de traces de frottement permettant de repérer qu'un effacement a été pratiqué sur la tablette MS 3050.

FIGURE II.72 (page 205) : Photographies de déformations ou d'affinements de la surface permettant de repérer qu'un effacement a été pratiqué sur les tablettes MS 2107 et MS 1938/2.

FIGURE II.73 (page 206) : Photographie de clous résiduels permettant de repérer qu'un effacement a été pratiqué sur la tablette MS 3042.

FIGURE II.74 (page 207) : Photographie de « fonds de clous » permettant de repérer qu'un effacement a été pratiqué sur la tablette MS 3908.

FIGURE II.75 (page 207) : Photographie de « fonds de traits » permettant de repérer qu'un effacement a été pratiqué sur la tablette IM 43996.

FIGURE II.77 (page 209) : Photographie d'une surface ré-humidifiée tendant à indiquer qu'un effacement a été pratiqué sur la tablette MS 2985.

FIGURE II.78 (page 211) : Photographie d'un effacement global sur la tablette MS 3051.

FIGURE II.79 (page 212) : Photographie d'un effacement local réalisé par-dessus un effacement global sur la tablette IM 43996.

FIGURE II.80 (page 212) : Photographie d'un effacement suivi d'une réinscription sur la tablette MS 2107.

FIGURE III.1 (page 219) : Photographie d'un diagramme représentant un mur de terre sur la tablette MS 3052.

FIGURE III.6 (page 252) : Photographie de traces d'effacement sur la tablette MS 2985.

FIGURE III.10 (page 256) : Photographie de traces d'effacement sur la tablette IM 43996.

FIGURE IV.5 (page 272) : Photographies d'éléments du dossier portant sur la tablette YBC 8633 dans les archives d'O. Neugebauer conservées à l'Institute for the Study of the Ancient World (ISAW) à New York.

FIGURE VI.2 (page 411) : Photographies de détails de la tablette MS 3052 illustrant son état actuel.

FIGURE VI.4 (page 413) : Photographies de détails de la tablette MS 3052 illustrant le soin apporté à sa confection.

FIGURE VI.5 (page 414) : Photographies de détails de la tablette MS 3052 faisant apparaître les techniques employées pour tracer ses lignes de délimitation.

FIGURE VI.6 (page 415) : Photographie d'ensemble de la tablette MS 3052.

FIGURE VI.8 (page 421) : Photographie du diagramme du sixième problème de la tablette MS 3052.

FIGURE VI.9 (page 424) : Photographie du diagramme du premier problème de la tablette MS 3052.

FIGURE VI.10 (page 427) : Photographies de détails du diagramme du premier problème de la tablette MS 3052 permettant de reconstituer l'ordre de réalisation de certaines lignes le composant.

FIGURE VI.12 (page 428) : Photographies de détails du diagramme du premier problème de la tablette MS 3052 permettant de reconstituer le moment de réalisation de certaines de ses inscriptions.

FIGURE VI.13 (page 429) : Photographies de détails du diagramme du premier problème de la tablette MS 3052 permettant de reconstituer le moment de réalisation de certaines de ses lignes de délimitation.

FIGURE VII.3 (page 473) : Photographie de Vincent Scheil et photographie de ses fouilles à Sippar en 1894.

