



HAL
open science

De la formalisation du traitement des données stratigraphiques en archéologie de terrain

Bruno Desachy

► **To cite this version:**

Bruno Desachy. De la formalisation du traitement des données stratigraphiques en archéologie de terrain. Sciences de l'Homme et Société. Université Panthéon-Sorbonne - Paris I, 2008. Français. NNT: . tel-00406241v2

HAL Id: tel-00406241

<https://theses.hal.science/tel-00406241v2>

Submitted on 2 Jan 2012

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.

NB : document PDF regroupant les vol 1 et 2 de la thèse (volume 2 à partir de la page 194) ; les versions à jour des outils informatiques exposés dans la thèses (Le Stratifiant et Stratibase) sont téléchargeables ici : <http://le-nid-du-stratifiant.ouvaton.org/>



Université de Paris 1 Panthéon – Sorbonne
École doctorale d'Archéologie, Anthropologie, Ethnologie, Préhistoire (ED 112)
UMR 7041 Archéologie et Sciences de l'Antiquité (équipe archéologies environnementales)

Thèse pour obtenir le doctorat de l'université de Paris 1

soutenue le 12 décembre 2008 par

Bruno DESACHY

De la formalisation du traitement des données stratigraphiques en archéologie de terrain

volume 1 : aperçu historiographique - notes méthodologiques

Directrice de thèse : Joëlle BURNOUF

Jury :

Brigitte BOISSAVIT-CAMUS

Maître de conférences (Université Paris X Nanterre)

Joëlle BURNOUF

Professeure d'archéologie médiévale (Université Paris 1)

François DJINDJIAN

Professeur associé (Université Paris 1) - HDR

Henri GALINIÉ

Directeur de recherche honoraire (CNRS)

François GILIGNY

Maître de conférences (Université Paris 1) - HDR

Vincent GUICHARD

Directeur général de Bibracte EPCC

Paola MOSCATI

Primo Ricercatore (CNR – Istituto di Studi sulle Civiltà Italiane e del Mediterraneo Antico)

Sommaire

Introduction.....	3
1. La stratigraphie archéologique : aperçu historique.....	6
1.1. Extraire l'objet de sa gangue : la fouille sans stratigraphie	6
1.2. Le temps vu en coupe : la stratigraphie archéologique classique.....	19
1.3 Le temps lu dans l'espace : la stratigraphie archéologique tridimensionnelle	40
2. La stratigraphie archéologique : quelques notions actuelles.....	58
2.1 L'analyse du terrain : la notion d'unité stratigraphique.....	59
2.2. La synthèse chronologique : le diagramme stratigraphique.....	88
2.3 Application et limites de la méthode stratigraphique.....	101
3. Formalisation du traitement des données stratigraphiques.....	109
3.1. Outils mathématiques.....	109
3.2. Le temps ordonné : l'obtention du diagramme stratigraphique.....	118
3.3. Temps quantifié et regroupements chronologiques.....	126
3.4. L'incertitude et l'erreur.....	132
4. Intégration dans un système d'information stratigraphique.....	138
4.1. Quelques notions choisies de système d'information.....	138
4.2. Systèmes d'information archéologique et systèmes d'information stratigraphique.....	149
5. L'information stratigraphique : questions théoriques et piste pratiques.....	160
5.1. Du terrain à la théorie : remarques épistémologiques	160
5.2 Retour au terrain : des pistes pour la pratique.....	164
Pour ne pas conclure.....	168
Références bibliographiques.....	169
Table des figures.....	187
Table des matières détaillée de la partie 1.....	189

Introduction

La présente thèse rend compte de l'état actuel d'un travail dont les origines remontent aux années 1980. L'auteur de ces lignes était à cette époque l'un des nombreux jeunes fouilleurs devenus professionnels à la faveur de l'expansion de l'archéologie préventive, parmi ceux fraîchement formés aux nouvelles méthodes de terrain de l'archéologie urbaine incluant la fouille en aire ouverte, l'enregistrement par unités stratigraphiques et l'utilisation du diagramme stratigraphique. Ces méthodes, importées de Grande Bretagne et développées en France par la génération précédente des pionniers de l'archéologie urbaine, à Tours, Saint-Denis, et ailleurs, se sont ainsi largement répandues avec la multiplication des fouilles préventives urbaines à la fin des années 1980 et dans les années 1990.

Ces méthodes furent parfois critiquées par les tenants d'approches plus traditionnelles, mais leur apport était incontestable : le caractère systématique et analytique de l'enregistrement par fiche d'unité stratigraphique représentait une amélioration du recueil de l'information, et l'outil de synthèse qu'est le diagramme permettait enfin de fournir une vision exhaustive et précise de la chronologie stratigraphique des sites densément stratifiés. Cependant, elles imposaient de nouvelles contraintes de formation des fouilleurs, d'organisation de chantier, de gestion de la masse de documents d'enregistrement produits ; et surtout, la phase de dépouillement des données et de réalisation du diagramme stratigraphique, coûteuse en temps, constituait un goulot d'étranglement particulièrement sensible dans les conditions de temps limité de l'archéologie préventive.

Confronté à ce dernier inconvénient, l'auteur de ces lignes a entrepris en 1988 un travail sous la direction de François Djindjian, dans le cadre du séminaire « informatique et mathématiques appliquées à l'archéologie » (Paris I – Paris X – Ecole Normale Supérieure), sur une procédure automatisable de traitement des données stratigraphiques. La première étape de ce travail, réalisée sous la forme d'un projet de séminaire (Desachy 1989), s'appuyait déjà sur le principe, proposé par François Djindjian, du traitement des relations stratigraphiques par balayage d'une matrice d'adjacence ; elle consistait en un algorithme de tracé du diagramme, avec une proposition d'amélioration de la représentation graphique. Cette première étape a été publiée (Desachy, Djindjian 1990 ; 1991), mais n'a pas eu de prolongements immédiats. La procédure proposée exigeait en effet, pour traiter de grandes quantités de données, une puissance de calcul que n'offraient pas encore les micro-ordinateurs de l'époque, et n'assurait qu'un traitement partiel.

Puis les obligations et péripéties liées aux activités professionnelles de l'auteur dans le domaine de l'archéologie préventive, ont un long moment mis en sommeil cette recherche. En 2004, l'opportunité d'un congé individuel de formation a permis son réveil, concrétisé par un DEA soutenu à l'université de Paris 1 (Desachy 2005), aujourd'hui prolongé par le présent mémoire de thèse. Outre l'intérêt de l'auteur pour les méthodes de terrain et de traitement de données, plusieurs raisons ont motivé la reprise de cette recherche :

- Les performances croissantes des micro-ordinateurs ont levé l'obstacle de la puissance de calcul nécessaire pour traiter le type de formalisation envisagée ; aussi le DEA contenait le prototype d'une application de traitement de données stratigraphiques (le *Stratifiant 0.1*), sous forme d'un additif à un logiciel très courant, installé sur la plupart des ordinateurs des fouilleurs (le tableur *Excel*).
- Par ailleurs, sur le plan pratique, l'automatisation du diagramme stratigraphique (ou *Harris Matrix*) a fait l'objet de quelques travaux en Europe – évoqués plus loin – qui ont abouti à des applications informatiques (*ArchEd* et *Stratify* principalement). Ces travaux sont peu nombreux, et la version actuelle du *Stratifiant*, que nous proposons jointe à cette thèse, est à notre connaissance la seule application française de traitement informatique complet des données stratigraphiques, incluant l'obtention du diagramme. Mais ce ne sont pas des raisons étroitement nationalistes qui ont motivé la poursuite de ce travail, alors que d'autres produits existent déjà. Le *Stratifiant* matérialise en effet des choix spécifiques, détaillés dans le deuxième volume : par exemple la possibilité de prendre en compte des relations stratigraphiques affectées d'incertitude ; ou le parti-pris de s'éloigner sur certains points de la *Harris Matrix* classique ; ou encore le choix, certainement déplorable pour beaucoup d'informaticiens, d'une rusticité technique loin de l'avant garde. Ces choix sont par définition discutables, et objets de débat. Nous estimons normal, et même souhaitable, que plusieurs produits existent, matérialisant différentes options dans ce débat. Sans se prétendre la meilleure dans l'absolu, notre proposition de formalisation et l'outil qui en découle nous semblent présenter des avantages spécifiques, que le présent travail va tenter de faire apparaître.
- Cependant, la diffusion de ces outils reste extrêmement limitée, et le problème du « goulot d'étranglement » du traitement stratigraphique reste entier : l'utilisation du diagramme stratigraphique est de fait aujourd'hui limitée et semble même régresser, malgré son apport essentiel aux études chronologiques. Aussi, pour remédier à cette situation dommageable, tout effort pour élargir et améliorer la palette trop réduite des outils réellement disponibles et utilisables nous semble utile.

Trois ans après les directions de recherches et les résultats initiaux contenus dans le DEA, la présente thèse constitue donc le bilan de l'avancement de notre travail.

Son objectif premier demeure pratique : disposer d'outils informatiques permettant d'automatiser les tâches longues et fastidieuses de dépouillement et de vérification des données, et de tracé du diagramme stratigraphique. De tels outils ouvrent de plus la possibilité d'une utilisation dynamique de l'enregistrement stratigraphique : si le traitement d'obtention du diagramme est accéléré et automatisé, alors il peut être réitéré afin d'obtenir à volonté des diagrammes successifs (en fonction de nouvelles données) ou concurrents (afin par exemple d'illustrer différentes hypothèses de mise en phase ou de chronologie absolue, ou de visualiser le résultat de requêtes). A cet objectif et à ces possibilités correspond la notion de système d'information stratigraphique.

Cet objectif pratique visant à créer des outils de système d'information stratigraphique impliquait une réflexion méthodologique préalable, dont le champ est annoncé dans le titre du mémoire : la formalisation du traitement des données stratigraphiques en archéologie de terrain. Définissons d'entrée de jeu le sens donné ici à ces termes (quitte à préciser ensuite ces définitions) : par stratigraphie nous entendons l'étude de la stratification, notamment dans le but d'établir une chronologie ; la stratification est la disposition en strates chronologiquement successive des matériaux du terrain étudié, en l'occurrence un site archéologique. L'observation stratigraphique relève en effet de l'archéologie de terrain, que nous définirons ici comme la lecture et l'étude de traces matérielles, par la fouille (c'est-à-dire avec retrait destructif de matériaux) ou par l'observation directe non destructive, afin d'en tirer des connaissances sur les sociétés qui ont directement ou

indirectement laissé ces traces.

Ces aspects méthodologiques sont traités dans la première partie de la thèse (le présent volume). Les concepts de l'actuelle méthode stratigraphique en archéologie de terrain (principalement due à Edward Harris), tels ceux d'unité stratigraphique ou d'interface, constituent la base de départ de notre travail. Nous tenterons d'abord de les situer dans l'évolution de la notion de stratigraphie archéologique (chapitre 1), avant de les exposer plus en détails en en proposant parfois une reformulation (chapitre 2). Ces deux chapitres nous ont paru utiles, notamment en raison de l'absence de traduction française des ouvrages de E. Harris, et de la brièveté des présentations en français spécifiquement consacrées à ce sujet (car fréquemment insérées dans le cadre d'ouvrages généraux de méthode, dont la place consacrée à chaque thème est nécessairement limitée). Bien qu'Edward Harris ait déjà largement défini et axiomatisé ces concepts, il est nécessaire dans notre perspective de développement d'outils informatisés d'en pousser la formalisation, concernant en premier lieu le traitement des données stratigraphiques (en termes de traitement logique et mathématique des opérations d'obtention de la chronologie relative et absolue - chapitre 3) ; et en second lieu concernant l'insertion de ce traitement dans un système d'information archéologique, pour que celui-ci soit aussi un système d'information stratigraphique (en recourant là à des notions d'analyse de l'information et de modélisation de données - chapitre 4). Ces deux derniers chapitres présentent un aspect inévitablement technique, mais ils sont prévus pour être « autosuffisants », c'est à dire lisibles sans connaissances particulières en mathématiques ou en informatique. Cette présentation méthodologique se clôt par l'amorce d'une réflexion sur le statut et la fiabilité de l'information stratigraphique, et sur les choix qui peuvent en découler sur le terrain (chapitre 5).

Annoncer un objectif pratique oblige à fournir quelques résultats qui le soient aussi : la deuxième partie du mémoire est organisée autour de l'outil de traitement des données stratigraphiques que nous proposons (*le Stratifiant*), dans sa version actuelle (0.3). Celle-ci est marquée par un développement des capacités fonctionnelles par rapport au prototype présenté dans le DEA, et le passage au stade opérationnel dont témoignent des essais d'utilisation sur des données ou en conditions réelles. *Le Stratifiant* et son mode d'emploi sont donc en premier lieu présentés. Leur est jointe une application de base de données d'enregistrement et d'interrogation des unités et relations stratigraphiques (*Stratibase*), prévue pour fonctionner en liaison avec *Le Stratifiant*, illustrant ainsi des fonctions de système d'information stratigraphique (mais le *Stratifiant* peut fonctionner de façon autonome, ou en lien avec d'autres bases de données). Une troisième section de cette deuxième partie tire un premier bilan des débuts des essais et de la mise en œuvre opérationnelle de ces outils.

Il reste à annoncer – bien qu'elles apparaîtront clairement à la lecture – les limites de ce travail. Au moins un objectif a été tenu : celui d'une remise dans le strict délai réglementaire de trois années pour la réalisation d'une thèse¹. Mais il ne s'agit, à tous points de vue, que d'un état d'avancement à une date donnée ; et non d'un travail abouti. D'autres limites sont inhérentes à l'auteur : bien sûr celles dues à ses insuffisances, mais aussi celles de ses parti-pris. En effet, qu'il s'agisse de l'aperçu historiographique, des remarques méthodologiques, ou de l'approche de la notion de système d'information, ce travail reflète les choix et opinions de l'auteur, et ne prétend donc pas à l'objectivité, ni à une position « au dessus de la mêlée ». Ledit auteur s'efforcera cependant d'explicitier et d'argumenter ces choix et parti-pris. En bref, aussi limité, insuffisant et peu abouti que soit ce travail, il s'efforcera de soutenir une thèse.

¹ le temps réel consacré à la réalisation de la thèse a en fait été inférieur : l'auteur a bénéficié d'un congé-formation de six mois pour achever ce travail, son temps utile étant par ailleurs occupé par ses obligations professionnelles normales

1. La stratigraphie archéologique : aperçu historique

Pour la plupart des archéologues d'aujourd'hui, la notion de stratigraphie est indissociable de l'archéologie de terrain. Alain Schnapp (1993) en fait, avec la typologie et la technologie, l'un des trois piliers méthodologiques de l'archéologie scientifique moderne. La stratigraphie archéologique n'est cependant apparue que progressivement, et a évolué au cours de l'histoire de la discipline, avec pour conséquence l'existence de différentes approches de cette notion. En nous appuyant sur des travaux d'historiographie², nous pouvons en distinguer trois, successives par leur apparition, mais toutes encore représentées dans les pratiques actuelles en France.

La première approche est celle de la fouille sans stratigraphie, visant au seul dégagement de vestiges mobiliers ou immobiliers ; le terrain n'est alors considéré que comme l'emballage perdu de l'objet exhumé, la gangue dont il faut l'extraire (1.1). Puis s'est développée l'approche stratigraphique que nous qualifierons ici de « classique », fondée sur la lecture verticale du terrain à partir de coupes de référence (1.2). Enfin, sous l'impulsion d'Edward Harris, est apparue plus récemment une approche analytique, axiomatisée, qui constitue l'actuel état de l'art : l'enregistrement stratigraphique, intégré de façon continue à la fouille, est fondé sur la perception du terrain comme un système tridimensionnel d'unités et d'interfaces (1.3).

1.1. Extraire l'objet de sa gangue : la fouille sans stratigraphie

La simple exhumation de vestiges du passé, sans porter attention au contexte stratigraphique, est le type de fouille le plus ancien. Cette pratique a pu – et peut toujours – se réduire à un pillage excluant tout vrai souci de connaissance des sociétés du passé (1.1.1) ; mais elle a aussi constitué un premier outil de collecte de documents nourrissant les travaux d'érudition historique des antiquaires et des philologues (1.1.2). À partir du XVIII^e siècle principalement, ce sont les sites eux-mêmes et non plus seulement les objets qui sont ainsi dégagés, dans une perspective de connaissance historique. Mais, jusqu'au XX^e siècle, l'intérêt des fouilleurs pour les seuls vestiges bâtis, perçus comme un moment figé du passé, maintient l'analyse stratigraphique – par ailleurs apparue avec les travaux des premiers préhistoriens – à l'écart des grandes fouilles françaises de dégagement de sites antiques et de l'archéologie monumentale métropolitaine (1.1.3). Cette conception d'une archéologie « a-

2 Nous avons utilisé principalement les travaux d'Alain Schnapp (1993 ; 2002), d'Eve Gran-Aymerich (1998 ; 2001), de Philippe Jockey (1999), de Glyn Daniel (1975 ; 1981), Paul Bahn (Bahn dir. 1996) et Colin Renfrew (Renfrew, Bahn, 2004). Bien que tous ces ouvrages parlent de l'apparition de la stratigraphie, il semble exister relativement peu de travaux spécifiquement consacrés à l'histoire du concept de stratigraphie archéologique. On peut citer l'aperçu historique détaillé dans la première édition (1979) de *The laws of archaeological stratigraphy* d'Edward Harris, le chapitre *Historical Trends* de l'ouvrage collectif *Practices of Archaeological Stratigraphy* (Harris, Brown, Brown ed. 1993), ainsi que l'article de David Browman et Douglas Givens sur l'apparition de la stratigraphie dans l'archéologie américaine (Browman, Givens, 1996).

stratigraphique », où la fouille est réduite au dégagement des vestiges bâtis et des objets mobiliers, coexiste encore aujourd'hui dans notre pays – y compris au sein des institutions patrimoniales officielles – avec celle, plus récente, d'une archéologie de terrain incluant l'observation du contexte stratigraphique, et de toutes les traces matérielles (y compris naturelles et environnementales) des sociétés du passé. Cette ambiguïté est à la source de malentendus et de dysfonctions, touchant aux notions mêmes de conservation et de destruction du patrimoine archéologique (1.1.4).

1.1.1. La chasse aux objets de valeur : le fouilleur prédateur (de l'Antiquité à nos jours)

La « fouille prédatrice » n'est qu'une chasse aux objets auxquels le fouilleur attribue de la valeur : valeur esthétique (afin de constituer une collection d'objets d'art anciens), valeur symbolique ou religieuse (exhumation de reliques par exemple), et bien sûr valeur marchande ; cette dernière étant étroitement liée aux précédentes dès lors que les objets ainsi trouvés se trouvent soumis à la loi de l'offre et de la demande.

L'ancienneté des fouilles prédatrices

Dès l'Antiquité au moins, et particulièrement dans le monde romain où existe un marché de l'art développé motivant de lucratifs pillages (tels ceux, immortalisés par Cicéron, du propréteur Verrès en Sicile au premier siècle avant notre ère), on trouve des exemples de telles fouilles. Ainsi, rapportées par Strabon (cité dans Schnapp 1993, p. 27-28 ; Jockey 1999, p.23), les ventes d'objets provenant de la fouille d'anciennes sépultures, lors de la fondation par César d'une colonie sur le site de Corinthe.

Ce type d'exploitation de gisements archéologiques se rencontre ensuite au Moyen Âge, la passion de la collection laissant alors la place à des pratiques de recyclage d'œuvres et de matériaux anciens dans les créations du présent : « *l'art d'exploiter les décombres* » dont parle Alain Schnapp (1993, p.80). Les remplois antiques dans le décor de la chapelle palatine d'Aix-la-Chapelle achevée au début du IXe siècle en sont un des plus célèbres exemples.

La Renaissance italienne, dont Rome devient à la fin du XVe siècle le principal foyer (après Florence), voit se développer une importante activité de fouilles liée au nouveau regard porté sur la civilisation, les objets et les monuments de l'Antiquité. Des entrepreneurs spécialisés, les *cavatori*, exploitent le sous-sol romain afin d'enrichir collections et nouveaux édifices, avec pour commanditaires les puissantes familles aristocratiques – Médicis, Borghèse, Farnèse... – où se recrutent cardinaux et papes. L'exhumation en 1506 du célèbre *Laocoon*, acheté par le pape Jules II, témoigne de la constitution de ces collections ostentatoires, signes de goût et de prestige.

Certaines fouilles de la Renaissance ne sont cependant pas qu'une chasse à l'œuvre d'art. De nouvelles préoccupations d'urbanisme et de règles architecturales poussent architectes et artistes à étudier les restes de constructions antiques. Initiée en particulier par Flavio Biondo (1392-1463) avec une description de la ville antique (*Roma Instaurata*, 1446), l'exploration des vestiges bâtis est notamment illustrée par la fouille et le relevé de la villa d'Hadrien à Tivoli effectués à partir de 1549 par Pirro Ligorio (1513-1583) lors de la construction, au même emplacement, de la villa édifée pour le cardinal Hippolyte d'Este. Par son objectif documentaire et sa pratique du relevé, ce type de fouille se rapproche d'une véritable archéologie de terrain. Cependant, de la part des artistes et architectes de la Renaissance, ce n'est pas réellement un souci historique de connaissance des sociétés du passé qui anime ces recherches ; mais plutôt l'ambition de reconstruire un modèle esthétique intemporel, dont les Anciens étaient dépositaires.

L'exploitation des gisements archéologiques à grande échelle : les flux de pillage contemporains

La pratique de la fouille réduite à une simple chasse à l'objet d'art perdure bien au-delà de la Renaissance, jusqu'à nos jours. Cette pratique reste nourrie par les achats de collectionneurs privés, mais elle est aussi liée à l'apparition des musées³. Le besoin d'enrichir les collections de ces nouvelles institutions (parmi les premiers : la galerie des Offices de Florence en 1581, l'Ashmolean Museum à Oxford en 1683, le British Museum en 1759, le Musée Central des Arts – futur musée du Louvre – en 1793...) va en effet, surtout au XIXe siècle, largement contribuer au maintien et au développement de cette forme « d'archéologie » prédatrice. La dépose à partir de 1801 des frises du Parthénon par lord Elgin, ambassadeur britannique auprès de l'empire ottoman, suivie de leur revente au British Museum, en est un exemple célèbre ; comme, dix ans après, le démantèlement de la décoration sculptée des temples d'Égine (1811) et de Bassae (1812), dont les éléments sont ensuite acquis par la Glyptothèque de Munich et le British Museum.

Derrière les institutions muséales, ce sont les États qui, au XIXe siècle, rivalisent dans l'accumulation de butin archéologique. Les collections des grands musées nationaux deviennent alors, plus que jamais, un objet de prestige et une manifestation de puissance politique. En témoignent dès la fin du siècle précédent les spoliations massives d'œuvres d'art perpétrées par Bonaparte lors de la campagne d'Italie (1796-1798) avec l'approbation du Directoire, afin d'enrichir les collections du Musée Central des Arts. Ces pratiques de pillage à grande échelle, commanditées ou encouragées par l'autorité politique, ne tardent pas à toucher les sites archéologiques.

Dans la première moitié du XIXe siècle, l'Égypte en est un exemple particulièrement flagrant. En effet, à la suite de l'expédition d'Égypte (1798-1801) et des travaux de la commission des Sciences et des Arts de l'armée d'Orient (*Description de l'Égypte*, publiée de 1809 à 1828), l'engouement pour les antiquités égyptiennes suscite une concurrence entre plusieurs pays européens, principalement la France et l'Angleterre. Les représentants diplomatiques des deux pays – Bernardino Drovetti (1776-1852, consul général de France de 1820 à 1829), Henry Salt (1780-1827, consul général britannique de 1816 à 1827) – organisent la collecte des objets, et leur transfert vers le Louvre ou le British Museum (sans oublier de se servir au passage...). Ils disposent pour cela d'un réseau de marchands et d'agents qui « fouillent et saccagent les sites, ne poursuivant qu'un seul but, la récolte d'antiquités pour constituer des collections vendues au meilleur prix. »⁴ (Gran-Aymerich 1998 p. 79). Malgré la dénonciation par Champollion des effets destructeurs de ce pillage⁵, ce n'est qu'après 1858, avec l'organisation du service des antiquités dirigé par Auguste Mariette (1821-1881), que l'Égypte cesse d'être un terrain de chasse totalement ouvert.

Du XIXe au XXIe siècle, les flux de pillage archéologique liés au marché international des œuvres d'art anciennes ont évolué, mais certes pas disparu. Au départ ouvertement institutionnels, ils sont aujourd'hui clandestins ou plus discrets, sous l'effet de textes internationaux, en particulier la convention de l'UNESCO en 1970 interdisant théoriquement l'importation, l'exportation et le transfert de propriété illicites des biens culturels (91 pays en sont signataires, parmi lesquels la France, qui n'y a adhéré qu'en 1997 - Bessières *et al.* 2001, Okello Abungu 2008).

Malgré ces mesures, le boom du marché de l'art depuis les années 1980, la pression créée sur ce marché par la demande convergente des grands collectionneurs privés et des grands musées (souvent associés, les uns rachetant et présentant les collections des autres), et parfois les situations

3 C'est l'érudite, évêque et médecin Paolo Giovio (1487-1552) qui emploie pour la première fois le mot pour désigner la présentation d'une collection d'objets anciens (Schaer 1993).

4 L'entrepreneur de fouilles Argyropoulos, dans le prologue du *roman de la momie* de Théophile Gauthier (publié en 1857), est une évocation imagée de ces pittoresques mais nuisibles fouilleurs mercenaires : «... chacun vit, en ce monde, de sa petite industrie : je déterre des Pharaons, et je les vends aux étrangers. Le Pharaon se fait rare, au train dont on y va ; il n'y en a pas pour tout le monde. L'article est demandé, et l'on n'en fabrique plus depuis longtemps. » (Édition Presse – Pocket 1991, p. 28)

5 dans une note écrite au pacha Mehemet Ali, en 1829, à la suite de sa visite sur les sites égyptiens (Gran-Aymerich 1998)

de guerre ou de faiblesse dans lesquelles se trouvent plongés certains États proies des pillards, ont actuellement pour effet l'augmentation du pillage organisé ; et par conséquent la dégradation croissante des ressources archéologiques mondiales, soulignée par Colin Renfrew (cité dans Durussel 2002).

Suivant les recommandations de l'ICOM (International Council of Museums), certains grands musées ont mis des freins à l'achat d'objets archéologiques pouvant provenir de pillages (en particulier, depuis 1995, le J. Paul Getty Museum de Los Angeles, auparavant stigmatisé pour des pratiques de ce type – Durussel 2002). Mais pour d'autres, les achats d'objets d'origine douteuse sont justifiés, dans l'idée que l'on sauve ainsi ces objets. Cette conception, impliquant que seul l'objet a une valeur, son contexte de provenance important peu, est malheureusement encore aujourd'hui celle d'une partie des institutions patrimoniales françaises ; ce qu'illustre notamment l'affaire, rendue publique par Colin Renfrew, de l'acquisition en 2000 par le musée des Arts Premiers de sculptures africaines Nok provenant de sites pillés au Nigéria (Bessières *et al.* 2001, Okello Abungu 2008). Le discours sur les œuvres qui seraient ainsi « sauvées » recouvre en fait une relation vampirique : ces objets ne sont plus que le support d'une jouissance esthétique (ou de prestige, ou financière...) pour leurs acquéreurs, jouissance liée à la destruction de la mémoire de leur pays de provenance, par la destruction des sites et des informations de contexte. Ce vampirisme est aussi une forme de colonialisme : en effet, du XIXe s. à nos jours, la géographie du pillage archéologique international a pour constante de refléter une situation d'exploitation de pays plus pauvres par les puissances économiques du moment.

En deçà de ces flux internationaux, la prédation archéologique s'opère aussi à plus court rayon d'action, comme le montre le pillage endémique au moyen de détecteurs de métaux qui frappe nos régions d'Europe occidentale. Dans tous les cas, on trouve à la base de ces pratiques l'attention exclusive portée à l'objet ; attention exclusive qui revient à nier l'intérêt d'une approche stratigraphique du terrain.

1.1.2. La collecte d'objets à étudier : antiquaires et philologues (Renaissance - 19e siècle)

Entre la fouille prédatrice que l'on vient d'évoquer et une démarche véritablement archéologique, on peut affirmer que la différence tient d'abord, avant toute question de méthode, au regard porté sur les vestiges du passé. Pour l'archéologue, ils sont considérés comme des sources d'informations, et non en fonction d'une hiérarchie qualitative (artistique, symbolique, religieuse, ou de simple curiosité...), ni – en principe – en fonction d'un profit potentiel. Le vestige n'est ni un objet précieux ni une curiosité remarquable, c'est un document historique, une pièce d'archive. On trouve ce regard proprement archéologique dès le Ve s. avant notre ère chez le précurseur de la méthode historique moderne, Thucydide (*ca* 460 av. J.-C. – *ca* 400 av. J.-C.), lorsqu'il attribue des tombes découvertes à Délos au peuple des Cariens par un raisonnement fondé sur les types de mobiliers et de sépultures, ou lorsqu'il s'interroge sur les rapports entre l'importance apparente des vestiges bâtis d'une ville et ce qu'a été réellement sa puissance politique, devant ainsi de très actuelles questions méthodologiques d'interprétation en archéologie (Vidal-Naquet 1980 ; Schnapp 1993).

Humanisme et antiquarisme

Il faut cependant attendre la Renaissance pour qu'émerge un type de savant qui annonce l'archéologue. En effet, si la Renaissance amène un renouvellement du goût esthétique, motivant la constitution de collections d'objets antiques, elle amène aussi un renouvellement des connaissances et des méthodes historiques, avec le mouvement humaniste et sa pratique du recueil et de la critique des textes. Le terme « antiquaire », du XVIe au XVIIIe siècle, désigne la catégorie d'érudits, issue de cette mouvance humaniste, et qui s'attache à recenser, décrire, étudier et publier les objets et

monuments anciens. Cyriaque d'Ancône (1391-1452) en est l'un des premiers représentants.

Dès la Renaissance et plus encore au XVIIe s., le regard porté par les antiquaires sur les vestiges du passé tend à faire primer le souci d'érudition sur l'appréciation purement esthétique. Ce souci d'érudition se répand jusqu'au niveau local : on voit ainsi apparaître en France à la fin du XVIe et au XVIIe siècle de nombreux auteurs qui recensent les antiquités de leur ville ou de leur région, constituant de premières « cartes archéologiques ». Cette érudition est en même temps large, fréquemment polyvalente, encyclopédique avant la lettre ; ce dont témoigne par exemple l'activité de Nicolas Fabri de Peiresc (1580-1637), conseiller au parlement d'Aix-en-Provence, et grand savant au croisement des courants scientifiques de son temps : astronome et mathématicien, élève de Galilée et ami de Gassendi, et expert en antiquités qu'il rassemble et étudie.

A partir du XVIIe siècle, l'antiquarisme évolue, tendant vers l'actuelle notion d'archéologie ; Alain Schnapp (1993) distingue deux vagues dans ce mouvement.

D'abord naît l'idée, acquise à la fin du XVIIe siècle, que l'objet ancien est un document historique majeur car original, plus fiable en cela que les textes antiques qui ne nous sont parvenus qu'à travers de multiples copies. Ainsi se développent la numismatique, dont Peiresc a été un précurseur, et l'épigraphie, dont le Lyonnais Jacob Spon⁶ (1647-1685, auteur des *Recherches des antiquités et curiosités de la ville de Lyon* publiées en 1673) est considéré comme le pionnier. A travers ces nouvelles disciplines, « L'objet antique, d'abord simple illustration des textes transmis par la tradition, acquiert peu à peu un statut autonome requérant les compétences exclusives d'un spécialiste » (Jockey 1999, p.71). Cette étude des objets anciens considérés comme matériaux d'érudition historique trouve son parallèle dans les travaux philologiques que mènent au XVIIe siècle les Jésuites avec Jean Bolland (1596-1665) puis les Bénédictins de la congrégation de Saint-Maur avec Jean Mabillon (1632-1707) dont l'ouvrage *De re diplomatica* (1681) contribue à fonder la paléographie médiévale. Elle se poursuit avec les grandes entreprises de publications d'antiquités du XVIIIe s. avec en premier lieu *L'Antiquité expliquée et représentée en figures*⁷, ouvrage publié en 1719 par Bernard de Montfaucon (1655-1741), bénédictin mauriste disciple de Mabillon. En distinguant deux classes « qui se prêtent des secours mutuels » : les documents écrits proprement dits d'une part, et les statues, bas-reliefs, inscriptions et médailles d'autre part, Montfaucon propose l'étude complémentaire des textes et des objets considérés comme documents historiques (Gran Aymerich 1998).

Mais cette première vague d'études d'objets et d'inscriptions anciennes ne porte pas encore de discours archéologique réellement autonome. Dès le XVIIIe siècle, certains antiquaires vont plus loin : ils inscrivent l'étude des objets dans une réflexion sur l'évolution de la culture matérielle. Cette deuxième vague est principalement représentée par le comte Anne de Caylus (1692-1765), auteur du *Recueil d'antiquités égyptiennes, étrusques, grecques, romaines et gauloises* publié de 1752 à 1768. Les objets et monuments sont étudiés suivant une approche comparative et évolutive, ce qui amène Caylus à supposer la grande ancienneté de certains vestiges, antérieure aux Gaulois. L'idée fondamentale qui apparaît alors – les variations de caractères morphologiques et techniques expriment une évolution dans le temps, perceptible par l'étude de séries d'objets – est à l'origine de la typologie archéologique. Ainsi se fonde une « science des objets » autonome, prémices à la fois de l'archéologie et de l'histoire de l'art actuelles (Coye 1998 ; Schnapp 1993). On peut en effet lui rattacher l'analyse des œuvres d'art basée sur l'idée de la succession des styles que fonde Johann Joachim Winckelmann (1717-1768) avec son *Histoire de l'Art de l'Antiquité* (1764).

En France, épigraphie, numismatique, puis « science des objets » se développent de la deuxième moitié du XVIIIe s. au XIXe s., encadrées et soutenues par quelques institutions d'Etat : le cabinet

6 Jacob Spon est aussi le premier érudit à employer le mot « archéologie » en français, dans le sens d'étude des vestiges du passé (Gran Aymerich 1998)

7 Ouvrage dans lequel se trouve notamment publiée l'une des premières fouilles de sépulture mégalithique (allée couverte), découverte en 1685 à Cocherel près de Dreux.

du Roi (créé au XVI^e s. pour la conservation des collections royales, ancêtre de l'actuel cabinet des Médailles de la Bibliothèque Nationale de France), et surtout l'Académie des Inscriptions et Belles Lettres (fondée en 1663, chargée à l'origine de rédiger les inscriptions commémoratives pour le roi, devenue en 1795 l'une des cinq académies de l'actuel Institut de France). Ces institutions sont animées par des personnalités scientifiques, parmi lesquelles, outre Caylus, l'abbé Jean-Jacques Barthélémy (1716-1795), Aubin-Louis Millau (1759-1818), antiquaire, botaniste et minéralogiste qui se situe dans le sillage de Caylus en introduisant en France le système de Linné et préconisant son adaptation à l'archéologie, et Bon-Joseph Dacier (1742 – 1833). Ce dernier, par sa longue carrière – il sera, en tant que secrétaire perpétuel de l'Académie des Inscriptions et Belles Lettres, le destinataire de la *lettre* dans laquelle Champollion, en 1822, expose le déchiffrement des hiéroglyphes égyptiens – incarne le lien entre les antiquaires du XVIII^e s. et la première archéologie du XIX^e siècle.

La philologie archéologique

Une philologie spécifiquement archéologique se constitue ainsi, appuyée sur cette double approche de l'étude historique des informations (inscriptions, iconographie) dont certains objets sont porteurs, et de l'étude comparative de séries d'objets. Elle devient, dans les deux premiers tiers du XIX^e siècle, la conception dominante de l'archéologie, en partie en raison des apports majeurs de l'épigraphie : le déchiffrement des écritures anciennes recule les débuts de l'Histoire en éclairant les civilisations disparues du Nil grâce aux travaux évoqués ci-dessus de Jean-François Champollion (1790-1832), puis du Tigre et de l'Euphrate (l'ancienne Mésopotamie) où, à partir des années 1840, les fouilles de Paul-Emile Botta (1802-1870) à Khorsabad et d'Austen Henry Layard (1817-1894) à Nimrud – menées là aussi sur fond de rivalité politique entre Grande-Bretagne et France – livrent en abondance des inscriptions cunéiformes.

Cette philologie archéologique du XIX^e siècle, à laquelle contribuent les chercheurs de différents pays européens, est dominée par les savants allemands, dans la lignée d'Eduard Gerhard (1795–1867), créateur de *l'istituto di corrispondanza archaeologica* fondé à Rome en 1829. Les travaux de Gerhard contribuent à la naissance de l'étruscologie, et à celle de la céramologie, avec en particulier la publication en 1831 des vases de la nécropole étrusque de Vulci. L'approche promue par Gerhard et les travaux de l'institut de correspondance, appuyée sur l'analyse comparative et la constitution de séries, appliquées aux objets comme aux monuments, s'inscrit dans le prolongement intellectuel de Winckelmann et de Caylus. Cette tradition philologique aboutit à la réalisation, au XIX^e et au XX^e siècle, des grands inventaires archéologiques encore utilisés actuellement, à champ large comme le *Corpus Inscriptionum Latinarum* dont la publication débute à Berlin en 1863 ou le *Dictionnaire universel des Antiquités orientales, grecques, latines et du Moyen Âge*, de Charles Daremberg (1817-1872) et Edmond Saglio (1828-1911), publié à partir de 1873 ; ou à visée plus spécialisée, comme les travaux d'Hans Dragendorff (1870-1941) dans le domaine de la céramologie romaine.

Les apports de cette vision philologique de l'archéologie, intellectuellement dominante au XIX^e siècle (au moins jusqu'aux travaux des premiers préhistoriens), sont donc incontestables. Mais cette approche est fondamentalement limitée : elle ne se base que sur les caractères intrinsèques des objets, et ignore donc leur contexte archéologique. À long terme, cela constitue un cul-de-sac méthodologique : la recherche archéologique est condamnée à n'être qu'une fourniture de matériaux pour épigraphistes et numismates, ou à ne produire qu'un discours autarcique non corroboré, privé de l'information extrinsèque stratigraphique, chronologique, mais aussi environnementale et culturelle qu'apporte le contexte. De plus, cette limite intellectuelle de la philologie archéologique amène à tolérer la destruction de sites : le contexte important peu, ceux-ci peuvent n'être considérés que comme des gisements de documents. Cela entraîne parfois une certaine proximité de comportement entre les purs pillards évoqués plus haut, et les chercheurs de

documents archéologiques. En effet, si Champollion montre en 1829 une hauteur de vue et un désintéressement remarquables en protestant contre l'exploitation incontrôlée des sites égyptiens, certaines fouilles parmi celles qui ont lieu ensuite en Mésopotamie ne consistent encore qu'à « exploiter » des tells pour en extraire tablettes inscrites et objets d'art (comme en témoigne cet aveu de Layard, pour qui la fouille doit produire « *le plus grand nombre possible d'objets d'art dans le meilleur état de conservation, tout y en consacrant le moins possible de temps et d'argent* » - Gran-Aymerich 1998 p.104).

1.1.3. Le temps figé des ruines : les dégagements de sites (18e - 20e siècle)

Les vestiges in situ : première prise en compte du contexte

Dans l'activité des antiquaires de la Renaissance au XVIIIe siècle, il n'y a pas de césure entre l'étude des objets mobiliers et celle des vestiges *in situ*. De notre point de vue, on peut cependant distinguer ces deux aspects car, si le premier s'est développé en une science des objets à l'origine de la typologie puis, au XIXe siècle, en une puissante philologie archéologique, le second amène la notion, encore implicite mais essentielle, de la relation entre l'objet et son contexte. Par là, l'érudition des antiquaires commence déjà à s'éloigner de la vision du terrain comme strict gisement d'objets, et prend le chemin de la reconnaissance de la stratigraphie.

Là encore cet intérêt porté aux vestiges *in situ* est repérable dès l'Antiquité (par exemple le dégagement et la reconstruction d'un ancien temple enfoui ordonnés par le roi de Babylone Nabonide au VIe s. av. J.-C. – Schnapp 1993), et il est présent, comme on l'a vu, à la Renaissance. Alain Schnapp (1993) montre comment, au XVIe et au XVIIe siècle, l'attention portée au site et au contexte autant qu'à l'objet caractérise plus particulièrement les antiquaires d'Europe du Nord, tels l'Allemand Nicolas Marschalk (*ca* 1465–1525), l'Anglais William Camden (1551–1623, auteur du premier relevé du célèbre site de Stonehenge), le Danois Ole Worm (1588–1654), et surtout les Suédois Olof Verelius (1618 – 1682) pour qui la première chaire d'archéologie (1662) et le premier service archéologique institutionnel (« collège des antiquités », 1666) sont créés à l'université d'Uppsala, et Olof Rudbeck (1630–1702). Ceux-ci, animés par une volonté identitaire d'affirmation de l'ancienneté des peuples du Nord face à la civilisation gréco-romaine remise à l'honneur en Italie, cherchent à mettre en évidence les monuments anciens de leur pays. La nature de ces vestiges – tumulus, traces de fossés ou de levées de terre, mégalithes... – très différents des édifices romains dont l'architecture apparaît de façon évidente à l'observateur, amène la nécessité d'une observation attentive du terrain, encore peu fréquente en France et en Italie à la même période.

Dans la France du XVIIIe siècle, ce souci d'observation des vestiges *in situ* s'étend néanmoins, chez les antiquaires, mais aussi chez les « aménageurs » : ainsi Anne de Caylus déjà cité, et pionnier à plus d'un titre, s'inscrit dans une véritable démarche d'archéologie préventive, en publiant (dans le tome III de son recueil d'antiquités) les découvertes dues aux travaux routiers et les relevés qu'en font les ingénieurs, encouragés en cela par l'intendant Charles-Daniel Trudaine (1703-1769), créateur (1750) et directeur du corps des Ponts et Chaussées.

La découverte fortuite d'Herculanum (en 1711, à la suite du creusement d'un puits), puis celle de Pompéi, jouent un rôle crucial dans cette extension dans les préoccupations des chercheurs, de l'objet au site. En effet, les fouilles, entreprises à Herculanum à partir de 1738 puis à Pompéi à partir de 1748, commanditées par le roi Charles III d'Espagne et de Naples, sont d'abord dirigées par un ingénieur militaire (Roch Joachim Alcubierre) qui traite le site comme un pur gisement d'objets, exploité au moyen de galeries de mine.

Cette chasse à l'objet se situe dans la lignée des plus expéditifs des *cavatori* de la Renaissance. Mais les mentalités ont évolué ; si au début du XVIe siècle, personne ne s'était soucié du contexte

archéologique du *Laocoon* lors de la découverte de celui-ci, au milieu du XVIIIe siècle, des esprits érudits parmi lesquels Winckelmann et Caylus s'élèvent contre ce qui apparaît déjà comme une destruction d'informations, dont le même Winckelmann donne un exemple dans l'une de ses lettres : la récupération sans relevé préalable des lettres en bronze d'une inscription monumentale, interdisant à tout jamais la lecture de cette inscription (cité dans Etienne 1988 p. 146-147, Jockey 1999 p. 56). Les critiques partagent l'idée que c'est le site dans son ensemble qu'il faut comprendre et restituer, et non détruire dans le but de lui arracher des objets de valeur. De fait, à partir de 1763, les sapes destructives cessent et les fouilles se font à ciel ouvert.

L'instant figé de Pompéi : une vision forte, excluant la stratigraphie

Cependant, malgré la prise de conscience que la découverte de Pompéi et d'Herculanum a entraîné, son caractère exceptionnel a peut-être généré une sorte d'effet pervers méthodologique. En effet les deux sites sont un cas rarissime « d'ensemble clos » global, de vestiges qui s'offrent au fouilleur comme une entité chronologique parfaitement définie : tous les éléments découverts témoignent d'un même instant suspendu par une destruction soudaine, sans qu'il soit besoin de lecture stratigraphique ni de porter attention au sédiment pour en préciser la position chronologique. Cet exemple exceptionnel suscite une idée du site archéologique comme lieu de conservation des restes d'une cité ou d'une civilisation figées dans l'état idéal de leur plénitude ; restes dissimulés sous un voile sédimentaire qu'il suffit de retirer.

Or, cette vision « pompéienne » du terrain archéologique, vision fascinante d'un « surgissement extraordinaire » (Jockey 1999 p.55), tend à exclure l'idée même d'une approche stratigraphique. En effet, les sédiments dans lesquels on trouve objets et vestiges ne sont pas perçus comme un potentiel d'informations ; ils ne sont au contraire que le signe de la destruction et de la disparition qui ont frappé le site. Faire disparaître ces sédiments, c'est lutter contre cet effacement, abolir les siècles ou les millénaires d'oubli qui ont recouvert les vestiges. Comme le prince charmant ramène à la vie la belle au bois dormant, le fouilleur, en dégagant les ruines de leur gangue sédimentaire, ramène au présent les témoins d'une civilisation, isolés dans un temps suspendu depuis leur enfouissement⁸.

A cette image séduisante de l'archéologie et du rôle des archéologues, nourrie par les conditions exceptionnelle d'enfouissement de Pompéi, il peut paraître décevant d'opposer la réalité de la stratification et de l'étude qu'elle nécessite ; car la vision stratigraphique n'est pas celle de vestiges à dégager d'une gangue de sédiment stérile et indifférencié, mais au contraire celle d'une accumulation de strates variées dans lesquelles prennent place objets et structures ; et ce n'est pas celle du temps figé, mais au contraire celle de l'évolution et de la transformation. Loin d'être un prince charmant ranimant un corps dans toute sa jeunesse et sa beauté, le fouilleur stratigraphe sait qu'il n'est qu'un carabin disséquant méthodiquement des restes plus ou moins décomposés, achevant par là même de les faire disparaître...

De fait, ce modèle pompéien du temps figé a certainement contribué à chasser pour longtemps la stratigraphie – qui comme on le verra était déjà présente à la fin du XVIII s. chez les naturalistes, et qui n'était pas absente des travaux des antiquaires nordiques des XVIIe et XVIIIe s. – hors du champ de l'archéologie historique⁹. La situation évoluera sensiblement seulement après qu'un autre site évocateur ait permis la diffusion d'un autre modèle lui aussi à fort pouvoir de fascination : celui

8 Il est intéressant de constater que le thème de la « belle à Pompei dormant » a frappé l'imagination des écrivains : ainsi l'*Aria Marcella* de Théophile Gautier, et la *Gradiva* de Wilhelm Jensen (1837-1991) écrite en 1903 (Etienne 1988)

9 Les plus récentes fouilles à Pompéi intègrent dans leurs objectifs l'exploration stratigraphique de l'évolution de la ville avant sa destruction ; l'archéologue Filippo Coarelli souligne ce changement de paradigme, de la vision de Pompéi comme un « objet immobilisé, hors de l'histoire » à la vision stratigraphique : « *Ce qu'il reste à faire aujourd'hui, c'est précisément d'inverser cette image, de nier ce côté exceptionnel en rendant Pompéi à son histoire. Car sous ce miroir trompeur, sous la surface... se trouvent... les différentes Pompéi qui se sont succédées au fil du temps* » (Coarelli 2004 p. 43-44)

du temps stratifié et non plus figé de Hissarlik-Troie fouillée par Schliemann, avec sa succession de cités superposées (*cf.* plus loin 1.2.4).

Ôter le voile du temps : les grandes fouilles de dégagement

C'est en effet toujours ce modèle du « temps figé » et du dégagement des vestiges de leur gangue, qui caractérise les premières grandes fouilles systématiques au XIXe siècle, visant à révéler des sites disparus. Ainsi, en Mésopotamie, les fouilles entreprises dans le second tiers du XIXe siècle, avec des moyens parfois considérables (ainsi 300 ouvriers travaillent sur le chantier de Khorsabad, ouvert en 1843 sous la direction de Paul-Emile Botta), évoluent, au delà de la seule chasse aux objets, vers une lecture du site, avec la participation d'architectes et d'artistes peintres effectuant des relevés *in situ*.

Le cas le plus emblématique du développement de ces vastes opérations de dégagement de sites est celui de la Grèce, libérée en 1830 de la domination ottomane, et où les puissances européennes vont rivaliser d'influence, y compris dans le domaine archéologique. L'Ecole française d'Athènes¹⁰, fondée en 1846 pour développer la présence culturelle française, se tourne progressivement (de façon plus marquée après 1870) vers une activité archéologique de terrain, notamment sur les sites de Délos (à partir de 1873) et Delphes (à partir de 1892). Dans le contexte de frustration créé par la défaite de 1870, il s'agit de reprendre l'avantage sur l'Allemagne : l'archéologie de l'antiquité grecque est en effet alors caractérisée par une certaine prépondérance des archéologues germaniques, tels Alexander Conze (1831-1914) qui effectue des fouilles à Samothrace de 1873 à 1880, ou Ernst Curtius (1814-1896) qui dirige la fouille du site d'Olympie de 1875 à 1881, rassemblés autour de l'institut archéologique allemand à Athènes fondé en 1873.

L'approche du terrain sur les fouilles de L'Ecole d'Athènes est claire, et radicale : lorsque Maurice Holleaux, alors directeur de l'Ecole d'Athènes, présente en 1904 devant l'Académie des Inscriptions et Belles-Lettres les techniques utilisées sur le chantier de Délos, il ressort de son exposé que la fouille proprement dite est considérée comme une opération subalterne de terrassement, qui doit évacuer tous les dépôts hormis les vestiges bâtis. Il peut ainsi annoncer que : « Partout, la fouille a été conduite jusqu'au sol vierge ; tous les déblais ont été amenés au rivage et jetés à la mer... » (cité dans Jockey 1999 p.147). Il n'y a évidemment pas de place dans une telle pratique pour les observations stratigraphiques. C'est uniquement sur les vestiges bâtis une fois dégagés, et sur les objets jugés dignes d'être recueillis, que s'exerce le travail intellectuel de l'archéologue.

Cependant ces fouilles témoignent indiscutablement d'une réelle méthode, issue de la volonté de comprendre globalement l'organisation spatiale du site (méthode d'ailleurs mise en œuvre de façon plus rigoureuse sur les chantiers de l'institut allemand d'Athènes – les premiers à employer systématiquement des architectes – que sur ceux de l'Ecole française). La fouille doit dégager une vaste surface car elle a pour but, à partir des vestiges bâtis, de permettre de déchiffrer un plan interprétable en termes d'architecture et d'urbanisme. Tout ce qui ne procède pas de cette lecture « globale » – et notamment le détail de la stratification sédimentaire, ou la masse des fragments mobiliers ne présentant pas d'intérêt artistique propre – peut logiquement être éliminé ; on cherche par contre à pérenniser les vestiges bâtis et monumentaux, par des restaurations au cours de la fouille. Par sa cohérence intellectuelle et cette volonté de compréhension globale du site, cette approche peut apparaître comme un progrès par rapport aux excavations ponctuelles, de chasse à l'objet ou d'exhumation isolée de tel ou tel monument : ce passage « des fouilles – terriers » aux « fouilles – décapages » (Jockey 1999 p.149) se situe bien en effet dans la droite ligne des critiques des premiers travaux de Pompéi ; mais, par leur ampleur même, ces fouilles de dégagement sont fortement destructives, entraînant la perte de la plus grande partie de l'information contextuelle du

10 Ecole Française d'Athènes : site Internet <http://www.efa.gr/>

site.

La tradition du temps figé : l'archéologie monumentale en France

Au XIXe et au début du XXe siècle, comme celle d'autres pays européens, l'archéologie française des périodes historiques se développe à l'étranger et outre-mer, sous l'impulsion de l'Ecole d'Athènes ; mais aussi de l'Ecole de Rome (fondée en 1873), dont les anciens pensionnaires déploient une importante activité en Afrique du Nord notamment ; et d'autres instituts fondés sur ce modèle jusque dans la première moitié du XXe siècle (ainsi les écoles française du Caire en 1880, de Damas en 1920, de Beyrouth en 1946). Dans ce domaine extra-métropolitain continuent de s'ouvrir de grandes fouilles, qui, peu ou prou, conservent, jusque fort tard dans le XXe siècle, les mêmes méthodes de grand dégagement.

Cependant, à quelques notables exceptions près – en particulier les fouilles suscitées ou encouragées par Napoléon III sur des sites gaulois ou gallo-romains (à Alésia, Gergovie, sur le Mont Beuvray ou en forêt de Compiègne par exemple), dont les découvertes vont nourrir les collections du musée des Antiquités Nationales, ouvert en 1867 – jusqu'au XXe siècle, l'activité de terrain en archéologie historique reste très limitée sur le territoire métropolitain. Le champ de l'archéologie métropolitaine historique ainsi laissé libre a été largement investi par un important courant institutionnel et scientifique : celui de l'archéologie monumentale, né grâce au Romantisme et à l'intérêt de celui-ci pour le patrimoine bâti, principalement médiéval.

Une première composante de ce courant¹¹ apparaît avec Arcisse de Caumont (1802-1873), fondateur en 1824 de la société des antiquaires de Normandie, puis en 1834 de la Société française d'archéologie (SFA) et de son organe de publication le *Bulletin Monumental*. Auteur notamment du *Cours d'antiquités monumentales* paru à partir de 1841 puis de *l'abécédaire ou rudiments d'archéologie*, il s'intéresse aux objets et aux édifices, et applique à ces derniers des principes de classification typologique qui témoignent à la fois des influences de Caylus et de celles des sciences naturelles émergentes. Son champ d'étude s'étend de la Protohistoire à la fin du Moyen Âge, mais il se consacre plus spécialement aux monuments religieux médiévaux, contribuant en particulier à la définition du style roman. Ce foyer normand d'archéologie médiévale est aussi représenté par l'abbé Jean Cochet (1812-1875), membre de la société des antiquaires de Normandie, qui fouille plusieurs nécropoles gallo-romaines et médiévales (*La Normandie souterraine ou notices sur des cimetières romains et des cimetières francs explorés en Normandie*, 1854), contribuant ainsi à la fondation de l'archéologie mérovingienne. Cependant, l'archéologie de terrain que mettent en œuvre Caumont et l'abbé Cochet jusque dans la deuxième moitié du XIXe siècle, malgré le souci de méthode typologique du premier et l'attention au contexte que montre le second dans ses descriptions de sépultures, reste fondamentalement une archéologie de l'objet, sans stratigraphie. Caumont, pourtant attentif aux progrès des sciences naturelles, et à la différence des archéologues nordiques contemporains tels Worsaae (*cf.* ci-dessous 1.2.3), n'a pas vu les apports possibles de l'observation du contexte stratigraphique à la chronologie des sites et des objets archéologiques.

Parallèlement, notamment grâce au travail de sensibilisation mené par Arcisse de Caumont, et à la politique plus volontariste en matière de Beaux-Arts et d'instruction publique que met en place la monarchie de Juillet, un embryon d'administration des monuments historiques se constitue, avec la création en 1830 d'un poste d'inspecteur général des monuments historiques au sein du ministère de l'Intérieur, confié à Ludovic Vitet (1802-1873), puis à Prosper Mérimée (1803-1870) à partir de 1834, date qui est aussi celle du premier achat par l'Etat d'un monument afin de le sauver de la destruction (le baptistère Saint-Jean de Poitiers). En 1837 est créée la commission des monuments

11 Les sites Internet du ministère de la culture, principalement la médiathèque du Patrimoine « <http://www.mediathèque-patrimoine.culture.gouv.fr> » et le site consacré à Prosper Mérimée dans le cadre des célébrations nationales 2003 « <http://www.merimee.culture.fr/> » ont fourni une grande partie des informations utilisées dans le texte qui suit.

historiques, afin d'assister l'inspecteur général ; en 1840, la première liste de monuments et d'objets à protéger prioritairement est établie, et le premier chantier de restauration des Monuments Historiques (l'église de la Madeleine de Vézelay) débute, confié par Mérimée à l'architecte Eugène Viollet-le-Duc (1814-1879). Cette nouvelle administration étend ensuite ses relais en province, encadrant les structures préexistantes telle la société des antiquaires de Normandie¹² (non sans quelques tensions et rivalités, qui dureront jusque sous le second Empire, entre Arcisse de Caumont, de sensibilité plus « associative », et les représentants du nouveau cadre institutionnel).

A l'origine de ce développement institutionnel, on trouve les « intellectuels », hommes de lettres proches du courant romantique, que sont Vitet et Mérimée ; puis, autour de ce noyau, se constitue un réseau d'architectes et d'historiens. Les architectes, maîtres d'œuvre des travaux de restaurations et très tôt associés à la commission des monuments historiques, tels Viollet-le-Duc, Charles Questel (1807-1888), Émile Boeswillwald (1815-1896), Victor Ruprich-Robert (1820-1887), sont aussi des chercheurs qui publient des travaux de référence, parmi lesquels le *Dictionnaire raisonné de l'architecture française du XI^e au XVI^e siècle* de Viollet-le-Duc (publié de 1854 à 1868). Leur influence devient prépondérante au sein de l'administration (ainsi en 1846 Viollet-le-Duc est nommé chef du bureau des Monuments Historiques, puis à partir de 1860 il exerce avec Boeswillwald les fonctions d'inspecteur général des Monuments historiques à la suite de Mérimée), alors qu'il s'organisent en corps (avec, en 1893, la création du concours d'architecte en chef des Monuments historiques). Ce réseau intellectuel dont bénéficient la commission et l'administration des Monuments Historique est aussi nourri par une école d'archéologie monumentale centrée sur l'exercice type que constitue la monographie d'édifice¹³, et qui se développe à partir de l'enseignement d'archéologie médiévale créé en 1847 par Jules Quicherat (1814-1882) à l'École des Chartes. Animée par des historiens chartistes tels Jean-Auguste Brutails (1859-1926, auteur en 1900 de *L'Archéologie du Moyen Âge et ses méthodes*), Eugène Lefèvre-Pontalis (1862-1923), Camille Enlart (1862-1907, auteur du *manuel d'archéologie française* publié de 1902 à 1916), cette école s'épanouit au début du XX^e siècle et domine dès lors les institutions que sont devenues la Société française d'archéologie et le *Bulletin Monumental*. Ce réseau où chartistes, architectes et fonctionnaires sont en contact, est un lieu actif d'études et de débat (par exemple entre les conceptions de Viollet-le-Duc sur la restauration, et le souci de préservation de l'authenticité des monuments). Il est en grande partie à l'origine de l'actuel concept de « patrimoine » (sous-entendu : culturel), officialisé au sein de l'actuel ministère de la culture (en absorbant l'archéologie) depuis 1991 (création du corps unique des conservateurs du patrimoine) et institué dans la loi depuis 2004 (instauration du code du Patrimoine)¹⁴.

Ce puissant courant intellectuel et institutionnel, privilégiant les vestiges bâtis et monumentaux, a occupé en France l'essentiel du champ de l'archéologie historique jusque dans la première moitié du XX^e siècle (à l'exception d'un courant plus restreint et marginal – et plus innovant – d'archéologie gauloise et gallo-romaine, cf. plus loin 1.2.4) ; il existe toujours, autour d'institutions maintenues (la commission et l'inspection des monuments historiques, la SFA) ou créées au XX^e siècle telle l'école de Chaillot¹⁵.

A côté d'une brillante et féconde tradition d'études monumentales, il a cependant eu pour effet négatif de freiner l'évolution des fouilleurs français vers une véritable archéologie stratigraphique de terrain. L'observation de successions chronologiques sur le bâti n'y est pourtant pas ignorée : l'étude d'un édifice, telle que conçue par Brutails ou Lefèvre-Pontalis, comprend la recherche de ses

12 Ainsi, en 1849, l'abbé Cochet est nommé inspecteur des monuments historiques pour le département de la Seine-Inférieure

13 dont la monographie de l'église Notre-Dame de Noyon, publiée en 1845 par Ludovic Vitet, constitue un exemple précurseur

14 Qui rassemble les législations relatives aux Archives (livre II), bibliothèques (livre III), musées (livre IV), à l'archéologie (livre V) et aux monuments historiques (livre VI).

15 Le Centre des hautes études de Chaillot (CEDHEC), dit « école de Chaillot », est issu du Centre d'études supérieures pour la connaissance et la conservation des monuments anciens (CESCMA) créé en 1920, et assure la formation spécialisée (y compris archéologique) des architectes se destinant aux concours du patrimoine et des monuments historiques.

modifications et étapes de construction (Lefèvre-Pontalis 1906 ; Reveyron 2002) ; mais on ne peut parler de véritable analyse stratigraphique, car cette recherche s'inscrit au fond dans une vision plus fixiste qu'évolutive : pour les historiens et plus encore pour les architectes de ce courant, elle se traduit le plus souvent par le choix d'un état de référence de l'édifice, par rapport auquel les étapes antérieures sont situées comme « primitives », et les étapes postérieures vues comme des altérations de l'authenticité du monument. Et surtout, cette observation chronologique est limitée à l'objet architectural, aux seuls vestiges construits ; les fouilles, lorsqu'elles sont pratiquées, restent une stricte opération de dégagement des structures construites, sans analyse du contexte sédimentaire, avec les conséquences destructives évoquées plus haut pour les opérations de grands dégagements.

Ainsi, ce modèle du temps architectural axé sur la recherche de l'état idéal rejoint le modèle du temps figé pompéien et des grandes fouilles de dégagement dans l'exclusion intellectuelle d'une vision pleinement stratigraphique.

1.1.4. L'objet sans le contexte : permanence et actualité de la fouille sans stratigraphie

Caractères généraux de l'archéologie sans stratigraphie : une archéologie de l'objet

De ces différentes formes d'archéologie sans stratigraphie, de l'Antiquité jusqu'à nos jours, se dégage une première constante : Il s'agit essentiellement d'une archéologie de l'objet, limitée aux artefacts¹⁶ jugés dignes d'intérêt. Le cas limite où le seul critère est la valeur marchande des objets a été évoqué en premier lieu : les fouilles ainsi motivées n'ont rien d'archéologique et ne sont que simple pillage. Avec l'apparition des antiquaires puis des archéologues-philologues, les qualités justifiant le recueil des objets s'élargissent : elles peuvent être d'ordre esthétique ou artistique, conférant aux objets mobiliers le statut « d'œuvre », et aux objets immobiliers celui de « monument » ; ou d'ordre historique (une tablette à inscription par exemple) ; ou encore liées à une force particulière d'évocation ou d'émotion (ainsi les moulages des corps de Pompei, technique mise au point en 1863 par Giuseppe Fiorelli). Dans sa forme la plus large, atteinte au XIXe siècle, cette archéologie de l'objet s'étend à l'étude de tous les artefacts, comme l'indique en 1877 l'archéologue et historien Gustave Bloch¹⁷ (1848-1923), qui précise par ailleurs le lien étroit de l'archéologie dans cette acception avec l'histoire de l'art : "*L'archéologie étudie les formes diverses que l'homme a su donner à la matière pour la faire servir à ses besoins ou à ses plaisirs ... L'archéologie n'est donc pas seulement l'histoire de l'art, bien qu'elle ait aussi ce caractère et même qu'elle l'ait eu longtemps d'une manière exclusive* » (cité dans Reveyron 2002 p.1).

Étudier l'objet ne signifie pas nécessairement négliger le contexte ; mais on doit constater que la conception de l'archéologie réduite à l'étude de l'objet est historiquement liée à l'absence d'analyse stratigraphique. La fouille est alors limitée à la recherche des seuls artefacts. Effectuée par des terrassiers et préalable à la véritable étude, elle ne requiert pas la participation directe de l'archéologue, si ce n'est pour veiller à ce que les objets découverts ne soient ni abîmés ni volés ; car la qualité de cette fouille n'est mesurée qu'au soin pris à la préservation de l'objet lors de l'opération d'exhumation. Le recueil des données de contexte est par conséquent extrêmement réduit, limité à des localisations non stratigraphiques : un objet mobilier ne sera ainsi pas situé comme provenant de telle couche, mais de l'espace défini par les murs de tel édifice ; les relations de postériorité ou d'antériorité n'étant observées, dans le meilleur des cas, qu'au sein des structures construites dégagées. Les conséquences destructives de ce type de fouille ont été évoquées : structurellement, la

16 Le terme « artefact » est ici pris au sens de tout élément fabriqué de main d'homme (structures construites et objets manufacturés), par opposition aux écofacts (vestiges non manufacturés) ; un os, simple déchet alimentaire, est un écofact ; une épingle à cheveux en os est un artefact. C'est l'actuelle définition juridique du terme « mobilier archéologique » (arrêté interministériel du 16 septembre 2004).

17 Par ailleurs père du grand historien Marc Bloch (1886-1944)

destruction sans observation de la stratification sédimentaire élimine tous les témoins d'aménagement ne subsistant qu'à l'état de traces (tels des trous de poteaux), ainsi que les témoins d'occupation (accumulations détritiques, surfaces de circulation, etc.) ; chronologiquement, elle isole les structures et objets découverts au lieu de les ordonner dans le temps. Plus généralement, l'étude réduite aux objets artificiels et l'ignorance de la dimension contextuelle excluent l'étude des écofacts et des traces environnementales, et par conséquent celle des relations entre sociétés et milieux.

Les deux archéologies actuelles : archéologie de l'objet, archéologie de terrain

À cette archéologie de l'objet s'oppose une autre archéologie, plus récente, liée à l'apparition de la stratigraphie. Cette apparition (décrite dans la suite de ce chapitre) amène, en effet, une rupture fondamentale dans la définition même de la discipline archéologique : observer et enregistrer la stratigraphie, c'est prendre en compte une information de nature strictement contextuelle, extrinsèque aux objets eux-mêmes. Dès lors le champ de l'archéologie s'élargit nécessairement pour inclure l'étude de des traces matérielles observées sur le terrain permettant de définir des contextes, en particulier les sols, sédiments et interfaces stratigraphiques reconnus « autour » des objets artificiels mobiliers ou immobiliers. De fait, ce champ cesse d'être limité à l'étude des objets artificiels issus de la fouille¹⁸ ; il peut alors naturellement s'étendre à toutes les traces matérielles observables susceptibles de nourrir la connaissance des sociétés (incluant en particulier les écofacts et traces environnementales). Corollairement, la fouille cesse d'être seulement une prestation de service technique en amont de l'étude archéologique, pour intégrer le processus scientifique archéologique en tant qu'acte de recherche à part entière : elle n'est plus en effet un simple dégagement d'objets, mais une analyse du terrain et des contextes.

Cette conception plus récente est aujourd'hui généralement partagée par les chercheurs au sein de la communauté archéologique. Nous la qualifierons ici d'archéologie contextuelle, ou plus simplement « d'archéologie de terrain »¹⁹, par opposition à « l'archéologie de l'objet » que l'on vient de caractériser. Cette dernière en effet, n'a pas disparu en tant qu'acception du mot « archéologie » ; aujourd'hui en France, il s'agit peut être même encore de la conception dominante de l'archéologie pour une partie des institutions patrimoniales (en particulier l'administration des Monuments Historiques et les concours et formations d'architectes du patrimoine, prolongement actuel de la tradition d'archéologie monumentale évoquée plus haut), ainsi qu'auprès des média, des élus et décideurs, et du public²⁰.

De cette coexistence actuelle de deux conceptions de l'archéologie témoigne en premier lieu l'état actuel du droit ; l'article 510-1 du code du patrimoine (livre V, titre premier) définit ainsi le patrimoine archéologique : « *Constituent des éléments du patrimoine archéologique tous les vestiges et autres traces de l'existence de l'humanité, dont la sauvegarde et l'étude, notamment par des fouilles ou des découvertes, permettent de retracer le développement de l'histoire de l'humanité et de sa relation avec l'environnement naturel.* » :

18 Certains chercheurs continuent à se réclamer d'une « archéologie de l'objet » (c'est à dire posant l'étude des seuls artefacts comme champ de l'archéologie), tout en prenant en compte l'information contextuelle, en particulier stratigraphique (cf. « l'archéologie moderne et générale » - Bruneau, Balut, 1982). Ils ont raison sur le second point, mais cette double revendication (réduire le champ de l'archéologie « générale » aux ouvrages humains, et prendre en compte les informations contextuelles de terrain) constitue à notre sens une contradiction intellectuelle : elle revient à nier l'intérêt des traces non ouvrées et à exclure les chercheurs qui les étudient (paléoenvironmentalistes, géoarchéologues...), tout en acceptant de bénéficier de leurs résultats.

19 précisant ainsi le sens donné à l'expression « archéologie de terrain » en introduction ; la notion de terrain (quelle que soit la nature de ce terrain : site enfoui, élévation, etc.) est en effet pour nous liée à celle de contexte ; l'archéologie « de terrain » inclut donc contextes, objets, et surtout relations entre les deux.

20 Cette superposition de deux archéologies d'acception différente est bien illustrée par le cas de l'archéologie médiévale : à la première archéologie médiévale du XIXe s. liée à l'objet et encore plus au monument – celle d'Arcisse de Caumont, aujourd'hui encore représentée par la Société française d'archéologie – a succédé dans les années 1960 (sans que la première disparaisse) une archéologie médiévale dans l'acception actuelle du terme, contextuelle et stratigraphique, principalement sous l'impulsion de Michel de Boüard (voir plus loin 1.2.5) ainsi que d'autres archéologues comme Gabrielle Démiens d'Archimbaud et Jean-Marie Pesez (1929-1998), qui ont élargi le champ de cette archéologie notamment à l'habitat rural, et ont réenvisagé l'étude des objets sous l'angle de la « culture matérielle » (Burnouf 2008).

définition suivant l'acception actuelle, contextuelle, du champ de l'archéologie (et inspirée de textes internationaux) ; mais par ailleurs, le régime juridique des objets issus de fouilles archéologiques actuellement en vigueur ne considère la fouille que comme une production d'objet et exclut la valeur scientifique liée à la notion de contexte²¹ (Négri 2008) ; il apparaît ainsi, à quelques articles de distance dans le code du patrimoine, en contradiction intellectuelle avec la définition de l'article 510. Les deux dictionnaires les plus courants reflètent cette dualité : le *Petit Larousse* (édition 2005) retient pour le mot « archéologie » le champ large de l'archéologie de terrain actuelle : « science qui grâce à la mise au jour et à l'analyse des vestiges matériels du passé, permet d'appréhender depuis les temps les plus reculés les activités de l'homme, ses comportements sociaux et religieux et son environnement » ; alors que le *Petit Robert* (édition 2006) s'en tient à l'archéologie de l'objet : « science des choses anciennes, et spécialement des arts et monuments antiques »²².

Ces conceptions différentes du champ de l'archéologie sont aussi liées à une ambiguïté sur les notions de conservation et de destruction patrimoniale. En effet l'archéologie de terrain, dans sa conception actuelle, se sait destructrice de la stratification et de son potentiel d'information (dont les objets recueillis ou conservés sur place ne représentent qu'une petite partie) et vise donc à transférer cette information sur un autre support : l'enregistrement. Du point de vue de l'archéologie de l'objet, cette notion d'enregistrement (ou de « sauvegarde par l'étude ») n'existe pas : la notion de conservation recouvre exclusivement le maintien de la matérialité de l'objet. Par conséquent, à l'inverse de l'archéologie de terrain, l'archéologie de l'objet, en particulier l'archéologie de l'objet monumental, héritière d'une tradition d'étude et de restauration de plus de 150 ans, ne se perçoit pas elle-même comme destructrice ; au contraire, le dégagement de l'objet architectural ou mobilier est associé à l'idée de sa mise en valeur, de sa conservation et de sa protection. Ainsi, des opérations de restauration de monuments historiques, effectuées sans observations ni enregistrement stratigraphique, sont de bonne foi vécues comme des opérations de protection patrimoniale, alors que l'absence d'observations et de documentation contextuelles les rendent irrémédiablement destructives²³. Il faut ajouter qu'il s'agit d'une incompréhension mutuelle (les archéologues de terrain se souciant fréquemment très peu des questions de conservation), qui freine l'émergence d'une véritable dialectique faisant la part, dans chaque opération patrimoniale ayant un impact archéologique, de la « dissection » (la part nécessaire de l'enregistrement de l'information amenée à disparaître du fait même de l'intervention) et de la conservation (le maintien de la matérialité de structures et objets sélectionnés). On peut néanmoins conclure ces remarques sur une note optimiste, en notant l'existence d'expériences de plus en plus nombreuses témoignant de l'émergence d'une telle dialectique, en particulier avec l'apparition de véritables études préalables archéologiques (Boissavit-Camus et al. 2003).

1.2. Le temps vu en coupe : la stratigraphie archéologique classique

Au début du XIXe s., la révolution des sciences naturelles, permise par le mouvement des Lumières et l'éclatement du carcan intellectuel religieux, donne naissance à la géologie moderne, incluant la stratigraphie (1.2.1). Cette dernière peut alors être appliquée aux vestiges d'occupation humaine

21 Ce qui a des conséquences scientifiquement dommageables, notamment liées au partage des collections archéologiques prévu par ce régime juridique (Meyer-Rodrigues 2008)

22 Comme chacun le sait, un dictionnaire n'est pas neutre ; l'exemple de l'archéologie illustre les tendances différentes de ces deux outils indispensables et complémentaires que sont le Robert et le Larousse : plus littéraire, plus classique, plus conservateur pour le premier ; plus scientifique et technique, plus ouvert aux nouveautés, plus progressiste pour le second (même s'il s'est assagi depuis la célèbre « exécution » de Napoléon par le fondateur Pierre Larousse dans son *Grand Dictionnaire universel* publié à partir de 1866 : « Bonaparte, Napoléon : général de la République française, ... mort au château de Saint-Cloud près de Paris, le 18 brumaire, an VIII de la République française, une et indivisible »)

23 L'incompréhension du caractère destructeur des interventions de restauration (par ailleurs nécessaires) et du rôle de l'archéologie comme outil d'enregistrement de cette information détruite, qui demeure au sein des plus hautes instances patrimoniales françaises, est illustrée notamment par la communication de l'inspecteur général Pierre-André Lablaude aux Entretiens du Patrimoine 1994 (Lablaude 1997).

observés in situ ; l'ancienneté de l'Homme est ainsi démontrée en 1859, et la chronologie préhistorique élaborée dans la deuxième moitié du siècle (1.2.2). Le raisonnement typologique fondé sur la relation objet-contexte, développé par les archéologues d'Europe du Nord, permet parallèlement la construction de la chronologie de la protohistoire européenne, et contribue à lier l'étude des objets à l'analyse stratigraphique (1.2.3). Cependant, la stratigraphie n'investit que lentement le champ de l'archéologie classique et historique ; elle y devient un outil d'identification des périodes anciennes à partir de la fin du XIXe s., mais son usage reste en fait limité et ponctuel, jusqu'aux années 1950 (1.2.4), période à laquelle M. Wheeler et ses élèves publient et répandent la première méthode systématique de stratigraphie appliquée aux stratifications anthropiques (1.2.5). Cette dernière étape est l'aboutissement de l'approche stratigraphique ici dite « classique », recourant exclusivement à la lecture verticale du terrain, en coupe (au point de confondre « coupe » et « stratigraphie »), et fondamentalement basée sur l'idée de la simple accumulation gravitaire des dépôts archéologiques comme principal processus de stratification (1.2.6).

1.2.1. Les origines : la révolution chronologique des sciences naturelles (fin XVIIIe - début XIXe s.)

Des observations isolées dans un cadre intellectuel contraint

Avant que les préhistoriens ne fondent véritablement la stratigraphie archéologique au XIXe siècle, il arrive occasionnellement que la position des vestiges enfouis dans la stratification soit perçue comme porteuse d'information, et même que des indications de chronologie relatives en soient tirées. C'est le cas notamment, à la fin du XVIe siècle, d'une observation de l'antiquaire romain Flaminio Vacca (citée dans Schnapp 1993 p. 201-203) : « ...dans les fondations de Saint-Pierre en Vatican..., on découvre dans la couche de craie quelques pièces de bois longues de quatre palmes et larges d'une, qui avaient été taillées par des hommes à la hache ou par un autre outil de fer. Et cela devait être avant la grande Arche puisque la couche de craie est l'œuvre du grand déluge et que ces bois étaient recouverts par celle-ci sans qu'il y ait quelconque trace de fouille... ». Indépendamment de la référence biblique, le raisonnement de datation est indiscutablement stratigraphique.

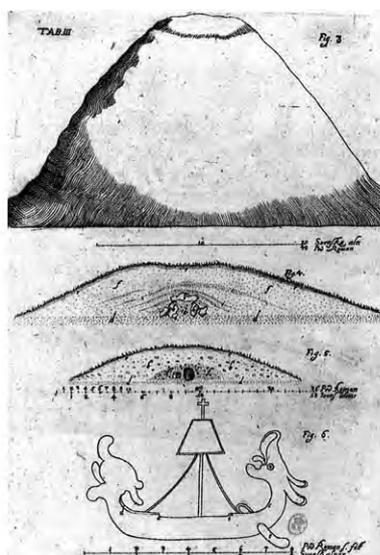


fig. 1: coupe de tumulus dessinée par Olof Rudbeck en 1697 (document reproduit dans Schnapp 1993 p.200)

Des observations sur le contexte sédimentaire figurent aussi dans certains travaux des antiquaires d'Europe du Nord évoqués plus haut : notamment ceux d'Olof Rudbeck, qui fouille des tumuli à Uppsala et en relève des coupes. Pour Alain Schnapp (1993 p. 202) : « ...il est sans doute l'un des

premiers à considérer la fouille comme un acte de dissection anatomique, comme une opération qui ne consiste pas seulement à dégager des objets du sol mais à comprendre les relations des vestiges avec les couches qui les ont fossilisés... Rudbeck a jeté les bases de la méthode stratigraphique. Il a eu de fait l'intuition de recourir à l'observation de la succession des strates pour établir une chronologie absolue ».

Mais ces observations, et celles de quelques autres antiquaires du XVII^e et du XVIII^e siècle attentifs au contexte sédimentaire, restent isolées, et n'arrivent pas à déboucher sur une perception d'ensemble, celle du site archéologique comme produit d'un processus de stratification. Cette impossibilité de passer de l'observation isolée à une réelle méthode stratigraphique est sans doute en grande partie liée à la vision statique du cadre naturel imposée jusqu'au XIX^e siècle par le dogme de la Création. Dans un monde pas plus ancien que les hommes, dont l'âge est situé d'après la bible vers 4 000 avant J.-C.²⁴, et dont la faune, la flore et le sol sont depuis restés immuables (à l'exception du Déluge et de transformations superficielles dues à l'activité humaine), il n'y a pas de place pour une pensée géologique ; et par conséquent, même si l'observation ponctuelle d'une stratification artificielle ne remet pas en cause le dogme, il n'y a pas de place pour les conséquences intellectuelles de la généralisation de l'approche stratigraphique. Ainsi Flaminio Vacca et Olof Rudbeck cités plus haut remarquent des successions stratigraphiques ; mais ils ne peuvent en rapporter le cadre chronologique qu'au Déluge.

La naissance des sciences de la Terre et l'éclatement du cadre biblique

La constitution progressive de la géologie comme science de la Terre, du XVII^e au XIX^e siècle, va remettre en question puis faire éclater ce cadre biblique. Dès le 17^e siècle, le médecin danois Niels Steensen (1631-1686, connu en France, où il a vécu, sous le nom de Nicolas Sténon) observe en Toscane des couches sédimentaires contenant des fossiles, qu'il qualifie de strates (*strata*), dont il reconnaît la superposition, et qu'il identifie comme déposées en milieu marin. Il en déduit les principes, encore utilisés aujourd'hui, de superposition (les strates les plus profondes sont les plus anciennes) et d'horizontalité originelle (la surface supérieure d'une strate déposée en milieu marin est horizontale sauf si elle a subi un mouvement postérieur au dépôt). Cette « *géniale anticipation* » (Gohau 2003 p. 24) publiée en 1669 (sous le titre discret de *De solido intrasolidum naturaliter contento dissertationis prodromus* : Prologue d'une dissertation sur le solide naturellement contenu dans un autre solide) reste longtemps isolée.

Au XVIII^e siècle les progrès des sciences naturelles dans le contexte intellectuel du mouvement des Lumières permettent une lecture moins littérale de la Bible. Georges-Louis Leclerc de Buffon (1707-1788), dans le tome V des *Suppléments à l'Histoire naturelle* (1778), expose une théorie de la formation de la planète en sept époques. Le chiffre est encore celui des jours de la Création, mais les arguments physiques, en particulier la formation des montagnes anciennes dont Buffon suppose qu'elles sont issues du refroidissement de la planète, l'amènent à donner publiquement 75 000 ans d'âge au globe, et même à supposer en privé une bien plus grande ancienneté (Gohau 2003, Poplin 1989). Au début du XIX^e siècle, Georges Cuvier (1769-1832), qui publie son système en 1825 (*Discours sur les révolutions de la surface du globe*), prend en compte les observations stratigraphiques de couches superposées et les fossiles qu'elles contiennent, dont il admet qu'il s'agit d'espèces disparues. Il interprète ces extinctions d'espèces comme dues à des catastrophes successives, le Déluge étant la trace historique de la dernière.

La haute ancienneté du globe entrevue par Buffon, la succession des espèces disparues admise par Cuvier affranchissent les sciences naturelles du cadre contraignant de la chronologie biblique. Mais le catastrophisme de Cuvier reste une vision fixiste de la géologie, encore sous l'influence de l'idée du Déluge.

24 Le calcul le plus souvent cité est celui de James Ussher (1581-1656) primat d'Irlande, archevêque d'Armagh, pour qui la Création remonte au 23 octobre 4004 av. J.-C., à 9 heures du soir (Gohau 2003)

L'apparition et le développement des concepts de la stratigraphie géologique

Or, dès le XVIII^e siècle, l'observation de différences géologiques locales met à mal ce modèle exclusivement fondé sur une succession de grandes catastrophes généralisées. Plusieurs savants, tels Johann-Christian Füchsel (1722-1773) ou John Michell (1724-1793), décrivent des strates sédimentaires et leur succession ; ces observations stratigraphiques (dites alors « géognosiques ») suggèrent une formation graduelle, continue, et non « catastrophiste » du relief. En 1795, l'Écossais James Hutton (1726-1797) publie sa *Theory of the Earth with Proofs and Illustrations*, dans laquelle il énonce l'existence du cycle géologique de formation des strates sédimentaires en milieu marin, de soulèvement et d'érosion de ces formations. Il introduit la notion de discontinuité stratigraphique, témoignant de ce temps intermédiaire de soulèvement et d'érosion, et expliquant les différences d'orientation parfois observables entre deux formations superposées (Gohau 2003).

La géognosie, forme naissante de la stratigraphie²⁵ géologique, est complétée au début du XIX^e siècle par le principe de corrélation, ou d'identité paléontologique : les associations de fossiles trouvées dans les strates étant tenues pour caractéristiques d'une période, les associations identiques trouvées dans des couches différentes permettent d'établir la contemporanéité de ces couches ; et corollairement, les associations différentes peuvent servir à ordonner chronologiquement leurs strates de provenance – principe dont s'inspireront les études de typochronologie archéologiques. Ce principe est formulé par l'anglais William Smith (1769-1839) à partir d'observations lors de travaux de creusement de canaux dans le sud de l'Angleterre (*Strata Identified by Organized Fossils...* 1816), et parallèlement en France par Cuvier et Alexandre Brongniart (1770-1847) dans un article du Journal des Mines (*Essai sur la géographie minéralogique des environs de Paris* – 1808) (Coye 1998).

La synthèse de ces apports est réalisée par le fondateur de la géologie moderne, l'Écossais Charles Lyell (1797-1875), dans ses *Principles of Geology* (1830-1833), dont les rééditions successives jusqu'en 1872 (dernière édition du vivant de l'auteur) rendent compte de la multiplication des travaux des géologues durant le XIX^e siècle, fixant le cadre chronostratigraphique à la base de celui encore utilisé actuellement et précisant les ères, systèmes et étages qui le constituent. La vision stratigraphique de Lyell, dans le prolongement de celle de Hutton, abandonne l'idée de grandes catastrophes entre lesquelles le paysage resterait immuable ; elle lui oppose l'actualisme (Gohau 2003) – théorie de la transformation continue du globe par des forces toujours à l'œuvre actuellement – et rejoint ainsi le courant transformiste en sciences naturelles que défend en France, contre le catastrophisme de Cuvier, Jean-Baptiste Lamarck (1744-1829) dans sa *Philosophie zoologique* (1809).

La stratigraphie est restée centrale dans le développement ultérieur de la géologie ; son champ s'est élargi, et est aujourd'hui décliné en différentes spécialités. Les deux approches fondatrices – la définition en différents lieux des formations rocheuses successives, et leur mise en corrélation au moyen des types et proportions de fossiles qu'elles contiennent – ont donné lieu aux actuelles « lithostratigraphie » et « biostratigraphie ». D'autres disciplines s'y sont ajoutées, intégrant les progrès des techniques physico-chimiques d'identification et de datation : chimiostratigraphie, magnétostratigraphie, géochronologie et radiochronologie isotopiques... Elles prennent place dans une conception globale de la stratigraphie géologique, comprise comme la « discipline scientifique qui étudie l'agencement, dans l'espace et dans le temps, des formations géologiques et des événements qu'elles matérialisent, afin de reconstituer l'histoire de la Terre et son évolution en fonction du temps. » (Rey dir. 1997 p.1), et qui recourt à de multiples unités d'analyse (par exemple du taxon à la biozone pour la biostratigraphie). Le cadre chrono-stratigraphique général a évolué en fonction du progrès des connaissances et des

25 Le Petit Robert ne situe pas avant 1873 les termes « stratigraphie » et « stratigraphique » .

méthodes²⁶. Cette évolution est toujours en cours sous l'égide d'un organisme scientifique international : la commission de stratigraphie de l'Union internationale des sciences géologiques (UISG)²⁷. Le dernier état de l'échelle chronostratigraphique globale des temps géologiques (Geologic Time Scale 2004), répartie en éons, ères, périodes, époques et étages, place l'évolution culturelle de l'humanité et par conséquent le domaine de l'archéologie à l'ère cénozoïque, principalement durant la période quaternaire, dont notre actuelle époque géologique, l'Holocène, est la dernière subdivision.

la voie ouverte à la méthode stratigraphique en archéologie

Le mouvement d'émancipation intellectuelle lié aux Lumières du XVIIIe siècle, qui mène à la naissance de la géologie moderne, trouve un écho dans le domaine de l'archéologie avec des observations de stratifications plus fréquentes et plus détaillées, sur le chemin d'une véritable méthode stratigraphique. L'une des plus remarquables et des plus fréquemment citées est le fait d'un personnage célèbre : Thomas Jefferson (1743-1826, président des Etats-Unis de 1801 à 1809), qui fut aussi l'un des fondateurs de l'archéologie américaine. En 1784, il fouille un tumulus dans sa propriété de Monticello en Virginie, dans lequel il observe des ossements disposés en plusieurs strates, et en déduit une chronologie des inhumations (observations publiées dans ses *Notes on the State of Virginia*). Plus tard, comme président de l'*American Philosophical Society* à Philadelphie, il envoie en 1799 une circulaire aux correspondants pour les encourager à enregistrer des informations et effectuer des relevés sur les tombes et fortifications indiennes ; il propose d'effectuer des coupes pour en examiner le contenu, et de les dater en comptant les cernes des arbres qui poussent dessus, ce qui en fait un double pionnier de la stratigraphie et de la dendrochronologie (Daniel 1981).

À partir des années 1830, le cadre géologique actualiste de Lyell ouvre la voie à une utilisation systématique de telles observations et offre à l'archéologie de terrain une nouvelle méthode permettant l'élaboration de chronologies et la recherche d'évolutions culturelles hors de limites préimposées : « *Les archéologues travaillant après Lyell ne seront plus confinés dans des interprétations reposant sur des catastrophes diluviales* » (Daniel 1981 p.51). La stratigraphie apportée par les géologues peut ainsi devenir un outil chronologique d'application générale : « *...la stratigraphie apporte un moyen supplémentaire à la construction : l'objet est enfoui par l'action d'un phénomène de déposition qui est à la fois local et universel. Tout objet, tout monument est destiné à trouver une place dans un processus général de stratification qui se confond avec l'histoire du globe.* » (Schnapp 1993 p. 321).

1.2.2. La stratigraphie au cœur de la Préhistoire : l'application des concepts géologiques (XIXe - XXIe s.)

Un dernier verrou intellectuel : le refus de l'ancienneté de l'Homme

C'est par la question de l'ancienneté de l'Homme, liée à la géologie des périodes récentes, que la stratigraphie pénètre réellement dans le domaine de l'archéologie. L'idée d'une grande ancienneté de l'humanité n'est pas nouvelle ; elle est entrevue au XVIIe siècle : en 1655 paraît un ouvrage dont l'auteur, Isaac de La Peyrère (1596-1676), suppose l'existence d'hommes « pré-adamites », auxquels il attribue les outils de pierre taillée (Daniel 1981, Schnapp 1993) ; mais cette thèse, directement contradictoire avec la lettre de la Bible, ne peut alors être soutenue. Devant la menace du bûcher, La Peyrère choisit judicieusement de se rétracter. Près d'un siècle et demi plus tard, alors que la pensée scientifique s'est libérée et que la géologie se développe, John Frere (1740-1807) effectue les

26 Ainsi l'ère tertiaire, à la définition de laquelle Charles Lyell s'était plus particulièrement consacré, a disparu du dernier état de l'échelle des temps géologiques, ainsi que les ères primaire et secondaire.

27 <http://www.stratigraphy.org/>

premières observations de silex taillés, dans une carrière du Suffolk, sous plusieurs mètres de strates géologiques en place. Les silex, correctement interprétés comme des outils, sont associés à des restes animaux disparus. Cependant, ces observations publiées en 1800 dans la revue de la *Society of Antiquaries* de Londres, restent sans échos immédiats (Daniel 1981, Harris 1979, Schnapp 1993).

A partir du deuxième tiers du XIXe siècle, le cadre stratigraphique et paléontologique de la géologie est on l'a vu solidement établi ; pourtant l'idée que l'Homme s'inscrit lui aussi dans le temps long de la géologie n'est pas encore acceptée par les institutions scientifiques. On ne soupçonne toujours pas l'ampleur chronologique des sociétés humaines qui précèdent l'apparition de l'écriture et des premières civilisations historiques, par ailleurs peu à peu éclairées par le déchiffrement des inscriptions égyptiennes puis des tablettes moyen-orientales. Ces plus anciens documents connus sur l'histoire de l'humanité ne remettent pas en cause l'ordre de grandeur donné par la chronologie biblique – quelques millénaires au plus – pour l'ancienneté de l'humanité.

Les naturalistes et géologues de la première moitié du XIXe siècle sont encore imprégnés de cet ordre de grandeur et restent sceptiques devant les observations qu'accumulent plusieurs pionniers. En Angleterre, les fouilles de Kent's Cavern à Torquay menées de 1824 à 1829 par John MacEnery (1796-1841) montrent une association de silex taillés et de faune disparue, mais en raison du scepticisme du géologue William Buckland, les fouilles s'interrompent. Dans le sud de la France, des associations stratigraphiques entre faune disparue et restes humains sont observées dans plusieurs grottes explorées par le géologue Marcel de Serres (1783-1862), et ses amis Jules de Christol et Paul Tournal ; ce dernier a laissé son nom à un gisement en grotte à Bize (Aude) dans lequel il a observé des os de faune disparue portant des marques d'outils, présenté dans des notes dans les *Annales de Sciences naturelles* à partir de 1828 (Daniel 1981). En Belgique, Philippe-Charles Schmerling (1791-1836) publie ses *Recherches sur les ossements fossiles découverts dans les cavernes de la province de Liège* (1833), qui ont de même livré des outils et des restes humains associés à des restes de faune disparue ; mais il est peu cru à l'époque par ses collègues de l'université de Liège. Et surtout, dans la Somme, Jacques Boucher de Crèvecœur de Perthes (1788-1868) poursuit les recherches que son ami Casimir Picard (1806-1840) avait entreprises ; il effectue des observations dans la région d'Abbeville, et recueille des outils préhistoriques en place. En 1846, l'Académie des Sciences refuse son ouvrage *Antiquités celtiques et antédiluviennes*, dans lequel l'importance de la stratigraphie est explicitement argumentée (Coye 1998, Schnapp 1993) ; il paraît sans l'approbation de l'Académie en 1847. « ...Pourtant, s'il méritait des critiques, le travail de Boucher de Perthes avait le mérite de la hauteur de vue et de l'originalité. Il constitue la première réflexion d'ensemble sur la stratigraphie appliquée à l'archéologie... En illustrant ses démonstrations de coupes, en prenant le soin de décrire, comme un géologue, la position et le contenu des strates qu'il étudie, Boucher de Perthes entre de plain-pied dans l'archéologie stratigraphique. » (Schnapp 1993 p. 312-313)

1859 : la naissance de la Préhistoire, ou la preuve par la stratigraphie

Cependant, à la fin des années 1850, les résistances scientifiques et institutionnelles cèdent. La découverte de l'Homme de Néanderthal en 1857 soulève encore peu d'échos ; mais la reprise des fouilles de Kent's Cavern sous la direction de William Pengelly (1812-1894), puis la fouille en 1858 - 1859 d'une grotte voisine à Brixham sous l'égide de la *Royal Society* avec un comité scientifique comprenant Charles Lyell, le paléontologue Hugh Falconer (1808-1865) et le géologue Joseph Prestwich (1812-1896), aboutissent à d'indiscutables associations d'outils taillés et de restes de faune disparue, stratigraphiquement scellées par des dépôts stalagmitiques. Une commission comprenant Joseph Prestwich et le géologue John Evans (1823-1908) se rend alors dans la Somme, au printemps 1859, afin de vérifier les découvertes françaises, qui semblent corroborer les résultats britanniques.

En France en effet, l'érudit Marcel Jérôme Rigollot (1786-1854), au départ hostile aux thèses de

Boucher de Perthes, mais convaincu par la découverte d'outils en silex dans la carrière de Saint-Acheul près d'Amiens, a publié en 1854 un *Mémoire sur les instruments de silex trouvés à Saint-Acheul*. Après la visite des collections de Boucher de Perthes à Abbeville, Prestwich et Evans se rendent sur le site de Saint-Acheul, dans lequel, cette même année 1859, le paléontologue Albert Gaudry (1827-1908) trouve à nouveau des outils en place.

Une photographie prise en 1859 en présence de Prestwich et Evans, que l'on peut sous-titrer « la preuve par la stratigraphie », montre un biface en place dans la coupe de Saint-Acheul²⁸. À leur retour, les chercheurs britanniques confirment les résultats de Boucher de Perthes dans leur rapport à la *Royal Society* en mai 1859. De son côté Gaudry fait de même devant l'Académie des Sciences (septembre-octobre 1859). Devant cette convergence (pour une fois) des deux côtés de la Manche, la conviction des autorités scientifiques est cette fois acquise, en particulier celle de Charles Lyell, qui publie en 1863 *the Geological Evidence of the Antiquity of Man*.

(photo publiée dans CNRS 1977 p.18 ; Bréart 1986 p.9)
Lors de la visite des chercheurs britanniques Evans et Prestwich, un biface acheuléen est photographié en place dans les dépôts des moyennes terrasses alluviales de la Somme. Pour la première fois la photo est utilisée comme document d'enregistrement stratigraphique.

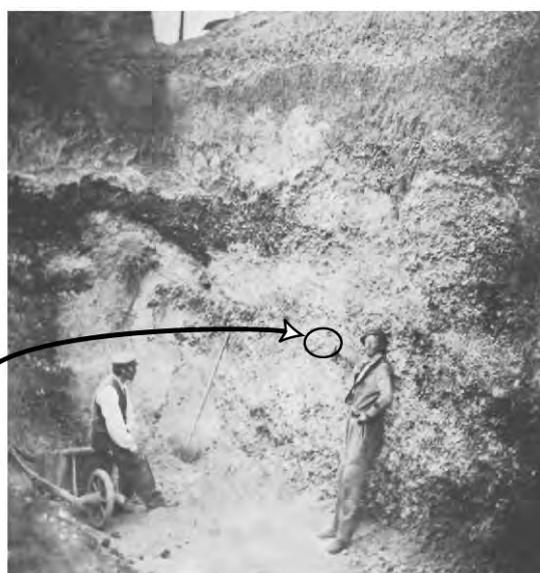


fig. 2: Saint-Acheul 1859 : la preuve stratigraphique

Ainsi, après la disparition des blocages religieux qui empêchaient le développement de la méthode stratigraphique, le développement de celle-ci et son application aux plus anciens vestiges d'occupation humaine fait éclater, au milieu du XIXe siècle, l'un des derniers verrous intellectuels hérités du dogme, affectant encore les esprits savants : celui de l'ancienneté de l'Homme. La stratigraphie géologique ouvre de ce fait la voie à une nouvelle science : la préhistoire.

Typologie et stratigraphie : le débat entre les premiers préhistoriens

L'année 1859, qui marque donc l'entrée officielle de la préhistoire²⁹ dans le champ scientifique, est aussi celle de la publication de *De l'Origine des Espèces au moyen de la sélection naturelle* de Charles Darwin (1809-1882), dont l'influence va être considérable sur le développement de l'archéologie préhistorique et protohistorique jusqu'au XXe siècle. En effet, si les conceptions de Boucher de Perthes apparaissent encore largement empreintes de « catastrophisme » diluvien (comme l'indique le titre de la publication de 1847), la préhistoire, à partir des années 1860, s'inscrit nettement dans le courant évolutionniste de Darwin, héritier du transformisme naturaliste de Lamarck et de l'actualisme géologique de Lyell (Richard 1989).

28 La catalogue de l'exposition « 3 millions d'années d'aventure humaine » (CNRS 1977) et la *Cambridge History of Archaeology* (Bahn dir. 1996) datent précisément cette photo du 27 avril 1859.

29 Le *Petit Robert* donne 1867 comme date d'apparition de l'adjectif « préhistorique » dans la langue française, et 1872 pour le substantif « préhistoire ».

Les recherches s'organisent autour de la construction d'un système chronologique en stades successifs, à l'image des étages géologiques. Bien que les termes « Paléolithique » et « Néolithique » (pour le premier niveau de division chronologique de l'âge de Pierre) soient dus à l'écossais John Lubbock (1834-1913) dans son ouvrage *Prehistoric Times* (1865), ces recherches ont lieu essentiellement en France : Edouard Lartet (1801-1871) et Henry Christy (1810-1865) proposent dans des notes à l'Académie des Sciences, à partir de 1861, des étages aux dénominations basées sur la faune (âge de l'Ours, du Renne...). Gabriel de Mortillet (1821-1898), professeur à l'école d'Anthropologie de Paris puis nommé en 1868 conservateur du Musée des Antiquités Nationales nouvellement créé, substitue au système de Lartet des étages aux dénominations basées sur des sites éponymes, suivant l'usage des géologues. Esquissé en 1867 et précisé en 1872, le système de Mortillet et ses divisions (Acheuléen, Moustérien, Solutréen, Magdalénien...) constituent la base de la périodisation du Paléolithique, modifiée ensuite notamment par l'abbé Henri Breuil (1877-1961) (*Subdivisions du paléolithique supérieur et leur signification*, 1913, révisées en 1937) : « *le système de Mortillet, basé in fine sur la stratigraphie géologique, et ses développements postérieurs, devint la préhistoire orthodoxe...* » (Daniel 1981 p.64).

Cependant ce travail de construction chronologique n'est pas univoque. Deux tendances se distinguent : l'une plus typologique, fondée sur une vision évolutionniste appliquée à l'étude des objets, l'autre plus proprement stratigraphique, fondée sur l'observation des successions observables dans les grottes et abris sous roche.

La première tendance est représentée par Gabriel de Mortillet, davantage typologue qu'homme de terrain, qui revendique explicitement l'arrière-plan évolutionniste de ses recherches (Richard 1989, Coxe 1998). Une parenté apparaît là avec l'archéologie philologique précédemment évoquée : on retrouve dans cette approche une forme évoluée, rénovée par les idées de Darwin, de la « science des objets » initiée par Caylus au siècle précédent.

La deuxième approche, fondée sur la fouille stratigraphique verticale des accumulations, dont Edouard Piette (1827-1906) est dans sa génération le promoteur, est plus novatrice. Mais elle reste strictement chronologique, radicalement à l'inverse des grandes fouilles de dégagement opérées à la même époque sur les sites antiques. Cette approche stratigraphique néglige en effet la vision spatiale : il s'agit d'abord de caractériser des ensembles typiques de traits de culture matérielle (« d'industries », comme commencent à le dire les préhistoriens), et de les situer dans le temps, sans souci particulier d'identifier des structures d'occupation.

Au tournant du XXe siècle, cette dialectique entre typologie et stratigraphie se durcit pour prendre la forme d'un vif débat entre chercheurs concernant la position chronologique de l'outillage lithique aurignacien. La conclusion entérine la primauté de l'argument stratigraphique : c'est en effet celui-ci qui permet à l'abbé Breuil de remporter en 1907 la « bataille de l'Aurignacien », plaçant cet étage culturel entre le Moustérien et le Solutréen, à l'encontre de l'argumentation plus typologique d'Adrien de Mortillet (1853-1931, fils de Gabriel) (Camps 1979 ; Coxe 1998 ; Delporte 1989).

La tradition de la stratigraphie géologique en archéologie préhistorique

La préhistoire est une part de l'archéologie ; mais les conditions de sa naissance (au sein des sciences naturelles et de la géologie) vont la maintenir longtemps isolée du reste du domaine archéologique. Cette division, encore sensible actuellement, particulièrement en France, n'a pas été sans conséquences sur la diffusion et l'évolution des conceptions stratigraphiques.

Beaucoup de préhistoriens, en effet, se sont jusqu'à nos jours dissociés de l'évolution intellectuelle autonome de la notion de stratigraphie archéologique (évolution présentée dans la suite de ce chapitre), et continuent à s'inscrire dans des concepts stratigraphiques propres à la géologie (Stein 2005). La tradition de l'association des recherches préhistoriques et de la géologie du Quaternaire

est ainsi maintenue par de grands chercheurs du XXe siècle tels François Bordes (1919-1981). Plus récemment, les chercheurs belges Hermann Gasche et Onhan Tunca, ont essayé d'élaborer un « guide de terminologie et classification archéostratigraphique » (Gasche, Tunca, 1983) pour caractériser les stratifications archéologiques de façon à intégrer celles-ci dans une terminologie géologique universelle. Au sein de « l'archéostratigraphie » ainsi définie comme une part de la stratigraphie géologique générale, ils distinguaient une « chronostratigraphie » – la reconnaissance de la succession des sédiments, vue principalement comme une application à échelle réduite de la lithostratigraphie géologique – et une « ethnostratigraphie », définissant les unités en fonction des artefacts qu'elle contiennent – en fait, une application des concepts de la biostratigraphie au mobilier archéologique. Si cette tentative n'a pas eu de succès, en raison notamment du caractère méthodologiquement très discuté et pratiquement peu opérant de la notion « d'ethnostratigraphie », d'autres chercheurs, de façon plus nuancée ou moins systématique, continuent de rapporter les dépôts anthropiques qu'ils étudient au seul cadre intellectuel de la stratigraphie géologique, à travers la notion « d'unité archéostratigraphique », claire déclinaison des différents domaines de la stratigraphie géologique (par exemple : de Lumley *et al.* 2004).

1.2.3. Contextes et structures : le double apport des protohistoriens (XIXe – milieu XXe s.)

Le lien entre typologie et stratigraphie : le raisonnement fondé sur la relation objet – contexte

Le cadre chronologique que mettent en place les préhistoriens de la deuxième moitié du 19^e siècle s'inscrit dans une plus vaste construction : le système des trois âges (âge de Pierre, âge du Bronze, âge du Fer), qui couvre toute l'occupation humaine avant l'écriture. Cette vision du développement culturel en trois stades successifs, envisagée dès l'Antiquité, est reprise et appliquée par le Danois Christian Jurgensen Thomsen (1780-1865), chargé d'organiser les collections du musée national du Danemark (qui ouvre en 1819). L'oeuvre de Thomsen prolonge celle de Caylus au XVIIIe siècle, et constitue le point de départ des méthodes de typologie chronologique, et de l'archéologie protohistorique. Ces recherches sont poursuivies au XIXe s. par les premiers protohistoriens, majoritairement scandinaves, qui détaillent le système des trois âges en subdivisant les âges du Bronze et du Fer, complétant le travail de périodisation de l'âge de Pierre qu'effectuent plus au sud les premiers préhistoriens ; en particulier Jens Jacob Asmussen Worsaae (1821-1885), adjoint puis successeur de Thomsen, puis surtout le Suédois Gustav Oscar Montelius (1843-1921) qui publie son ouvrage principal (*Die typologische Methode : die älteren Kulturperioden im Orient und in Europa*) en 1903. Ce dernier se situe, comme les préhistoriens contemporains et certains autres archéologues (en particulier le britannique Augustus Pitt-Rivers, 1827-1900), dans une perspective évolutionniste, voire déterministe (Daniel 1981, Schnapp 1993) : pour lui les objets sont soumis à des lois d'évolution qui permettent de les situer dans le temps.

Mais ces premiers protohistoriens ne construisent pas leur raisonnement de chronologie typologique sur les seuls objets. Si le système de Thomsen était d'abord un classement purement typologique des objets en fonction du matériau, dont la signification chronologique était seulement supposée, son successeur Worsaae (qui publie en 1843 *Danmarks Oldtid oplyst veld Oldsager og Gravjoje* – traduit en anglais en 1849 sous le titre *the Primeval Antiquities of Denmark*) donna une confirmation stratigraphique à la succession des trois âges grâce à des fouilles effectuées dans des tourbières, où les niveaux les plus profonds correspondaient effectivement aux objets typologiquement les plus anciens (Harris 1979). En effet, le premier grand apport des protohistoriens est d'avoir systématiquement mis la théorie typologique – « l'évolutionnisme des objets » – à l'épreuve de la stratigraphie, évitant le cul de sac méthodologique d'une typologie réduite à elle-même et à un postulat chronologique non fondé.

La protohistoire³⁰ se crée ainsi au XIXe s. parallèlement à la préhistoire, en développant aussi une approche stratigraphique ; mais celle-ci prend une direction différente – et complémentaire – de celle des préhistoriens. En effet, beaucoup de sites protohistoriques, témoignant d'une occupation limitée dans le temps, et parfois érodés par l'usage agricole du sol, ne sont pas stratifiés sous la forme d'une accumulation de niveaux successifs contenant des vestiges. Plus que sur des successions verticales de dépôts, Montelius et ses successeurs s'appuient donc sur les découvertes d'ensembles d'objets associés, déposés en même temps dans une même structure, où un type d'objets déjà connu permet de dater les autres, et dont la composition peut être tenue comme caractéristique d'une culture et d'une période ; ainsi les objets déposés dans des caches, des dépôts votifs, des sépultures... L'observation du terrain nécessaire pour identifier de tels « ensembles clos » est de nature incontestablement stratigraphique : il s'agit de définir une unité stratigraphique, en mettant en évidence les relations de synchronisme qui unissent ses éléments constitutifs. L'arrière-plan naturaliste est le même que celui des préhistoriens, mais c'est ici le principe de corrélation, lui aussi issu de la géologie et de la paléontologie, qui est surtout utilisé (les ensembles clos contenant les mêmes types d'objets sont jugés contemporains, comme les strates contenant les mêmes natures et proportions de fossiles).

Cette typo-chronologie raisonnée développée par les protohistoriens du Nord, prenant en compte le contexte archéologique, résout l'opposition apparue chez les préhistoriens entre typologie et stratigraphie ; la démarche typologique ainsi conçue génère le besoin d'une bonne identification des contextes de découvertes, facteur de progrès de l'analyse stratigraphique. En effet, l'objet isolé et privé de contexte, extrait sans soins du terrain, est nettement moins intéressant car il ne peut plus jouer qu'un rôle passif dans ce raisonnement typo-chronologique.

Cette méthode, reprise et appliquée à grande échelle, permet aux archéologues européens de la fin du XIXe et du début du XXe s. d'inscrire les cultures protohistoriques dans un cadre de chronologie quantifiée, grâce aux associations de mobilier comprenant des importations provenant des sociétés méditerranéenne et orientales historiquement connues (ce raisonnement basé sur les importations, dit de *cross dating*, entraînant une vision beaucoup plus diffusionniste qu'évolutionniste du développement des sociétés protohistoriques). Vere Gordon Childe (1892-1957) sera le principal représentant, au XXe siècle, de la construction de ces grandes synthèses chronologiques. Au niveau des données de terrain, l'analyse des relations entre objets et contexte (notamment en termes d'ensemble clos ou non), entraînée par les besoins de la typologie chronologique, est jusqu'à nos jours restée centrale dans la tradition méthodologique de l'archéologie nordique (Moberg 1980, 1981).

L'identification des structures d'occupation ténues : la stratigraphie non verticale

La tradition de l'archéologie nordique d'étude du paysage et d'attention portée aux vestiges ténus, remontant aux antiquaires du XVIIe siècle, la rendait apte à répondre à cette demande de bonne analyse du contexte archéologique. Cette approche d'identification des contextes est on l'a vu stratigraphique par essence ; mais elle ne se limite pas à un objectif chronologique (même si elle fonde la typonchronologie) : la vision spatiale, permettant d'identifier les structures non architecturées (fosses, sépultures, etc.) en est un point essentiel.

Dès le début du XXe siècle, en Europe du Nord, cette vision spatiale du terrain s'élargit au-delà de la caractérisation individuelle de chaque structure : les fouilles de grands décapages initiées par les archéologues allemands, telles celles d'Albert Kiekebusch (1870-1935) à Buch près de Berlin dès 1910, et surtout celles de Gerhard Bersu (1889-1964) en Allemagne, en Suisse, puis, après que Bersu ait fui le nazisme en 1935, en Grande-Bretagne sur le site de l'âge du Fer de Little Woodbury

30 Le terme apparaît en français en 1922, mais l'adjectif « protohistorique » existe depuis 1877 (*Petit Robert*)

(Audouze, Buschenchutz 1989), permettent de repérer les ensembles formés par les fosses, trous de poteau et autres structures anthropiques, en « coupe horizontale » (après enlèvement de la couche superficielle d'humus ou de terre arable). Cette « stratigraphie horizontale » est le deuxième apport majeur des protohistoriens ; en effet ces structures ténues, qui ne sont plus détectables que sous forme d'anomalies sédimentaires localisées, sont alors (au moins jusqu'au milieu du XXe siècle) largement négligées aussi bien par les préhistoriens que par l'archéologie historique et classique. La filiation de ce type de fouille avec la stratigraphie géologique existe néanmoins, mais là encore marquée par le principe de corrélation plus que celui de superposition : la fouille ne s'inscrit pas dans la dimension verticale, mais vise à identifier de grands ensembles de structures afin d'y repérer des régularités spatiales interprétables (plans d'habitat, de villages...) que l'étude des objets permet de corréler chronologiquement.

Ainsi, à côté du mur ou du vestige maçonné, seul objet digne d'attention pour l'archéologie classique, et de la superposition de dépôts, reconnue et privilégiée par les préhistoriens, les protohistoriens inventent de nouvelles catégories de vestiges : les structures d'occupation (ensembles clos), et les traces fugaces d'aménagement (traces d'enclos, fossés, palissade, poteaux, silos...) que seule l'observation attentive du terrain permet de localiser et caractériser.

Un impact limité mais réel sur l'archéologie française

Dans la France de la fin du XIXe et du début du XXe, où l'archéologie est écartelée entre les deux courants nettement séparés de la préhistoire naturaliste d'un côté, et de l'archéologie monumentale de l'autre, ces apports ne sont pas inconnus. Ils restent cependant cantonnés à un petit nombre d'archéologues en contact avec leurs collègues nordiques, travaillant sur le début des périodes historiques (Gaule et Gaule romaine) dans la suite des recherches sur les sites gaulois initiées sous Napoléon III, mais penchant méthodologiquement plutôt vers la préhistoire. Parmi ceux-ci, Alexandre Bertrand (1820-1902), Joseph Déchelette (1862-1914), auteur d'ouvrages de référence (*Les Vases céramiques ornés de la Gaule romaine* en 1904, *Manuel d'archéologie préhistorique, celtique et gallo-romaine*, paru à partir de 1908) et fouilleur du site de Bibracte avec son oncle Jacques-Gabriel Bulliot (1817-1902)³¹ ; et surtout Salomon Reinach (1858-1932), directeur du musée des Antiquités nationales à partir de 1902, dont les compétences s'étendent de l'archéologie classique à la préhistoire. Il traduit en français les travaux de Montelius (*Les temps préhistoriques en Suède*, paru en France en 1895) ; l'article qu'il publie en 1911 (*la méthode en archéologie*) est à la pointe des acquis méthodologiques de l'époque concernant la stratigraphie et la prise en compte de l'information de contexte : « Dans une fouille bien conduite, ce qui importe plus que les objets à découvrir, ce sont les informations que l'étude des couches (stratigraphie) ou celle des objets découverts par groupes (souligné dans le texte) peuvent fournir pour leur classement chronologique » (Reinach 1911 p. 211). Dans un passage (toujours d'actualité, hélas !) dénonçant les « fouilleurs-prédateurs », il est le premier à employer l'expression « archives du sol » : « Fouiller en terrassier n'est pas fouiller en archéologue. Fouiller en chercheur d'objets de vitrine n'est pas fouiller en archéologue. Les sites les plus intéressants du monde antique ont été dévastés plutôt qu'explorés par des chercheurs de trésor qui se croyaient à tort des archéologues... Le seul remède à ce mal est de multiplier le plus possible les fouilles surveillées, conduites pour le compte de l'Etat ou de sociétés savantes, de manière à sauver non pas les objets – qu'une cupidité avertie empêche généralement de détruire – mais ce qu'on pourrait appeler **les archives du sol**. » (Reinach 1911, p.210-211). Cette approche méthodologique, d'une remarquable modernité, est cependant loin d'être la norme de l'archéologie française de l'époque.

31 Ce dernier, dès ses premières campagnes de fouille à Bibracte sous le second Empire, pratique une observation du terrain suffisamment attentive pour lui permettre d'identifier des structures non maçonnées, et en particulier des trous de poteaux (dits « traces de poutres verticales » (Guillaumet 1996)

1.2.4. La stratigraphie aux marges de l'archéologie classique et historique (1873-1954)

Le temps empilé des cités enfouies : Schliemann et le mythe de Troie

Au XIX^e siècle, à la différence de la préhistoire et de la protohistoire, l'archéologie historique et classique n'est pas un lieu de grande innovation méthodologique sur le terrain. Le poids de la tradition philologique, la vision du « temps suspendu » lié au principe du dégagement des vestiges bâtis freinent, on l'a vu, la diffusion de la stratigraphie. Pourtant, une évolution s'amorce au début des années 1870, en particulier sur le site grec d'Olympie (fouillé par de 1875 à 1881 sous la direction d'Ernst Curtius par une équipe de l'Institut Archéologique Allemand), où l'architecte et archéologue allemand Wilhelm Dörpfeld (1853-1940) commence à procéder à de véritables observations stratigraphiques pour mieux situer chronologiquement les bâtiments (Daniel, 1981 ; Gran-Aymerich 1998).

C'est cependant des marges géographiques et chronologique de cette archéologie classique que va venir la « médiatisation » de la notion de stratigraphie archéologique. A partir de 1871, le fameux archéologue et aventurier Heinrich Schliemann (1822-1890) fouille le site d'Hissarlik (Turquie) en lequel il voit la Troie homérique. Sur ce site stratifié, il identifie sept niveaux d'occupation successifs et attribue le second à la Troie d'Homère. Dès 1874 (publication des *Antiquités Troyennes*), ces découvertes, dont il organise remarquablement la publicité, popularisent l'image frappante de cités disparues et superposées ; image qui reste aujourd'hui encore emblématique. A regarder de plus près, l'approche stratigraphique à Hissarlik est en fait très incomplète : les fouilles de Schliemann sont peu soigneuses (jusqu'à ce que Wilhelm Dörpfeld cité ci-dessus rejoigne le chantier en 1882 et commence à effectuer des relevés rigoureux) ; il reste, de ce fait, prisonnier d'une utilisation littérale des textes, plaqués sur les résultats archéologiques, et d'une vision « catastrophiste » de la chronologie, par grandes ruptures uniquement et sans analyser l'évolution fine³². Ces manques l'amènent à de considérables erreurs d'attribution et de datation³³ (Daniel 1981, Duchêne 1995, Jockey 1999). Mais il garde le mérite d'avoir spectaculairement proclamé la nature du site archéologique comme produit d'une stratification, et contribué ainsi à l'évolution par laquelle, en archéologie non préhistorique, les vestiges ne seront plus seulement des monuments et des objets à déblayer, mais des couches à lire dans l'ordre de leur dépôt.

L'exploration des origines des civilisations urbaines de l'Ancien Monde

En effet, les fouilles de Schliemann à Hissarlik annoncent le développement des recherches, à la fin du XIX^e et au début du XX^e siècle, sur les plus vieux sites urbains d'Europe orientale et du Proche et Moyen-Orient. L'exploration des tells mésopotamiens avait démarré, on l'a vu, dès la première moitié du XIX^e siècle. Mais pour les successeurs de Schliemann, dont les travaux et les acquis ont été étudiés notamment par Eve Gran-Aymerich (1998 ; 2007) et Glyn Daniel (1975 ; 1981), il ne s'agit plus seulement d'exploiter un site en tant que gisement d'objets ou de dégager des vestiges bâtis. Ils cherchent aussi à déchiffrer la succession des niveaux, afin d'éclairer les origines des civilisations historiques, jusque avant l'écriture.

Cette nouvelle approche est appliquée aux origines du monde grec : à Hissarlik, Wilhelm Dörpfeld, qui après le décès de Schliemann assure la direction de la fouille jusqu'en 1894, détermine la

32 Homme de spectacle et d'argent plus qu'archéologue (ou peut-être plus à la poursuite d'un rêve que de la réalité), Schliemann semble même avoir « enjolivé », voire falsifié, les circonstances de certaines de ses découvertes telles le « trésor de Priam » (Duchêne 1995).

33 Rappelons que l'Illiade, épopée mythique, ne peut être considérée (comme le faisait Schliemann) comme un document historique, et qu'il n'est pas certain que le site pré-hellénique d'Hissarlik, occupé du XXX^e au XII^e siècle avant notre ère (et en particulier son état le plus récent effectivement détruit par un incendie), soit la Troie homérique. La seule attribution historique certaine est celle des derniers niveaux d'occupation (ou plutôt de réoccupation après un abandon de quatre siècles), correspondant à la ville grecque puis romaine d'Ilion, de fondation éolienne (vers 700 av. J.-C.).

chronologie du site jusqu'au III^e millénaire avant notre ère. Les fouilles sur l'Acropole d'Athènes, entre 1883 et 1890, dirigées par l'archéologue grec Panagiotos Kavvadias (1850-1928), permettent de fixer la chronologie de la céramique attique, et mettent au jour des vestiges mycéniens. Parmi les fouilles allemandes, britanniques et grecques qui révèlent les cultures mycénienne et minoenne, les plus fameuses sont celles de Cnossos (de 1900 à 1932) dirigées par Arthur Evans (1851-1941), qui cherche à prendre en compte les relations entre murs et états architecturaux, couches sédimentaires et niveaux de sol³⁴. Le questionnement stratigraphique apparaît aussi sur les fouilles au Moyen-Orient. Le grand égyptologue britannique Flinders Petrie (1853-1942) est l'un des pionniers avec la fouille du tell palestinien de Tell el-Hesi en 1890. Il est introduit sur les sites mésopotamiens par des fouilleurs allemands tels l'architecte et archéologue Robert Koldewey (1855-1925) qui dirige les fouilles de Babylone de 1899 à 1917, et son élève Walter Andrae (1875-1956). En Iran, le Français Jacques de Morgan (1857-1924), géologue de formation et connaissant les méthodes des préhistoriens, intègre une dimension stratigraphique aux fouilles de Suse qu'il dirige à partir de 1897. La lecture stratigraphique reste exceptionnelle sur les sites historiques de l'Europe de l'Ouest, mais l'archéologue italien Giacomo Boni (1859-1925) y recourt lors des fouilles qu'il dirige sur le forum de Rome de 1898 à 1922, sous lequel il met au jour un établissement archaïque.

La « proto-stratigraphie » : une première vision approximative des stratifications anthropiques

Les lectures stratigraphiques qu'essaient de pratiquer ces différents chercheurs ont un point commun : elles ne portent pas sur les accumulations naturelles contenant des vestiges humains dont les préhistoriens ont l'habitude ; ni sur les structures fugaces, mais distinctes au sein d'un milieu naturel qu'ont appris à identifier les protohistoriens d'Europe du Nord. Elles concernent des sites urbains, avec une stratification à la fois épaisse, complexe et majoritairement artificielle. D'un point de vue historiographique et méthodologique, il s'agit des premières tentatives archéologiques d'analyse des stratifications anthropiques denses ; et on peut les rassembler en une phase qui va, en gros, de Schliemann jusqu'à la diffusion de la méthode mise au point par Mortimer Wheeler (cf. plus loin 1.2.5) au milieu du siècle dernier. Cette phase méthodologique, que nous qualifierons de « proto-stratigraphie des sites urbains », présente quelques caractères spécifiques.

On peut tout d'abord distinguer dans cette approche « proto-stratigraphique » deux composantes.

- Première composante : la « stratigraphie architecturale ». Face aux tells et à leurs empilements de constructions résultant de millénaires d'aménagements successifs, les archéologues doivent renoncer à l'idée de dégager un seul « instant figé », et sont dans la nécessité d'ordonner la succession des bâtiments et des états. Pour cela, il faut non seulement examiner les vestiges bâtis, mais tenter de corréliser ces vestiges bâtis les uns aux autres, et aux objets et éléments de datation recueillis, au moyen d'une lecture qui inclut les sédiments ; ceux-ci sont alors vus principalement en tant que remblais séparant des niveaux de sols et rythmant des étapes de construction. C'est le chemin sur lequel se sont engagés en particulier les architectes-archéologues allemands (à la différence de leurs collègues français de l'École d'Athènes), tels Wilhelm Dörpfeld, ou Robert Koldewey ; cette évolution de l'étude architecturale vers la stratigraphie architecturale caractérise aussi les fouilles de Cnossos menées par Evans.
- Deuxième composante : la définition de chronologies culturelles. Les fouilleurs sont aussi devant la nécessité de dater les niveaux les plus anciens, témoignant de cultures jusqu'alors inconnues, et qu'il faut relier au cadre historique connu. Pour cela, ce sont les méthodes des préhistoriens et des protohistoriens qui sont directement appliquées. Des premières relève

34 La sensibilité à la stratigraphie d'Arthur Evans a peut-être une explication familiale : il est le fils du géologue et préhistorien John Evans cité plus haut, qui contribua à authentifier les découvertes d'outils préhistoriques dans les niveaux anciens de Saint-Acheul et de la région d'Abbeville.

la pratique du sondage profond, à partir duquel sont établis des étages stratigraphiques successifs caractérisés par des types de céramiques, sur le modèle des chronologies préhistoriques d'outillage lithique. Les méthodes de typochronologie des protohistoriens sont par ailleurs utilisées pour corrélérer ces niveaux et ces cultures anciennes mises au jour, et surtout pour les relier à des datations connues. Par l'ancienneté de sa chronologie historique, l'Égypte sert ainsi de chronomètre, au moyen de la technique du *cross dating* (association d'objets datables d'origine égyptienne et de céramique « indigène » typique non encore datée dans les mêmes niveaux ou contextes stratigraphiques), systématisée en particulier par Flinders Petrie.

Cette première approche stratigraphique des tells a constitué une étape méthodologique importante, qui a permis de remonter des civilisations historiques de l'Antiquité classique jusqu'au Néolithique dans un cadre chronologique continu. Mais elle est ici qualifiée de « proto-stratigraphie », car les méthodes mises en œuvre étaient encore limitées, amenant une vision incomplète des stratifications anthropiques complexes de ces sites urbains.

Sur le plan conceptuel, en effet, cette approche fonctionne par extrapolation, en transférant à l'ensemble du site le résultat de lectures ponctuelles. Ainsi, entre deux observations stratigraphiques distantes, on induit la continuité des niveaux ; et la mise en phase déterminée à partir d'un sondage est systématiquement appliquée à tous les vestiges ensuite découverts sur le site. L'archéologue américain George Reisner (1867-1942), qui fouille à Samarie à partir de 1908, donne une expression méthodologique à ce principe d'extrapolation : c'est la *locus to stratum method* : une couche est définie par un certain nombre de « locus » ou points d'observations, et associée à des types de céramiques (Gran-Aymerich 1998), à la façon des formations géologiques définies en référence à des stratotypes. L'observation stratigraphique proprement dite n'est donc, en fait, qu'un outil ponctuel, et non une pratique systématique au cours de la fouille.

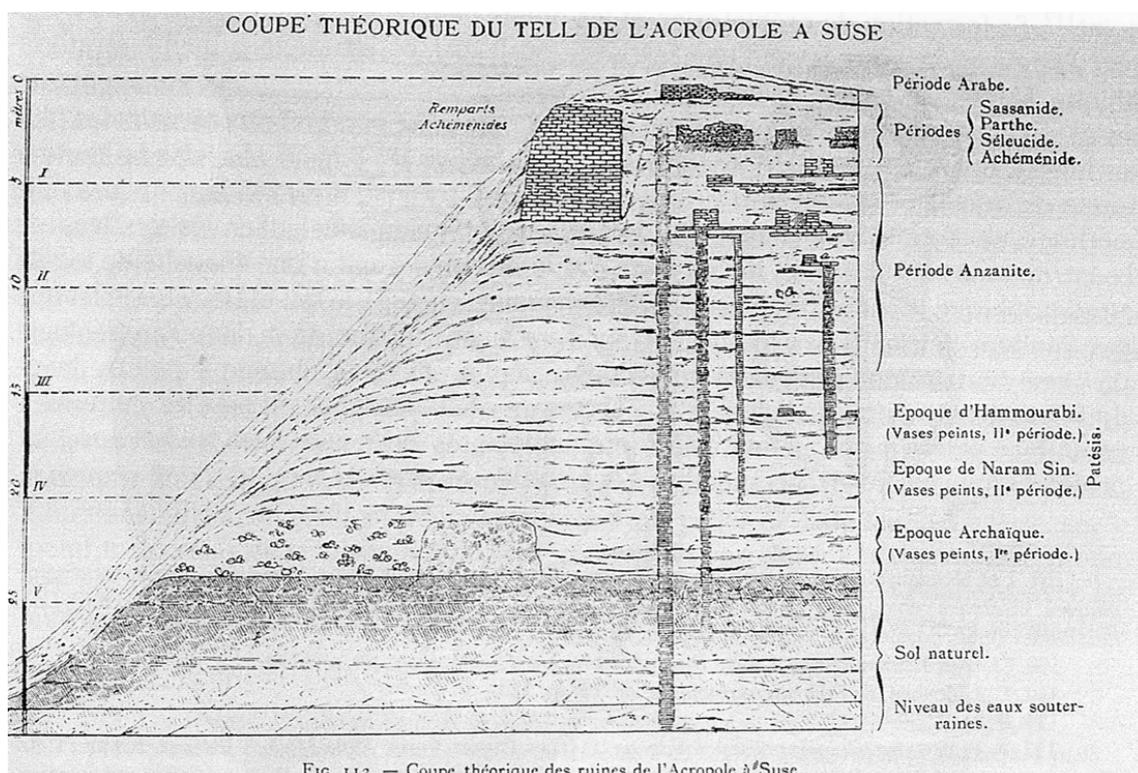


FIG. 113. — Coupe théorique des ruines de l'Acropole à Suse.

fig. 3: "protostratigraphie" et extrapolation : "coupe théorique" publiée par Jacques de Morgan en 1912 (document reproduit dans Gran-Aymerich 1998 p.291)

Une conséquence pratique de ce principe d'extrapolation est le recours généralisé à la fouille des dépôts sédimentaires, non pas en suivant les limites de couches, mais par tranches horizontales d'épaisseur fixée par le fouilleur (« passes mécaniques »). Conçue comme une application globale de la loi géologique de superposition selon laquelle les tranches les plus profondes contiendront nécessairement les vestiges les plus anciens, cette méthode est utilisée notamment par Morgan à Suse, et Koldewey à Babylone (mais les observations de ce dernier sont suffisamment attentives pour lui permettre d'identifier et de dégager des murs en briques crues). Cette méthode, caractéristique de la « proto-stratigraphie », a évidemment comme inconvénient de négliger les recoupements et interfaces latérales très fréquentes dans les stratifications anthropiques. Elle est appliquée dès les années 1880 par Augustus Pitt-Rivers sur des sites britanniques romains et de l'Âge du Fer ; malgré sa pratique du relevé des objets recueillis et de l'exécution de coupes de fossé, qui le font souvent citer comme un précurseur de la stratigraphie archéologique systématique, Pitt-Rivers en reste donc aussi au stade « proto-stratigraphique ».

Cette approche « proto-stratigraphique » s'est longtemps maintenue sur la fouille de certains tells du Moyen-Orient ; ainsi l'archéologue français André Parrot (1901-1980), qui fouille le site de Mari à Tell-Hariri en Syrie entre 1934 et 1974, la pratique et la défend encore dans les années 1970 (Parrot 1976 ; 1979). Cependant, elle ne représente qu'un stade encore préliminaire dans la compréhension des stratifications anthropiques denses : elle procède par interprétation largement approximative à partir d'une analyse limitée, qui ne peut rendre compte de toute la complexité de ces stratifications ni exploiter celles-ci³⁵. Cette complexité reste un problème insurmontable pour les archéologues traditionnels, comme le montre, en 1894, la remarque désapprobative et découragée de l'helléniste et membre de l'École d'Athènes Georges Perrot (1832-1914) sur les vestiges d'Hissarlik « ...entassés par couches qui n'avaient pas un niveau horizontal constant, qui souvent se pénétraient les unes les autres et au milieu desquelles il était bien difficile de se reconnaître. » (cité dans Gran-Aymerich 1998, p.272).

1.2.5. L'école de Wheeler, première approche systématique des stratifications anthropiques (1954-1990)

La perception du processus de stratification anthropique

La stratification anthropique des sites densément occupés restait donc une difficulté pour les archéologues, que ni la « proto-stratigraphie » trop approximative pratiquée sur les tells du Proche Orient, ni les pratiques des préhistoriens et des protohistoriens, ne permettaient de résoudre pleinement. En effet, la stratigraphie introduite en archéologie préhistorique au XIXe s. est directement celle des géologues : les stratifications étudiées contiennent des artefacts et des restes humains, mais leur dynamique est essentiellement naturelle. De son côté la prise en compte des relations entre contexte et objets développée par les typologues protohistoriens, dont on a vu qu'elle est une des dimensions de l'analyse stratigraphique, porte la plupart du temps sur des structures artificielles limitées, excavées ou isolées dans le milieu naturel (sépulture, fosse, tumulus...).

Or, d'un point de vue géomorphologique, on peut décrire l'histoire de l'Humanité comme celle d'un impact croissant sur le milieu naturel (Harris 1979) : par la sédentarisation, puis par l'ampleur et la complexité croissante de ses aménagements, l'Homme devient un agent de transformation du relief de plus en plus puissant, générant des stratifications que leur densité et leur variété distinguent des processus sédimentaires naturels.

35 Un autre caractère typiquement « protostratigraphique » est la technique de la « butte-témoin » (petit volume laissé intact dans un coin, d'où l'on peut censément inférer la stratigraphie de l'ensemble de l'espace fouillé, après la fouille), sorte de négatif du sondage ponctuel et du principe d'extrapolation (technique qui a longtemps survécu, jusqu'aux années 1970, sur certains chantiers métropolitains).

L'étape suivante de l'histoire de la stratigraphie archéologique fut donc de systématiser l'analyse de ces stratifications anthropiques denses, correspondant aux sites comprenant des vestiges construits à fort impact sur le sol (fondations, sols construits, sous-sols, etc.). Une telle analyse implique de considérer ces vestiges construits non plus seulement comme des objets architecturaux, mais aussi comme des couches parmi d'autres dans le processus de stratification. Cette évolution intellectuelle indispensable pour exploiter pleinement l'outil stratigraphique (en particulier pour enrichir la chronologie du site), qu'en France ni les fouilleurs des grands dégagements de l'archéologie classique, ni les architectes et chartistes analystes des monuments historiques n'ont su accomplir (cf. 1.1.3), est essentiellement le fait d'archéologues anglo-saxons du siècle dernier.

Le caractère spécifique de cette stratification dense générée par l'occupation et l'activité d'aménagement humaines, en particulier en milieu urbain, a cependant été perçu très tôt, avant même que Schliemann ne popularise l'image des villes empilées. Les travaux d'aménagement dans les centres historiques des villes, effectués essentiellement à la main avant la révolution industrielle, laissaient, en effet, le temps de percevoir la présence et l'accumulation des vestiges. Il en résultait, étendue au-delà des seuls antiquaires, une conscience intuitive de cette stratification historique urbaine. On en trouve par exemple l'écho magnifié par le style romantique de Victor Hugo, dans la description de la ville et de la cathédrale qui ouvre le troisième livre de « *Notre-Dame de Paris* » (1830) : « *Ce n'était pas alors seulement une belle ville ; c'était une ville homogène, un produit architectural et historique du moyen âge, une chronique de pierre. C'était une cité formée de deux couches seulement, la couche romane et la couche gothique, car la couche romaine avait disparu depuis longtemps, excepté aux Thermes de Julien où elle perceait encore la croûte épaisse du moyen âge. Quant à la couche celtique, on n'en trouvait même plus d'échantillons en creusant des puits* » (édition Presse Pocket 1989, p. 170)³⁶

Parmi les travaux pionniers qui s'attachent à mieux élucider ces stratifications complexes qui troublaient tant Georges Perrot, E. Harris cite les fouilles de tumulus du Hollandais Albert Van Giffen (1884-1973), inventeur en 1916 de la technique de fouille en quadrants (deux quarts opposés d'une structure sont fouillés, permettant d'obtenir deux coupes perpendiculaires), et l'ouvrage publié par J.P. Droop en 1915 (*Archaeological excavations*), qui contient des schémas de coupe où apparaissent relations entre murs et reste de la stratification. L'idée d'appliquer des observations stratigraphiques à l'étude des aménagements anthropiques atteint le territoire américain, sous l'influence notamment de George Riesner et de Franz Boas³⁷ (1858-1942) (Browman, Givens, 1996). Les fouilles d'Alfred Kidder (1885-1963) à Pecos (site Pueblo au Nouveau Mexique, Etats-Unis) de 1915 à 1929 marquent une nouvelle avancée des conceptions stratigraphiques. En effet, la fouille est menée systématiquement suivant les limites de couches ; ce type de fouille dite par *natural strata*, représente un progrès important sur la « protostratigraphie » et ses tranches fréquemment arbitraires fixées par le fouilleur. La publication (*An Introduction to the Study of South-Western Archaeology* 1924) comporte des coupes incluant couches meubles, sols, murs, tranchées de fondations ; l'étude de la céramique (*The Pottery of Pecos*, 1931) utilise cette stratigraphie réelle comme référence. Cet exemple fera cependant peu école aux Etats-Unis, où beaucoup de fouilleurs ont jusque récemment utilisé la technique de fouille par tranches horizontales arbitraires (Harris 1998, Praetzelis 1993).

36 Un peu avant, Hugo évoque même le phénomène d'exhaussement progressif du sol par accumulation, à propos de l'ancien emmarchement devant la façade de Notre-Dame : « *le degré, c'est le Temps qui l'a fait disparaître en élevant d'un progrès irrésistible et lent le niveau du sol de la Cité...* » (édition Presse Pocket 1989, p.145). Notons que cette conscience intuitive de la stratification urbaine et de son épaisseur (qui chez Hugo s'associe probablement à une connaissance au moins générale des acquis de la stratigraphie géologique du début du XIXe s.) s'est perdue depuis la mécanisation des moyens de terrassement ; lui a succédé la notion de « remblai » des géotechniciens, qui marque de fait une régression qualitative de la perception du sous-sol urbain ; et qui est en effet liée aux destructions archéologiques de très grande ampleur dans la deuxième moitié du XIXe siècle.

37 Ethnologue américain d'origine allemande et l'un des fondateurs de la tradition américaine incluant l'archéologie de terrain comme l'une des disciplines de l'anthropologie sociale (c'est à dire de l'ethnologie au sens large).

fouilles d'Alfred Kidder à Pecos
(Nouveau Mexique) :
recoupements et tranchées de
fondation sont indiquées,
permettant de situer remblais,
fosses, sols et constructions en
une même chronologie relative

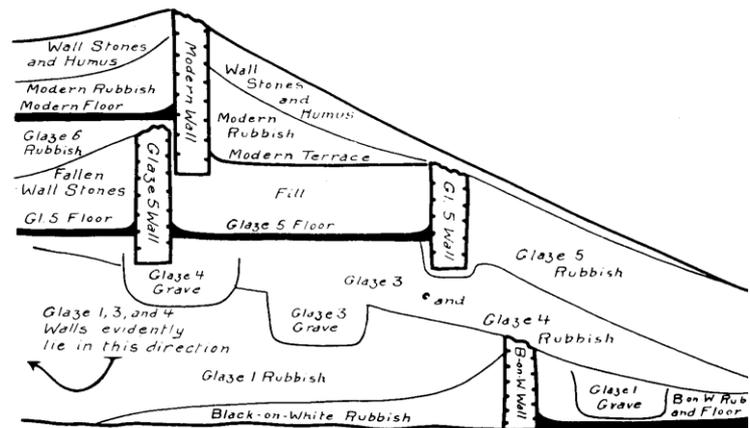


fig. 4: Kidder : la coupe, reflet de l'analyse stratigraphique (document reproduit dans Daniel 1981 p. 176)

Mortimer Wheeler et ses élèves

Sans négliger les apports de ces différents pionniers, il revient incontestablement à Mortimer Wheeler (1890-1976) d'avoir le premier systématisé la fouille et l'enregistrement des stratifications anthropiques. Il débute sa carrière en Angleterre et met au point sa méthode notamment sur le site de l'âge du Fer de Maiden Castle (Dorset), fouillé à partir de 1934 et publié en 1943 ; puis il l'applique en Inde où il est directeur général des Antiquités de 1943 à 1947, sur les fouilles dont il a la charge (Arikamedu, Harrapa, Taxila...). C'est après avoir accumulé une longue expérience qu'il publie, en 1954, son célèbre ouvrage méthodologique (*Archaeology from the earth – Archéologie : la voix de la terre* pour la traduction française de 1989). Wheeler conçoit pleinement le terrain comme une accumulation sédimentaire à déchiffrer, et non comme un gisement d'objets mobiliers ou architecturaux à dégager : «*Les accumulations successives de constructions et de débris sur un site d'occupation ont la même signification que les pages successives d'un livre, et doivent, pour être comprises, être saisies dans leur propre succession tout comme les pages d'un livre*» (Wheeler 1954, 1989 p.20). Il s'attache par conséquent à ne pas considérer les vestiges bâtis indépendamment du reste de la stratification ; en témoignent le célèbre schéma dénonçant la destruction d'information entraînée par les tranchées de dégagement de murs pratiquées sur des fouilles non stratigraphiques ; ainsi que la mise en évidence d'un cas de figure devenu bien connu, notamment grâce son élève Kathleen Kenyon (1906-1978) : le « mur fantôme », disparu, mais dont les étapes suivantes du processus de stratification ont conservé la trace sous forme de la tranchée de récupération et de son remplissage.

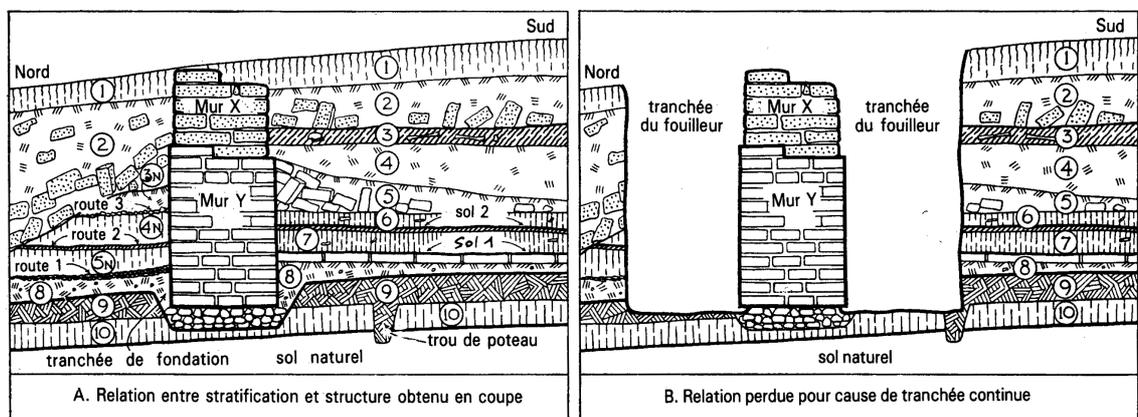
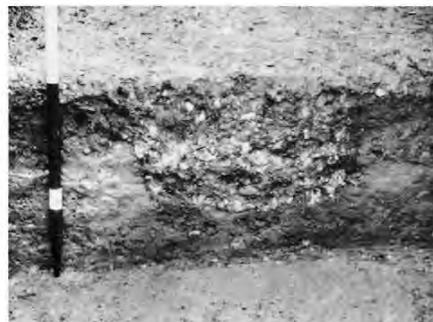


fig. 5: Wheeler : la dénonciation de la destruction de l'information stratigraphique (Wheeler 1954, trad. 1989, fig. 16 p.91)

(photo : Wheeler 1954, 1989 planche 8a)
tranchée de récupération de mur, visible en coupe ; avec la mise en évidence d'anciens mur - et donc de plans de structures construites - par les seules traces de récupération lisibles dans la stratification, traces qu'une fouille non stratigraphique aurait détruites, M. Wheeler et K. Kenyon rejoignent les protohistoriens tels Bersu dans leur capacité à identifier des aménagements disparus, et annoncent la notion de "négatif".



8a. Mur « fantôme » à Verulamium, Hertfordshire, 1931.

fig. 6: Wheeler et Kenyon : le mur fantôme

Cette conception implique que la fouille doit suivre la stratification, comme le faisait déjà Kidder, et non être exécutée par tranches arbitraires (suivant une approche « proto-stratigraphique »), sous peine de mélanger chronologiquement les éléments recueillis. Wheeler dénonce ainsi les pratiques de fouille par tranches horizontales arbitraires qui avaient cours en Inde avant son arrivée.

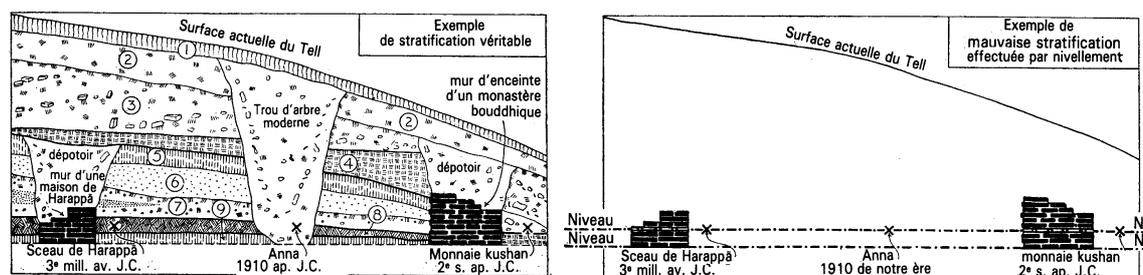


fig. 7: Wheeler : la dénonciation de la destruction de l'information stratigraphique (II) (Wheeler 1954, trad.1989, fig. 11 p.70)

Pour fouiller suivant les strates, il faut les reconnaître. La vision de Wheeler est là héritée des géologues et des préhistoriens : c'est la coupe, la vision verticale de l'accumulation des strates qui est le mieux à même de rendre compte de la stratigraphie – «*Le fondement de la fouille scientifique est la coupe attentivement observée et relevée de manière adéquate*» (Wheeler 1954, 1989 p.20) – et qui doit guider la fouille : «*La règle doit être : d'abord fouille verticale, puis fouille horizontale*» (Wheeler 1954, 1989 p.83). L'enregistrement de la stratigraphie, sur laquelle s'appuie la restitution de la chronologie, repose donc sur les relevés de coupe ; comparée aux formations sédimentaires sur lesquelles travaillent les géologues, une stratification anthropique comprend en général des dépôts de volume bien plus réduit et des variations beaucoup plus locales. Wheeler propose donc de multiplier les coupes avec sa fameuse technique d'ouverture du terrain par carrés réguliers ; ceux-ci, dont la taille est fixée préalablement à la fouille (en fonction de la profondeur à atteindre), sont séparés par des banquettes de 0,5 à 1 m de large ; une coupe est ainsi lisible sur chaque face de chaque carré. Ce n'est pas le moindre aspect du « système Wheeler » que d'être aussi une méthode pratique de gestion d'un chantier ; le réseau des banquettes entre les carrés assure la circulation des fouilleurs et des déblais sans qu'il soit besoin d'aménagements particuliers ; il constitue une économie de terrassement (pour des carrés de 4 mètres de côté séparés par des banquettes d'1 mètre de large, le tiers du terrain n'est pas fouillé) et il simplifie l'organisation du travail (un responsable et une équipe par carré).

(photo extraite de Courbin 1963 p. 66)
Fouilles à Argos (Grèce), dirigées par Paul Courbin, avec application du "système Wheeler" (ici des carrés de 4 X 4 m. séparés par des banquettes de 1 m. de large).

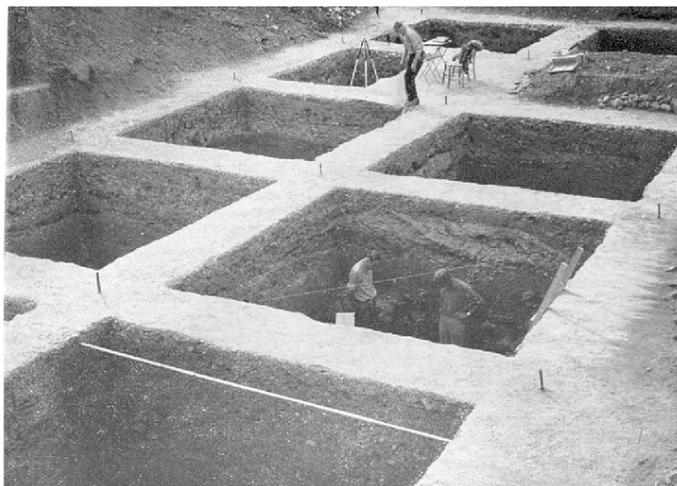


fig. 8: la méthode Wheeler : des chantiers au carré

Wheeler a formé de nombreux archéologues en Grande Bretagne, en Inde et au Pakistan, qui prolongent son œuvre. En particulier Kathleen Kenyon, citée plus haut, qui après avoir travaillé avec lui sur le site de Verulamium en Angleterre dans les années 1930, dirige les fouilles de Jéricho à partir de 1952, faisant ainsi passer les fouilles de tells du stade « protostratigraphique » précédent à une approche de stratigraphie systématique. Elle publie, elle aussi, des ouvrages méthodologiques (Kenyon 1952) ; E. Harris (1979) a souligné son apport, en particulier l'idée, annonçant le concept de « négatif », que la stratigraphie doit prendre en compte les faits témoignant d'une érosion (fosses, fossés, tranchées...) qui ne sont pas des strates (dépôts) au sens strict.

La tradition wheelerienne en France

Du côté de l'archéologie française métropolitaine non préhistorique, quelques fouilleurs commencent dans l'après-guerre à donner une grande importance à la stratigraphie, ainsi Jean-Jacques Hatt (1913-1996) à Strasbourg (Ferdière 1980), ou Michel de Bouïard (1909-1989) dès 1951 sur le site du Hague Dike en Normandie (Chapelot, Gentili 2006). Mais c'est surtout à l'archéologue helléniste Paul Courbin (1922-1994) que l'on doit d'avoir popularisé la méthode Wheeler, et donc la fouille stratigraphique jusque là peu mise en oeuvre. C'est d'abord au sein de l'École française d'Athènes que Courbin introduit cette méthode dans les années 1950, en rupture avec les pratiques précédentes qu'il dénonce avec vigueur (Courbin 1963). Il la diffuse ensuite par son enseignement à l'École Pratique des Hautes Etudes. Dans ce dernier cadre, paraît en 1963, sous sa direction, un recueil méthodologique (*Etudes archéologiques*), d'une pluridisciplinarité d'avant-garde, comprenant, outre une contribution de Courbin lui-même consacrée à une démonstration d'utilisation de la méthode Wheeler sur les fouilles d'Argos (Courbin 1963), un article d'André Leroi-Gourhan (1911-1986) qui – avec un décalage par rapport à la vision wheelerienne, que P. Courbin tente de limiter dans son avant-propos – préconisait déjà une lecture spatiale plutôt que verticale de la stratigraphie (Leroi-Gourhan 1963).

Dans le rôle de « passeur » ayant assuré la diffusion de l'approche stratigraphique au sein de l'archéologie historique métropolitaine, outre Paul Courbin, il faut mentionner le rôle important de l'historien et archéologue Michel de Bouïard (1909-1989) évoqué plus haut, fondateur (en 1955) et animateur du Centre des recherches archéologiques médiévales de l'Université de Caen. Par l'attention qu'il portait au terrain et à la stratigraphie, avec une vision proche de celle de Wheeler (de Bouïard 1975), il rompait avec la tradition d'étude du seul objet monumental héritée d'Arcisse de Caumont et des historiens et architectes des monuments historiques, plaçant l'archéologie médiévale à la pointe des méthodes de terrain, à travers notamment ses fouilles du château de

Caen (1956-1966) et de la motte de Doué-la-Fontaine (1967-1970).

C'est, en somme, l'apport de Wheeler, relayé et adapté par des chercheurs tels P. Courbin et M. de Bouârd, qui a permis une réelle prise en compte de la stratigraphie dans les pratiques de l'archéologie historique française, où elle était jusqu'alors largement absente. Jusque dans la fin des années 1980, le « système Wheeler » devint ainsi pour la majorité des archéologues français la méthode stratigraphique de référence pour les sites non préhistoriques (de Bouârd 1975 ; Frédéric 1978 ; Gaucher 1990 ; Gallay 1986, etc.).

1.2.6. Caractères généraux de la stratigraphie classique : la primauté de la vision en coupe

La référence : la coupe

De la vision des préhistoriens du XIXe siècle puis de celle de Wheeler, résulte la stratigraphie classique, dont l'élaboration est achevée vers le milieu du siècle dernier. Elle est d'abord un outil chronologique, qui repose sur la coupe de terrain. Celle-ci remplit trois fonctions : sa lecture assure l'identification des relations stratigraphiques et la définition des couches ; son relevé dessiné constitue d'abord l'enregistrement (au stade de la minute de terrain), puis la représentation (au stade du relevé mis au net) de la chronologie stratigraphique. Concentrant ces fonctions d'identification, d'enregistrement et de représentation de la stratigraphie, la coupe est donc naturellement « de référence ».

Cette notion de coupe de référence, très présente chez les préhistoriens et démultipliée par Wheeler pour les sites plus récents, repose fondamentalement sur la perception de la stratification anthropique comme un processus de superposition simple de dépôts plus ou moins horizontaux, dont la succession est donc aisément repérable par une lecture perpendiculaire, verticale. Ce modèle sédimentaire d'accumulation simple, celui par exemple de l'accumulation naturelle de couches de loess ou d'alluvions piégeant des vestiges paléolithiques en place, est hérité des géologues préhistoriens et fondé sur les principes géologiques de superposition et d'horizontalité originelle. Bien sûr, Wheeler n'ignore pas les phénomènes d'érosion (tels les creusements de tranchées de fondation ou de récupération des murs) ou d'aménagements s'opposant à la gravité (tels les murs eux-mêmes), qui dans les stratifications anthropiques vont à l'encontre de ce processus d'accumulation de dépôts horizontaux ; mais, malgré leur fréquence, ces phénomènes restent intellectuellement considérés comme des accidents ponctuels, des exceptions à la règle d'une sédimentation gravitaire et régulière. En effet, c'est ce modèle de sédimentation régulière qui permet de « translater » ou « d'extruder » virtuellement la stratification relevée en coupe pour l'appliquer au volume fouillé bordé par celle-ci, et en particulier aux objets mobiliers recueillis. Par rapport à ce volume fouillé, la coupe est ainsi, en quelque sorte, l'étagère contre le mur où l'on peut ranger tout ce que l'on trouve dans la pièce.

La coupe et l'organisation de la fouille : une vision doublement verticale

Cette primauté de la coupe détermine la conduite de la fouille et l'organisation du chantier. L'introduction de la stratigraphie amène un changement de nature de la fouille : celle-ci n'est plus une opération de terrassement où l'archéologue intervient seulement après une découverte remarquable ; elle doit désormais être suivie attentivement par celui-ci.

La méthode Wheeler amène néanmoins une distinction entre le temps de la fouille proprement dite et celui de l'identification des relations et unités stratigraphiques : les fouilleurs ne sont pas supposés effectuer eux-mêmes, au fur et à mesure de la fouille, les observations stratigraphiques. Aussi avant chaque intervention de l'équipe de fouille principale, des sondages limités sont pratiqués (sondages

de contrôle), dont les coupes fournissent une stratigraphie « prévisionnelle » afin de guider la fouille - précaution jugée indispensable car sans cela « ... *ni le chef de chantier, ni ses fouilleurs qui travaillent aveuglément à partir de la surface, ne peuvent éviter la confusion entre la partie inférieure d'une couche et le haut de la précédente.* » (Wheeler 1954, 1989 p.83) ; puis, après un temps de fouille, le relevé des coupes laissées sur le bord est effectué. Dans les deux cas, une fois les coupes dressées, c'est le rôle de l'archéologue lui-même – aidé de ses adjoints immédiats – que de lire la coupe et d'en guider le relevé. Wheeler et ses successeurs insistent sur cette responsabilité du directeur des fouilles par rapport à cette tâche cruciale de lecture et d'interprétation des coupes.

Pour Wheeler les coupes sont donc nécessaires en raison de l'impossibilité d'observer des relations stratigraphiques depuis la surface de fouille³⁸ ; mais cette dualité du déroulement de la fouille avec un temps d'expertise et d'interprétation – la lecture stratigraphique par l'archéologue – séparé du temps d'exécution – la fouille proprement dite, laissée aux ouvriers – amène à soupçonner, derrière l'affirmation d'ordre général de Wheeler, un effet de la gestion du personnel et de la hiérarchie des tâches sur les chantiers wheeleriens : les unités et relations stratigraphiques sont mieux vues en coupe, car c'est l'archéologue lui-même qui les lit en prenant le temps de le faire, sur une surface verticale soigneusement préparée ; et elles sont moins visibles en « plan » (c'est-à-dire sur les surfaces fouillées, au fur et à mesure de la fouille) car c'est le lieu d'activité des ouvriers de fouille, dont le rôle et la compétence ne sont pas de chercher ni d'identifier des limites stratigraphiques³⁹.

La coupe de référence, dont le système Wheeler est la mise en application la plus systématique, apparaît ainsi liée à un modèle d'organisation du travail qui n'est pas encore celui de la répartition des compétences au sein de procédures collectives, mais qui reste plus traditionnellement celui de la concentration de la compétence en la personne d'un maître unique. La coupe et sa lecture expriment – en même temps mettent à l'épreuve – l'autorité du directeur de la fouille, et la relation de maître à disciples existant entre ce directeur et ses adjoints (qui dans l'esprit de Wheeler sont des étudiants avancés plus que des professionnels – Wheeler 1954, 1989). C'est bien cet aspect que l'on trouve derrière l'argumentation de Michel de Bouïard – par ailleurs ouvert aux nouvelles approches « post-wheeleriennes » – lorsqu'il défend ainsi la méthode Wheeler : « *Il arrive, dans les sols urbains par exemple, que la fouille menée selon la méthode Wheeler offre, en un profil haut de 3 à 4 mètres formant la paroi d'un carré, une vue diachronique de tout le développement de la ville; pareil document est rigoureusement irremplaçable. L'expérience montre, d'autre part, qu'il possède une rare valeur pédagogique ; combien de vocations d'archéologues sont nées devant un tel profil commenté avec pertinence ?* » (de Bouïard 1975 p. 206). La coupe stratigraphique, ou l'indispensable tableau noir où le professeur inscrit ses démonstrations à l'intention de ses étudiants, transposant de l'amphithéâtre au terrain le rôle magistral qui est le sien et qu'il se doit d'assumer⁴⁰...

La place marginale de la vision non verticale

La possibilité d'identification « hors coupe » de contextes et de structures marquées seulement par des différences ténues de nature de terrain n'est cependant pas ignorée de Wheeler, ni des archéologues britanniques des années 1930. Wheeler mentionne favorablement (1954, 1989) les travaux de Bersu, cite en exemple la reconnaissance en surface de trous de poteau et traces de

38 « ...on doit toujours « contrôler » la stratification, de par sa nature même, verticalement, c'est à dire à partir de la paroi du sondage de contrôle, puisqu'on ne peut évidemment pas la « contrôler » prophétiquement depuis le sommet. » (Wheeler 1954, 1989 p.83) – on retrouve dans cette affirmation le postulat d'une stratification essentiellement gravitaire, par superposition de dépôts horizontaux.

39 Surface de fouille qui par ailleurs, dans ce type d'organisation, ne bénéficie pas forcément du même soin que la coupe pour en assurer la lisibilité, parfois même au contraire ; par exemple, l'auteur de ces lignes se souvient qu'il y a une petite trentaine d'années, jeune fouilleur sur un chantier d'obédience vaguement wheelerienne (comme, à l'époque, beaucoup de fouilles de sites gallo-romains), il usait intensivement de la balayette pour nettoyer les surfaces de fouille, rendant celles-ci aussi propres qu'illisible, alors qu'il aurait jugé saugrenu de brosser énergiquement une coupe...

40 Précisons, concernant Michel de Bouïard, qu'il fut un vrai grand maître et un homme d'exception, pas seulement dans le domaine de l'archéologie, comme suffit à le montrer sa biographie (Pressouyre 1990).

sablères basse sur le site romain de Richborough fouillé en 1930, ainsi que la fouille en 1939 du navire de Sutton Hoo, dont le volume a été retrouvé par une fouille fine en suivant l'interface laissée par la coque disparue, préfigurant le principe de la fouille en aire ouverte ou celui du « décapage optimal » d'André Leroi-Gouhan (Leroi-Gourhan 1984). Pourtant, ces exemples, au fond, démentent le postulat de l'identification des limites de couches nécessairement liée à la coupe. Mais Wheeler ne les analyse pas en termes de méthode stratigraphique, et se contente, pragmatiquement, de les considérer comme des cas particuliers. L'apport de cette vision « hors-coupe » issue on l'a vu de l'archéologie protohistorique d'Europe du Nord, reste donc marginal dans la conception classique de la stratigraphie héritée des préhistoriens, qui demeure dominée par la coupe et la lecture verticale.

Le bateau de Sutton Hoo (sépulture princière du VI^e siècle, Suffolk) en cours de fouille en 1939 ; le bois du bateau a disparu et la forme de celui-ci n'est plus matérialisée que par les clous et un fin liséré formant une limite dans le sédiment. Cette limite n'est pas lue sur une coupe ; comme dans une actuelle fouille en aire ouverte, le sédiment de comblement est intégralement fouillé et sa base est reconnue " depuis le haut", par le fouilleur, en suivant l'interface avec la couche inférieure au fur et mesure de la fouille (celle-ci n'est pas achevée : une partie du sédiment de colmatage est encore visible au fond). Wheeler en citant cette fouille, manifeste à la fois son ouverture d'esprit, et une certaine contradiction intellectuelle : ici se trouve démentie en effet l'affirmation que " La règle doit être : d'abord fouille verticale, puis fouille horizontale " et que " ... ni le chef de chantier, ni ses fouilleurs qui travaillent aveuglément à partir de la surface, ne peuvent éviter la confusion entre la partie inférieure d'une couche et le haut de la précédente. " (Wheeler 1954, 1989).

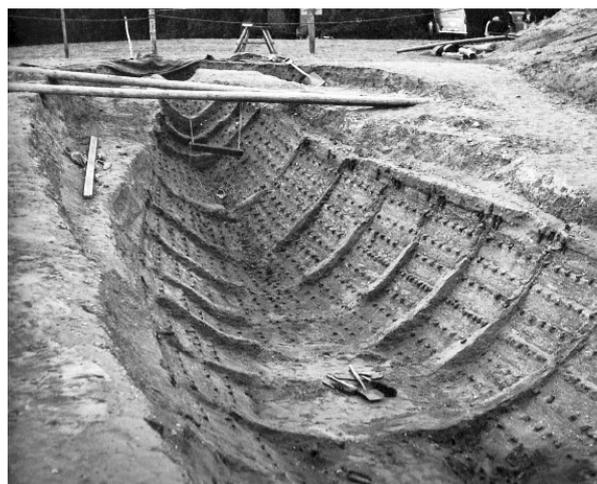


fig. 9: Sutton Hoo 1939 : déjà la fouille stratigraphique en aire ouverte (photo reproduite dans Daniel 1981 p.179)

1.3 Le temps lu dans l'espace : la stratigraphie archéologique tridimensionnelle

En systématisant l'observation stratigraphique, la méthode Wheeler a représenté un progrès considérable. Mais, exclusivement basée sur la lecture verticale, elle se heurte à des difficultés : sur les sites urbains à stratification dense, le réseau des coupes, aussi serré soit-il, apparaît impuissant à rendre compte de toutes les relations ; par ailleurs, la nécessité d'implanter des coupes crée une opposition entre la stratigraphie et la vision spatiale, alors que cette dernière est fortement mise en avant, dans les années 1960, par de nouvelles approches de terrain en archéologie préhistorique et du Néolithique. S'insérant dans ce mouvement, une nouvelle méthode de fouille stratigraphique, « l'aire ouverte », est expérimentée dans les années 1960 à Winchester. Recourant à la fouille intégrale du terrain et à un enregistrement stratigraphique continu en coupe et en plan, l'aire ouverte permet de passer de la lecture exclusivement verticale de la stratigraphie à une lecture tridimensionnelle plus complète, dans l'ensemble du volume fouillé (1.3.1). Mais un problème d'exploitation des données se pose alors : comment représenter commodément la chronologie stratigraphique ainsi enregistrée ? Edward Harris apporte en 1973 une solution : la *Harris Matrix* (ou diagramme stratigraphique), graphe exprimant l'intégralité de cette chronologie stratigraphique. Pour concevoir ce graphe, il était nécessaire de redéfinir précisément les concepts de relation et d'unité stratigraphiques, ce qui amène E. Harris à proposer un nouveau modèle stratigraphique basé sur les notions d'interface et de bassin sédimentaire artificiel, envisageant l'Homme comme agent de modification du relief (1.3.2). Ce renouvellement de la méthode de fouille et des conceptions stratigraphiques entraîne rapidement celui de l'enregistrement textuel et graphique de terrain, réorganisé autour de la notion de *context* (ou unité stratigraphique) (1.3.3). Ainsi mise au point dans son pays d'origine, cette approche du terrain se diffuse ensuite à l'extérieur ; elle est introduite en France dès les années 1970, mais se répand surtout à la faveur du

développement de l'archéologie préventive urbaine à partir des années 1980 (1.3.4). Aujourd'hui, cette approche constitue l'état de l'art de la stratigraphie archéologique. Cependant, elle n'est pas partagée par tous les archéologues ; et, comme la méthode Wheeler en son temps, elle se heurte à son tour à des limites, y compris sur son terrain de prédilection : son ambition de restituer le processus historique de constitution des sites urbains est parfois mise en échec, notamment face aux « terres noires » (1.3.5). Parallèlement, l'enregistrement des données de terrain s'est informatisé grâce aux micro-ordinateurs, mais les essais d'automatisation de leur traitement, en particulier la réalisation du diagramme stratigraphique, restent limités (1.3.6).

1.3.1. La naissance de l'aire ouverte urbaine : la lecture stratigraphique au delà de la coupe (1965-1977)

Quand la coupe de référence déborde... Le problème des sites urbains à stratification complexe

La méthode Wheeler, malgré son caractère systématique, n'a pas résolu toutes les difficultés posées par les sites de type urbain, densément stratifiés. Sur ces sites, l'occupation de longue durée marquée par un grand nombre de structures se succédant et se recoupant au même endroit génère d'importantes variations de stratification dans les trois dimensions, de sorte que, quelle que soit l'implantation des coupes, un grand nombre de contacts stratigraphiques se situent hors de leurs axes : en premier lieu dans les espaces fouillés entre les coupes ; mais aussi sous les banquettes séparant les carrés de fouille du système Wheeler. Une critique fréquemment faite à ce dernier est, en effet, la présence possible de structures ou murs dissimulés dans ces banquettes (Jockey 1999). Plus généralement, celles-ci rendent plus difficile la compréhension de l'organisation en plan des structures, et nuisent à la perception de la stratigraphie car elles masquent à la fois des contacts entre couches, et des continuités de couches. Sur ce type de site, c'est ainsi la notion de coupe de référence qui est mise en échec, aucune coupe ne constituant une référence plus de quelques dizaines de centimètres de part et d'autres de son axe ; les relevés de coupe, seuls documents d'enregistrement stratigraphique, ne sont qu'un échantillon incomplet, réduit à des plans verticaux, de la structure tridimensionnelle de la stratification⁴¹.

(extrait de Courbin 1963) ; malgré l'apparente simplicité de la stratigraphie, l'interruption de vision entraînée par la présence des banquettes gêne le suivi des unités stratigraphiques (en particulier les sols successifs - II à V - distingués par le fouilleur).

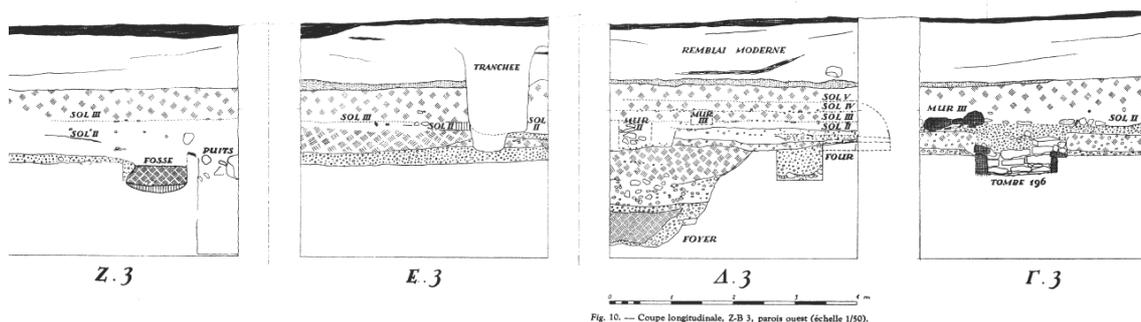


fig. 10: Les limites du système Wheeler : la stratification morcelée par les banquettes

A ces limites touchant à l'identification et à l'enregistrement, s'ajoute le problème de la représentation de la stratigraphie, troisième fonction traditionnelle de la coupe. Toujours dans ces cas de stratification dense, on obtient en effet un jeu de coupes malaisé à exploiter, d'où il est difficile de dégager une vision chronologique d'ensemble, ou à l'inverse de percevoir la situation

41 Les problèmes que pose cette prise en compte incomplète de la stratification par les coupes sont évoqués par Wheeler lui-même : « ... on doit se référer constamment à la stratigraphie des parois des carrés... Lorsqu'on constate une discordance notable entre ces parois, ou entre celles qui leur correspondent dans les carrés voisins, on doit réfléchir au problème et chercher une explication... » (Wheeler 1954, 1989 p.83)

d'une couche particulière par rapport à cette chronologie d'ensemble. Enfin, outre cette représentation peu efficace de la chronologie relative, la représentation graphique des strates et structures sur les axes de coupe du système Wheeler peut ne pas fournir une bonne image de leur profil, l'orientation de ces axes étant liée à celle du carroyage implanté a priori, et non déterminée en fonction de chaque structure rencontrée⁴².

Fouilles place Clémenceau à Beauvais (Oise) en 1987 (Desachy 1991). Dans ce type de stratification dense (de la période gallo-romaine au XVIIIe siècle), aucune coupe ne peut constituer une référence plus de quelques dizaines de cm de part et d'autre de l'axe de coupe, comme le montre le plan cumulé de toutes les structures relevées ; d'autre part, des banquettes fixes interdiraient toute compréhension stratigraphique d'ensemble.

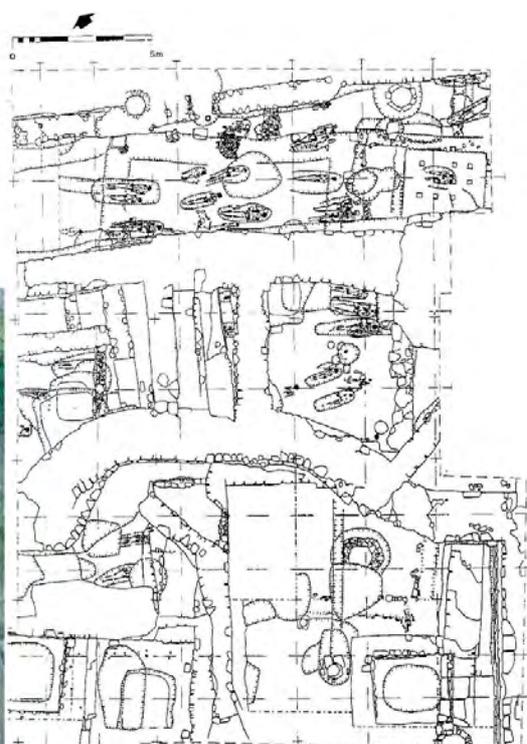


fig. 11: la coupe, référence impossible en stratification dense

Ces défauts, moins sensibles sur des sondages ou des fouilles de faible surface et dans des cas de stratification se rapprochant du modèle de simple superposition des couches, se sont révélés véritablement gênants lors des premières grandes fouilles urbaines de sauvetage, dans les années 1960, en Grande Bretagne, lorsqu'il a fallu traiter de grands volumes et de grandes surfaces de stratification anthropique extrêmement dense.

le développement de l'analyse spatiale et la remise en cause de la vision verticale

Plus largement, au delà des sites urbains, l'évolution des méthodes de fouille sur les sites préhistoriques et néolithiques, en donnant la primauté à la vision et l'analyse spatiale, a remis en cause à partir des années 1960 la suprématie de l'approche stratigraphique traditionnelle (c'est à dire verticale).

Première composante de ce mouvement, la méthode des grands décapages. Issue de l'approche spatiale qui était déjà celle des protohistoriens d'Europe du Nord depuis le début du XXe siècle, en particulier de Gerhard Bersu (cf. 1.2.3), elle connaît un grand développement à partir des années 1950, en recourant à des moyens mécanisés, telles dès 1955 les fouilles de Werner Krämer sur l'oppidum de Manching en Bavière (Collis 2001). La méthode est systématisée par Bohumil Soudsky (1922-1976) sur les fouilles du site néolithique de Bylany (République Tchèque) à partir de 1953, puis en France dans la vallée de l'Aisne à partir de 1973. Ces fouilles de sauvetage dans les

42 Dans certains cas, l'inadaptation de l'axe de coupe peut entraîner des contradictions apparentes et des fautes d'interprétation stratigraphique (par exemple une structure excavée partiellement en sape – telle un silo piriforme – prise en tangente par la coupe, dont la lecture peut suggérer la postériorité de la couche apparaissant comme supérieure au remplissage de la fosse piriforme, alors qu'elle est en fait recoupée par cette fosse.

gravières de la vallée de l'Aisne, dirigées par Jean-Paul Demoule après le décès de B. Soudsky, ont été le lieu de diffusion en France de la méthode des grands décapages. Bien adaptée à l'archéologie préventive grâce à la rapidité d'exécution qu'autorise la mécanisation (la pelle mécanique est intégrée dans la panoplie des outils de fouille), très efficace sur les sites érodés et à stratification anthropique discontinue (cas de figure très fréquent en milieu rural du fait des labours), et permettant une échelle de vision au niveau du site et même du paysage dans lequel s'insère le site, cette approche est aujourd'hui celle de la majorité des opérations archéologiques de terrain en milieu rural

L'identification stratigraphique y suit une logique nécessairement inverse de celle de Wheeler : d'abord en plan (identification des structures – fosses, trous de poteaux, etc. – et des recoupements entre structures) et ensuite, éventuellement, en coupe, sous forme non pas de coupes générales de référence, mais de coupes locales dans les structures. Cette primauté de la vision spatiale appliquée à la stratigraphie est parfois exprimée par la formule « stratigraphie horizontale ». B. Soudsky a proposé une formalisation de l'enregistrement de ces relations stratigraphiques perceptibles en plan (recoupements ou contigüités entre structures), précédant ainsi E. Harris dans l'axiomatisation de la stratigraphie (Soudsky 1970 ; Jaulin 1978 ; Demoule, Cleuziou 1980).

Un deuxième courant méthodologique remet fortement en cause, à partir des années 1960, la prédominance de la vision stratigraphique verticale : celui initié sur les fouilles préhistoriques menées par André Leroi-Gourhan (1911-1986). Avant même ses célèbres fouilles de Pincevent, A. Leroi-Gourhan avait déjà mis en évidence des sols et des aménagements de surface paléolithiques à Arcy-sur-Cure (notamment dans la Grotte du Renne, à partir de 1956 – Leroi-Gourhan 1961) et proposé de généraliser ce type de fouille avec un enregistrement stratigraphique assuré par le repérage successif des niveaux de sol au fur et à mesure de la fouille, devançant ainsi le principe de la coupe cumulative énoncé plus tard par Philip Barker (*cf* plus loin), et rompant avec la stratigraphie strictement verticale traditionnelle des préhistoriens (Leroi-Gourhan 1963).

Les conditions de conservation remarquables du site paléolithique de Pincevent (dont la fouille débute en 1964), en bordure de Seine, où les limons déposés par les crues annuelles ont fossilisé les traces de campements de chasseurs magdaléniens, permettent à Leroi-Gourhan de développer son approche en systématisant la notion de « sol d'occupation » : elle comprend l'identification de la surface sur laquelle a vécu le groupe étudié, et l'examen de la répartition de tous les vestiges et éléments disposés sur cette surface. Cette répartition peut faire apparaître des structures artificielles évidentes (foyers par exemple), mais aussi des « structures latentes » lisibles indirectement (nappes de déchets formant des « effets de paroi » indiquant l'emplacement de couvertures de tentes par exemple), ainsi que les traces et l'organisation des activités (taille du silex en particulier). Le processus d'identification de telles surfaces s'oppose au postulat wheelerien de « vision verticale d'abord » : l'approche est horizontale, spatiale et progressive (« décapage d'approche », puis « décapage optimal ») (Leroi-Gourhan 1971 ; 1984 ; Leroi-Gourhan, Brézillon 1972). Cette analyse spatiale très fine, intensive, qualifiée de « fouille ethnographique » par sa capacité à restituer (quand les conditions de conservation du site s'y prêtent) les traces des activités et de la vie quotidienne de la société étudiée, est en quelques sortes le pendant méthodologique de l'approche spatiale large, extensive, dans laquelle s'inscrivent les fouilles en grand décapage.

L'importance prise par ces nouvelles approches spatiales à partir des années 1960 et 1970 ne permet plus de les considérer comme des cas particuliers, exceptionnels, en marge d'une méthode de terrain principale qui serait en priorité une lecture stratigraphique et verticale. La vision spatiale qui se développe ainsi s'articule mal avec le paradigme classique de la lecture verticale de la stratigraphie. Une contradiction inhérente à la stratigraphie classique se trouve ainsi mise en évidence, que Wheeler n'est pas parvenu à réduire : l'opposition plan/coupe ; c'est à dire l'antagonisme entre la nécessité d'une vue spatiale (« en plan ») pour comprendre les structures, et la vue en coupe conçue comme moyen exclusif de percevoir la stratigraphie, donc la chronologie relative des structures.

L'expérience de Winchester : l'aire ouverte et l'intégration de la stratigraphie dans le processus de fouille.

Pour s'affranchir des limites de la stratigraphie verticale, le *Winchester research unit* (l'équipe des fouilles urbaines britanniques de Winchester, entamées en 1961 et dirigées par Martin Biddle) adopte dans les années 1960 une nouvelle méthode de fouille dite en aire ouverte (*open area*), exposée dans *Meters, areas and robbing*, article méthodologique de Birthe et Martin Biddle paru en 1969⁴³, qui s'insère de fait dans le mouvement évoqué ci-dessus, de priorité donnée à la vision spatiale. Toute la surface du terrain est d'abord décapée jusqu'au niveau où affleurent les premières couches et structures archéologiques, permettant ainsi d'identifier en surface les limites de celles-ci. Puis la fouille s'effectue dans l'ordre stratigraphique, c'est-à-dire dans l'ordre inverse du dépôt des couches, en commençant par la plus récente, et en la fouillant complètement suivant ses limites ; et ainsi de suite.

La fouille permet ainsi une vision spatiale et synchrone du terrain : à chaque moment, l'état du terrain reflète une étape donnée de la chronologie stratigraphique, les couches postérieures à cette étape étant déjà fouillées, et les couches antérieures étant encore en place. A la fin de la fouille de chaque couche, l'identification des prochaines couches à fouiller – les plus récentes en l'état du terrain alors atteint – peut s'effectuer sur la surface de fouille dans les meilleures conditions car plus rien ne masque leurs limites (toutes les couches postérieures ont été ôtées).

L'*open area* implique donc une lecture stratigraphique non plus exclusivement verticale, mais étendue à toute la surface de fouille. B. et M. Biddle proposent néanmoins le maintien de coupes ; cependant les banquettes fixes de Wheeler sont supprimées, remplacées par de plus petites banquettes n'excédant pas 25 cm de large. Celles-ci ne sont pas permanentes, mais fouillées au fur et à mesure de l'avancement du chantier, en décalage avec le reste du terrain, afin d'assurer le suivi et l'enregistrement stratigraphique des couches en cours de fouille. La largeur et la hauteur limitées de ces banquettes, leur caractère provisoire et lié au mouvement de la fouille, réduisent considérablement les inconvénients des banquettes du système Wheeler⁴⁴. Des coupes locales peuvent par ailleurs être implantées afin de caractériser une structure, une fois celle-ci définie en surface, et en fonction de sa disposition.

Des coupes à l'ensemble du volume fouillé, le passage en trois dimensions de l'identification stratigraphique

On pourrait résumer l'aire ouverte en « vision en plan d'abord, vision en coupe ensuite », inversion de la formule wheelerienne « d'abord fouille verticale, puis fouille horizontale » (Wheeler 1954, 1989, p.83). Cependant, ramener la différence entre fouille en aire ouverte et fouille stratigraphique classique à l'opposition plan / coupe évoquée ci-dessus est quelque peu inexact : d'abord, comme on vient de le voir, la fouille en aire ouverte n'exclut pas l'usage de coupes de terrain ; et surtout, la lecture stratigraphique en aire ouverte ne s'effectue pas « en plan » (sauf au tout début de la fouille après le premier décapage), mais en suivant les limites des couches. Ces limites peuvent être horizontales (surface de sol...), mais aussi de toute autre disposition (parois verticales de murs ou de fosses par exemple). La surface de fouille résultant de la combinaison des limites des couches fouillées, qui est en même temps la surface d'identification et de lecture des unités stratigraphiques, n'est par conséquent ni un plan ni une coupe, mais une surface tridimensionnelle complexe.

Le véritable changement d'approche est donc le passage de l'identification stratigraphique bidimensionnelle, fondée exclusivement sur la lecture de coupes perpendiculaires aux limites de

43 Le titre étrange de cet article vient de ce qu'il proposait, outre la présentation de la fouille en aire ouverte, l'usage de coordonnées métriques pour remplacer le carroyage alphanumérique traditionnel (*meters*), ainsi qu'une réflexion sur la fouille et l'interprétation des traces de récupération de matériaux (*robbing*) (Biddle, Biddle 1969)

44 Rappelons que Wheeler lui-même, homme de terrain d'esprit plus pratique que doctrinaire, admettait dans certains cas la possibilité d'éliminer les banquettes afin d'obtenir une vision spatiale du site, qu'il qualifiait de « fouille horizontale » ; il approuvait ainsi l'approche en grand décapage de G. Bersu (cf. 1.2.4) : « il est bon de se dire qu'avec une simple fouille verticale, la signification réelle de Little Woodbury nous aurait presque entièrement échappé » (Wheeler 1954, 1989 p.150).

couches, et distincte des temps de fouille proprement dite, à une identification tridimensionnelle, donnant la priorité à une lecture stratigraphique inhérente à la fouille elle-même, dans un processus continu de recherche et de suivi des limites de couches.

(photo extraite de de Bouärd 1975 p.221)

Les larges banquettes du système Wheeler sont supprimées, au profit de banquettes minces provisoires (encore en place sur la partie gauche de la photo) permettant une vision spatiale du terrain.

L'aire ouverte n'est pas un retour aux grands dégagements : les structures construites (ici un mur et un puits) ne sont qu'une petite partie des traces observées ; les vestiges plus ténus sont reconnus spatialement avant de l'être en coupe : par exemple, ici, la fosse dans laquelle la mire est posée, au centre de la photo, et les lambeaux de sol qu'elle recoupe.

Comparée à la figure 8 (p.37) ci-dessus, cette photo montre aussi que la vision offerte par l'aire ouverte est d'abord celle des structures archéologiques et de la stratification, et non d'abord celle du quadrillage que l'archéologue leur surimpose.

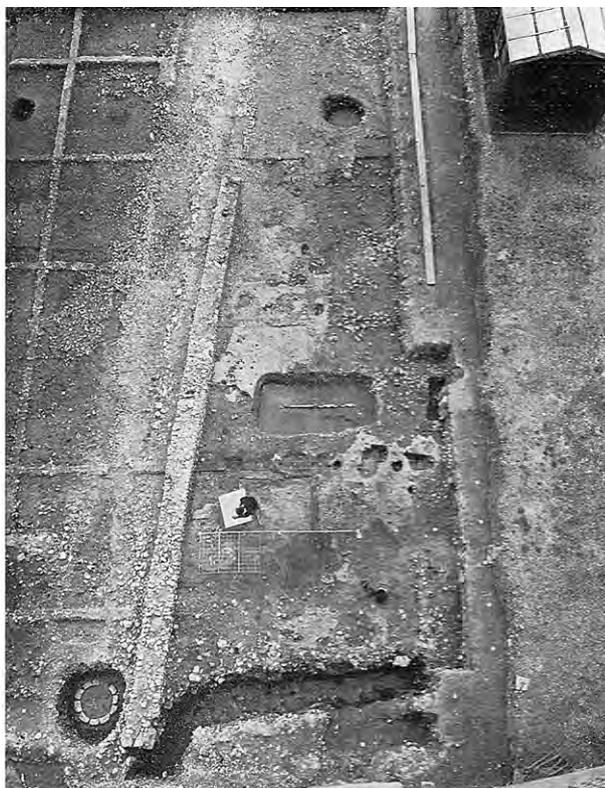


fig. 12: fouille en aire ouverte à Winchester en 1968

Les résultats de ce type de fouille montrent que l'idée d'une perception des limites stratigraphiques impossible ou nécessairement plus mauvaise hors des coupes n'est pas justifiée, dès lors, comme le précisent B. et M. Biddle, que la surface de fouille est traitée avec autant de soin et de compétence que ne l'était la coupe dans une fouille wheelerienne.

Philip Barker, autre grand pionnier de la fouille en aire ouverte (notamment sur les fouilles de Wroxeter), auteur en 1977 de *Techniques of archaeological excavations* – manuel qui, après l'article fondateur de B. et M. Biddle, est l'ouvrage de référence pour cette méthode – va plus loin et minimise l'importance des coupes dans l'identification de la stratigraphie : « *mon opinion est que si une coupe... révèle des relations stratigraphiques non détectées en fouille horizontale, alors c'est que la fouille était mauvaise... beaucoup de couches, facilement observées en plan, ne peuvent être vues en coupe... Il s'ensuit que tant que la fouille horizontale est assez attentive, elle peut recueillir plus d'information que ce qui peut être vu en coupe* » (Barker 1977, 1993, p.113). Ce qui le conduit à proposer une fouille en aire ouverte intégrale, sans banquette, l'enregistrement de l'image du terrain vu en coupe étant assuré par des relevés dits cumulatifs (*cumulative section*) : les profils de base de chaque couche fouillée sont relevés sur des axes définis ; l'ajout successif de ces profils sur chaque axe montre en dessin la coupe complète qui n'a pas été matérialisée dans le terrain (Barker 1977, 1993).

L'enregistrement stratigraphique est ainsi multiplié, car composé non seulement des coupes, mais aussi des plans ; ceux-ci en effet, pour M. et B. Biddle, doivent enregistrer tous les éléments significatifs du terrain, et être aussi détaillés et relevés avec le même soin que les coupes : « *the plans ought to be as detailed and sensitive record of the site as the sections naturally are* » (Biddle, Kjolbe-Biddle p.213). Les auteurs proposent pour cela le système, repris depuis sur la plupart des fouilles urbaines, des plans superposables sur film plastique (1969).

1.3.2. La création de la *Harris Matrix* et ses conséquences méthodologiques (1973- 1979)

Un nouvel outil synthétique pour la chronologie stratigraphique

Le problème posé par le traitement de cette abondance de documentation stratigraphique va se trouver à l'origine d'un renouvellement des concepts de l'analyse stratigraphique. Cette nouvelle formulation de la stratigraphie est due essentiellement à l'archéologue britannique Edward Harris.

En effet, celui-ci, membre du *Winchester research unit* depuis 1967, est chargé à partir de 1973 de dépouiller les données d'une fouille importante (*Lower Brook Street*). Il se heurte alors au problème de la représentation de l'information stratigraphique, auquel, sur ce site densément stratifié, ni les coupes (comme on l'a vu), ni le plan complet des structures (que leur superposition rend illisible⁴⁵) ne fournissent de solution satisfaisante. Pour exprimer exhaustivement et le plus clairement possible la chronologie stratigraphique, E. Harris recourt à un schéma où figurent les couches et les relations sous forme d'étiquettes et de traits de liaison. C'est la technique du diagramme stratigraphique (*Harris Matrix*), conçue dès 1973 (Harris 1992, Harris 1998), publiée dans un article de *World Archaeology* (*The stratigraphic sequence : a question of time*) en 1975. Elle repose sur la séparation de la valeur chronologique des relations stratigraphiques (exprimée par le diagramme), et de l'image topographique des couches que les relevés graphiques, plans et coupes, continuent à fournir. Avec la représentation physique des couches sous forme de coupes ou plans, aux deux dimensions du document papier ne pouvaient correspondre que deux dimensions du terrain ; dans le diagramme, l'abandon de l'information topographique pour ne retenir que l'information topologique (d'ordre chronologique) permet de ramener les trois dimensions du terrain aux deux dimensions du papier. Un seul diagramme peut donc représenter l'intégralité de la chronologie relative en fusionnant les données stratigraphiques provenant de plusieurs coupes, plans, ou autres documents, résolvant ainsi l'alternative insatisfaisante entre la complexité de lecture de l'enregistrement graphique « multidimensionnel » (plans et coupes) et les lacunes liées à l'usage des seuls relevés de coupe.

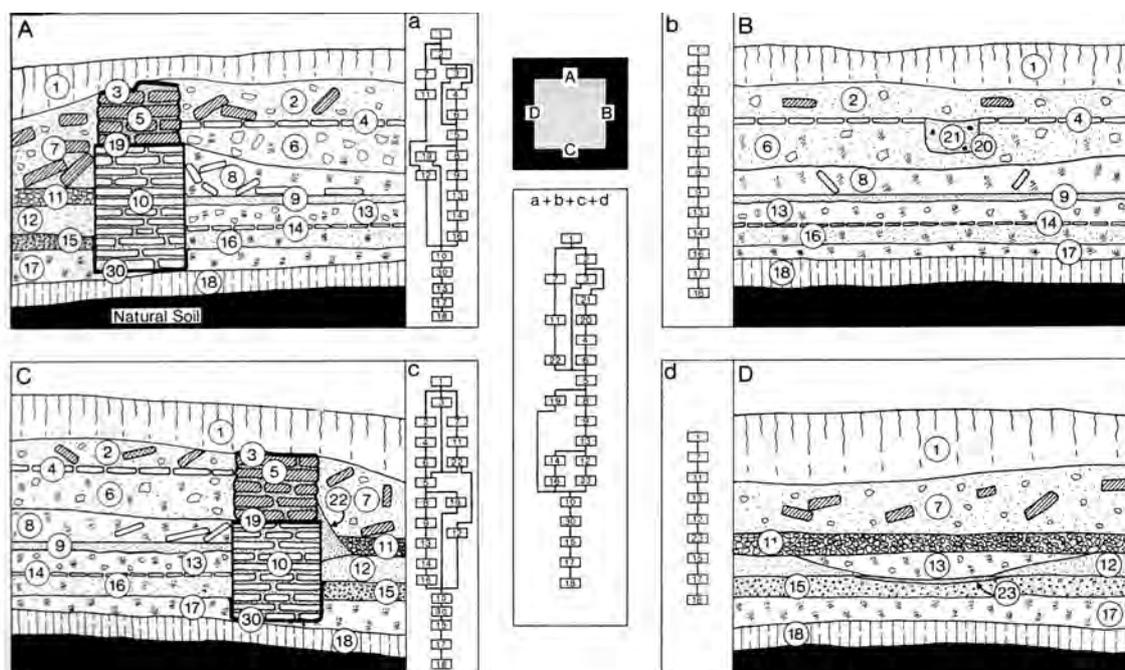


fig. 13: la *Harris Matrix* : diagramme et synthèse de plusieurs coupes (Harris 1979 fig.32)

Il faut préciser que ce nouvel outil n'est pas totalement une innovation. Comme nous le verrons

45 A la différence des sites érodés fouillés par grands décapages, dont des coupes ne peuvent rendre compte que de façon locale, mais où le plan suffit en général à représenter l'ensemble des relations entre couches ou structures.

plus loin, les graphes d'ordonnement chronologique de tâches – formellement comparables à la *Harris matrix* – étaient, à l'époque de l'invention de cette dernière, utilisés depuis deux décennies dans le monde de l'industrie. En restant dans le domaine de l'archéologie, outre la codification des relations stratigraphiques opérée par Soudsky mentionnée plus haut (mais qui ne comporte pas de mise en graphe), d'autres essais tendant au même principe ont eu lieu : Henri Galinié, dans son mémoire de maîtrise sur le cimetière de Saint-Pierre-le-Puellier à Tours, a proposé dès 1971 un graphe des relations entre sépultures, déterminées à partir des superpositions et recouvrements des corps (de Bouïard 1975 note 14 p.215 et fig. 35 p.234-235). De même, l'archéologue polonais Henryk Rysiewski a aussi créé un graphe de relations entre sépultures en 1975, indépendamment des premiers travaux de E. Harris (Kobylnski 1993, fig. 4.3 p.64).

Ces représentations d'une stratification tridimensionnelle sont très proches de celle proposée par Edward Harris ; mais l'apport de ce dernier est d'avoir systématiquement représenté ainsi toutes les unités et relations distinguées par le fouilleur, quelque soit leur nature ; et surtout d'avoir conceptualisé cette systématisation.

Le modèle stratigraphique de Harris : un changement de paradigme

En effet, la logique stricte mise en œuvre dans cette représentation formalisée de la stratigraphie n'est pas sans conséquences méthodologiques ; elle conduit E. Harris à développer un véritable modèle d'analyse stratigraphique, avec une volonté d'axiomatisation marquée en particulier par la formulation de quatre « lois » de la stratigraphie. Ce modèle, sur lequel nous reviendrons plus en détail dans le chapitre 2, est exposé principalement dans *Principles of Archaeological Stratigraphy*, l'ouvrage majeur de Harris paru en 1979 (révisé et réédité en 1989).

E. Harris est d'abord amené à préciser la définition des entités observées sur le terrain ; avec en premier lieu la notion d'interface, élément de base de l'identification stratigraphique ; l'interface est la surface de contact entre deux couches, d'où l'on peut inférer une relation stratigraphique. La « couche », est définie d'abord par ces interfaces, en tant qu'unité de terrain antérieure ou postérieure aux autres unités ; c'est seulement ensuite, une fois située stratigraphiquement, que l'on peut lui attribuer une interprétation d'ordre culturel, historique, architectural... Cette priorité initiale de l'identification strictement stratigraphique sur l'interprétation culturelle et historique a pour premier effet d'éliminer tout *a priori* de hiérarchie esthétique ou qualitative dans la perception de la stratification (par exemple l'attention préférentielle portée aux couches « nobles » que sont les vestiges bâtis, au détriment de leur « gangue » sédimentaire...). Toutes les unités de terrain ainsi définies, quelle que soit leur interprétation, ont fondamentalement la même nature : ce sont des unités stratigraphiques, étapes de la mise en place du terrain ; ce qui se traduit par une seule numérotation continue (par ordre de découverte) de ces unités. En cela E. Harris va plus loin que M. Wheeler, chez qui demeurerait une distinction initiale entre les vestiges construits (murs, aménagements, etc.), numérotés séparément, et les simples sédiments. Cette notion d'unité stratigraphique (US, suivant l'abréviation française la plus courante), liée à celle d'interface, constitue donc le concept de base de l'analyse du terrain.

Plus profondément, la stratigraphie harrissienne marque un changement de paradigme. En effet, jusqu'à Wheeler compris, la stratification des sites archéologiques est, comme on l'a vu, fondamentalement pensée comme un processus simple d'accumulation et de superposition, s'appliquant uniformément quelque soit le site ou la période. Face à ce « postulat gravitaire », hérité de la géologie des grandes formations sédimentaires naturelles et appliqué aux sites artificiels sans avoir réellement été remis en question (sauf de façon partielle, notamment par la réflexion initiée par M. Wheeler et K. Kenyon sur les phénomènes de récupération), E. Harris considère d'abord le rôle de l'Homme comme agent de transformation du relief, créateur de bassins sédimentaires artificiels, par érosion (fosses, fossés...) et construction (murs, parois...). Les phénomènes

« latéraux » tels les murs ou les tranchées ne sont ainsi plus vus comme des accidents ou des perturbations locales dans une sédimentation par essence régulière, mais au contraire, en tant que limites de bassins sédimentaires artificiels, comme des phénomènes prépondérants et structurants.

E. Harris est ainsi le premier à envisager explicitement la stratigraphie archéologique comme une géomorphologie anthropique, dont l'unité d'analyse – l'US – inclut les dépôts gravitaires, mais aussi les phénomènes d'érosion artificiels (*feature interface*) et d'aménagement de parois (*upstanding strata*) qui définissent ces bassins sédimentaires artificiels (*basin of deposition*). Les traces de l'occupation humaine cessent d'être vues principalement comme le contenu passif de dépôts dont la mise en place est implicitement soumise au relief naturel et à la gravité, mais témoignent en premier lieu de l'occupation humaine comme force agissante, créatrice de relief. Pour E. Harris, ce phénomène de création de ce que l'on pourrait appeler un « anthropo-relief » est un caractère général des sociétés humaines dès leur sédentarisation, qui transcende les différences culturelles et historiques (ce sont les aspects « non-historiques » de la stratigraphie archéologique), et qui a été trop négligé par les sciences de la Terre, la géologie en particulier.

Bien que se voulant non soumise aux particularités culturelles et historiques, cette conception s'inscrit néanmoins dans le temps, en envisageant l'évolution sur le long terme du processus de stratification anthropique. En effet, avec la sédentarisation, puis la « révolution urbaine » (à quoi l'on peut ajouter une troisième étape récente de mécanisation des moyens de terrassements), l'Homme devient un agent de plus en plus puissant de transformation du relief (Harris 1979). Cette action génératrice d'un anthropo-relief (génératrice de bassins sédimentaires artificiels, dans la terminologie de E. Harris) l'emporte progressivement sur les phénomènes de simple dépôt sur un relief préexistant. En effet, sur les sites urbains fortement construits et aménagés, ce sont les accumulations simples de dépôts relevant de la loi de superposition qui constituent des « accidents » localisés, car ils sont systématiquement limités et contenus par des bassins sédimentaires artificiels (fosses, espaces bordés de murs...), eux-mêmes fréquemment recoupés par des « bassins » plus récents. En surface, après décapage, l'aspect typique d'une stratification de ce type est celui d'une « grille » formée de bassins juxtaposés (fréquemment limités par des maçonneries), affectée par une série d'érosions (creusements ou tronçatures), et définissant de nombreuses zones d'accumulation différentes, chacune de faible étendue.

Le modèle de Harris, complément méthodologique de la fouille en aire ouverte

La *Harris Matrix* peut être utilisée seulement comme un outil de traitement des données stratigraphiques, par exemple pour synthétiser une chronologie relative à partir des coupes relevées sur les parois de carrés Wheeler. Cependant les concepts développés par E. Harris s'associent préférentiellement à la fouille en aire ouverte. En effet, pour E. Harris, c'est d'abord la délimitation spatiale des bassins sédimentaires artificiels qui détermine la compréhension de la stratification ; délimitation pour laquelle l'approche en aire ouverte et la vision spatiale la plus large possible sont effectivement plus efficaces que la vision verticale donnée par les coupes. De fait, la définition par E. Harris du processus de fouille – « *La fouille stratigraphique est un processus d'enlèvement des couches constitutives du site dans l'ordre inverse de leur dépôt, et cette fouille suit les contours et les formes des couches* » (Harris 1979 p. 54) – est pleinement celle de la fouille en aire ouverte.

Sur le terrain, ce nouvel outil favorise le passage de la vision bidimensionnelle (en coupe) à la vision tridimensionnelle de la stratification. La stratigraphie classique, contrainte par l'usage de la coupe comme seul outil de reconnaissance et d'enregistrement, rend compte d'un terrain densément stratifié de type urbain par une série de plans verticaux juxtaposés (les multiples coupes de référence du système Wheeler), que l'on essaie de translater et que l'on raccorde plus ou moins bien les uns aux autres. L'emploi conjoint de la lecture stratigraphique en aire ouverte et la *Harris Matrix* libèrent le fouilleur de cette contrainte de réduction de la stratigraphie aux deux dimensions des coupes, et

l'autorisent à penser la stratification en trois dimensions, comme une multiplicité de bassins de sédimentation, ou plus généralement de volumes et surfaces issus de la création et de la transformation du relief du site, du fait de l'homme et de ses interactions avec le milieu naturel⁴⁶.

1.3.3. La mutation de l'enregistrement de terrain sur les fouilles urbaines (années 1970)

le « single context recording » : l'apparition de systèmes analytiques d'enregistrement

le troisième aspect du renouvellement méthodologique d'ensemble que connaissent les fouilles urbaines britanniques concerne l'organisation de l'enregistrement. La notion de « context » est mise en œuvre à York à partir de 1972 (Carver 2005) ; correspondant à l'unité stratigraphique définie par E. Harris, elle est utilisée par le *Department of Urban Archaeology* (DUA⁴⁷) du Musée de Londres (créé en 1973 pour réaliser les fouilles préventives rendues nécessaires par les rénovations urbaines de la capitale anglaise). Celui-ci adopte en effet dès 1974 une méthodologie de terrain alliant aire ouverte et stratigraphie harrisienne. (Harris 1979, Spence 1992). Deux outils matérialisent cette nouvelle conception de l'enregistrement : la fiche d'unité stratigraphique, préimprimée, permettant de décrire chaque couche à l'aide de rubriques, comprenant l'indication de ses relations stratigraphiques ; et le *single context plan*, plan de l'extension spatiale (avec les cotes d'altitude de surface) de chaque unité. Fiches et plans individuels des unités stratigraphiques forment les données de base à partir desquelles la chronologie stratigraphique et l'évolution du site sont restituées sous forme de diagramme et de plans par phase. Ils sont en quelque sorte la décomposition analytique, plus aisément manipulable, des anciens cahiers de fouille et fonds de plan de terrain où prenaient place toutes les informations accumulées au fur et à mesure d'une fouille classique. E. Harris lui-même a souligné à plusieurs reprises l'utilité de ce nouveau mode d'enregistrement par unités stratigraphiques (Harris 1979 ; Harris 1992 ; Brown, Harris 1993), apte à prendre en compte les observations stratigraphiques effectuées sur l'ensemble du volume fouillé.

Après l'apparition de la fouille en aire ouverte et celle du diagramme stratigraphique, le *single context recording* vient compléter les outils formant la méthode stratigraphique en aire ouverte, ainsi élaborée du milieu des années 1960 à celui des années 1970 sur les fouilles urbaines britanniques. Les changements pratiques qui en résultent peuvent être résumés en deux points principaux.

La fin de l'équivalence « stratigraphie = relevé de coupe »

Premier point : l'abandon de la coupe comme outil unique ou central ; les trois fonctions traditionnelles de la coupe – identification, enregistrement, et représentation – sont désormais dissociées, et assurées par des moyens différents. On a vu que l'identification s'effectue en continu, au cours de la fouille ; et que le diagramme fournit la représentation de la chronologie stratigraphique. Quant à la fonction d'enregistrement, le système mis au point à Londres amène à la dissociation à son tour en deux aspects, et deux types de document : l'information stratigraphique proprement dite (qu'enregistrent les fiches d'unités et que synthétise ensuite le diagramme), et l'image graphique du terrain (donnée par des relevés en coupe, réelle ou cumulative, mais aussi par les *single context plans*).

L'utilisation de la coupe comme outil à tout faire, sorte de « couteau suisse » de la stratigraphie, disparaît ainsi au profit d'une démultiplication de l'enregistrement stratigraphique, seule à même de rendre compte de la lecture stratigraphique continue et tridimensionnelle en aire ouverte. Cette mutation ne signifie pas la disparition des coupes pratiquées sur le terrain ; celles-ci peuvent être

46 Pour E. Harris, ce passage de deux à trois dimensions est même un passage de deux à quatre dimensions, la quatrième étant le temps relatif exprimé par le diagramme stratigraphique (Harris 1992).

47 Devenu le *Museum of London Archaeology Service* (MoLAS) en 1991

utilisées de façon ajustée, pour répondre à des questions précises. La question posée peut être l'identification d'une interface, dans le cas où celle-ci se lit mieux par une observation perpendiculaire que par l'examen de sa surface⁴⁸ ; ou le besoin d'examiner et d'enregistrer l'aspect physique intrinsèque d'une couche vue en section, même si par ailleurs ses interfaces ne posent pas de problème d'identification (auquel cas l'objectif de la coupe n'est pas l'information stratigraphique, celle-ci étant liée à la détermination des interfaces) ; ce peut être aussi l'échantillonnage, les coupes permettant d'utiliser des vitesses de fouille différentes (minutieuse / rapide) sur la même structure ou la même couche : cette fonction d'échantillonnage associée à la coupe, évoquée déjà par Wheeler, est cruciale en archéologie préventive.

La nécessité d'une nouvelle organisation du travail

Deuxième aspect innovant : l'organisation du travail sur le chantier. L'identification stratigraphique continue liée à la fouille en aire ouverte, et la démultiplication de l'enregistrement ci-dessus évoquée, implique une déconcentration et un transfert de compétences vers les fouilleurs. C'est le terme d'une évolution qui, depuis l'archéologie sans stratigraphie, voit l'archéologue descendre progressivement dans la fouille.

Le fouilleur en effet ne peut plus être un simple terrassier exécutant des ordres ; la définition de son rôle et de son importance par André Leroi-Gourhan (1963) s'applique parfaitement à la méthode stratigraphique en aire ouverte : comparable au chirurgien en train d'opérer par rapport à l'ensemble de l'organisation hospitalière, le fouilleur, par rapport à l'ensemble du chantier, est la « pointe tranchante » du dispositif, dont dépend, sans appel, le recueil et en même temps la destruction de l'information. Il doit donc avoir la compétence nécessaire à l'identification et au suivi des unités stratigraphiques, et participer directement à l'enregistrement (ce qui par ailleurs n'exclut ni la présence éventuelle d'ouvriers de fouille chargés de tâches techniques, ni de personnel en formation) : « *Les besoins d'un tel système sur un site urbain complexe donnent à chaque fouilleur une plus grande responsabilité que ce qui était auparavant demandé. Chaque équipier doit définir, relever, enregistrer et fouiller ses propres contextes* » (Spence 1993 p.25). Dans la gestion de la fouille elle-même, les niveaux d'encadrement des fouilleurs (direction de secteur, du chantier...) tendent à se concentrer sur des responsabilités de vérification et de coordination d'enregistrement, et de conduite générale de fouille (notamment de choix de priorités et de vitesse de fouille). Comme le soulignent déjà M. et B. Biddle (1969) pour la fouille en aire ouverte, ce fonctionnement à compétences et responsabilités réparties nécessite un personnel bien formé et une organisation rigoureuse.

1.3.4. La diffusion du modèle de Harris et de la fouille stratigraphique en aire ouverte (1979 – 2008)

Dans les pays européens et au delà

La méthode stratigraphique en aire ouverte et la *Harris Matrix*, adoptées par les principales équipes de fouilles urbaines britanniques (Winchester, Londres, Wroxeter, York...), s'est assez tôt diffusée hors de Grande Bretagne, et s'est répandue en Europe dans les années 1970 et 1980. En Italie, Andrea Carandini applique dès 1976 la méthode de l'aire ouverte (après l'avoir vue mise en œuvre par des fouilleurs britanniques à Carthage) sur la fouille de la villa de Settefinestre, et en assure la diffusion en publiant un manuel méthodologique (*Storie dalla terra*) dont la première édition date de 1981 (Carandini 1981, 2000). C'est aussi en Italie que le principal ouvrage de E. Harris est pour la première fois traduit, en 1983, présenté par Daniele Manacorda. De là, la stratigraphie « harrissienne » atteint l'Espagne, où les fouilleurs catalans adoptent l'*open area* et la *Harris matrix*

⁴⁸ cas qui, nonobstant l'affirmation quelque peu « intégriste » de Philip Barker (citée ci-dessus – cf. 1.3.2), peut se rencontrer (si l'on est confronté à des phénomènes d'altération notamment).

notamment sur les sites de Vilauba et d'Empuries (Trocoli 1993 ; Trocoli, Sospedra, éd. 1992). Parallèlement, ces nouveaux outils sont introduits dans d'autres pays, en particulier l'Allemagne (Bibby 1993 ; Herzog 1993), et la Pologne (Kobylnski 1993). Sur le continent américain, la *Harris Matrix* s'implante dès 1974 sur le site Maya de Nohmul (Belize) (Hammond 1991), et en Amérique du Nord sur les fouilles de Williamsburg (Virginie, USA) à partir de 1982 (Brown, Muraca 1993).

Depuis les années 1990, la réflexion sur la stratigraphie archéologique et les concepts proposés par E. Harris s'est poursuivie, en particulier avec les travaux d'un groupe informel d'archéologues britanniques, coordonné par Steve Roskams – le *Interpreting Stratigraphy Group*⁴⁹ – qui a tenu une dizaine de colloques entre 1992 et 2001, dont certains ont été publiés séparément (Steane dir. 1992, Barber dir. 1993, Shepherd dir. 1995, Roskams dir. 1996) et d'autres rassemblés dans le recueil *Interpreting Stratigraphy* paru dans les *British Archaeological Reports* (Roskams dir. 2000). Edward Harris lui-même a veillé à la diffusion de ses conceptions : après sa traduction en italien, *Principles of Archaeological Stratigraphy* connaît une nouvelle édition anglaise revue en 1989, et est traduit en polonais (1989), slovène (1989), espagnol (1991), japonais (1995). Cette diffusion est aussi marquée par des ouvrages collectifs (Trocoli, Sospedra, ed. 1992 ; Harris, Brown, Brown, ed. 1993) ; et plus récemment par l'ouverture d'un site Internet⁵⁰ ; la dernière étape annoncée est un colloque tenu à Vienne en septembre 2008 (*International Conference on Archaeological Stratigraphy*) à l'occasion du 35e anniversaire de la *Harris Matrix*.

En France

En France, l'apparition de cette nouvelle méthode stratigraphique fut assez précoce, mais sa diffusion est d'abord restée limitée. L'expérience de fouille en aire ouverte à Winchester suscite l'intérêt des archéologues médiévistes ; elle est présentée par Michel de Bouard (bien qu'il soit lui-même plutôt un stratigraphe d'orientation classique) dans son *manuel d'archéologie médiévale* (1975). L'enregistrement par unités stratigraphiques et la *Harris matrix* font leur apparition sur quelques fouilles urbaines menées par des équipes issues de cette nouvelle école française d'archéologie médiévale, en contact avec les chercheurs britanniques.

Au premier rang de ces pionniers, le laboratoire d'archéologie urbaine de Tours, fondé en 1973, avec en particulier la fouille du château comtal (1974-1978), dirigée par Henri Galinié, qui a joué un rôle important dans la diffusion des méthodes britanniques (Galinié et al. 2007). Cette fouille illustre l'article « *De la stratigraphie à la chronologie* » (Galinié 1980), première présentation publiée et largement diffusée, en France, de l'approche en aire ouverte et de la technique du diagramme stratigraphique. Cet article, paru dans *L'archéologie aujourd'hui*, (Schnapp dir. 1980) ouvrage collectif qui se voulait le manifeste d'un renouvellement méthodologique de l'archéologie française, affirmait, comme celui d'Alain Ferdière consacré à la fouille dans le même ouvrage (Ferdrière 1980), la nécessité de dépasser la « méthode Wheeler » et la vision uniquement verticale de la stratigraphie. Autre important foyer de diffusion de l'actuelle méthode stratigraphique, les fouilles préventives menées à partir de 1974 par l'unité d'archéologie urbaine de Saint-Denis (Seine-Saint-Denis), dont les principes méthodologiques sont présentés dans la revue *Archéologie Médiévale* (Meyer et al. 1980) et détaillés dans les rapports de fouille publiés à partir de 1979. Citons aussi, en région parisienne, l'adoption de la fouille en aire ouverte et du diagramme stratigraphique sur un site médiéval non urbain, celui de l'abbaye cistercienne de Maubuisson, à partir de 1978 (Soulier et al. 1978)⁵¹. L'archéologie médiévale n'a cependant pas été la seule voie de diffusion de la stratigraphie harrissienne en France : le principal foyer dans le Sud en est le site protohistorique et antique de Lattara (Lattes, Hérault), dans le cadre de fouilles programmées menées par le CNRS à partir de

49 <http://www.york.ac.uk/depts/arch/strat/>

50 <http://www.harrismatrix.com/> ; l'ouvrage *Principles of Archaeological Stratigraphy* y est désormais disponible en téléchargement gratuit

51 le responsable de la fouille (Philippe Soulier), préhistorien de formation, met explicitement en relation le principe de l'aire ouverte avec la vision spatiale proposée par André Leroi-Gourhan.

1983 (Bats *et al.* 1986).

Ces équipes pionnières jouent un rôle officiel ou officieux de chantier-école, suppléant ainsi à la prise en compte tardive et réduite de la nouvelle méthode stratigraphique dans les enseignements universitaires de méthodologie archéologique ; elles restent néanmoins relativement isolées jusqu'au milieu des années 1980. La situation évolue alors sous l'effet du développement de l'archéologie urbaine – premier terrain d'application de la stratigraphie harrissienne – lié à celui de l'archéologie préventive. Le chantier des abords de la cathédrale d'Orléans, débuté dès 1977 (Petit 1988 dir.) fut le prototype de ces fouilles urbaines préventives, professionnalisées et financées par le maître d'ouvrage d'un aménagement destructif, en application de nouvelles réglementations d'urbanisme et de protection du patrimoine⁵². L'année 1984 peut être considérée comme une date charnière pour cette nouvelle archéologie urbaine, porteuse des méthodes initiées en Grande Bretagne. Elle est en effet marquée par la création du Centre National d'Archéologie Urbaine (CNAU) à Tours, dont Henri Galinié est le premier directeur ; elle voit aussi le lancement des fouilles du métro de Lyon, à la suite d'une convention signée entre l'Etat et l'aménageur⁵³, et des fouilles parisiennes du Grand Louvre. À la suite de ces deux grands chantiers, des fouilles préventives préalables à de gros aménagements urbains se mettent en place dans de nombreuses villes. Ces opérations recrutent du personnel formé sur les premières fouilles urbaines françaises en aire ouverte telles Tours, Orléans, Saint-Denis... A la fin des années 1980 et dans la décennie suivante se propagent ainsi l'aire ouverte, l'enregistrement par unités stratigraphiques et la *Harris matrix*. Aujourd'hui, ces outils méthodologiques sont assez largement reconnus par la communauté archéologique française comme les plus adaptés à la fouille urbaine et par extension aux sites à stratification anthropique dense (même si l'emploi effectif de la *Harris Matrix* semble, comme on l'a dit en introduction, marquer nettement le pas depuis quelques années).

Cet essor de la méthode stratigraphique en aire ouverte est à son début marqué par un effort de réflexion d'ensemble, dont témoigne en particulier une table-ronde tenue au CNAU à Tours en 1986 (*enregistrement des données de fouilles urbaines* – Randouin éd. 1987), à laquelle participent sept équipes opérant sur des sites urbains utilisant les principes issus des fouilles urbaines britanniques (Lattes, Lyon, Paris, Saint-Denis, Tours, Bordeaux, Metz). Toutes les équipes ayant alors adopté cette approche ne sont pas représentées, mais on y retrouve les principaux foyers de diffusion (Tours, Saint-Denis, Lattes...). La synthèse générale de cette table-ronde, rédigée par Bernard Randouin, actait le principe de l'enregistrement par unités stratigraphiques et de la reconstitution de la chronologie relative par diagramme ; elle proposait des définitions communes, touchant notamment aux niveaux de regroupement des unités.

Malgré l'importance de ce document – qui reste à ce jour la seule tentative publiée de coordination entre les systèmes d'enregistrement français suivant la méthode stratigraphique en aire ouverte – cette méthode s'est surtout diffusée par la pratique et l'apprentissage direct, aidés cependant par la publication de certaines des différentes procédures de fouille et d'enregistrement développés par les équipes de fouille urbaine (par exemple Meyer *et al.* 1983⁵⁴, Bats *et al.* 1986). En effet, ni l'ouvrage principal de E. Harris (*Principles of Archaeological Stratigraphy*), ni celui de Philip Barker (*Techniques of archaeological excavations*) n'ont été traduits en France.

52 Principalement l'article R 111-3-2 du code de l'urbanisme dont l'introduction en 1977 (Rigambert 1996) a permis l'intervention systématique des archéologues en amont des projets d'aménagement.

53 suivant un modèle auquel se référeront les procédures d'archéologie préventive jusqu'à la loi de 2001.

54 « *L'introduction à la fouille urbaine* » jointe au rapport 1982 de l'unité d'archéologie urbaine de Saint-Denis (Meyer *et al.* 1983) constitue en effet aujourd'hui encore, à notre connaissance et à notre avis, la meilleure présentation pédagogique (en langue française) de l'actuelle méthode stratigraphique et de son processus de fouille et d'enregistrement.

1.3.5. la stratigraphie de Harris aujourd'hui : un état de l'art face à des limites

Un succès apparent, mais une assimilation limitée

Cette diffusion surtout par la pratique, et le caractère relativement limité et parcellaire des publications méthodologiques françaises sur l'actuelle méthode stratigraphique expliquent peut-être en partie les résistances auxquelles elle s'est heurtée et, malgré son succès apparent, son assimilation parfois incomplète. En effet, alors que l'aire ouverte et la stratigraphie harrisienne ont été vécues en Grande Bretagne comme une évolution plus qu'une rupture – Harris (1992) a lui-même souligné tout ce que devaient ses conceptions à Wheeler et Kenyon – leur introduction en France a suscité une opposition parfois vive, représentée en particulier par Paul Courbin (notamment dans sa préface à la traduction française de *Archaeology from the earth* de Wheeler). Refusant, avec une véhémence surprenante, toute évolution du système Wheeler (et montrant en cela un dogmatisme assez éloigné de l'approche pragmatique de Mortimer Wheeler lui-même), Courbin stigmatise la disparition des coupes et banquettes, sans comprendre ce qui les remplace : pour lui, l'aire ouverte n'est qu'un « ...retour...aux vastes dégagements continus d'autrefois, mais, parce qu'il faut faire du neuf, ou en avoir l'air, en compliquant inextricablement les procédés d'enregistrements » (Wheeler 1954, 1989, préface p.9).

Sans partager l'opposition radicale de Paul Courbin à toute évolution de la stratigraphie classique, une grande partie des fouilleurs français n'a effectivement pas suivi les archéologues britanniques jusqu'au bout de leur mutation vers une perception tridimensionnelle de la stratification ; et même s'ils utilisent couramment la notion d'unité stratigraphique et connaissent la technique de la *Harris Matrix*, ces fouilleurs restent attachés au rôle central de la coupe de terrain, qu'ils continuent à lier aux fonctions d'identification, d'enregistrement et de représentation de la chronologie stratigraphique ; comme en témoignent, dans plusieurs écrits méthodologiques des vingt dernières années (Gallay 1986, Jockey 1999 ; Loustaud 1985, Pesez 1997...), la plus ou moins grande persistance de l'association de la stratigraphie à la vision verticale et à la coupe (ainsi opposée à la vision en plan), et du « postulat gravitaire » (c'est à dire la vision du processus de stratification comme une simple accumulation, localement « perturbée » par quelques phénomènes latéraux), traits caractéristiques de la stratigraphie classique. Sans que l'on puisse donner autre chose qu'une impression générale – il faudrait pour aller plus loin un travail historiographique plus approfondi et une enquête sur la situation actuelle – il paraît prudent de nuancer l'idée d'une généralisation en France (sur les sites à stratification anthropique dense) de la méthode stratigraphique en aire ouverte ; il semble que beaucoup de fouilleurs français se situent actuellement plus dans une « stratigraphie classique évoluée » intégrant certains apports récents, que dans une pleine approche stratigraphique spatiale tridimensionnelle telles celles de Philip Barker et d'Edward Harris⁵⁵.

Concernant le cas spécifique de l'archéologie préhistorique, l'approche stratigraphique de E. Harris n'a pas du tout été adoptée, sauf quelques exceptions⁵⁶. Cela s'explique d'une part par des raisons objectives : la stratification des sites préhistoriques est issue essentiellement de dynamiques naturelles dans lesquelles sont pris les vestiges humains, et non de modifications anthropiques du relief ; la création d'anthropo-reliefs, objet préférentiel de la stratigraphie de E. Harris, ne débute

55 Une cause plus sociologique a peut-être par ailleurs freiné la diffusion de la nouvelle méthode stratigraphique britannique : on a vu combien la primauté de la coupe en stratigraphie classique était liée à une forme d'organisation hiérarchique traditionnelle du chantier ; et combien la nouvelle approche génère un fonctionnement tout à fait différent, sous forme d'un processus à multiples niveaux de responsabilité, en rupture avec cette structure traditionnelle maître / disciples. Cela peut contribuer à expliquer les réticences de certains archéologues de haut niveau universitaire ou institutionnel, attachés à cette structure traditionnelle, tels Paul Courbin ; cela peut aussi contribuer à expliquer la diffusion préférentielle de la nouvelle approche par la voie des premiers grands chantiers préventifs urbains, peuplés de « hors-statut », et rapidement contraints d'adopter un mode de fonctionnement professionnel éloigné de cette structure traditionnelle.

56 Le diagramme stratigraphique a ainsi été employé pour la stratigraphie de la grotte des Renardières (Les Pins, Charente) caractérisée par des espaces distincts formant autant de bassins sédimentaires et des dépôts très localisés, incluant des vestiges paléolithiques (Dujardin 2002).

réellement qu'avec la sédentarisation et l'aménagement construit. D'autre part, la tradition institutionnelle de séparation entre la préhistoire (du côté des sciences naturelles) et le reste de l'archéologie (du côté des humanités) a certainement contribué au maintien des préhistoriens dans le cadre conceptuel de la stratigraphie géologique, comme on l'a vu plus haut (1.2.2).

L'apparition de limites opérationnelles

Si la méthode stratigraphique en aire ouverte ne s'est pas pleinement répandue en France, elle a déjà rencontré des limites. En premier lieu, un certain nombre de critiques (sur lesquelles nous reviendrons) ont porté sur l'outil principal proposé par E. Harris, la *Harris Matrix*, et son incapacité à exprimer toute les temporalités attachées aux successions stratigraphiques (Adams 1992, Carver 1990) ; ces critiques accompagnées de propositions alternatives, ne remettent cependant pas en cause les principes de la fouille en aire ouverte, ni (pour l'essentiel) de l'enregistrement par unités stratigraphiques.

Plus largement, l'existence des actuelles approches spatiales du terrain évoquées ci dessus (grands décapages, fouille « ethnographique »), qui, tout en montrant une incontestable efficacité, n'intègrent pas ou peu l'analyse stratigraphique au niveau de l'US telle que posée par E. Harris, nuance l'ambition de ce dernier de proposer une approche universelle et complète du terrain archéologique. La méthode stratigraphique en aire ouverte n'est, de fait, qu'une approche parmi d'autres, s'exerçant sur les sites urbains et à stratification anthropique dense ; ce qui pose le problème de l'articulation de cette méthode avec les autres approches du terrain.

C'est par ailleurs sur leur terrain de prédilection et de naissance, l'archéologie des sites urbains de l'Europe du Nord-Ouest, que les principes stratigraphiques de E. Harris ont rencontré leur limite la plus frustrante, sous la forme d'un problème apparu paradoxalement grâce aux progrès de l'archéologie urbaine. La stratification de ces sites urbains est en effet fréquemment marquée par d'épaisses couches sombres (*dark earths* ou « terres noires »), organiques, apparemment homogènes ou du moins peu lisibles et ne présentant pas d'interfaces claires. Le problème stratigraphique est que cette « tranche » de terres noires – formant globalement une seule unité stratigraphique si l'on raisonne, comme l'exigent les principes de E. Harris, en interfaces bien définies – s'étend beaucoup trop dans l'espace urbain comme dans le temps (couvrant l'antiquité tardive et le Haut Moyen Âge) pour que l'on puisse se satisfaire de les enregistrer ainsi comme une seule unité stratigraphique. L'efficacité de la méthode stratigraphique est, en effet, basée sur sa capacité à identifier une succession suffisamment rapide d'unités suffisamment limitées pour suivre, au plus fin, l'évolution des aménagements et de l'occupation. Or, « *face aux terres noires, cette capacité, dont nous (les fouilleurs urbanisants) somme fiers, mélange d'expérience, de perception empirique et de stricte logique (les lois de la stratification archéologique), se trouve mise en échec de façon vexante... nos procédures habituelles, ainsi enrayées, ne permettent plus d'atteindre le degré de précision chronologique et " ethnographique " normalement attendu.* » (Cammass et al. 1995 p. 22). Le déficit d'information sur le Haut Moyen Âge urbain ainsi créé fait l'objet d'une prise de conscience, d'abord en Grande-Bretagne, puis notamment en France (Cammass et al. 1995). Les « terres noires » sont toujours un problème archéologique, sur lequel la recherche progresse activement (cf. Fondrillon 2007, Galinié 2004) ; mais qui met en évidence les limites de l'analyse proprement stratigraphique, quelles que soient par ailleurs la cohérence et l'efficacité que lui ont apporté les conceptions de E. Harris.

1.3.6. L'informatisation de l'enregistrement et du traitement stratigraphique (1980-2008)

L'informatisation des systèmes d'enregistrement de terrain

Le caractère analytique et relationnel des enregistrements de terrain recourant à la notion d'unité

stratigraphique et au *single context recording* rend ceux-ci plus aisément informatisés sous forme de bases de données que d'autres formes d'enregistrement (par exemple l'utilisation classique d'un cahier de fouille recueillant toutes les informations hors relevés). De fait, la répartition de l'information dans les rubriques définies d'une fiche d'unité stratigraphique préfigure celle des champs d'une table de base de données.

Après quelques premières expériences dans les années 1970, l'apparition de logiciels de base de données sur micro-ordinateurs dans les années 1980 a permis le développement de l'informatisation des systèmes d'enregistrements de fouille stratigraphique en aire ouverte. En France, on peut citer parmi les premières applications de ce type celle des fouilles préventives du métro de Lyon à partir de 1984 (Burnouf 1986 ; Burnouf 1994), et celle de Lattes (Bats *et al.* 1986) ; applications dont se fait l'écho un premier bilan, non exhaustif, paru en 1986 à la suite d'une table-ronde tenue au centre national d'archéologie urbaine de Tours (*Expériences d'informatisation en archéologie urbaine* - CNAU 1986). En 1988, un appel d'offre ATP (action thématique programmée) sur l'informatisation des archives de fouille, lancé par les ministères de la Culture, de la Recherche et de l'Enseignement supérieur donne une impulsion institutionnelle au développement de systèmes d'enregistrement informatisés, et se trouve à l'origine des deux systèmes parmi les plus répandus actuellement en France, et dont le développement se poursuit toujours : ArcheoData (Arroyo-Bishop, Lantada Zarzosa, 1990 ; 2005) et Syslat (Py 1997).

Puis, dans les années 1990 et 2000, avec l'augmentation de la puissance des micro-ordinateurs et de l'offre logicielle, les bases de données d'enregistrement ont perdu leur caractère expérimental pour devenir des applications de routine ; de nombreux systèmes locaux sont mis en œuvre suivant les principes de l'enregistrement stratigraphique par US, mais adaptés à un site ou une équipe (ainsi le système bdB développé pour le centre archéologique européen de Bibracte - Chaillou, Moreau, Guichard, 2008).

L'évolution récente voit aussi l'intégration de l'information spatiale et graphique dans les systèmes d'enregistrement informatisés (allant d'ailleurs de pair avec le développement de la topographie et de la photo numériques sur le terrain), sous la forme de systèmes d'information géographique (SIG). Bien que les premières applications de SIG à l'enregistrement stratigraphique datent d'une quinzaine d'années (système britannique *Insight* – Alvey 1993 ; Lock 2003), l'utilisation des SIG à cette échelle intra-site de la fouille se développe de façon relativement limitée ; en France, on peut citer le système *Arsol* développé au laboratoire Archéologie et Territoires de Tours (Galinié *et al.* 2005) ou le projet *SIGRem* élaboré au sein du Centre Interinstitutionnel de Recherches Archéologiques de Reims (CIRAR 2005)⁵⁷. Quelques expériences actuelles d'utilisation de représentations spatiales 3D annoncent une voie d'avenir, permettant aux SIG classiques de gagner la profondeur qui leur manque pour devenir pleinement des outils d'enregistrement stratigraphiques (par exemple : Katsianis *et al.* 2008, Losier, Pouliot, Fortin, 2007)

Sans entreprendre un bilan détaillé de ces applications ni rentrer dès maintenant dans les aspects méthodologiques mis en œuvre dans la conception de ces systèmes (aspects sur lesquels nous reviendrons dans le chapitre 4), il faut cependant noter, dès à présent, concernant en particulier la situation en France, que la plupart n'intègre pas encore, ou de façon très limitée, de véritables fonctions de traitement stratigraphique, incluant l'obtention automatisée de diagrammes stratigraphiques.

Premières recherches sur les outils d'aide au traitement stratigraphique

En effet, pratiquement, l'informatisation du traitement des données stratigraphiques est longtemps

⁵⁷ Il faut aussi citer comme expérience prototype de SIG appliqué à la fouille le système Arkéoplan développé au début des années 1990, mais orienté vers le relevé d'objets, sans réelle prise en compte des notions d'US et d'interface (Gruel, Buchsensschutz 1994).

restée confinée à un stade expérimental, dont elle commence à peine à sortir ; et ces recherches se sont principalement développées hors de France. Pourtant, les travaux en vue de l'informatisation de la *Harris Matrix*, encouragées par le caractère analytique et logique de la méthode proposée par E. Harris (Lock 2003), ont débuté dès 1975. À cette date, au congrès annuel *Computer Applications in Archaeology (CAA)* à Birmingham, John Wilcock présente le programme *STRATA*, qui effectue le dépouillement et l'ordonnancement des US (mais ne trace pas le diagramme) ; la lourdeur d'utilisation du matériel informatique de l'époque ne lui conférait toutefois qu'un intérêt expérimental (Herzog 1993, Ryan 2001). La formalisation des relations stratigraphiques est entreprise notamment par Clive Orton (1980) qui les identifie comme une relation mathématique d'ordre large (cf. chap. 3). Plusieurs autres projets naissent dans les années 1980 ; Le congrès annuel *CAA* de 1990 tenu à Southampton en rend compte, et apparaît comme un bilan d'étape (Lockyear, Rahtz éd. 1991). Lors de ce congrès, Irmela Herzog présente le premier programme opérationnel incluant l'ensemble du traitement jusqu'à la production réelle d'un diagramme, développé à Bonn dans le cadre de l'équipe d'Irwin Schollar (Herzog et Schollar 1991, Herzog 1993), ancêtre de l'actuelle application *Stratify*.

Une décennie après Southampton, le 6^e colloque *Archäologie und computer* à Vienne en 2001 marque les progrès accomplis, avec de nouvelles applications présentées : *Jnet*⁵⁸ de Nick Ryan (université du Kent) succédant au programme *Gnet*⁵⁹ élaboré en 1995, mettant l'accent sur les fonctions d'édition graphique et de visualisation du diagramme (Ryan 2001) ; *Arched*, d'utilisation simple et conviviale, développé depuis 1998 sous la direction de Petra Mutzel (professeure de mathématiques et spécialiste de la théorie des graphes) d'abord dans le cadre du *Max-Planck Institut für informatik* de Sarrebruck, puis de l'université de technologie de Vienne (Mutzel, Reitgruber, Schuhmacher, 2001) ; *Stratify*, développé par Irmela Herzog, succédant à l'application précédente présentée à Southampton (Herzog 2001 ; 2004 ; 2006).

L'évolution récente, dont rend compte les congrès annuels *CAA*⁶⁰ et *Archäologie und computer*⁶¹ a vu la poursuite du développement de ces outils. Actuellement, *Arched*⁶² (dernière version : 1.3, 2002) et *Stratify*⁶³ (dernière version 1.5, 2008) sont tous deux opérationnels, téléchargeables gratuitement accompagnés de leur documentation (le premier toutefois ne semble plus avoir fait l'objet de mise à jour depuis cinq ans). Parmi les applications existantes et accessibles de réalisation de diagrammes stratigraphiques, on peut aussi mentionner le produit commercial *MatrixBuilder* de la société espagnole *Proleg*⁶⁴ apparu en 2003 ; et la toute récente application *Harris Matrix Composer*⁶⁵. Les expérimentations actuelles tendent, elles aussi, à mettre en relation le traitement stratigraphique avec des représentations spatiales tridimensionnelle du terrain ; possibilité annoncée depuis quelques années (Bibby 2001) et explorée notamment par le projet *Tool for Stratigraphic Data Recording* inscrit au programme européen EPOCH⁶⁶ associant l'outil de traitement stratigraphique *Jnet* cité plus haut au programme de visualisation 3D *STRAT* (Day *et al.* 2005 ; EPOCH 2005).

En France, l'activité est bien moindre. On peut cependant citer, dès 1990, les fonctions d'aide logique (dépouillement des relations enregistrées et détection de fautes logiques) de l'application « archives de fouille » créée en 1990 par Elizabeth Zadora-Rio (1994), reprises dans le système

58 www.cs.kent.ac.uk/people/staff/nsr/arch/jnet/

59 www.cs.kent.ac.uk/people/staff/nsr/arch/gnet/

60 <http://caa.leidenuniv.nl/>

61 <http://www.stadtarchaeologie.at/> ; (une intervention sur l'application « *Le Stratifiant* » contenue dans la présente thèse est prévue au programme du prochain congrès : Vienne, 3-5 novembre 2008).

62 www.ads.tuwien.ac.at/ArchEd/

63 <http://www.stratify.org/> La dernière version inclut un traitement des datations absolues (quantifiées)

64 www.proleg.com/ ; l'éditeur annonce, outre l'intégration dans un système complet avec des capacités d'échanges avec des bases de données Access, le traitement de données de datation dans le temps absolu.

65 <http://www.harrisatrixcomposer.com/>

66 european research network on Excellence in Processing Open Cultural Heritage : <http://www.epoch-net.org>

ARSOL du laboratoire *Archéologie et Territoires* de Tours (Galinié *et al.* 2005) ; puis les fonctions d'aide au tracé du diagramme présentes dans Syslat (Py 1997).

Quant au présent travail, sa genèse, évoquée dans l'introduction, remonte à 1989 sous forme d'un algorithme de traitement permettant en principe d'obtenir un diagramme ; publié en 1990 (Desachy, Djindjian 1990) et présenté au congrès de Southampton en 1990 (Desachy, Djindjian 1991), cet algorithme n'avait pas fait l'objet d'une application informatique finalisée⁶⁷. La reprise de ce travail avec un algorithme modifié et complété a permis l'élaboration d'une telle application (*Le Stratifiant*), dont la première version expérimentale a été présentée en 2005 (Desachy 2005 ; 2005b ; 2005c). La présente thèse expose l'état actuel de cette recherche.

⁶⁷ Mis à part des essais de programmation par B. Desachy, ayant donné lieu à un test d'utilisation effectué en 1994 par Rebecca Peake dans le cadre d'un projet de séminaire de DEA (Peake 1994)

2. La stratigraphie archéologique : quelques notions actuelles

Le modèle fondé par Edward Harris, évoqué dans le chapitre précédent, constitue l'actuel état de l'art de la méthode stratigraphique en archéologie. En dépit des limites évoquées plus haut, c'est dans cette conception de la stratigraphie archéologique que nous inscrivons notre travail de formalisation : la position ici défendue est que la souplesse et la cohérence intellectuelle de ce modèle en font un cadre méthodologique toujours pertinent – à condition d'en reconnaître les limites, et d'y intégrer quelques précisions et mises à jour.

Cet « état de l'art » en effet n'est ni unanimement partagé (comme on l'a vu), ni totalement clarifié : il y subsiste des ambiguïtés (touchant notamment à la notion de synchronisme stratigraphique). Or, notre objectif de formalisation nous impose de préciser les notions mobilisées dans le processus de traitement des données stratigraphiques, en éliminant ces ambiguïtés. C'est l'objet du présent chapitre, qui ne se veut pas seulement un résumé des travaux de E. Harris : il en constitue aussi une relecture, parfois critique, tenant compte d'éléments apportés par d'autres archéologues et d'autres approches ; il contient donc des propositions d'ajouts ou de reformulation de certaines notions.

Les deux premières parties reviennent sur la méthode de fouille stratigraphique en aire ouverte, dont on a vu la naissance sur les sites urbains britanniques, et qui constitue l'application directe du modèle de E. Harris. À travers les différentes adaptations locales, aux terminologies variées⁶⁸, de cette méthode, on retrouve un même processus, comprenant une phase d'analyse du terrain basée sur la notion d'unité stratigraphique (2.1), suivie d'une phase de synthèse des données en vue d'une reconstitution historique, avec le diagramme stratigraphique comme outil central (2.2). Dans les cas de sites à stratification anthropique peu dense (sites érodés fouillés en grand décapage, ou sols d'occupation préhistorique par exemple), d'autres approches, évoquées au chapitre précédent, sont mises en œuvre ; dans ces cas, en effet, la stratigraphie, tout en restant un cadre nécessaire, n'est pas centrale dans l'analyse du terrain. Ces approches, dont on a vu qu'elles partagent avec l'aire ouverte urbaine la notion de lecture spatiale, ne sont pas contradictoires avec le modèle harrisien, mais s'articulent avec celui-ci dans une plus vaste panoplie méthodologique commune à toute l'archéologie de terrain (2.3).

68 Le vocabulaire d'enregistrement utilisé par les différentes équipes ayant adopté cette méthode est en effet très divers. Il s'agit parfois de mots différents pour les mêmes concepts, mais aussi de termes traduisant l'adaptation à des contextes et des problématiques spécifiques. Pourvu que chaque vocabulaire local soit en lui-même bien défini, cette diversité n'est à notre avis ni gênante, ni inutile, car elle reflète des choix et des savoir-faire multiples. Une analyse comparative de ces vocabulaires d'enregistrement, sur la base du plus grand nombre possible de systèmes réellement utilisés, serait d'ailleurs utile afin d'exploiter cette expérience cumulée de divers fouilleurs et équipes ; elle permettrait probablement de mieux repérer les termes et couples d'opposition dénotant des « universaux » – identifiés par tous les fouilleurs comme les questions de base, indispensables, à poser au terrain – ou des caractérisations liées à des études spécifiques. Le présent travail n'ambitionne pas d'entamer une telle étude, mais seulement de repérer et fixer quelques éléments nécessaires à la formalisation présentée dans le chapitre suivant.

2.1 L'analyse du terrain : la notion d'unité stratigraphique

Une fouille archéologique, au sens actuel du terme, n'est pas une opération de dégagement ou d'extraction de restes matériels, mais une analyse du terrain. Pour E. Harris, cette analyse est basée sur le concept d'unité stratigraphique (ici abrégée en « US »⁶⁹). L'US est d'abord définie par l'identification de ses interfaces, c'est à dire des limites chronologiquement significatives observables sur le terrain (2.1.1). L'US est ensuite caractérisée sous plusieurs aspects : comme unité de constitution physique du site, c'est à dire en tant qu'étape dans un processus d'érosion et de sédimentation (ainsi que l'envisage E. Harris), mais aussi d'altération et de formation de sol (comme le suggèrent les apports de la géo-archéologie) (2.1.2) ; comme unité d'interprétation historique et culturelle, en proposant ici d'appliquer une telle interprétation non seulement aux unités, mais aussi aux relations (2.1.3) ; comme unité d'étude contextuelle des restes matériels recueillis (2.1.4) ; et comme unité de temps absolu – ce dernier point de l'inscription des unités stratigraphiques dans le temps quantifié nécessitant quelques précisions (2.1.5). Lorsque l'US est ainsi l'unité d'analyse et de recueil de l'information, elle constitue par conséquent l'unité pratique d'enregistrement autour de laquelle s'organise la documentation graphique et textuelle (2.1.6).

2.1.1. les concepts fondamentaux d'analyse : interfaces et unités stratigraphiques

Interfaces et identification des US : la définition première de l'unité stratigraphique

La notion d'interface est fondamentale ; elle désigne tout contact physique entre deux unités de terrain, d'où l'on peut déduire une relation d'antériorité-postériorité : « ...c'est en commençant par l'identification des interfaces que l'analyse stratigraphique doit être entreprise... Penser aux interfaces, c'est penser à une abstraction, c'est être forcé de considérer la succession stratigraphique ; finalement c'est considérer l'évolution de la topographie du site. » (Harris 1979 p. 121).

L'identification des interfaces est, en effet, primordiale, car elle détermine celle des unités stratigraphiques. De là se déduit une définition unique de l'unité stratigraphique, quelle que soit par ailleurs sa nature physique ou son interprétation culturelle ou historique : c'est la plus petite unité de terrain perceptible, qui soit situable antérieurement et postérieurement aux unités voisines par l'examen de ses limites physiques, c'est à dire des interfaces.

Pratiquement, le premier acte du fouilleur est donc de chercher et d'identifier ces interfaces. Il doit pour cela mobiliser sa compétence et son expérience afin de reconnaître, à partir d'indices d'aspect de terrain, les limites physiques (superposition, recoupement, etc.) grâce auxquelles il définit et situe chronologiquement l'unité ; unité qu'il peut ensuite caractériser et fouiller.

Dans les conceptions de E. Harris, c'est sur l'unité de terrain ainsi définie que doit reposer toute l'analyse ultérieure de l'information de terrain : chronologique, culturelle, historique. Cela a une conséquence, qu'il faut noter dès à présent : puisque seules les interfaces stratigraphiques sont considérées comme des variations significatives du terrain, l'unité stratigraphique est donc implicitement perçue comme isotrope du point de vue archéologique, c'est à dire relevant de la même interprétation culturelle et chronologique en tous points de son volume (même si elle est par ailleurs physiquement de composition hétérogène), sans variation d'information entre deux interfaces. En d'autres termes, l'analyse basée sur la perception des interfaces est une

69 « US » est l'appellation apparemment la plus répandue en France pour désigner l'unité stratigraphique, mais l'on trouve aussi par exemple « contexte » (Meyer et al. 1983) comme outre-Manche où « context » est fréquemment employé en ce sens, sur les fouilles urbaines de Londres notamment (Barker 1977, 1993 ; Spence, 1992 ; 1993), « UF » (unité de fouille - Chaillou, Moreau, Guichard 2008), ou « UC » (unité construite) dans le cas spécifique de l'archéologie du bâti (Journot 1999).

« discrétisation » du terrain en unités finies ; E. Harris exclut implicitement la possibilité d'existence de variations « continues » (ou du moins non matérialisées par une surface de contact) archéologiquement significatives. Or, comme nous le verrons, ce postulat ne se vérifie pas dans tous les cas, et constitue une limite du modèle.

Interfaces et relations d'antéro-postériorité : un saut dans l'abstraction chronologique

La traduction d'une interface physique observée en une relation d'antéro-postériorité est le moment crucial de l'identification stratigraphique. Les trois premières « lois » de Harris, inspirées de la géologie et liées à la loi de la gravité, se rapportent à cette signification chronologique des contacts physiques : les deux premières (loi de superposition – *dans une suite de couches et d'interfaces, tels qu'originellement créés, les unités de stratification supérieures sont plus récentes et les inférieures sont plus anciennes, car chacune a été déposée sur, ou créée par remaniement de la stratification préexistante* – et loi d'horizontalité originelle – *toute couche déposée à l'état meuble tend vers une disposition horizontale. Les strates trouvées en pendage ont été ainsi originellement déposées, ou reposent conformément aux contours d'un bassin de sédimentation préexistant* – Harris 1979b p.112) sont héritées de la géologie et concernent le processus d'accumulation simple ; la troisième (loi de continuité originelle – *un dépôt archéologique, tel que déposé à l'origine, doit être limité par un bassin sédimentaire, ou s'amincir en « bord de plume ». Donc si un bord de dépôt est exposé en vue verticale, une part de son extension d'origine a été perturbée par creusement ou érosion. Sa continuité doit être cherchée ou son absence expliquée* – Harris 1979b p.113) a pour objet l'identification des recouvrements (et donc des négatifs).

Au-delà de la superposition et du recouvrement évoqués ci dessus, bien d'autres types de contacts physiques correspondant à une relation d'antéro-postériorité peuvent être décrits. Ces types d'interfaces physiques font fréquemment l'objet d'un vocabulaire défini dans les systèmes d'enregistrement utilisés sur le terrain (recouvrement, appui, occlusion, etc.) qui peut prendre un caractère spécialisé, par exemple en archéologie du bâti (dérasement, coup de sabre, etc.)⁷⁰.

Quels que soient le type d'interface d'où l'on induit une relation d'antéro-postériorité, et la variété des termes pour décrire cette interface, cette induction aboutit à une un seul et même type de relation stratigraphique, schématisé par E. Harris au moyen d'un trait vertical entre l'unité antérieure (en dessous) et l'unité postérieure (au dessus).

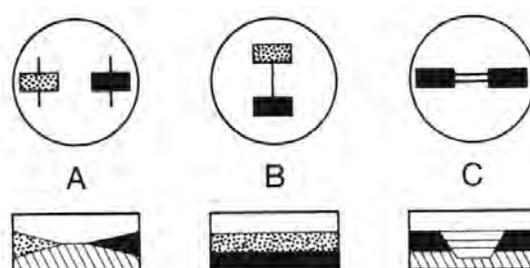


Fig. 13. Three types of relationships may exist between units of archaeological stratification, represented diagrammatically in this drawing: they may have no direct stratigraphic relationship (A); they may occur in superimposition (B); or they may be correlated as parts of the same original deposit (C).

fig. 14: schématisation des relations stratigraphiques d'après E. Harris (extrait de Harris 1979)

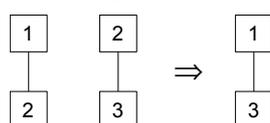
Dans cette schématisation, les caractères physiques et topographiques de l'interface n'ont plus d'importance, c'est la valeur chronologique de la relation qui est seule retenue, et qui servira seule à la construction de la chronologie stratigraphique exprimée par le diagramme. Le saut dans l'abstraction évoqué par E. Harris à propos des interfaces consiste en ce passage de l'interface

⁷⁰ La liste de types d'interface utilisée dans l'application Stratibase (jointe en 2e partie de la thèse) qui reprend ou adapte des définitions couramment utilisées, est un exemple, non limitatif ni exclusif, de lexique de ce type.

proprement dite (physique et topographique) à la relation (purement logique et chronologique) qui en est tirée. La distinction entre interface physique et relation logique et la claire caractérisation de ces relations logiques sont fondamentales, car elles sont nécessaires à la réalisation du diagramme, et elles sont à la base de toute tentative de formalisation de traitement (Sharon 1995).

Précisons à ce sujet un point de vocabulaire : dans la suite de ce travail (ainsi que dans l'application *le Stratifiant* présentée en deuxième partie de la thèse), l'emploi de « sur » et « sous » concernant la position stratigraphique d'une US renvoie à la relation logique et non physique ; ces termes sont utilisés comme des synonymes (plus courts) de « antérieur à » et « postérieur à ». Parlant de l'aspect physique de la relation (pour distinguer une interface résultant d'une simple accumulation d'un recoupement par exemple), on utilisera « se superpose à »

Concernant ces relations logiques abstraites, il faut noter que les archéologues, en utilisant la stratigraphie comme un outil chronologique, établissent implicitement l'existence de relations supplémentaires, non matérialisées par des contacts physiques sur le terrain, obtenues par pure déduction logique. En effet la proposition suivante : « si la fosse 1 est postérieure au mur 2, si le mur 2 est postérieur à la fosse 3, alors la fosse 1 est postérieure à la fosse 3 » (même si il n'existe pas de contact direct entre les fosses), a pour tout fouilleur le caractère d'une évidence. En d'autres termes, elle est acceptée comme un syllogisme, que l'on peut exprimer par le schéma suivant :



le statut des relations logiques d'antéro-postériorité est donc clair : ce sont des relations de succession, qui ont sans équivoque la propriété d'être déductibles les unes des autres⁷¹.

Interfaces et relations de synchronisme : une ambiguïté

E. Harris, et les fouilleurs qui appliquent ses principes, distinguent une autre catégorie de relations, qui se rapporte à la notion de synchronisme stratigraphique. Pour E. Harris, qui emploie le terme de « corrélation » (dérivé de la stratigraphie géologique) et qui précise cette notion entre son premier article de 1975 et son ouvrage plus complet de 1979, des unités actuellement séparées mais résultant d'un seul dépôt divisé après sa formation (par exemple un sol postérieurement recoupé par une tranchée) peuvent être enregistrées comme synchrones, c'est à dire être considérées comme une même étape de la chronologie stratigraphique, dans la mesure où elles constituaient une même unité à l'origine.

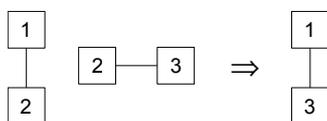
Cette sorte de synchronisation stratigraphique a une particularité, que pointe Steve Roskams (2001) : ce que le fouilleur a devant les yeux dans le cas de « corrélation » proposé par E. Harris, ce sont deux unités sans relation entre elles au moment de la fouille ; supposer qu'il s'agit d'une même unité à l'origine est une hypothèse, une extrapolation portant sur un état disparu de la stratification, et non une observation de l'état effectif de cette stratification. Le synchronisme ainsi enregistré ne se situe donc pas au même niveau d'information que la relation d'antéro-postériorité induite de l'interface directement perçue par le fouilleur.

Cette différence de niveau entre observation et interprétation transparait dans les pratiques d'enregistrement. En France, la synthèse rédigée en 1987 à partir de l'expérience croisée des principaux systèmes d'enregistrement de fouilles urbaines de l'époque (Randoïn 1987, p.75), reconnaît, pour les relations de synchronisme (au sens large), non pas un seul type de relation à

⁷¹ Cette déductibilité des relations d'antéro-postériorité, que l'on pose ici comme un axiome, est importante, car nous verrons plus loin (chap. 3) qu'elle fonde la formalisation de l'antéro-postériorité stratigraphique en tant que relation d'ordre mathématique munie de la propriété de transitivité

figurer sur le diagramme (comme pour l'antéro-postériorité) mais deux⁷² : d'abord la corrélation au sens de Harris, dite « équivalence » ; à quoi s'ajoute une relation dite « d'égalité » qui, elle, est basée sur l'observation et non l'interprétation, car elle « ne s'applique que lorsque la continuité physique de la couche a pu être observée » ; ce qui revient à « noter que deux numéros ont été attribués à une même couche ». Cette distinction, qui se ramène bien à la différence entre une continuité observée et un synchronisme extrapolé, est reprise par un grand nombre de systèmes d'enregistrement actuels. Sur le diagramme, elle se traduit par une représentation différente ces deux types de relation de synchronisme (par un simple ou un double trait horizontal par exemple).

Si cette différence de niveau d'information est bien perçue (ce qui est judicieux du point de vue de la validité scientifique de l'enregistrement), on constate que ses conséquences logiques posent parfois problème, ce qui fait des synchronismes (au sens large) des relations au statut moins clair que celui des relations d'antéro-postériorité. En effet, la proposition logique « si la fosse 1 est postérieure au mur 2 ; si le mur 2 est synchronisme avec le mur 3 ; alors la fosse 1 est nécessairement postérieure au mur 3 », que l'on peut exprimer par la schématisation suivante,



semble difficile, pour beaucoup de fouilleurs, à accepter sans réticences et à exprimer ainsi sur un diagramme⁷³ ; et l'on verra qu'au niveau du traitement des relations « redondantes » (cf. 2.2.1), E. Harris lui-même refuse implicitement une telle proposition. Réticences qui s'expliquent à notre avis sans doute par une conceptualisation abstraite moins claire et moins poussée des relations de synchronisme, mais aussi par la conscience plus ou moins explicite qu'un synchronisme issu d'une extrapolation et non d'une observation directe de continuité comporte une part d'incertitude.

Les aléa de l'identification stratigraphique : proposition d'une modalité d'incertitude

Dans la perspective d'un traitement automatisé, il nous paraît nécessaire de ne pas ignorer cette distinction, importante du point de vue du statut de l'information, entre un synchronisme « fort » (continuité observée) et un synchronisme plus « faible » (extrapolation menant à l'hypothèse d'une continuité originelle). La façon la plus simple de la prendre en compte, qui soit logiquement et mathématiquement formalisable, est d'introduire une modalité d'incertitude, permettant de clarifier les déductions possibles à partir des relations enregistrées (ce qui est indispensable en vue d'un traitement formalisé).

Il s'agit alors bien d'une même relation logique de synchronisme dans tous les cas (dont nous verrons qu'elle est assimilable à une relation d'équivalence mathématique), mais affectée ou non de cette modalité d'incertitude :

- la relation de **synchronisme certain** s'applique à des unités liées, constituant la même plus petite étape identifiable de constitution de la stratification. Il s'agit soit d'unités dont la caractérisation physique ou l'interprétation sont distinctes, mais dont la mise en place dans la stratification est liée : par un exemple un cercueil et le corps qu'il contient⁷⁴ ; soit d'une

72 Une troisième sorte de synchronisation est même évoquée, de façon plus accessoire : « ...dans certains cas une relation de synchronie est introduite pour indiquer que deux dépôts de matériaux différents ou similaires ont été effectués sur une couche commune et scellés par une même couche et qu'ils occupent donc une même position stratigraphique » (Randoin 1987 p.75) ; ce qui semble correspondre à une relation encore plus extrapolée et interprétative que « l'équivalence » ; pour E. Harris cependant, des dépôts formés séparément (par exemple les remblais de tranchée de fondation de part et d'autres de la maçonnerie de fondation) ne peuvent être mis en synchronisme stratigraphique. Ces divergences sur la synchronisation stratigraphique sont symptomatiques du problème intellectuel qu'elle pose.

73 En particulier pour la plupart des « pilotes d'essai » utilisateurs des premières versions de l'application *le Stratifiant* présentée en deuxième partie de la thèse.

74 mais pas une cuve de sarcophage, mise en place – en principe – avant le défunt, lui même mis en place avant le couvercle du sarcophage.

même unité à tous points de vue, mais qui a reçu plusieurs numéros pour des raisons techniques (mur traversant plusieurs secteurs et numéroté dans chacun d'entre eux par exemple). Dans tous les cas, il y a observation d'une continuité (continuité physique stricte ou intrication).

Cette relation correspond à la notion « d'égalité » décrite par B. Randoïn (1987), mais avec une précision : la proposition ci-dessus exposée (si A est postérieur à B, et si B est certainement synchrone avec C, alors A est postérieur à C) s'applique pleinement.

- La relation de **synchronisme incertain** s'applique lorsque le synchronisme procède, non de l'observation d'une continuité, mais d'une supposition ou d'une extrapolation. Cette relation correspond aux notions « d'équivalence » ou de « corrélation » évoquées plus haut, et d'une façon générale aux cas où les unités concernées apparaissent discontinues. La différence essentielle avec le synchronisme certain est qu'ici, la déductibilité de l'antéropostériorité « à travers » ce synchronisme ne s'applique pas : si A est postérieur à B, et si B est peut-être synchrone avec C (mais pas certainement), alors on ne peut affirmer que A est postérieur à C (sinon à titre incertain).

Une fois posée cette modalité d'incertitude pour les synchronismes, il est logiquement cohérent, et à notre sens utile d'un point de vue pratique, de l'étendre aux relations d'antéropostériorité. Pratiquement, en effet, il existe pour ces relations d'antéropostériorité des cas d'incertitude irréductible, mais dont ne pas tenir compte constituerait une perte d'information : par exemple les relations d'ordre dont l'existence apparaît certaine – distinguant ainsi deux US qui ne peuvent être synchrones – mais dont le sens est hypothétique (on ne peut percevoir que de façon douteuse quelle est l'US antérieure et quelle est la postérieure) ; ces cas, repérés par Soudsky (1970) pour les relations entre maisons néolithiques, sont fréquents en particulier en archéologie du bâti.

- À la relation d'antéropostériorité « normale », c'est à dire certaine, exposée plus haut, nous proposons donc d'ajouter une relation d'antéropostériorité incertaine. La conséquence de cette modalité d'incertitude est, comme pour les relations de synchronisme, que des relations certaines ne peuvent être déduites au moyen de relations incertaines : si une relation d'antéropostériorité est déduite d'un ensemble de relations observées dont l'une au moins est incertaine, alors cette relation déduite sera elle-même incertaine.

La prise en compte de l'incertitude, proposée ici, est peu courante, et il faut revenir sur la question de son opportunité, tant pour les synchronismes que pour les relations d'antéropostériorité. On peut en effet, d'un point de vue rigoriste, la rejeter : dans cette optique, un fouilleur doit savoir identifier une relation ; si il a des doutes, il nettoie et observe plus attentivement le terrain ; et si vraiment il ne sait pas, alors il n'enregistre pas car l'enregistrement ne doit comporter que des données sûres. C'est, implicitement, la position du « père fondateur » E. Harris, qui n'évoque à aucun moment cette possibilité d'enregistrement de relation incertaine. C'est aussi celle de la quasi-totalité des auteurs d'applications informatiques de création de diagramme stratigraphiques, pour qui les relations observées par les fouilleurs sont dans tous les cas directement assimilables à des relations d'ordre et d'équivalence, n'admettant pas d'incertitude (ce qui est effectivement plus simple à traiter d'un point de vue formel).

Cependant, telle n'est pas notre position. Outre l'utilité pratique de la modalité d'incertitude proposée ci-dessus – et que les fouilleurs utilisent déjà implicitement, sous la forme des différents types de synchronismes – reconnaître et gérer l'incertitude permet au fond d'améliorer la qualité des données de terrain. Il est inévitable, en effet, sur des fouilles d'une certaine ampleur, d'avoir sur le terrain et dans l'enregistrement des zones non éclaircies, des problèmes non résolus (relations de sens incertain évoquées plus haut, interfaces non précisément ou incomplètement situées, etc.). Même si bien sûr ces zones d'ombre doivent rester les plus limitées possibles, il est nettement

préférable de les traiter au moyen de relations explicitement incertaines plutôt que de vouloir les masquer par des fausses certitudes, qui altéreraient la qualité de l'information. Faire la part du doute – de cet « *air of uncertainty* » que Clive Orton (1980) détecte dans l'identification stratigraphique – en introduisant le double niveau de l'hypothétique et du certain, garantit donc mieux la fiabilité du diagramme stratigraphique (cf. chapitre 5).

2.1.2. L'US, unité physique de formation du terrain archéologique

La notion de négatif et les deux étapes du cycle de stratification anthropique de Harris

La définition première de l'US en tant qu'étape de la chronologie de constitution du terrain amène à considérer comme des unités à part entière non seulement les couches pourvues d'une épaisseur matérielle, mais aussi, plus abstraitement, certaines interfaces, indépendamment des couches qu'elles séparent, lorsqu'elles témoignent de phénomènes d'érosion. Ceux-ci peuvent en effet être situés comme des événements distincts dans la chronologie : ainsi le creusement d'une fosse, antérieur à son remplissage et postérieur aux couches dans lesquelles la fosse est creusée ; mais aussi la trace observable (maçonnerie arrachée) d'un dérasement d'un mur. Ces unités particulières sont appelées *feature interface* par E. Harris, habituellement traduit par « négatif » (les négatifs sont fréquemment indiqués sur le diagramme par un signe particulier : soulignement ou symbole de creusement sous leur numéro).

E. Harris (1979, 1989) insiste sur l'importance de l'enregistrement des négatifs pour obtenir une vue plus complète de la chronologie conservée par la stratification. La notion de négatif correspond aussi aux discontinuités stratigraphiques (actions érosives faisant disparaître une partie de la stratification, souvent marquées par des interfaces formant des troncatures horizontales : dérasements, récupérations de matériaux de sols, etc.), et permet de repérer ces parts manquantes de la chronologie du site (Yule, 1992).

Ces deux types d'US, négatifs (interfaces d'érosion) et couche « positive », correspondent au processus de constitution d'une stratification archéologique vu par E. Harris : c'est-à-dire un cycle sédimentaire d'érosion et de dépôt.

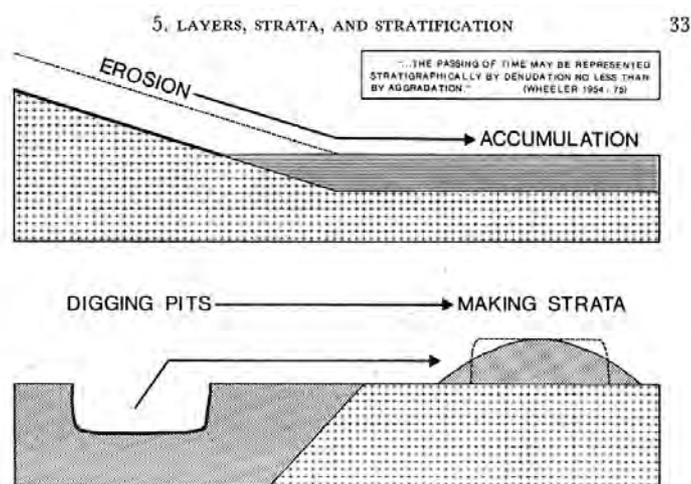


Fig. 8. The process of archaeological stratification usually results in the formation of both layers of soil and interfaces. Some layers and interfaces are formed by slow erosion and deposition by natural agents, while others are created by more rapid methods, as when a pit is dug.

fig. 15: le cycle de stratification anthropique d'après Harris (extrait de Harris 1979 fig.8)

La phase d'érosion correspond à l'origine des matériaux archéologiques, et elle est marquée par les négatifs. La phase de dépôt correspond aux couches classiques. Entre érosions (négatifs) et dépôts (couches), il faut en réalité ajouter un troisième temps intermédiaire de transport des matériaux, qui par essence ne se matérialise pas sous forme d'unités stratigraphiques ; mais qui peut être caractérisé – transport naturel ou dû à l'action humaine – au vu du dépôt correspondant.

Proposition d'un type spécifique d'US : l'unité d'altération, dans un cycle à trois étapes

Pour E. Harris, la stratification archéologique a donc une nature duelle, formé de négatifs et de couches « positives », qui témoigne d'un processus d'érosion et de dépôt. Cependant, les sciences de la Terre et les apports de la géoarchéologie amènent à considérer une troisième étape dans la formation d'un terrain, matérialisée dans la stratification de celui-ci : celle de l'altération de dépôts en place.

Il nous paraît utile d'introduire cette notion d'altération sur place en tant que type d'unité stratigraphique, au même titre que les unités de dépôt (couches) et d'érosion (négatifs), lorsqu'un phénomène d'altération peut être identifié et interprété comme une étape de la chronologie du terrain. Ce type d'US peut concerner non seulement de véritables sols pédologiques reconnus dans une stratification archéologique (paléosols anciens, voire pédogenèse développée sur un remblai artificiellement rapporté par exemple), mais aussi d'autres types d'altérations, dus à l'activité humaine : ainsi l'impact thermique affectant la paroi d'un four (rubéfaction, scorification...) constitue en soi une unité stratigraphique, postérieure à la paroi elle-même témoignant de l'étape de construction, et antérieure au comblement du four témoignant de son abandon ; dans ce cas, cette US d'altération permet de distinguer l'étape d'utilisation, entre construction et abandon.

Four à chaux creusé dans le limon éolien (Revelles, Somme)

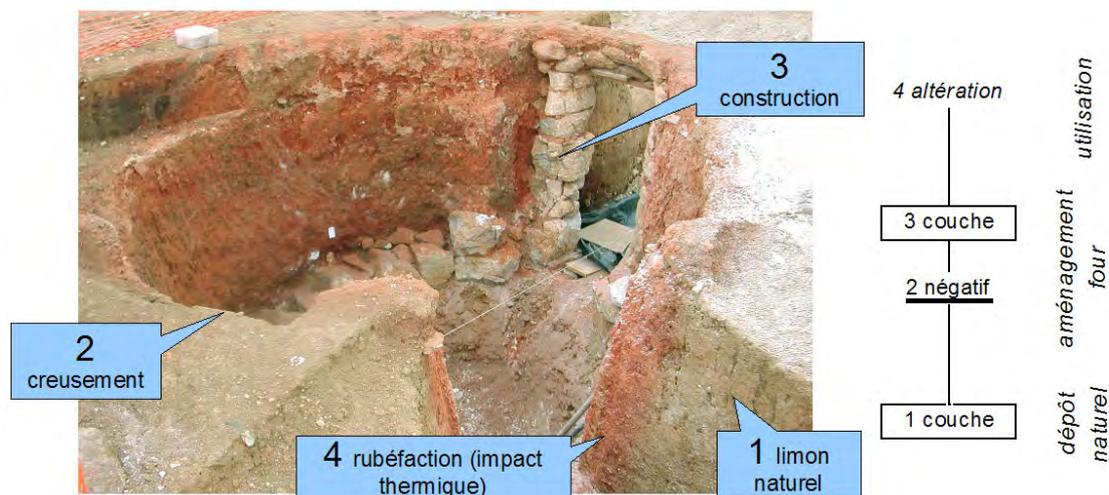


fig. 16: exemple d'unité d'altération (rubéfaction de la paroi d'un four)

Bien que E. Harris lui-même n'en fasse pas mention, ce concept d'unité d'altération s'insère dans la logique de son modèle stratigraphique. Il découle en effet directement du principe de décomposition du terrain en ses plus petites unités chronologiquement significantes, pour une chronologie la plus complète possible. Négliger les altérations, de même que négliger les négatifs, prive cette chronologie de certaines de ces étapes, comme le montre l'exemple du four. Par ailleurs, les US d'altération partagent avec les négatifs un certain caractère abstrait, car leur matérialité n'est pas distincte de celle des US altérées ; en effet l'interface entre l'US d'altération et l'US altérée n'est pas une surface (comme les interfaces simples et les négatifs), mais se développe dans le volume de l'US altérée, par exemple sous la forme d'horizons (pédogenèse) ou d'un gradient (impact

thermique). C'est cependant bien l'identification de cette interface qui détermine l'identification de l'unité et sa position chronologique, conformément au principe de définition des US à partir des interfaces.

En pratique, la notion d'unité d'altération permet de résoudre certains problèmes de logique d'enregistrement stratigraphique : ainsi, dans l'exemple du four, une datation par paléomagnétisme d'un prélèvement extrait de la paroi ne concernerait pas sa construction mais la dernière utilisation du four ; c'est donc bien à l'US d'altération (matérialisée par les traces d'impact thermique), témoin de l'utilisation de ce four, que se rapporte cette datation, et non à l'US désignant la paroi du four elle-même. Ou encore, dans le cas d'une couche labourée, avec des vestiges partiellement en place mais désorganisés par les labours ; dans ce cas, considérer la couche labourée comme un dépôt sédimentaire, apporté et superposé au terrain sous-jacent, est clairement faux : cette couche labourée – là encore témoignant d'une étape de l'occupation du site – peut être considérée comme une unité d'altération (l'impact destructif des labours étant d'ailleurs déjà qualifiable, d'un point de vue pédologique, d'horizon d'altération anthropique – Poupet 1999).

Toujours d'un point de vue pratique, l'unité d'altération peut aussi servir à qualifier, au moins dans un premier temps, les « terres noires » urbaines évoquées précédemment (la tranche peu lisible située stratigraphiquement entre les niveaux antiques et ceux du Moyen Âge central, fréquemment présente dans les villes du nord-ouest européen, dont on a vu qu'elle constituait un problème que l'approche en aire ouverte stratigraphique, et l'analyse stratigraphique de Harris n'ont pas réussi à résoudre – cf. 1.3.5). Sans entrer ici en détail dans le débat et la recherche sur ces « terres noires », il est néanmoins possible d'affirmer qu'une vision strictement sédimentaire, envisageant un apport massif de matériaux formant dès l'origine d'épais remblais sombres, à toutes les chances d'être fausse. Les travaux récents tendent à indiquer qu'il s'agit du produit d'interactions entre des apports anthropiques successifs (témoignant de modalités spécifiques d'occupation et non pas d'un abandon) et des activités naturelles de transformation biologique sur place, avec pour effet une perte de lisibilité (mais pas toujours la disparition totale) des interfaces de stratification autour des structures aménagées quelquefois repérables mais « flottant » dans ces terres noires. Considérer un niveau de terres noires du point de vue de ce processus de transformation sur place conduit à l'enregistrer comme une unité d'altération. Cette qualification globale en tant qu'unité d'altération ne résout évidemment pas le problème de l'étude et de l'interprétation de ces terres noires ; elle n'est que préliminaire⁷⁵, sous réserve d'une approche plus fine⁷⁶. Elle permet néanmoins, en première approche, lorsqu'une tranche de terres noires est rencontrée dans un diagnostic urbain par exemple, de réinsérer celles-ci sans contresens stratigraphique dans la chronologie relative d'ensemble⁷⁷. Ainsi une structure identifiable « flottant » dans les terres noires (alignement de pierres, calage de trou de poteau, etc.), qui pose un problème de localisation stratigraphique, peut être enregistrée (au moins) comme antérieure à (« altérée par ») l'unité d'altération désignant ces terres noires ; ce qui ne signifie pas que les sédiments qui entourent ces structures ont été apportés après, mais que le processus de transformation sur place qui a donné à ces sédiments leur aspect actuel et à première vue homogène de « terres noires », était encore actif pendant et après la mise en place de la structure « flottante » (sans quoi celle-ci surmonterait ou recouperait distinctement les terres noires).

75 Tout comme l'appellation même de « terres noires », qualifiée par Henri Galinié de « concept d'attente » (Galinié 2004).

76 Telles celles menées ou en cours sur plusieurs villes, et dont il est souhaitable qu'elles se poursuivent et s'étendent : Borderie 2006 ; David dir. 1997, Fondrillon 2007, Guyard dir. 2003

77 Ce risque de contresens stratigraphique lié au fait de considérer ces terres noires comme de simples dépôts sédimentaires est pointé par Henri Galinié ; celui-ci, pour situer archéologiquement le cas des terres noires, distingue deux principaux types de couche : celles « qui ne subissent pas de transformations post-dépositionnelles intrinsèques » (type A) de sorte qu'une lecture stratigraphique normale, restituant l'ordre de mise en place du terrain, est possible ; et celles (type B), telles les terres noires, « sujettes à des évolutions taphonomiques radicales », de sorte que leur « lecture stratigraphique directe, rapide... présente de très forts risques d'inexactitude » et que « ...ce que l'on observe et décrit stratigraphiquement est au mieux le résultat de cette transformation, et non la restitution de l'ordre de formation de la stratification observable ». (Galinié 2004 p.20-21).

Plus généralement, d'un point de vue conceptuel, ces trois grandes catégories d'US (négatifs, dépôts et altérations) se réfèrent à un processus de formation de la stratification envisagé de façon plus large que les deux seules étapes d'érosion et de dépôt : les matériaux issus de l'érosion anthropique (dont témoignent les négatifs) forment de nouveaux dépôts, lesquels, ensuite, subissent éventuellement une altération sur place (là encore ce cycle inclut une étape de transport des matériaux entre érosion et dépôt, mais non matérialisée dans la stratification observable). Ce cycle intègre dans les catégories de la stratigraphie archéologique la double approche de la géoarchéologie (Goldberg, MacPhail, 2006) : celle du sédiment (c'est à dire de l'apport de matériaux déplacés), et celle du sol (au sens pédologique, c'est à dire de la transformation sur place des matériaux). Les stratifications anthropiques denses de type urbain résultent en effet de ce mélange de dynamique sédimentaire, et de formation de sol au sens de l'évolution *in situ* des sédiments (Fondrillon 2007).

Les trois principales catégories d'US (négatifs, couches, altération) sont définies par trois types d'interfaces (surfaces d'érosion et de dépôt, volume d'altération) et correspondent à trois étapes du processus de constitution de la stratification archéologique :

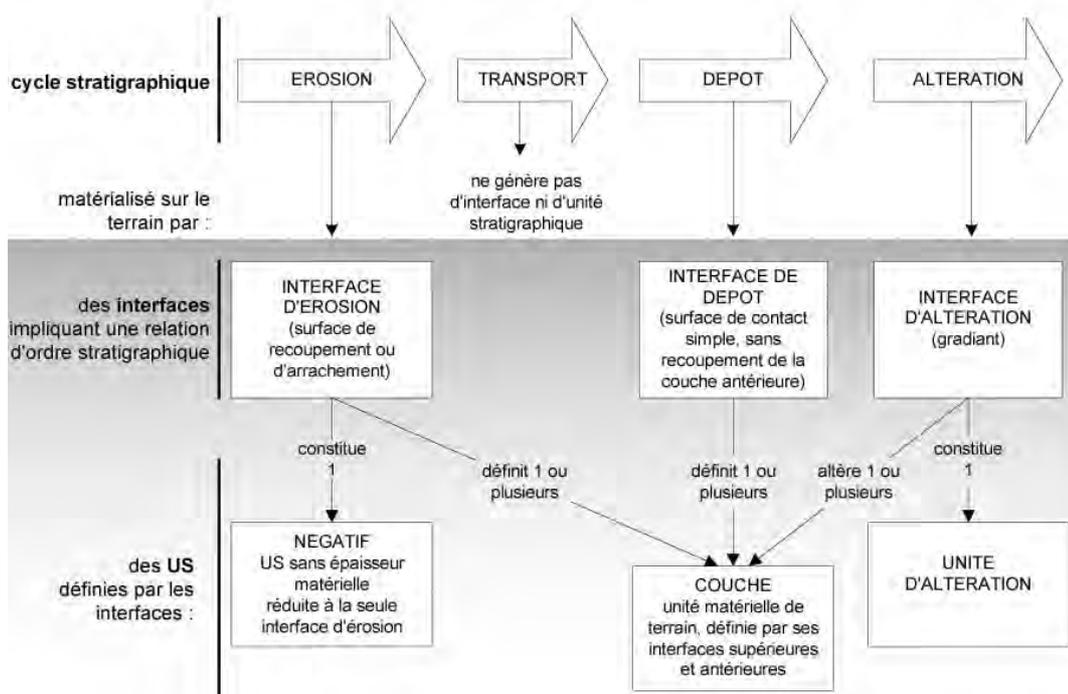


fig. 17: schéma du processus de stratification (érosion - dépôt - altération)

Les caractères « non historiques » des unités stratigraphiques

A la base de l'analyse du terrain selon E. Harris, se trouve donc l'identification purement stratigraphique de chaque unité, en amont de toute interprétation fonctionnelle, culturelle ou historique. Cette identification, qui consiste d'abord en la définition de l'US au moyen de ses interfaces, se prolonge en ce que E. Harris appelle les « aspects non historiques » de la stratification (cf. ci-dessus 1.3.2), c'est à dire la nature géomorphologique de l'US, du point de vue du processus de mise en place du relief formé par chaque état successif du site archéologique. Pour E. Harris, ce processus inclut le relief préexistant et les agents naturels, mais elle est spécifiquement caractérisée par l'intervention de l'homme, sous trois aspects : par la capacité des hommes à s'opposer à la loi naturelle de la gravité lors du dépôt des matériaux constitutifs de la stratification ; par leur intervention comme agent de transport de ces matériaux ; et corollairement par leur capacité à créer des bassins sédimentaires : « *L'histoire de l'Humanité, depuis le campement autour du foyer primitif jusqu'au territoire d'une cité moderne, est largement une histoire de la mise en place de nouveaux bassins sédimentaires, ou de limites à propriétés stratigraphiques* » (Harris 1979 p. 35).

Ces différents aspects permettent à E. Harris de détailler sa dichotomie de base dépôt / négatif en plusieurs catégories d'US. D'après ses définitions, il est possible de restituer cette catégorisation sous forme d'une arborescence :

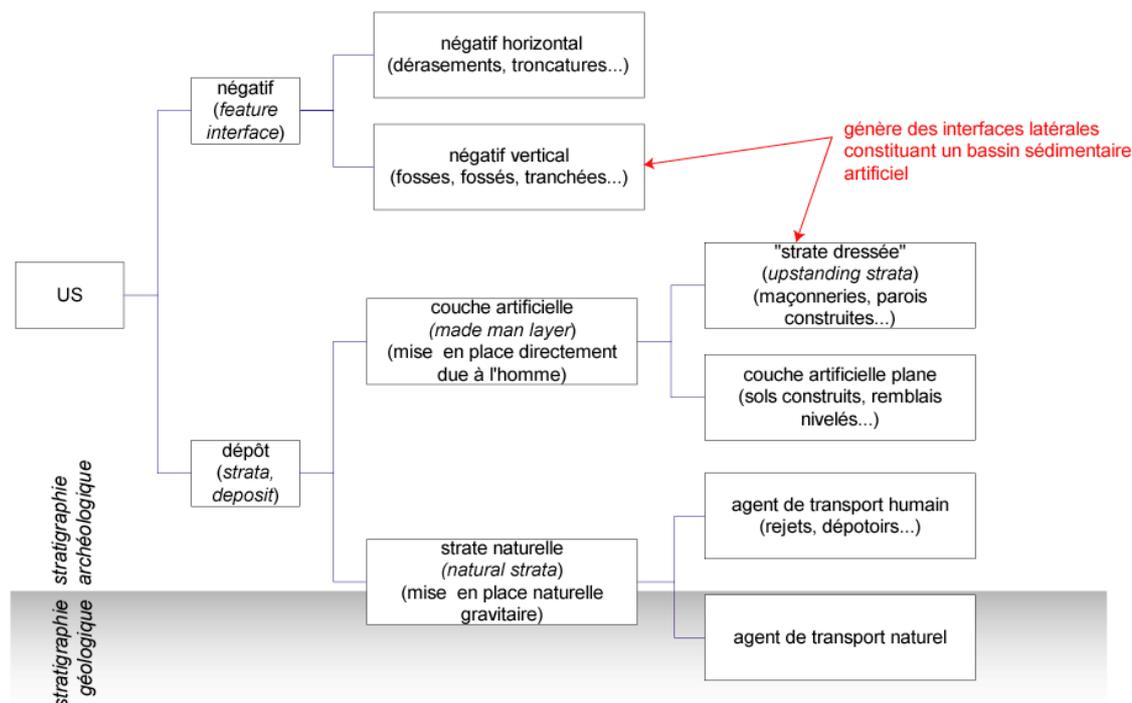


fig. 18: les types d'unités stratigraphiques d'après Harris (1979, chap. 5 et 6)

- Du point de vue de la loi de la gravité d'abord, E. Harris (1979) subdivise les dépôts en « artificiels » et « naturels ». Les couches artificielles (*made man layer*) se caractérisent par des matériaux dont la disposition n'est pas exclusivement due à une mise en place gravitaire naturelle, mais qui ont été au moins en partie disposés ou façonnés sur place par l'homme ; par exemple une construction maçonnée, ou un dépôt funéraire ou votif aux éléments intentionnellement disposés. Au contraire, la disposition des matériaux des dépôts « naturels » (*natural strata*) est entièrement naturelle et gravitaire ; par exemple l'accumulation des rejets dans un dépotoir ; cette catégorie de dépôt est la seule à s'inscrire totalement dans le paradigme de simple accumulation qui sous-tendait la stratigraphie classique : « De tels dépôts naturels tendent à s'accumuler suivant le schéma classique de superposition des couches. Les strates créées par l'homme (*man-made layer*) ne suivent pas nécessairement ces tendances » (Harris 1979 p.35).
- Ces dépôts, « naturels » du point de vue de leur disposition, peuvent néanmoins être des couches archéologiques : pour E. Harris, c'est l'identification de l'agent de transport des matériaux en amont de leur mise en place – deuxième aspect fondant la caractérisation des couches – qui sépare les dépôts relevant de la stratigraphie archéologique (transport dû à l'homme, comme pour un dépotoir), de ceux relevant de la stratigraphie géologique (agent de transport naturel).
- Du point de vue de la création de nouveaux bassins sédimentaires, E. Harris distingue dans les dépôts artificiels ceux dont la disposition forme une nouvelle limite de sédimentation : les murs et parois construites (*upstanding strata*). Il subdivise de même les négatifs en deux types : « vertical », générant un bassin sédimentaire (c'est à dire les creusements ou trous

de toute nature : fosses, fossés, etc.), et « horizontal », correspondant à un phénomène d'érosion ne générant pas de limites de bassin sédimentaire ; pour E. Harris il s'agit des destructions par dérasement des *upstanding strata*, mais on peut logiquement étendre cette catégorie à toute troncature de dépôts préexistants (due à un nivellement par exemple).

Les équipes de fouille ayant adopté la stratigraphie « harrissienne » ont en général développé leurs propres vocabulaires, recouvrant leurs propres systèmes de caractérisation des unités. Ces derniers reprennent fréquemment des éléments formulés par E. Harris (en particulier la notion d'*upstanding strata*, que l'on retrouve dans plusieurs systèmes d'enregistrement français comme « unité construite » ou UC), en y intégrant des apports plus récents ou plus spécialisés.

D'une façon générale, on peut retenir de la démarche de E. Harris et de sa notion « d'aspects non historiques » le principe d'un questionnement en relation avec le processus de formation de l'unité : quelle est l'origine des matériaux ? Le type de transport, de mise en place ? Avec pour ces deux dernières étapes de transport (pour les sédiments) et de mise en place, une première distinction élémentaire entre agent naturel ou action humaine de transport, et disposition artificielle (par empilement pour constituer un mur par exemple) ou naturelle (gravitaire le plus souvent) des matériaux. Conduire la caractérisation des unités au moyen d'un questionnement de ce type est une façon d'éviter les descriptions « neutres », non reliée à une signification en termes de processus de formation ou d'interprétation culturelle ou historique, et par conséquent inexploitable.

Fixer des catégories définies d'enregistrement en fonction de ce questionnement n'est pas inutile, car ces catégories constituent un cadre pour structurer la description et l'interprétation, et ensuite forment un jeu de mots-clé qui facilite la manipulation de l'information. Mais elles ne doivent pas figer ou limiter l'interprétation, ni économiser l'observation et la description documentant cette interprétation.

« *Anthropo-relief* » et « *anthropo-sol* »

La catégorisation des US proposée par E. Harris, très cohérente formellement, a pour objet essentiel « l'anthropo-relief » ; en effet, elle analyse prioritairement le processus de création de relief par l'homme. La limite de cette approche est, comme on l'a vu, qu'elle est exclusivement sédimentaire ; l'étape de transformation sur place des sédiments, et donc la notion de sol au sens pédologique, n'est pas prise en compte. Suppléant à cette lacune, le développement (en particulier grâce aux apports de la géo-archéologie), de l'étude de la formation de sols liée à l'occupation humaine, explorée par les préhistoriens depuis les années 1960, est aujourd'hui, un axe de recherche en archéologie historique urbaine (notamment à travers l'étude des terres noires).

La notion de « sol » est prise ici dans le sens des sciences de la terre et de la pédologie, c'est à dire d'« *entité superficielle et souvent meuble, résultant de la transformation au contact de l'atmosphère et des êtres vivants... d'un matériau minéral... sous l'influence de processus physiques, chimiques et biologiques* » (Girard et al. 2005 p.4). L'Homme, de même qu'il peut être un agent du processus sédimentaire d'érosion et de dépôt, peut en effet être un agent de pédogenèse à travers les processus biologiques, physiques et chimiques de transformation des matériaux ou sols précédents générés (volontairement ou non) par la circulation, les activités, les rejets ; on peut alors parler « d'anthropo-sol » (Girard et al. 2005). L'attention nouvelle portée à l'analyse de « l'anthropo-sol », complétant celle de « l'anthropo-relief » systématisée par E. Harris, représente une évolution conceptuelle majeure pour la stratigraphie archéologique.

Cette évolution récente très positive a, cependant, pour effet d'aggraver la polysémie de l'expression « sol archéologique », qu'il est nécessaire de clarifier : le « sol archéologique » peut désigner, globalement, toute la stratification archéologique ; il peut désigner, plus localement, des unités archéologiques qui du point de vue de leur processus de formation sont des sédiments, et non des

sols. C'est le cas des sols construits ou aménagés, formés par apport de matériaux volontairement disposés (sable, carreaux glaçurés, béton, bitume, gravier, mosaïque polychrome, etc.), de façon à régulariser et stabiliser une surface destinée à la circulation (éventuellement en lui donnant une valeur esthétique, sociale ou symbolique particulière). Il peut aussi désigner un anthropo-sol, tel qu'évoqué ci-dessus, résultant principalement d'un processus de pédogenèse ; ou encore des cas intermédiaires d'unités formés par apports de matériaux encore identifiables, mais ayant subi des transformations sur place du fait par exemple du piétinement et de la circulation (« couche d'occupation »). Le « sol archéologique » signifie aussi dans certains cas la seule surface sur laquelle une occupation humaine a laissé des traces directes sous forme d'aménagements ou d'éléments volontairement ou involontairement déposés ; dans ce sens, il correspond à une interface stratigraphique et non à une unité. La notion de « sol archéologique » ne se confond donc pas avec le sol au sens pédologique : la première relève de l'interprétation fonctionnelle et culturelle des unités distinguée par l'archéologue (cf. ci-dessous 2.1.3) ; le second de leur processus de formation. Nous utiliserons ici les termes « sols construits », « sols aménagés » dans le premier sens (fonctionnel et culturel), les termes « sol » tout court ou « anthropo-sol » dans le second sens (processus de formation par transformation sur place), et l'expression « niveau de sol » dans le troisième sens évoqué ci-dessus, celui d'une simple surface.

La stratigraphie archéologique, une science autonome ?

E. Harris a beaucoup insisté sur le caractère spécifique de la stratigraphie archéologique. Pour lui, l'étude du processus de formation des stratifications anthropiques relève non de la géologie ou des sciences de la Terre, mais de la stratigraphie archéologique, qu'il érige en science pleinement autonome : « ...la stratification produite par l'homme constitue un phénomène entièrement distinct dans l'univers de la connaissance. En tant que tel il a ses propres lois, qui doivent être découvertes et définies, et nous suggérons, comme indiqué dans Harris 1979, que ces lois, sont différentes des maximes géologiques, bien qu'elles en dérivent en partie. » (Brown, Harris 1993 p.12).

L'insistance avec lequel E. Harris affirme la nécessité d'une séparation de la stratigraphie archéologique d'avec la géologie et les sciences de la Terre (Harris 1979 ; 1992 ; 1998 ; Harris, Brown 1993) appelle de fortes nuances. E. Harris ne se réfère en effet qu'à la géologie des grandes formations sédimentaires. Les lois stratigraphiques de superposition et d'horizontalité originelle issues de celle-ci ne rendent effectivement que partiellement compte du processus de stratification anthropique ; de ce point de vue, E. Harris avec sa conception de l'occupation humaine comme créatrice de relief, a su dépasser l'idée que les vestiges d'occupation humaine ne sont que le contenu « passif » de strates entièrement soumises à ces lois naturelles. Néanmoins la stratigraphie archéologique a beaucoup à voir avec les différents domaines des sciences de la Terre que sont l'étude de la mise en place des formes du relief et du paysage (géomorphologie), l'étude de la formation sur place des sols (pédologie), et les études paléo-environnementales. Vouloir séparer la stratigraphie archéologique du contexte général d'étude du milieu, donc des sciences de la Terre, est d'autant moins judicieux que, comme E. Harris le dit lui-même, la constitution d'une stratification archéologique (comme d'ailleurs à plus grande échelle les formes de l'occupation humaine d'un territoire) est le produit d'interactions incessantes entre l'activité humaine et les facteurs naturels.

On peut néanmoins retenir de cette « revendication autonomiste » le fait que les stratifications anthropiques ont effectivement des caractères spécifiques, qui peuvent être insuffisamment pris en compte si l'on considère qu'il s'agit simplement d'un cas particulier des dynamiques naturelles qu'étudient habituellement les sciences de la Terre.

Ainsi, un regard exclusivement lithologique, emprunté à la géologie (qui marque encore fréquemment les sondages et études géotechniques opérés dans des stratifications anthropiques, centres-ville historiques ou monuments historiques par exemple) peut conduire à des

représentations intellectuelles erronées, ou du moins incomplètes, de cette stratification anthropique, perçue comme une simple accumulation de couches horizontales, ou comme un vaste remblai hétérogène non structuré, peuplé de maçonneries, blocs et artefacts erratiques...

Par ailleurs, sans remettre en cause les apports de l'étude des sols évoqués plus haut, un regard exclusivement pédologique porté sur la stratification anthropique peut conduire à une certaine dissolution de cette dernière dans la notion de sol⁷⁸. L'expression « production de sol » fréquemment utilisée pour le processus de formation du sous-sol anthropique urbain, ne doit pas faire oublier que l'occupation humaine ne produit pas que du sol, au sens des sciences de la Terre : elle produit aussi du relief, succédant aux niveaux de sols préexistants : en profondeur, avec de multiples creusements (jusqu'aux actuels parkings souterrains de plusieurs dizaines de mètres de profondeur), et en hauteur, avec des bâtiments en élévation (élévation qui ne l'oublions pas, est aussi un objet d'analyse archéologique et stratigraphique). Même enfoui, ce relief reste un relief, avec ses éléments structurants : creusements, *upstanding strata*, formant de multiples volumes et espaces clos (avec notamment d'importantes conséquences géotechniques). C'est, on l'a vu, un apport important des travaux de E. Harris que d'avoir développé ce point.

Il nous paraît donc judicieux d'envisager la stratification anthropique dans cette double approche, de « l'anthropo relief » et de « l'anthropo-sol », sans que l'une fasse disparaître l'autre⁷⁹. Anthropo-relief et anthropo-sol constituent donc le domaine d'étude de l'archéologie de terrain et de la géo-archéologie, et ne peuvent totalement se ramener aux concepts et échelles de travail (d'ailleurs variables) des différentes sciences naturelles de la Terre. En d'autres termes l'étude du processus de formation du terrain archéologique n'est pas la seule affaire des spécialistes formés aux sciences de la Terre ; et l'archéologue de terrain « généraliste » ne doit pas renoncer à son point de vue (Galinié 2004).

Ce point de vue spécifique de l'archéologue est en particulier exprimé par une conception de la stratigraphie qui n'est pas identique à la stratigraphie géologique (Stein 2005). Le champ de cette dernière, à travers l'ensemble de ses disciplines, est très large (cf. 1.2.1). La stratigraphie archéologique a un champ plus restreint : l'étude des relations chronologiques entre unités de terrain ; champ encore plus précisément défini par E. Harris, qui en a fait l'étude des relations chronologiques à partir des seules interfaces observables sur le terrain (en excluant l'idée d'une détermination stratigraphique à partir du contenu culturel des couches par exemple).

Cette spécialisation du champ de la stratigraphie archéologique est utile, car elle fait de l'analyse stratigraphique une source d'information bien définie, qui peut, au stade de la synthèse, être confrontée aux autres sources. Mais elle a pour corollaire que la stratigraphie n'est pas la seule voie d'analyse du terrain, et – même si E. Harris laisse entendre le contraire, et si les fouilleurs urbanisants ont pu un moment le croire – qu'elle n'est pas suffisante pour éclairer l'ensemble des processus de formation du terrain archéologique (comme le montre le cas des terres noires).

78 Ainsi certains archéologues préhistoriens et protohistoriens aiment employer le terme « horizon » emprunté à la pédologie pour désigner les couches archéologiques, même lorsque ce sont des unités sédimentaires

79 On peut noter qu'envisager l'occupation humaine sous ce seul angle « géo-archéologique » de production d'anthropo-relief ou d'anthropo-sol est déjà culturellement révélateur : cela permet même d'esquisser une périodisation large des villes d'origine antique du nord-ouest européen concernées par le phénomène des terres noires : l'occupation urbaine du Haut Empire est principalement productrice de relief. Puis l'épisode urbain qui suit reflète une occupation produisant, globalement, plus d'anthropo-sol (les terres noires) que d'anthropo-relief (ce dernier est limité aux bâtiments religieux, à l'entretien des murs, à quelques autres aménagements insignes ; mais il est ponctuel). Puis au second Moyen Âge et à l'époque moderne, l'occupation urbaine est à nouveau principalement productrice d'anthropo-relief (dans lequel des anthropo-sols prennent localement place) ; relief valorisé dans les représentations de la ville, figurant de hauts murs et d'encore plus hauts clochers et flèches d'églises : la ville est alors effectivement perçue comme un élément du paysage qui dépasse, et s'élève au dessus de l'espace environnant. Enfin, l'occupation urbaine contemporaine voit une formidable multiplication de la production d'anthropo-relief, jusqu'à saturation parfois de la perception de ses habitants, marquée, en France, par le sentiment négatif qui prévaut aujourd'hui à l'idée de construction de grandes tours (mais cette forme paroxysmique d'anthropo-relief est encore ressentie comme une parure urbaine à Shangäi, Singapour ou ailleurs... et comme un symbole à détruire, focalisant la haine, à New-York en 2001).

Ainsi, s'il ne doit pas abdiquer son point de vue, le fouilleur « stratigraphe » a beaucoup à perdre à ne pas le confronter avec ceux des sciences de la Terre. En effet, il faut remarquer que si les apports de la géoarchéologie – entendue comme l'interface entre l'archéologie et les sciences de la Terre (Goldberg, MacPhail, 2006) – peuvent aller dans le sens de l'analyse « harrissienne » du terrain en déterminant ou en confirmant des interfaces (c'est le cas en particulier de la micromorphologie dont, comme le dit Jean-Paul Bravard, l'échelle d'étude se situe directement au niveau de l'unité stratigraphique telle qu'elle est étudiée par l'archéologue de terrain – Bravard *et al.* 1999 p.7)⁸⁰, ils peuvent aussi dépasser cette analyse, au delà de l'isotopie chronologique et culturelle de l'US qu'elle postule implicitement, en mettant en évidence des variations archéologiquement significatives à l'intérieur même d'une unité stratigraphique (définition de microfaciès, par exemple à partir d'analyses de taux de phosphate permettant de repérer des zones de stabulation du bétail – Goldberg, MacPhail, 2006).

C'est donc dans l'interdisciplinarité marquée par l'émergence actuelle de la géoarchéologie, mobilisant les sciences de la terre dans des problématiques archéologiques, et dans les questionnements croisés, influant en retour les pratiques et les problématiques des fouilleurs et des géoarchéologues, que résident les plus fortes possibilités actuelles de progrès de la stratigraphie archéologique, et de la connaissance des processus de formation du terrain archéologique.

2.1.3. L'US unité d'interprétation culturelle et historique du site

Interprétation culturelle et historique des unités

Outre sa caractérisation du point de vue du processus de formation de la stratification, l'unité est interprétée d'un point de vue culturel, comme un événement de base de l'histoire de l'occupation du site. Cette interprétation culturelle et historique est par exemple celle d'une couche construite (c'est à dire formée de composants artificiellement disposés et empilés) comme « mur de chevet d'église », ou celle d'une couche anthropique mais non artificiellement aménagée, formée par simple accumulation gravitaire de déchets rejetés dans un espace défini, comme « dépotoir ». Il y a bien sûr un aspect artificiel à décomposer ainsi l'analyse en plaçant l'interprétation culturelle de l'unité après son identification en termes de processus de formation : certaines couches sont d'interprétation culturelle évidente et immédiate pour le fouilleur (les unités constitutives d'un mur ou d'une sépulture à inhumation par exemple) ; et beaucoup de systèmes d'enregistrement, pour décrire l'US, ne retiennent pas cette distinction entre nature relative au processus de formation, et interprétation culturelle et historique de l'US. Processus de formation et interprétation culturelle et historiques sont d'autant moins à isoler l'un de l'autre que les apports de la géoarchéologie et des études paléoenvironnementales éclairent fréquemment les deux à la fois.

Cette distinction correspond néanmoins à celle entre « aspects non historiques » et « aspects historiques » proposée par E. Harris. Si elle n'a à notre avis rien d'obligatoire, elle a le mérite, comme toute approche analytique, d'obliger le fouilleur à expliciter et systématiser ses observations ; et elle est pratique pour organiser le questionnement car elle revient à s'interroger sur « l'effet » (le processus de formation) puis sur la « cause » (l'évènement, les activités, les comportements à l'origine de ce processus).

80 Un exemple de définition d'aide à la définition d'unités stratigraphiques grâce la géoarchéologie (micromorphologie et analyses chimiques) est la mise en évidence, en Grande Bretagne et en Suède, de dépôts témoignant de l'occupation de fonds de cabane, à la base et distinct de leur remplissage d'abandon (Goldberg, MacPhail, 2006, p.244).

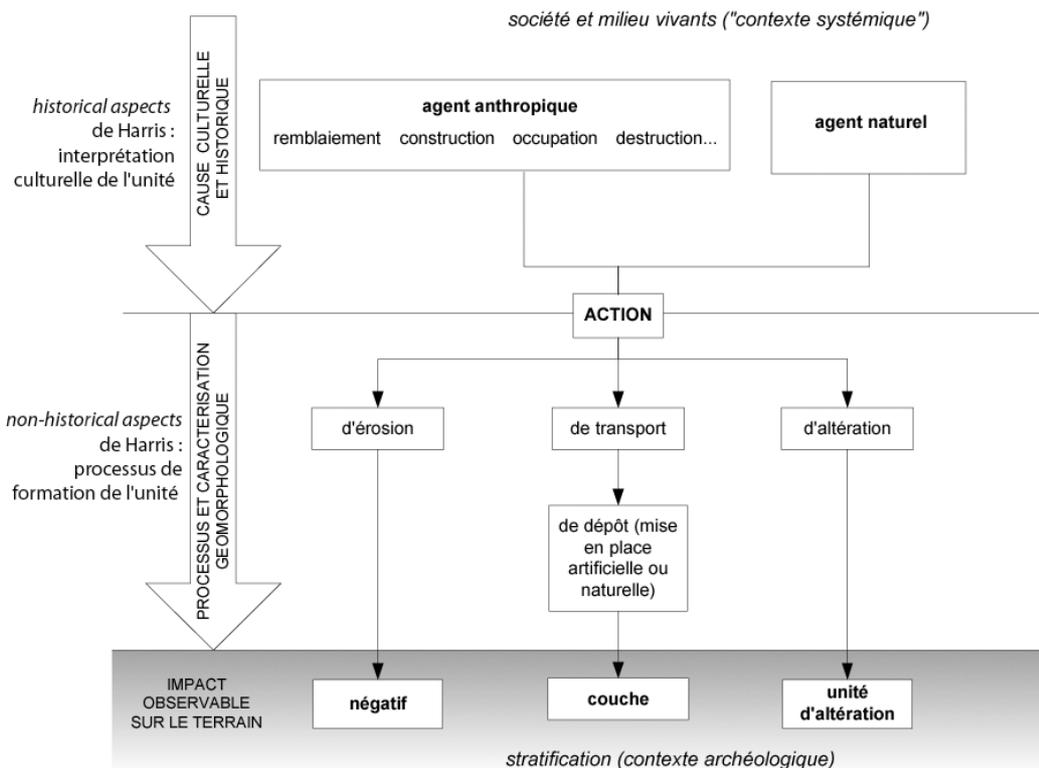


fig. 19: de l'évènement à l'US : interprétation culturelle et processus de formation

Sous ces aspects d'interprétation historique et culturelle, les US peuvent aussi être classées en grandes catégories, tels les six types proposés dans la synthèse de 1987 (Randouin éd. 1987) : construction, occupation, destruction, abandon, remblai, terrain naturel. Cette catégorisation était essentiellement destinée à faciliter le regroupement des US en macro-unités (séquences) témoignant du même évènement ou de la même étape dans l'évolution de l'occupation. Elle a été rassemblée par H. Galinié (1999) en cinq sortes : unités liées à la construction, à l'occupation, à la destruction, aux aménagements par creusement et remblaiement, et enfin aux apports naturels. Les rapports entre processus de formation et interprétation des unités ont été étudiés récemment par Mélanie Fondrillon, avec pour point de départ un tableau typologique à deux niveaux de l'interprétation fonctionnelle des couches élaboré par M. Fondrillon et Amélie Laurent (Fondrillon 2007).

Type fonctionnel	Sous-type fonctionnel
Occupation extérieure	Circulation
	Jardin
	Mise en culture
Occupation intérieure	Mise en herbe, pacage, pâturage
	Occupation intérieure
Construction	Foyer
	Structure construite
	Terre battue
	Cailloutis
	Empierrement
	Déchets de taille
Destruction	Préparation torchis
	Aire de gâchage
	Décomposition/dégradation lente
Remblai-aménagement	Démantèlement/récupération
	Destruction <i>in situ</i>
	Obstruction
Comblement/remblai-usage	Remblai de démolition
	Nivellement/assainissement
	Régole/égout
	Mises en eau
Naturel anthropisé	Fosse-dépotoir
	Zone dépotoir
	Alluvial-dépotoir
Naturel	Alluvial-circulation
	Colluvial anthropisé
	Alluvial
	Colluvial
	Eolien

fig. 20: typologie fonctionnelle des couches (extrait de Fondrillon 2007 p.158)

Ces catégories interprétatives font là encore l'objet de nombreux systèmes, plus ou moins détaillés, en usage dans les équipes de fouille. Dans tous les cas, comme les catégories relevant du seul point de vue du processus de formation, elles ne constituent qu'une caractérisation minimale et ne doivent pas limiter une éventuelle analyse interprétative détaillée de l'unité considérée.

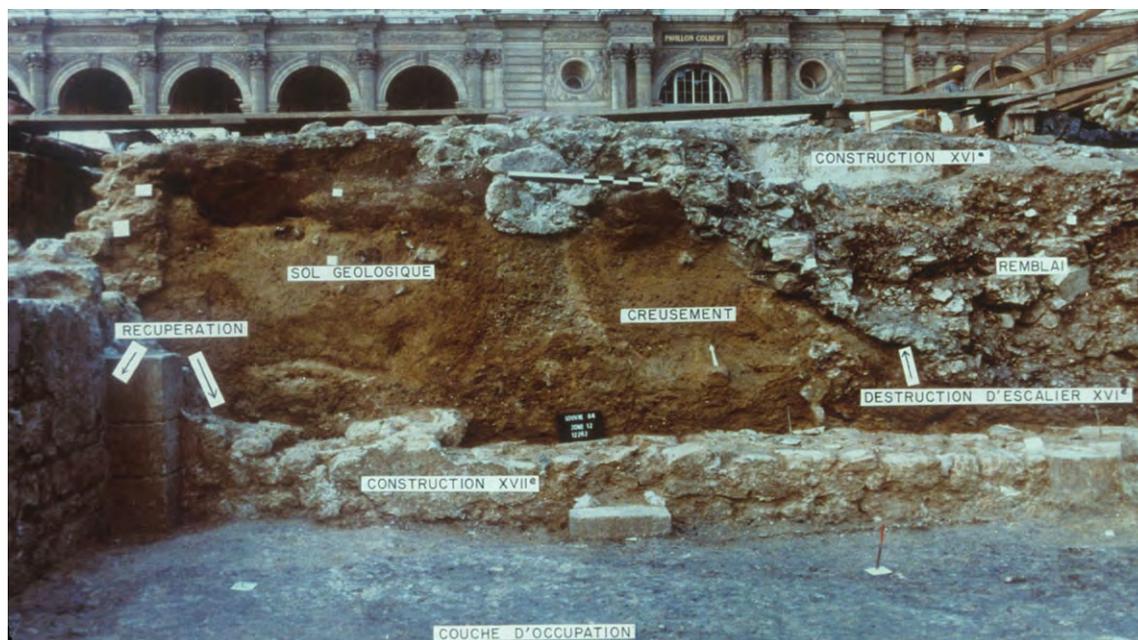


fig. 21: exemple d'interprétations des unités - Paris, fouilles du Louvre, cour Napoléon, 1985 (document AFAN CRDP)

Vers une interprétation culturelle et historique des relations stratigraphiques : rupture ou continuité d'occupation ?

Quelles que soient les catégories d'interprétation utilisées et le caractère plus ou moins détaillé de cette interprétation, interpréter les unités stratigraphiques en termes historiques et culturels est une condition nécessaire de la construction du discours de synthèse sur l'évolution du site, au delà de la stricte chronologie.

Nous souhaitons ici proposer l'idée que cette question de la signification culturelle et historique, que l'archéologue se pose systématiquement (à juste titre) concernant l'US, est aussi à poser pour la relation stratigraphique entre deux US. En effet, une relation n'est pas seulement un type de contact physique (superposition, recoupement, etc...) renvoyant au processus de formation du terrain, ni seulement un élément de stricte chronologie relative (avant /après). La relation n'est pas culturellement et historiquement « neutre » : elle témoigne d'une forme de passage d'un état historique du site à un autre.

Dans cette perspective d'interprétation culturelle des relations, une première question peut être posée, portant sur le couple d'opposition rupture/continuité : s'agit-il d'une relation signifiant la destruction ou l'abandon de l'aménagement ou du type d'occupation dont témoigne l'unité antérieure (rupture), ou signifiant au contraire le maintien de l'aménagement ou du type d'occupation dont témoigne l'unité antérieure (continuité) ?

Le premier cas, de rupture, correspond par exemple à l'installation d'un nouvel aménagement, qui entraîne la condamnation des structures précédentes : ainsi le remblai d'un ancien puits, sur lequel on reconstruit un sol ; ou encore la destruction d'une ancienne fondation, recoupée par une cave. Dans le dernier exemple, entre les deux unités interprétables comme liées à un acte de construction que sont la fondation et le creusement de cave postérieur, il existe une relation qui, elle, est une

relation de destruction (la notion de « destruction », de notre point de vue, porte en effet au moins autant sur l'interprétation des relations que sur celle des unités). Le second cas, de continuité, est par exemple celui d'une reprise de construction ou d'une réparation d'un mur, postérieure à sa construction, mais qui signifie le maintien de l'existence de cette construction dans le paysage fonctionnel et matériel de la société concernée.

Cette question rejoint celle soulevée par Martin Carver (1990) et Patricia Paice (1991) sur l'insuffisance de la seule chronologie stratigraphique exprimée par la *Harris Matrix* à rendre compte de ce que l'on peut appeler la « durée de vie culturelle » des unités stratigraphiques (et des faits ou structures dont elles font partie). Prenant l'exemple du sol construit d'un espace bâti, postérieur aux murs dans l'ordre de mise en place et indiqué comme tel sur le diagramme stratigraphique, M. Carver estime que la seule expression de cette relation « sol postérieur aux murs » est insuffisante, voire trompeuse, alors que le sol et les murs ont fonctionné ensemble : mis en place certes l'un après les autres, ils ont néanmoins eu ensuite une « durée de vie » commune, correspondant à l'occupation de l'espace bâti ainsi aménagé. L'archéologue peut percevoir quand cette « durée de vie » des murs prend fin : avec la plus ancienne unité stratigraphique qui non seulement est postérieure aux murs, mais qui implique aussi la destruction de ceux-ci (par exemple le négatif de dérasement des murs pour laisser place à un nouvel aménagement). Effectivement, la *Harris Matrix*, du point de vue de cette « durée de vie » des US, ne montre que leur « naissance » (leur ordre de mise en place), mais pas leur « mort » culturelle. M. Carver propose donc une représentation de la chronologie stratigraphique tenant compte de cette « durée de vie » des unités, exprimée par des traits fléchés qui vont de la « naissance » à la « mort » culturelle du fait auquel se rapporte l'unité⁸¹.

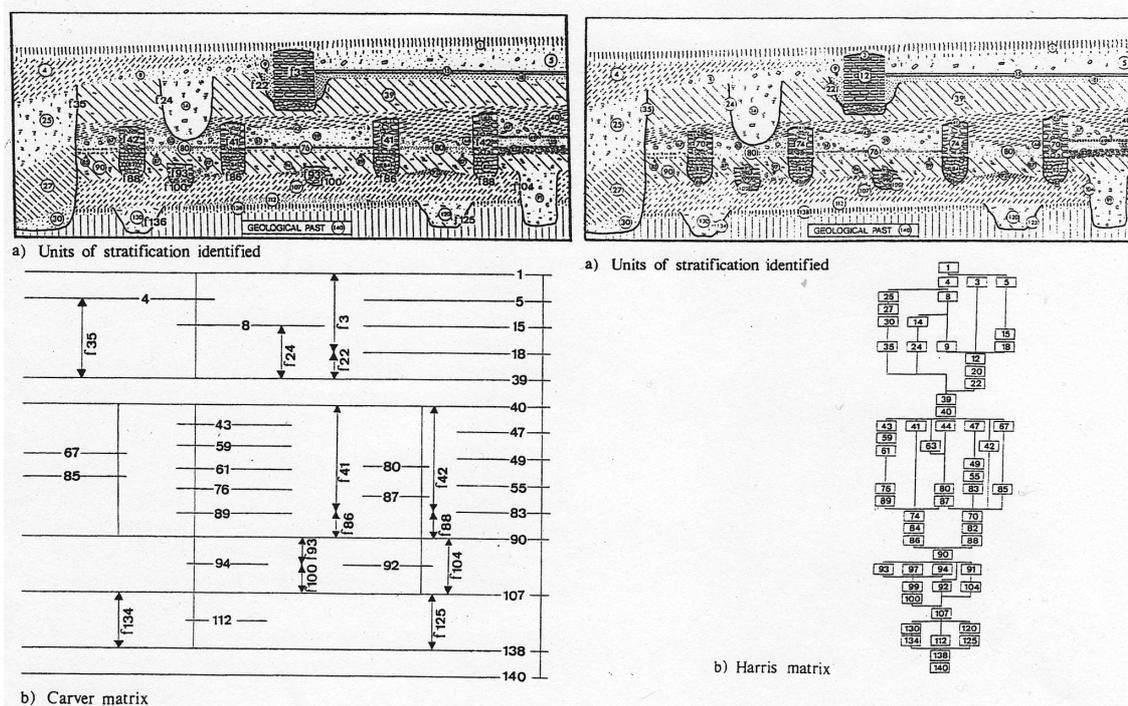


fig. 22: « Carver Matrix » (extrait de Carver 1990 fig 24 et 25)

Les remarques de Patricia Paice (1991) rejoignent celles de Martin Carver ; elle propose d'exprimer sur le diagramme stratigraphique la « durée de vie » de certaines unités (ce qu'elle qualifie de « *locus longevity* »), en particulier les murs, par la hauteur du cadre de l'unité, et des traits de relation horizontaux vers les autres unités postérieures d'installation mais contemporaines d'utilisation.

81 Représentation appliquée à l'étude du baptistère Saint-Jean de Poitiers par Brigitte Boissavit-Camus

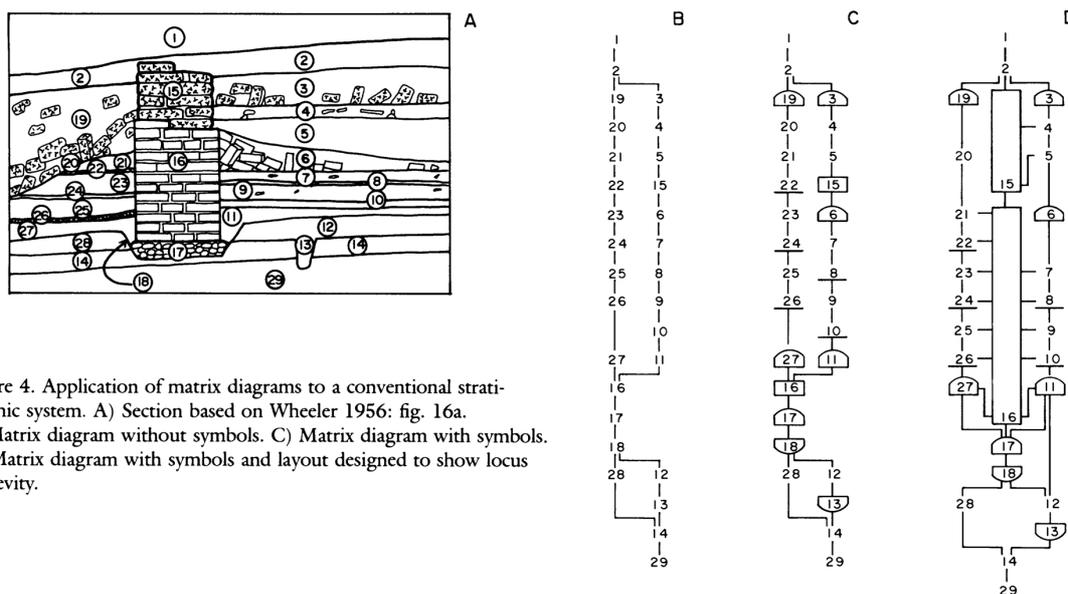


Figure 4. Application of matrix diagrams to a conventional stratigraphic system. A) Section based on Wheeler 1956: fig. 16a. B) Matrix diagram without symbols. C) Matrix diagram with symbols. D) Matrix diagram with symbols and layout designed to show locus longevity.

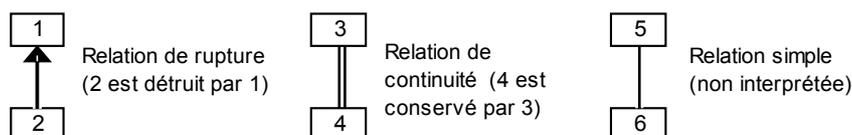
fig. 23: « Paice Matrix » (extrait de Paice 1991)

Cette notion de « durée de vie » culturelle des unités correspond à la distinction opérée par l'archéologue américain Michael Schiffer (1987) concernant les objets : ceux-ci sont en « contexte systémique » tant qu'ils sont « actifs », fabriqués, utilisés (ou réutilisés) au sein d'une société ; puis ils passent en « contexte archéologique » lorsque, perdus ou rejetés, ils se trouvent isolés du système culturel vivant et intégrés dans un dépôt archéologique, jusqu'à ce que, éventuellement, un archéologue les retrouve (et les réinjecte ainsi dans un nouveau « contexte systémique » : la société dont fait partie l'archéologue). On peut appliquer cette distinction contexte systémique / contexte archéologique aux structures et aux unités stratigraphiques elles-mêmes : la « durée de vie » dont parle M. Carver correspond à l'existence de l'unité « en contexte systémique » : ainsi un mur qui continue à exister dans le paysage bâti de la société étudiée. Cette durée de vie prend fin, on l'a dit, avec la « destruction » de l'unité concernée : non pas exactement sa destruction totale – sans quoi l'archéologue n'en retrouverait plus de vestiges – mais son passage en « contexte archéologique », c'est à dire sa disparition du paysage « vivant » de la société étudiée (impliquant fréquemment son enfouissement).

Pour plusieurs auteurs, la prise en compte de cette « durée de vie » des unités au delà de leur seule mise en place relève d'un stade ultérieur à celui du traitement stratigraphique proprement dit (et donc de la réalisation de la *Harris Matrix*), c'est à dire du stade des regroupements chronologiques et culturels d'US permettant de synthétiser l'évolution du site (la mise en séquence – au sens français du terme – ou en phases) (Roskams 2001, Sharon 1995, et M. Carver lui-même, pour qui la représentation qu'il propose est une forme de traitement en aval de la réalisation d'un simple diagramme stratigraphique – Carver 1990 p.97). La proposition ici formulée de poser cette question dès l'enregistrement sur le terrain, comme un caractère à attribuer à chaque relation (lorsque c'est possible), est complémentaire : elle vise à intégrer au niveau de l'analyse, en amont, les données qui permettront ou guideront ces regroupements synthétiques.

Bien qu'au stade actuel de notre travail, ce point de l'interprétation culturelle et historique des relations soit encore à l'état de perspective (il n'est pas encore intégré dans les fonctions de l'application *le Stratifiant* présentée en deuxième partie de la thèse), une première proposition de représentation graphique simple est possible : un double trait vertical pour les relations de continuité ; un trait fléché (reprenant ainsi la proposition de Martin Carver) pour les relations de rupture ; le simple trait vertical demeurant pour les relations non interprétées (en effet la réponse à

la question « rupture ou continuité ? » est dans certains cas – comme les exemples pris ci-dessus – très claire, mais dans d'autre moins, et peut rester en suspens)



2.1.4. L'US unité d'étude des vestiges matériels recueillis

La concordance entre enregistrement des couches et recueil du mobilier

Dans la fouille stratigraphique en aire ouverte, L'US constitue l'unité normale de gestion et de traitement des éléments matériels recueillis sur la fouille (artefact, écofact prélèvements...) ; ces éléments sont habituellement identifiés par le numéro de la couche de provenance (Harris 1979). Au delà de cette identification minimale par US, l'enregistrement peut réserver, si besoin, la possibilité de repérer individuellement un objet au sein de l'US (technique de l'isolation : cf. par exemple Meyer *et al.* 1983). Sans rentrer dans le détail de l'enregistrement et du traitement du mobilier⁸², plusieurs remarques doivent être faites quant à son importance dans l'analyse stratigraphique.

En premier lieu, il faut signaler un avantage pratique important de la fouille stratigraphique en aire ouverte : elle n'entraîne aucune rupture entre l'enregistrement du mobilier et l'enregistrement stratigraphique, à la différence de la méthode classique avec ses temps d'identification stratigraphique (sur coupe) séparés des temps de fouille et recueil du mobilier. En effet, dans une stratification anthropique dense, les inconvénients de la coupe de référence concernent aussi le mobilier ; les conseils de Wheeler lui-même – « toutes les trouvailles doivent être enregistrées couche par couche, avec référence à la coupe levée la plus proche, en principe avec la paroi la plus proche du carré » (Wheeler 1954, 1989, p.85) – laissent percevoir le flou et l'ambiguïté qui pouvaient accompagner l'attribution du mobilier à une couche, compte tenu des possibles variations latérales de la stratification entre les axes de coupe⁸³.

Caractériser la relation matériel recueilli/ contexte

Ensuite, au-delà de la bonne attribution du mobilier à son US de provenance, préciser la relation entre l'US et le mobilier qu'elle contient est un point essentiel de l'analyse stratigraphique, et de la construction des raisonnements archéologiques ; il s'agit en fait de la relation fondamentale objet / contexte archéologique, l'US étant l'unité d'analyse du terrain, c'est à dire la plus petite subdivision du contexte archéologique des découvertes⁸⁴. Cette relation, qui a fait l'objet de réflexions initiées par les protohistoriens d'Europe du Nord au XIXe s. dont on a vu l'importance dans l'élaboration de la stratigraphie archéologique (cf. 1.2.3), et qui apparaît dans plusieurs termes fréquemment utilisés dans le vocabulaire des fouilleurs (tels ceux de « dépôt primaire », « d'ensemble clos », ou la dichotomie « remblai » / « occupation »), a été spécifiquement étudiée pour les contextes de stratification anthropique dense (cf. Harris 1979, Carver 1985, Roskams 1992). Elle peut être

82 Sauf indication contraire, nous prenons ici le terme « mobilier archéologique » dans le sens général de « éléments matériels recueillis » et non dans son nouveau sens réglementaire de « artefacts uniquement » (arrêté ministériel du 16 septembre 2004).

83 Les cas d'attribution douteuse existent bien sûr aussi avec l'actuelle méthode stratigraphique ; mais ils ne sont dus (en principe) qu'à des limites réellement imprécises entre couches (ou à des mélanges à la suite d'erreurs dans le traitement) ; dans ce cas, la part de mobilier de provenance douteuse peut être (ré)enregistrée séparément, en « risque d'interférence » entre les US concernées.

84 D'où le terme « contexte » utilisé en Grande Bretagne et par certaines équipes françaises pour désigner l'unité stratigraphique.

caractérisée sous trois aspects.

Premier aspect : la position chronologique de chaque objet au regard de l'US qui constitue son contexte. En effet, le passage d'un objet dans la stratification archéologique n'est pas nécessairement synchrone de la formation de l'unité dans laquelle il a été trouvé. Ce passage, comme on l'a vu plus haut, a été défini par Michael Schiffer (1987) : rappelons que pour M. Schiffer, un objet en usage dans une société est en « contexte systémique »⁸⁵ ; lorsqu'il est déposé de sorte qu'il n'entretient plus aucune interaction avec le système social existant, il est passé en contexte archéologique⁸⁶. Dans ce dernier cas, il existe trois possibilités, bien connues des archéologues travaillant sur les mobiliers, par lesquelles ces objets s'intègrent au processus de constitution de la stratification.

- l'élément matériel contenu dans la couche peut être, suivant le terme utilisé par E. Harris, « indigène » (*indigenous remains* – Harris 1979 p.97) : le passage de l'objet du « contexte systémique » au contexte archéologique est synchrone de la formation de la couche dans laquelle il a été trouvé (ainsi un déchet directement jeté dans un dépotoir) ; ce que E. Harris exprime de façon plus imagée en qualifiant l'objet de « contemporain » de la couche (mais cette expression doit être précisée : pour un artefact, c'est la fin de l'usage de l'objet qui est contemporaine de la formation de la couche, et non sa fabrication). Nous emploierons ici l'expression « dépôt primaire » pour désigner ce cas de figure⁸⁷.
- Le mobilier peut être remanié (ou « redéposé ») : dans ce cas, le passage de l'objet du « contexte systémique » au contexte archéologique est plus ancien que la formation de la couche dans lequel il a été recueilli. C'est le cas d'objets provenant d'une couche plus ancienne recoupée dont le matériau remanié forme celui d'une couche plus récente, fréquemment désignés par les fouilleurs français comme objets « en remblai » (car passés de déblai en remblai). L'objet est dit par E. Harris « plus ancien » que la formation de l'unité (mais il s'agit toujours de la date de fin d'usage de l'objet). Ce cas est chronique dans les stratifications anthropiques denses telles les sites urbains en raison de la fréquence des recoupements d'unités stratigraphiques⁸⁸.
- Le mobilier peut enfin être intrusif (qualifié « d'infiltré » – *infiltrated remains* – par Harris), lorsque les objets ont été introduits dans la couche après sa formation (par exemple par l'action d'animaux fouisseurs), de sorte qu'ils peuvent être plus récents que cette dernière. Ce cas de figure est le plus gênant, car il est susceptible d'entraîner des fautes de datation (le principe de la date-plancher de la couche obtenue à partir du plus récent des objets qu'elle contient – cf. ci-dessous 2.1.5 – n'étant dans ce cas plus applicable) ; par conséquent, les éléments intrusifs ou soupçonnés de l'être doivent être écartés de tout raisonnement chronologique.

85 La durée d'existence de l'objet en « contexte systémique », plus ou moins longue, peut elle-même être analysée en temps différents et successifs (fabrication, usage, recyclage, etc.).

86 Ce passage de l'objet du « contexte systémique » au contexte archéologique peut s'effectuer suivant différentes modalités (rejet, dépôt intentionnel, perte...) ; il faut noter que la définition par M. Schiffer du caractère archéologique de l'objet, de nature effectivement systémique (interruption des interactions avec le contexte social et culturel) et non topographique (de type « objet enfoui dans le sol ») ou chronologique (de type « objet plus ancien que telle date »), permet d'étendre le champ de l'archéologie aux sociétés contemporaines : le contenu d'une poubelle actuelle – telles celles fouillées par William Rathje (1980) – peut relever d'un passage en contexte archéologique ainsi défini.

87 sous réserve de la discussion que les différentes acceptions possibles de ce terme (par ailleurs utilisé avec un sens précis en anthropologie de terrain) peuvent entraîner.

88 Le terme « remanié » a ici été préféré à « résiduel » employé par E. Harris (1979). Sous ce terme (*residual remains*), E. Harris confond, en effet, les objets réellement remaniés, et ceux qui ont eu un temps d'usage très long avant de passer en contexte archéologique (par exemple des bijoux conservés et transmis sur plusieurs générations avant d'être déposés dans une sépulture) ; ceux-ci sont certes de médiocres indicateurs de datation, mais ils sont bien en dépôt primaire, quel que soit le temps qu'ils ont passé en « contexte systémique » (cette longue durée d'usage étant par ailleurs culturellement signifiante). Remaniements et résidualité ont fait l'objet de nombreux travaux (Brown 1995 ; Carver 1985 ; Rauxloh 2000 ; Meyer dir. 1981 ; Vince 1995) incluant des tentatives de modélisation mathématique (Rantingham, Surovell, Waguespack 2007).

Le deuxième aspect de la relation contexte-objet est l'association que forment tous les éléments recueillis dans la même US. Ces objets, réunis dans le même contexte archéologique, étaient-ils aussi liés au sein du même « contexte systémique », et donc forment-ils une association chronologiquement et culturellement représentative de la culture matérielle de la société étudiée ? Si, sur la base de critères observés sur les objets (par exemple objets intacts ou brisés en place, faible taux de fragmentation, fort taux de remontage...) et sur la couche (sédiment caractéristique d'un dépôt d'occupation de type dépotoir ou latrine, disposition intentionnelle d'objets...), la réponse est oui, la contemporanéité d'usage des objets permet de fonder ou valider des raisonnements typo-chronologiques (comme l'ont fait les protohistoriens du XIXe siècle), et plus largement d'induire des discours d'ordre ethnographique à partir des échantillons de culture matérielle ainsi caractérisés, considérés comme des systèmes culturels fossiles, reflet des systèmes économiques et sociaux « vivants »⁸⁹. Suivant l'usage courant (Ferdière 1980 ; Giot, Langouet 1984), nous emploierons ici le terme « d'ensemble clos » pour désigner ce type d'association témoignant de la culture matérielle d'un même lieu et d'un même temps⁹⁰. Le lien de cette notion avec le premier aspect – la position chronologique de chaque élément – est clair : le mélange, ou le risque de mélange d'objets de diverses origines (remaniés et en dépôt primaire) au sein d'une même couche (par exemple le remblai d'une tranchée de réseau ayant recoupé une fosse médiévale, comprenant des tessons de céramique du XIIe s. et de canette de bière du XXIe s.), exclut que cet ensemble mobilier soit considéré comme ensemble clos.

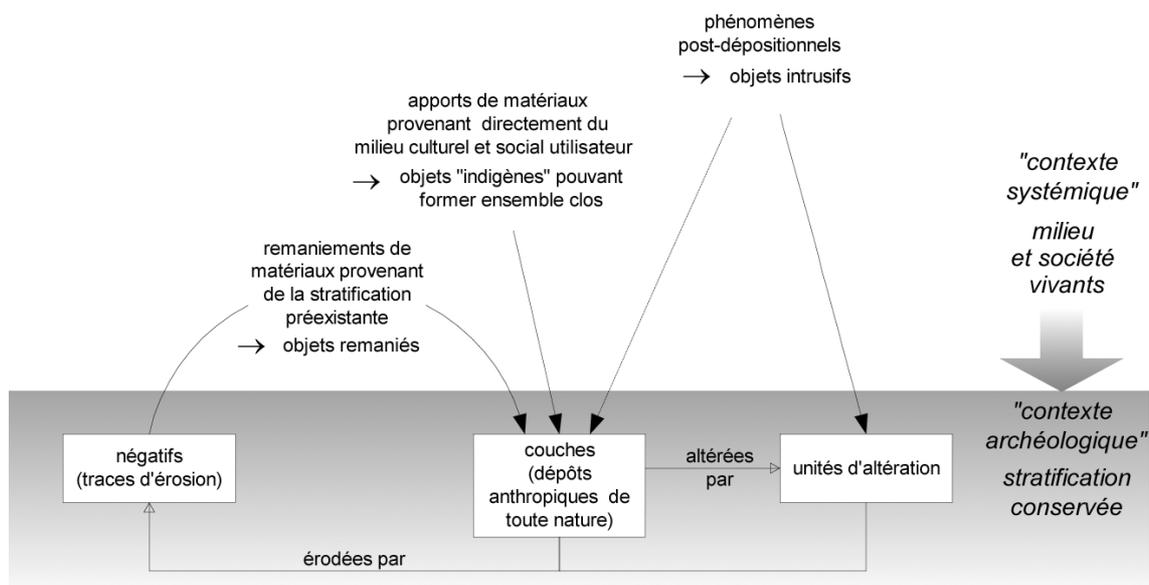


fig. 24: cycle de stratification et objets archéologiques

Il faut aussi mentionner un troisième aspect de cette relation des objets à leur contexte, qui correspond au cas où leur position topographique est chargée d'informations. Ce cas est par exemple celui de la répartition spatiale de déchets et autres éléments constitutifs de sols d'occupation paléolithiques, révélant les emplacements d'unités domestiques. La détection de telles « structure latentes » est l'objet de la méthode de terrain « ethnographique » développée par André Leroi-Gourhan à partir de 1964 sur le gisement magdalénien de Pincevent (*cf.* plus haut 1.3.1).

89 Ce concept de culture matérielle révélatrice des systèmes économiques et sociaux a notamment fondé l'archéologie des pays d'Europe de l'Est, en particulier l'école polonaise d'archéologie médiévale développée après la seconde guerre mondiale ; cette tradition de l'archéologie vue comme étude de la culture matérielle a été représentée en France notamment par le médiéviste Jean-Marie Pesez (1929-1998).

90 La notion d'ensemble clos ainsi définie correspond aussi à celle « d'assemblage » développée de façon plus formalisée par David Clarke (1968).

Rappelons enfin que la relation entre le mobilier archéologique et l'unité stratigraphique est un élément important de la distinction entre stratigraphies archéologique et géologique. En effet, la stratigraphie géologique, incluant lithostratigraphie et biostratigraphie, intègre directement les lois d'évolution paléontologiques, permettant de définir, corrélérer et situer des couches et formations, en fonction de leur faciès, c'est à dire de leurs caractéristiques incluant les types et proportions de fossiles contenus (Bernard *et al.* 1995). Dans le cas des stratifications anthropiques, et bien que l'expression de « faciès mobilier » soit utilisée par certains fouilleurs, il n'est pas possible d'utiliser le mobilier archéologique de la même façon : la formation des ensembles mobiliers dans les couches archéologiques et la répartition des types au sein de ces ensembles correspond à des processus culturels complexes, et non pas nécessairement à des lois d'évolution naturelle. En stratigraphie archéologique, la définition des unités et des relations s'effectue donc exclusivement à partir de l'observation des interfaces.

2.1.5. L'US unité de temps quantifié

Durées et instants : proposition d'inscription du cycle stratigraphique dans le temps quantifié

Le processus de stratification s'inscrit dans le temps « absolu » (c'est-à-dire quantifié, par opposition au temps « relatif », ordonné mais non quantifié, de la chronologie stratigraphique). Mais à la différence de l'ordre chronologique fourni par la stratigraphie, les quantités de temps que représentent US et relations ne sont pas (sauf exception) conservées par la stratification ; le fouilleur n'a plus d'accès direct à cette information. Retrouver une approximation de ce temps quantifié perdu, nécessite des indicateurs de chronométrie (au sens de la mesure quantifiée du temps – Giot, Langouët 1984) fournis par des données historiques, des études de mobiliers ou des analyses physicochimiques ; indicateurs qui doivent être mobilisés dans un raisonnement de datation de l'unité stratigraphique, et non plaqués directement sur cette US, sous peine de conclusions erronées (*cf.* notamment Evin *et al.* 1998 ; Ferdière 1980 ; 2007 ; Giot, Langouët 1984 ; Orton 1980).

Ce raisonnement de datation repose sur la « temporalité » du processus de stratification, qu'il faut en premier lieu tenter de préciser. Il ne s'agit pas ici d'entreprendre une réflexion théorique sur la nature du temps archéologique⁹¹, mais seulement d'examiner l'aspect chronométrique des notions d'US et d'interface. Cet examen n'est pas inutile, car les modalités précises d'inscription de la chronologie relative stratigraphique dans la chronologie absolue restent étonnamment floues et lacunaires dans la bibliographie (en particulier, E. Harris lui-même n'a que très peu traité le problème), et la pratique archéologique actuelle n'est pas exempte de quelques confusions quant aux notions de datation (Ferdrière 2007). Or, là encore, notre objectif de formalisation nous impose d'arrêter quelques définitions indispensables, y compris concernant des notions très fréquemment utilisées (*terminus post quem* et *terminus ante quem*).

Le temps quantifié est ici envisagé suivant sa représentation dans la physique classique, et dans la vie quotidienne : c'est à dire comme un phénomène linéaire, continu et mesurable, que l'on peut donc représenter par une droite, comme les trois dimensions de l'espace. Sur cette droite du Temps, nous considérerons des « instants » et des « durées » :

- Un **instant** est un point sur la droite du Temps, c'est à dire à une limite, dépourvue de durée propre ; c'est une coordonnée temporelle (l'heure précise que donne une montre par exemple). En principe, le terme « date » utilisé par les archéologues correspond à un instant, et c'est dans ce sens que nous l'emploierons.
- Une **durée** est un espace de temps mesurable (en siècles, années, mois, heures...),

91 par ailleurs objet de travaux récents : cf. Lucas 2005 ; Murray éd. 1999, Olivier 2001 ; Olivier 2008 ;

correspondant à un segment sur la droite du Temps. Une durée est logiquement limitée par un instant d'origine et un instant final (par exemple, le « top-départ » et le franchissement de la ligne d'arrivée constituent les instants d'origine et final limitant la durée d'une course).

Il est assez simple d'inscrire la stricte succession stratigraphique sur cette droite du temps quantifié. On voit en effet que cette succession est rythmée par deux instants, et deux durées.

Première durée à prendre en compte : la **durée de formation** attachée à chaque unité stratigraphique : durée de construction d'une maçonnerie, temps de terrassement nécessaire au creusement d'une fosse... Des indices de terrain et des résultats d'étude permettent parfois d'estimer cette durée, au moins comme brève (de l'ordre de quelques heures ou quelques jours) ou longue (de l'ordre de quelques années à quelques siècles) ; par exemple l'épaisseur d'un dépôt de tartre à l'intérieur d'une canalisation (unité de formation naturelle mais dont la durée de formation témoigne de la durée d'utilisation de la canalisation), ou l'usure des marches d'un escalier (enregistrable comme négatif – il s'agit d'un phénomène d'érosion – témoignant là aussi d'une durée d'utilisation plus longue que brève). La durée de formation de la couche est un élément important de caractérisation d'un ensemble clos : si sa formation est immédiate ou très brève, le passage des objets du « contexte systémique » au contexte culturel est quasi strictement contemporain (dépôt funéraire, destruction violente telle celle de Pompéi...), et les objets forment alors un ensemble clos strict (Ferdrière 1980) ; une formation plus étalée dans le temps, en plusieurs apports (formation progressive d'un dépotoir par exemple) ne génère pas le même potentiel d'interprétation de l'ensemble clos.

Deux instants limitent nécessairement cette durée : **l'instant d'origine**, et **l'instant final** de la formation de l'US. Il est important de noter que c'est ce dernier instant qui est situé en chronologie relative par les relations stratigraphiques observées, et qui est donc « saisi » par le diagramme stratigraphique (et non l'instant d'origine ou la durée de l'US). C'est aussi à cet instant final de la formation de l'US que se réfèrent le plus souvent (mais rarement explicitement) les archéologues, lorsqu'ils parlent de la « date d'un contexte », ou de « dater une couche » ; car c'est cet instant final que borne la date-plancher donnée par le mobilier (voir ci-dessous). Conformément à l'usage et à l'importance particulière de cet instant final de la formation de l'US, c'est lui que l'expression « **date de l'US** » désigne dans le présent travail.

Il existe une deuxième durée à prendre en compte : la durée attachée à la relation d'antéropostériorité induite de chaque interface, que nous qualifierons ici « **d'entretemps** » stratigraphique. Cette durée est aussi limitée par les instants de début et de fin de formation d'unités, mais à l'inverse, entre la fin de la formation de l'US antérieure et le début de la formation de l'US postérieure. Elle peut être nulle (ou quasi-nulle) si le processus de stratification est continu et enregistre toutes les étapes de l'occupation⁹². Dans le cas contraire, elle couvre le temps d'évènements non enregistrés par la stratification, ou dont la trace stratifiée a disparu : par exemple le temps d'occupation d'une pièce dont on faisait soigneusement le ménage, entre la fin de formation d'un sol construit et le début du dépôt du remblai qui repose directement sur ce sol, ou le temps séparant une couche néolithique de la tranchée de fondation moderne qui la recoupe. Comme le temps de formation de l'US, cette durée intermédiaire peut parfois faire l'objet d'estimations.

92 on peut concevoir dans certains cas que cet entretemps soit non seulement nul, mais de durée négative ; c'est-à-dire que la formation de l'unité postérieure débute avant la fin de la formation de l'US antérieure, bien que l'interface entre les deux soit bien d'ordre chronologique ; par exemple une couche de remblai étalée sur une certaine surface, que l'on a pas fini de mettre en place à un bout alors que l'on a commencé à la recouvrir par une deuxième couche à l'autre bout (le résultat observable à la fouille donne bien deux remblais séparés par une interface de superposition). En fait, ce paradoxe temporel illustre (comme d'autres cas, par exemple les reprises de construction en sous-œuvre...) les limites de l'observation stratigraphique comme source de reconstitution chronologique, discutées plus loin (chapitre 5) ; en effet, ici, le contact physique de superposition ne traduit pas le fait que la formation des deux couches est en partie simultanée, auquel cas, en stricte logique stratigraphique, il faudrait les considérer comme une même US.

Le rythme du temps absolu qui s'applique à un processus de stratification est donc celui de l'alternance des durées de formation des US (la part de temps qui s'est matérialisée sous forme d'étapes conservées de modification du terrain) et des « entretemps » intermédiaires, entre la fin de la formation d'une US et le début de la formation de l'US suivante (la part de temps qui ne s'est pas matérialisée dans la stratification, et qui correspond à la notion de discontinuité stratigraphique des géologues), logiquement attachés aux relations.

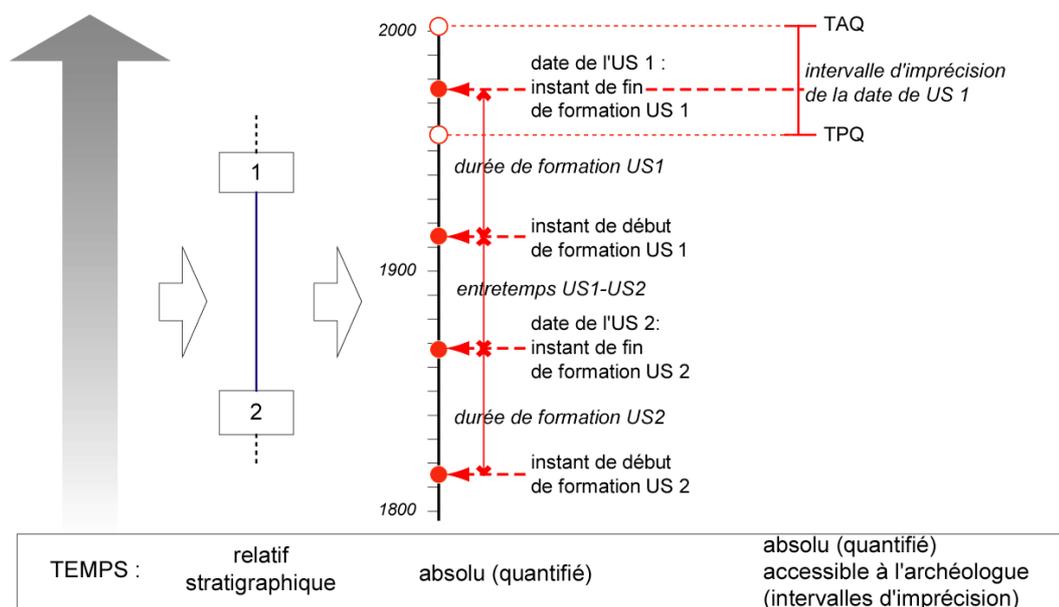


fig. 25: inscription du temps stratigraphique dans le temps quantifié

Borner l'instant final : les indicateurs TPQ et TAQ

Ces instants et durées caractérisant US et relations sont rarement directement connus des fouilleurs. Le plus fréquemment, ils ne peuvent être qu'approchés et situés dans des « fourchettes », c'est à dire dans des intervalles d'imprécision, au moyen de ce que nous nommerons ici des **indicateurs** de datation. Les plus connus de ces indicateurs sont la date-plancher (ou *terminus post quem*, ou TPQ) et la date-plafond (ou *terminus ante quem*, ou TAQ). En raison de leur caractère indirect, l'utilisation de ces indicateurs n'est pas simple, et peut facilement entraîner des erreurs.

Le TPQ et le TAQ d'une unité sont les bornes d'un intervalle d'imprécision qui contient l'instant final de formation de cette US ; de sorte que cet instant final ne peut pas être antérieur au TPQ, ni postérieur au TAQ.

Le TPQ est en général fourni par les datations d'objets ou d'éléments recueillis dans l'US. En effet, le plus récent de ces éléments (pourvu qu'il ne soit pas intrusif) donne la date-plancher de l'US, c'est-à-dire la date avant laquelle cette US n'a pu achever de se former. Lorsqu'il s'agit d'un artefact, la date plancher qu'il fournit est celle de sa création (date avant laquelle cet objet n'a pu exister) ; ce qui signifie – conséquence parfois négligée par les fouilleurs (Giot, Langouët 1984) – que l'intervalle d'imprécision que borne ce TPQ est au moins aussi large que la durée d'usage de l'objet concerné (ce TPQ peut être précisé – c'est à dire rajeuni – si on dispose d'indications fiables de durée d'usage de l'objet avant son dépôt). Il faut remarquer que la date-plancher s'applique bien à l'instant final de formation de l'US, et non à son instant d'origine ; en effet, dans le cas par exemple d'un dépotoir résultant de plusieurs années d'utilisation, et si la date-plancher provient d'un objet datable, fabriqué, utilisé puis jeté lors de la dernière année d'utilisation du dépotoir, la formation du dépotoir a effectivement pris fin après cette date-plancher, mais elle a débuté avant.

Le TAQ, date après laquelle l'unité n'a pas pu achever de se former, est une information moins fréquente, et habituellement extrinsèque à l'US ; elle peut être fournie par un événement historiquement connu (par exemple l'éruption du Vésuve en 79, date qui constitue le TAQ de tous les vestiges enfouis sous les cendres et dépôts de cette éruption).

L'intervalle d'imprécision ainsi borné peut être très large ; et en particulier, l'espace de temps qui sépare le TPQ de la date non connue de l'US (son instant final de formation) peut être très long, lorsque l'élément porteur de la date-plancher n'est pas en dépôt primaire (objet remanié : par exemple un tesson de céramique antique dans le remblai d'une tranchée de réseau contemporaine qui a recoupé une fosse gallo-romaine). La faute de raisonnement consistant à assimiler le TPQ à la date de l'US est alors particulièrement dommageable⁹³.

Deux remarques restent à formuler, importantes pour notre propos de formalisation :

- d'abord, il est toujours possible de définir le TPQ et le TAQ d'une unité stratigraphique : le TAQ est au pire la date de début de la fouille ; et le TPQ, l'apparition de l'Homme (mettons, pour la France, 2 millions d'années avant le susdit TAQ). Certes, l'intervalle d'imprécision est colossal, néanmoins il s'agit incontestablement d'un TPQ et d'un TAQ. En d'autres termes, il est toujours possible de fermer un intervalle d'imprécision ;
- ensuite, si l'on dispose d'une date précise⁹⁴ directement applicable à l'instant final de formation d'une unité (ce qui est le cas par exemple des dépôts d'occupation de Pompéi brutalement clos par l'éruption de 79), alors l'intervalle d'imprécision est nul (à l'échelle de temps considéré par l'archéologue) et TPQ et TAQ se confondent ; la date de l'instant final constitue donc à la fois un TPQ et un TAQ.

En perspectives : un jeu plus étendu d'indicateurs de datation, la prise en compte des durées de vie culturelle...

Les définitions exposées ci-dessus s'appliquent à l'usage courant, actuel, des indicateurs de datation, c'est à dire le couple TPQ-TAQ et l'intervalle d'imprécision qu'ils forment. Sur la base des définitions de durées et d'instant de temps quantifié dans lesquels s'inscrit la chronologie stratigraphique relative, nous pensons possible d'améliorer les possibilités de datation en étendant la gamme des indicateurs. Il ne s'agit pour le moment, comme l'interprétation historique et culturelle des relations, que d'une perspective de travail (pas encore implémentée dans l'application le *Stratifiant* présentée en deuxième partie de la présente thèse).

Le principe est d'utiliser des couples d'indicateurs formant des intervalles d'imprécision, non seulement pour l'instant final de la formation d'une US (borné par le TPQ et le TAQ), mais aussi pour l'instant d'origine de la formation de l'US, et pour les durées (de formation de l'US, et « d'entretemps » attachée à la relation d'antéropostériorité entre deux US). Trois couples d'indicateurs constitueraient ainsi trois intervalles, apportant la possibilité d'estimer tous les éléments formant l'ancrage de la stratigraphie dans le temps absolu :

- un intervalle [date au plus ancien de l'instant d'origine, date au plus récent de l'instant d'origine] encadrant l'instant de début de la formation de l'US ;

93 L'auteur de ces lignes a travaillé au sein d'un service régional de l'archéologie ; la lecture des rapports de diagnostic en milieu rural le conduisait à rencontrer fréquemment des raisonnements chronologiques quelque peu elliptiques, de type : « cette fosse est datable La Tène car on y a recueilli de la céramique de La Tène » ; le raisonnement complet est en fait : 1) le mobilier donne un TPQ ; 2) la durée d'usage de ce mobilier est courte ; 3) ce mobilier est en dépôt primaire (non remanié) ; 4) la durée de formation cumulée des US formant la fosse (creusement puis couche de remplissage d'où provient la céramique) est courte ; 5) donc le TPQ est proche de la date de l'US. Ce raisonnement est pertinent si le terrain correspond à ces conditions (site à stratification anthropique discontinue avec peu de recoupements entre structure, donc peu de matériel remanié, structures à durée de vie courte...) ; mais il n'est pas inutile de l'explicitier et de l'argumenter.

94 Précise à l'échelle de temps de l'archéologue, c'est à dire d'une précision rarement inférieure à l'année

- un intervalle [durée de formation minimum, durée de formation maximum] encadrant la durée de formation de l'US ;
- un intervalle [entretemps minimum, entretemps maximum] encadrant la durée entre la fin de la formation d'une US, et le début de la formation d'une US postérieure (durée attachée à la relation entre les deux US).

Les quatre indicateurs définissant les deux premiers intervalles d'imprécision sont des attributs de l'unité stratigraphique ; les deux indicateurs définissant le dernier intervalle sont des attributs de la relation stratigraphique.

Cette gamme étendue d'indicateurs nous semble utilisable, car si il est très rarement possible d'estimer précisément et directement une durée de formation d'US ou « d'entretemps » entre deux US, les fouilleurs peuvent parfois, peut-être plus fréquemment qu'ils ne le croient, donner des fourchettes et des durées minimum. En effet, comme on l'a dit plus haut, des indices de durée brève ou longue sont fréquemment observables sur le terrain, qui, avec l'aide éventuelle de géo-archéologues et d'autres spécialistes (archéologie expérimentale, possibles indicateurs physico-chimiques...), pourraient faire l'objet de cet exercice encore inhabituel d'estimation quantifiée. Cela permettrait de valoriser ces indices observables (qui actuellement restent largement inutilisées dans les raisonnements de datation⁹⁵) en les intégrant dans le raisonnement logique de datation s'appuyant sur la stratigraphie et les TPQ et TAQ pour attribuer une fourchette de dates à chaque US (raisonnement exposé plus loin, cf. 2.2.3).

Notons en vue d'un tel calcul que, comme pour les TPQ et TAQ, il est toujours possible de fermer les intervalles. En effet, concernant l'instant d'origine de la formation d'une US, il est toujours possible de trouver une borne au plus ancien et une borne au plus récent, dans les mêmes conditions qu'un TPQ et un TAQ ; quant aux durées minimum, elles sont, par défaut, nulles ; et les durée maximum, par défaut, sont égales à l'intervalle entre le plus récent TAQ et le plus ancien TPQ.

Autre perspective, une quantification particulière est à envisager pour la « durée de vie culturelle » des US évoquée plus haut (2.1.3). Dans certains cas, cette durée de vie d'une unité au sein du système culturel et social qui l'a produite se confond avec sa durée de formation (par exemple un dépotoir ou une latrine) ; de sorte que l'instant final de formation de l'US correspond à sa sortie du contexte systémique et au passage au contexte archéologique (suivant la terminologie de M. Schiffer). Du point de vue de l'interprétation historique et culturelle de l'US, cette identité de la « durée de vie » et de la durée de formation est une définition possible des unités d'occupation. Dans d'autre cas, cependant, ceux soulevés par M. Carver (1990), la durée de vie de l'unité s'étend au delà de son instant final de formation ; ce qui est une caractéristique des US de construction et d'aménagement. Dans ces cas, une estimation quantifiée de cette durée de vie, si elle est possible, pourrait aussi prendre la forme d'un intervalle d'imprécision.

2.1.6. l'US unité d'enregistrement

Unité et système d'enregistrement

Dans la fouille stratigraphique en aire ouverte, l'US est l'unité d'analyse du terrain ; le document central du système d'enregistrement est donc la fiche d'US. Chaque US reçoit un identifiant porté sur cette fiche, en général un numéro attribué par ordre de découverte. Il existe une grande variété

95 Parmi les essais déjà réalisés de calculs chronométrique basés sur la stratigraphie, intégrant des dates-plafond et des estimations chiffrées de durées correspondant aux indicateurs ici proposés, on peut citer les fouilles de Saint-Denis (Meyer dir. 1981 p.75-82), et de la grotte des Planches-près-Arbois (Pétrequin *et al.* 1985).

conséquences qu'il faut préciser, concernant en particulier l'enregistrement graphique. Celui-ci, dans une fouille stratigraphique en aire ouverte, est liée à l'analyse stratigraphique, et complémentaire du diagramme (un diagramme ne « remplace » pas un relevé de coupe, ni l'inverse).

D'abord, l'analyse du terrain est fondée sur les interfaces distinguées par le fouilleur ; les relevés dessinés (plans et coupes) doivent donc obligatoirement figurer ces interfaces, sans confusion possible avec des traits ou contours non signifiants stratigraphiquement (Harris 1979). Il n'est pas besoin d'insister sur l'inanité de la principale objection autrefois émise à la représentation de ces interfaces, celle de leur caractère subjectif : un relevé ne peut pas être autre chose que « subjectif » puisqu'il est issu d'une sélection et d'une interprétation de la réalité. Si le fouilleur a identifié des interfaces, il doit les représenter ; s'il n'en est pas certain mais qu'il juge utile de figurer cette information incertaine, il peut la représenter de façon spécifique (pointillés par exemple). Si le relevé ne figure aucune interface, alors qu'il a comme objectif de représenter la stratification, il ne sert à rien. Si par ailleurs le but est une représentation « réaliste », au plus près de l'aspect du terrain tel que le fouilleur l'a vu, le bon médium n'est peut-être pas le relevé dessiné, mais plutôt la photo⁹⁷.

Ensuite, la représentation sur un relevé des détails internes aux interfaces ajoute une information autre que stratigraphique, dont la nature doit être clarifiée : elle peut être soit spatiale, soit être « attributive » ;

Sur ce dessin de coupe (extrait de Barker 1977 p. 54) coexistent trois types d'information graphique :

- la **délimitation des interfaces** (séparation entre les couches numérotées), qui est l'information stratigraphique elle-même, d'où l'on peut déduire une chronologie relative (on remarque ici que les négatifs - la tranchée de fondation du mur 20 et le dérasement de celui-ci - qui dans la logique de Harris sont en soi des unités stratigraphiques bien que réduites seulement à des interfaces, ne sont pas numérotés)

- les détails internes aux unités stratigraphiques ("**information spatiale**" autre que stratigraphique) : ainsi le parement et le blocage du mur 20 vus en coupe

- des codes graphiques symboliques de la nature ou de l'interprétation de l'unité ("**information attributive**") : ici les mises en grisé des unités 3, 21 et 23.

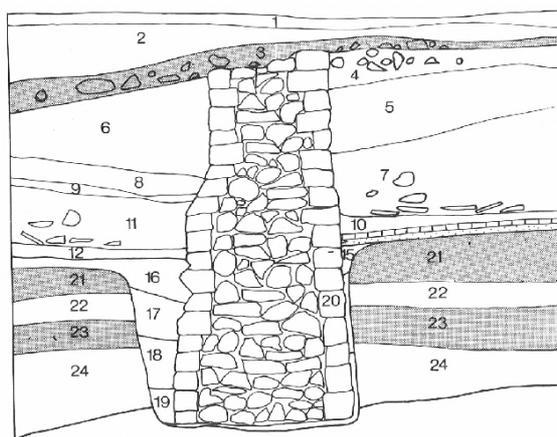


fig. 27: *information stratigraphique, spatiale et attributive sur un relevé de coupe*

- L'information de nature spatiale désigne ici des éléments existant réellement sur le terrain, figurés sur le relevé car jugés culturellement signifiants. Cette information varie suivant le choix du type de représentation géométrique : s'il s'agit d'une projection sur un plan horizontal ou vertical – par exemple le relevé pierre à pierre d'un mur (projection sur un plan vertical) ou le relevé d'une inhumation (projection sur un plan horizontal) – c'est plutôt l'épiderme, l'aspect de surface d'une ou plusieurs US qui est représenté. S'il s'agit d'une stricte coupe sur un plan vertical (tel un relevé de coupe stratigraphique) ou sur un autre plan, c'est plutôt la structure interne des US qui est représentée.
- Quant à l'information que nous qualifions ici « d'attributive », elle correspond à la représentation symbolique – fréquente dans les relevés de coupes – de la nature ou du type de couche sous forme d'un motif de remplissage ; cette information caractérise l'entité spatiale qu'est l'US, mais n'est pas en elle-même spatiale. Les outils informatiques, et plus

97 Voir plusieurs photos, pour mettre en évidence différents aspects (par exemple en lumière frontale – sans ombre – pour mettre en évidence les couleurs, et en lumière rasante pour mettre en évidence reliefs et texture) ; d'une façon générale la photo est effectivement un document d'enregistrement majeur (surtout en incluant les actuelles possibilités de redressement numérique d'image) dont, comme le disait déjà Wheeler (1954, 1989) la qualité dépend plus de celle de la fouille que de technique photographique.

précisément les systèmes d'information géographique rendent possibles l'utilisation dynamique de cette information attributaire sur des documents numériques.

Concernant plus précisément les relevés en plan, il faut revenir sur la technique du *single context plan* (SCP) évoquée plus haut, mise au point par Laurence Kern au sein du *Department of Urban Archaeology* du Musée de Londres en 1974. Le SCP est peu répandu en France, mais il est considéré par ses initiateurs comme un outil majeur de la méthode stratigraphique (Harris 1979 ; Harris 1992 ; Brown, Harris 1993). Chaque US est relevée indépendamment, sur une fiche-plan qui lui est propre (référéncée en coordonnées par rapport à l'ensemble du chantier), qui forme le correspondant graphique de la fiche d'US. La série des relevés d'US ainsi obtenus se substitue au fond de plan commun précédemment en usage. Le SCP figure l'extension spatiale de l'US ; c'est à dire la projection en plan de l'extension maximum de la surface de l'US, avec des prises de niveau indiquant la ou les altitudes de cette surface, et non l'extension de l'US à un niveau horizontal donné. Ce relevé, intégré dans le déroulement de la fouille en aire ouverte, est effectué au moment où cette extension maximale est visible, c'est-à-dire après la fouille de toutes les unités postérieures (qui, se superposant à l'US à relever, pouvaient masquer tout ou partie de son extension), après le repérage des limites de cette US, et avant le début de sa fouille (qui réduit puis fait disparaître son extension spatiale)⁹⁸. L'avantage principal de cette technique réside dans la facilité de reconstitution ultérieure de plans par phase, en combinant les SCP. En effet dans les sites à stratification dense de type urbain, l'élaboration du diagramme et sa mise en phase, puis la réalisation de plans par phase sont des opérations indispensables ; car la superposition des structures rend le plus souvent illisible un plan général figurant toutes ces structures. Les *single context plans* permettent de recomposer aisément ces plans par phase, dans un processus lui aussi informatisable à l'aide d'un SIG (Harris 1998). De plus, les SCP sont un moyen de contrôle de l'enregistrement des relations sur fiches : superposés dans l'ordre stratigraphique (ou en fonction des altitudes indiquées), ils visualisent les superpositions et recouvrements observés sur le terrain (Roskams 2001). Les promoteurs de cette méthode y voient de ce fait un enregistrement graphique de la stratification réellement tridimensionnel, plus complet qu'un jeu de coupes (Harris 1979).

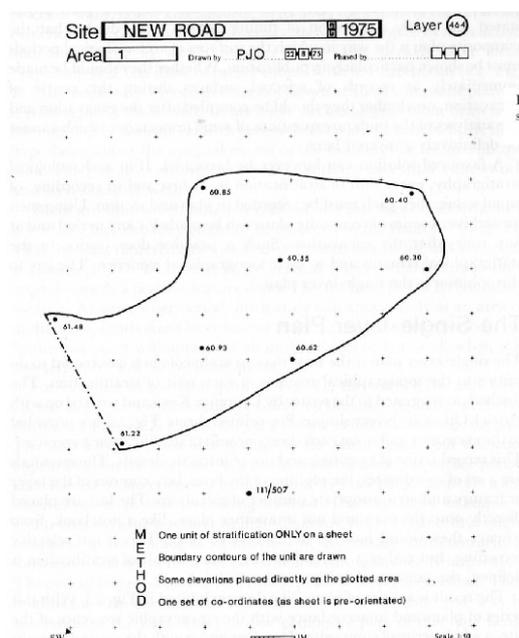


fig. 28: Single context plan

Fig. 22. This drawing is an example of a single-layer plan which is drawn on pre-printed sheets and aims to record the basic stratigraphic and topographical data of each unit of stratification (Harris and Ottaway 1976).

(extrait de Harris 1979 : figure 22)

Dans ce système utilisé notamment à Londres, l'extension spatiale et les altitudes de surface de chaque unité sont prises en plan sur des relevés individuels du type de celui ci-contre, servant ensuite à recomposer les plans par phases.

98 Le relevé doit donc être effectué par le fouilleur lui-même (ou sous sa responsabilité directe) : à l'instar de la décomposition du cahier de fouille en fiches d'US, la décomposition du fond de plan commun en relevés séparés pour chaque US correspond à la délégation plus grande des compétences d'enregistrement, dans le cadre d'une organisation plus collective du chantier, qui marque l'aire ouverte par rapport au système Wheeler (cf. 1.3.4).

Quant au relevé en coupe, sa fonction dans la fouille stratigraphique en aire ouverte est réduite, mais précise : donner l'image du terrain vue en coupe suivant un plan vertical. Comme on l'a vu, ce n'est pas sur ce type de relevé que repose principalement l'enregistrement proprement stratigraphique, et il n'est pas nécessairement lié à une coupe réellement pratiquée dans le terrain. La méthode de la coupe cumulative (par prise de niveau de la base de chaque US sur un axe prédéfini, lorsque la fouille de cette US est achevée, avant le début de la fouille de l'US suivante), proposée par Philip Barker en 1977, s'intègre comme le *SCP* au mouvement de la fouille, en permettant des vues en coupe générales, d'un bout à l'autre du chantier et de haut en bas de la stratification, sans nuire à la vision spatiale ; raison pour laquelle cette technique a la préférence de E. Harris : « *Plus qu'aucune autre méthode d'enregistrement des coupes, la coupe cumulative correspond aux exigences d'une théorie moderne de la stratigraphie archéologique* » (Harris 1979 p. 55). Elle suppose évidemment que l'interface que l'on relève ait été reconnue et suivie au préalable : elle est donc bien un outil de pur enregistrement graphique et non d'identification stratigraphique. Inversement, une coupe réelle pratiquée dans le but d'aider à l'identification d'une interface ou afin d'examiner la structure interne d'un dépôt – coupe dans ce cas le plus souvent locale et implantée en fonction d'une structure ou d'un problème précis – peut ne pas faire systématiquement l'objet d'un relevé dessiné (là encore la meilleure solution d'enregistrement graphique peut être la photo).

Le développement des techniques numériques de relevés et des outils de représentation spatiale 3D conduisent aujourd'hui à l'apparition du *single context recording* tridimensionnel, où la distinction entre plans et coupes laisse la place à l'enregistrement du volume de chaque US, dans un modèle numérique de stratification d'où l'on peut ensuite tirer plans, coupes et vues 3D. Encore expérimentaux, ces outils – qui permettent l'aboutissement intellectuel du principe du *single context recording* apparu il y a plus de trente ans – sont vraisemblablement destinés à devenir rapidement les techniques courantes d'enregistrement graphique des sites à stratification anthropique dense.

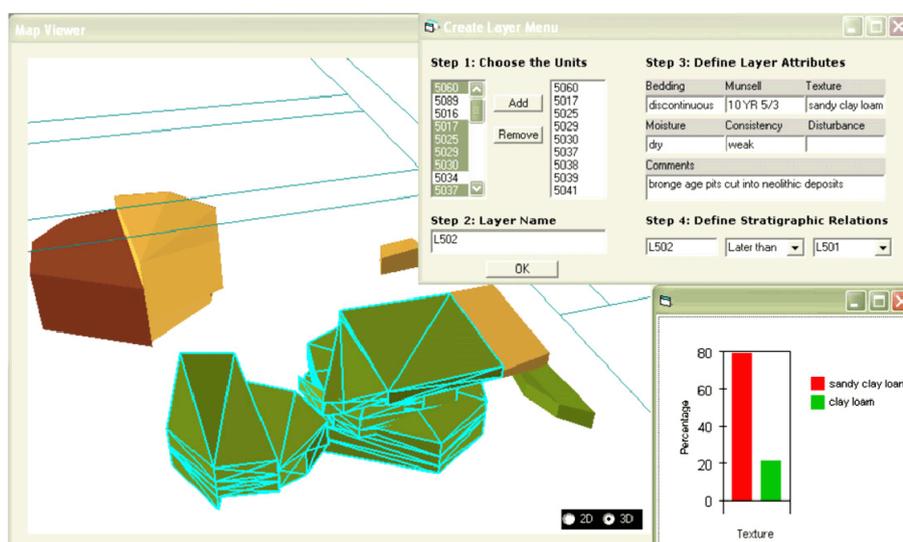


fig. 29: système informatisé d'enregistrement par US et relevé 3D sur le site de Paliambela Kolindros (Grèce) (Katsianis et al. 2008 p. 665)

2.2. La synthèse chronologique : le diagramme stratigraphique

Les données ainsi recueillies font l'objet d'un travail de synthèse, en plusieurs étapes. Dans les fouilles stratigraphiques en aire ouverte, ce processus de synthèse s'appuie sur le diagramme stratigraphique. Dans son état de base, celui-ci représente complètement, mais uniquement, la chronologie

stratigraphique définie à partir des seules observations de terrain (2.2.1). Une fois la succession stratigraphique établie, elle devient un outil de référence permettant de guider, à l'étape suivante, l'étude chronologique des témoins matériels (artificiels ou naturels) recueillis ; de la première sorte de temps que traitent les archéologues – le temps ordonné de la stratigraphie – on passe ainsi à la seconde : le temps relatif des évolutions culturelles (2.2.2). La chronologie relative stratigraphique est aussi la base permettant, lorsque que l'on dispose d'au moins quelques indicateurs de datation quantifiée (dates plancher ou dates plafond), d'inscrire chaque unité dans une fourchette de datation. Ce passage de la chronologie stratigraphique au temps calendaire, troisième sorte de temps traitée par les archéologues, peut être intégré au diagramme stratigraphique sous forme de paliers datés ; il est cependant utile de compléter le diagramme – qui ne peut représenter le temps que décomposé en unités discrètes – par un graphique de datation, sur l'échelle continue du temps quantifié (2.2.3). Les unités stratigraphiques elles-même peuvent être regroupées, en états plus synthétiques de l'occupation du site, et en étapes plus globales de son évolution. Ces niveaux de regroupement structurels ou chronologiques peuvent être visualisés sur le diagramme, renforçant son rôle d'outil de synthèse (2.2.4).

Il faut préciser que cette présentation comme deux temps séparés et successifs des phases d'analyse (2.1) et de synthèse (2.2), adoptée ici pour plus de clarté, est en fait largement abstraite. En pratique, il existe un mouvement d'aller-retour entre analyse et synthèse : en effet certains aspects ce travail de synthèse peuvent, et même ont intérêt à, démarrer dès la fouille (en particulier l'élaboration du diagramme) ; et la caractérisation de chaque US, ici abordée au niveau de l'analyse, si elle débute dès l'identification de l'unité sur le terrain, peut être ensuite approfondie au moyen de nouvelles données livrées par les études spécialisées qui suivent la fouille.

2.2.1. L'établissement de la chronologie stratigraphique : le diagramme nu

Représentation graphique

Le diagramme stratigraphique, résulte de la fusion en un seul document de toutes les relations enregistrées, représentées sous leur seule forme logique d'antéro-postériorité (trait vertical) ou de synchronisme (trait horizontal – cf. 2.1.1).

Dans la plupart des cas, le diagramme n'est pas linéaire ; il se ramifie lorsque une unité se trouve postérieure ou antérieure à plusieurs autres US n'entretenant pas de relations entre elles. Nous appellerons ici « convergence » une US immédiatement postérieure à plusieurs US sans relation entre elles, et « divergence » une US immédiatement antérieure à plusieurs US sans relation entre elles. Une même US peut être à la fois une divergence et une convergence (couche de remblai, recouvrant plusieurs constructions non adjacentes, et elle-même recoupée par plusieurs fosses distinctes par exemple).

Pour figurer cette ramification des successions stratigraphiques, le tracé de la *Harris Matrix* classique utilise une représentation arborescente (bien que, du fait de l'existence de convergences et de divergences dans une même stratification, le diagramme stratigraphique ne soit pas un arbre).

Proposition de représentation : le graphe ortho-linéaire

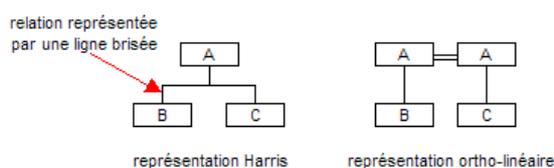
Nous utiliserons ici une représentation un peu différente de la forme traditionnelle, précédemment proposée (Desachy 1989 ; Desachy, Djindjian 1990). Cette représentation suit plus fidèlement les règles graphiques définies plus haut :

- un trait vertical représente toujours une relation d'antéro-postériorité. Chaque relation d'antéro-postériorité est représentée par un et un seul segment de droite du bord supérieur de l'étiquette de l'US antérieure au bord inférieur de l'étiquette de l'US postérieure.

- un trait horizontal représente toujours une relation de synchronisme. Chaque synchronisme est représenté par un et un seul segment de droite horizontal, d'un bord latéral d'une étiquette d'US à un bord latéral de l'étiquette de l'US synchrones.

En d'autres termes, dans cette représentation, une relation n'est jamais exprimée par une ligne brisée mélangeant segments verticaux et horizontaux (comme c'est le cas dans la représentation Harris classique).

Quand une US a plusieurs antérieures ou postérieures directes (lorsqu'il s'agit d'une divergence ou d'une convergence), son étiquette est répétée sur la même ligne autant de fois que nécessaire pour se situer sur le même axe vertical que chaque postérieure ou antérieure directe⁹⁹. Cette répétition d'étiquettes de la même US est autorisée par le fait qu'une US est synchrones à elle-même¹⁰⁰.



Ce type de représentation que nous qualifierons « d'ortho-linéaire » (composée de lignes droites verticales et horizontales, sans lignes brisées) nous a semblé graphiquement plus lisible (meilleure logique graphique de l'opposition des traits verticaux et horizontaux, suppression des lignes brisées et par conséquent du risque de confusion des relations avec les croisements de traits parfois inévitables), et plus facile à construire, en particulier pour les diagrammes de grande taille.

le choix de cette représentation correspond aussi à la possibilité d'exprimer graphiquement des caractères attachés aux relations ; par exemple la modalité d'incertitude (cf 2.1.1) ou l'interprétation culturelle et historique de la relation (cf 2.1.3). En effet, comme chaque relation est matérialisée par un segment de droite distinct (un et un seul segment correspond à une et une seule relation – ce qui est par ailleurs la caractéristique d'un graphe au sens mathématique), les attributs graphiques de ce segment de droite (trait continu ou pointillé, simple ou double, couleur, etc.) peuvent varier pour représenter des attributs de la relation. Cette représentation des attributs de la relation est plus malaisée dans le cas d'une représentation de type Harris où un même segment de droite peut être partagé par plusieurs relations (les attributs du trait correspondant devant alors refléter les attributs, même dissemblables, de toutes les relations qui l'empruntent).

Les relations d'antéro-postériorité incertaines (cf. 2.1.1) sont ainsi représentées par des traits verticaux pointillés. Quant aux synchronismes incertains, ils sont marqués par un cadre horizontal (hachuré) qui entoure les unités synchrones¹⁰¹.

Par ailleurs, les étiquettes d'unités présentent un aspect variable, pour exprimer les trois types fondamentaux d'US définies plus haut (cf. 2.1.2) : les dépôts (cadre autour de l'identifiant), les négatifs (absence de cadre, identifiant souligné) et les unités d'altération (absence de cadre, identifiant en italiques) (cf fig. 16 p.65)

99 L'ensemble horizontal ainsi formé par les étiquettes d'une même unité peut visualiser le rôle de « pivot » stratigraphique de certaines unités (témoignant d'un nivellement général par exemple).

100 Du moins lorsque le fouilleur est à jeun.

101 Ce cadre peut parfois s'étendre sur plusieurs lignes, car dans certains cas toutes les unités synchrones ne peuvent être disposées sur la même ligne.

De la stratigraphie physique à la stratigraphie abstraite : le traitement des relations redondantes

Le diagramme « nu », limité à la représentation de la chronologie relative, est déjà une première étape de synthèse des données de terrain. En effet, toutes les relations existantes et observables sur le terrain n'y sont pas figurées.

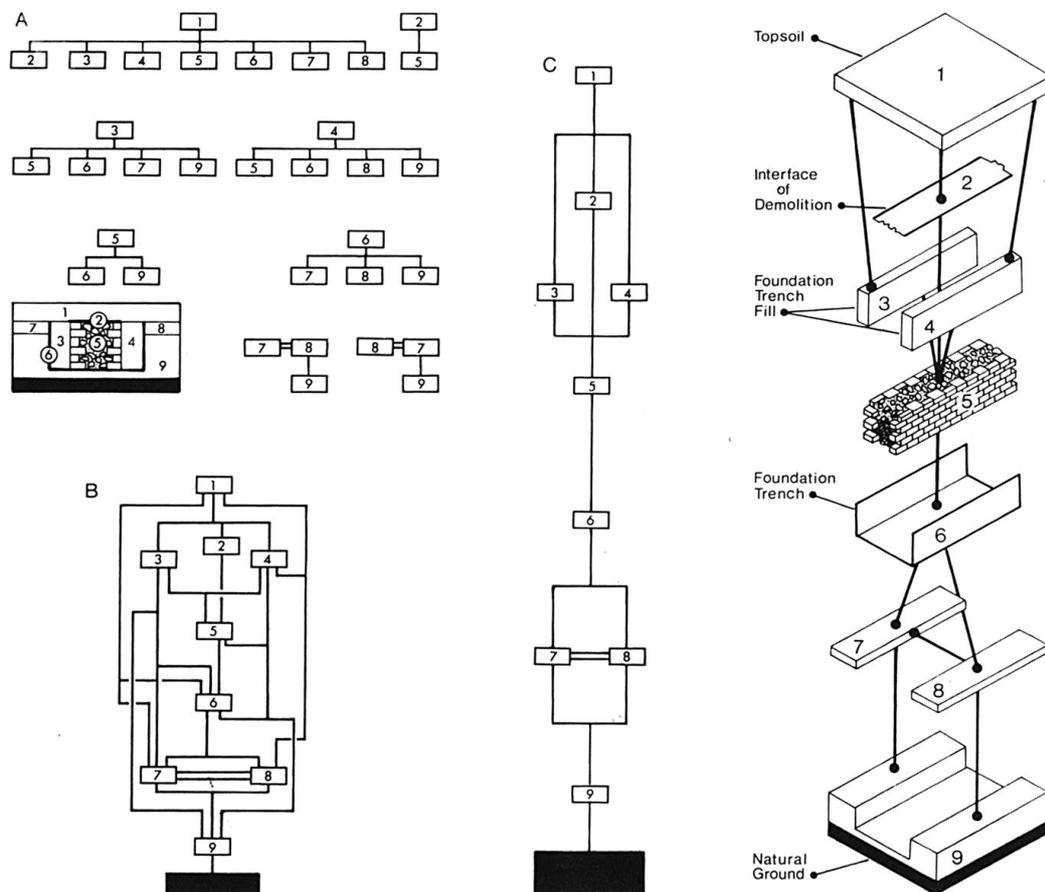
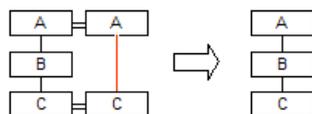


Fig. 28. This diagram illustrates the making of a stratigraphic sequence by the Harris Matrix method and in accord with the law of Stratigraphical Succession: In A all the superpositional relationships of the units of stratification of the site are given in section and in the matrix form; in B they are all shown in a diagram which is an abstract version of the section; according to the Law of Stratigraphical Succession, the superfluous relationships are removed and C is the stratigraphic sequence of the site, shown graphically in D

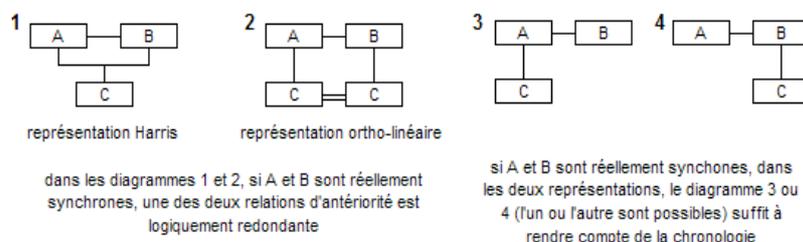
fig. 30: le processus de dépouillement des relations observées pour arriver à la Harris Matrix (dépouillement des relations non redondantes) (Harris 1979 fig.28)

Lorsqu'une US A est postérieure à une US B elle-même postérieure à une US C, la relation A sur C n'est pas représentée, même si elle a été enregistrée, car elle est, comme on l'a vu plus haut (2.1.1) logiquement déductible des deux premières. L'élimination des relations déductibles, dites « redondantes », fait l'objet de la quatrième loi de Harris, dite de succession stratigraphique : «une unité stratigraphique donnée prend sa place dans la succession stratigraphique d'un site entre la plus ancienne de toutes les unités postérieures et la plus récente de toutes les unités antérieures, et avec lesquelles elle a un contact physique, toute autre relation étant considérée comme redondante » (Harris 1979b p. 113)¹⁰². Le diagramme ainsi simplifié représente toute la chronologie stratigraphique, et rien que celle-ci.

102 Nous verrons ultérieurement (chap 4) qu'il s'agit en fait d'une conséquence de la propriété mathématique de transitivité qui caractérise les relations d'ordre.

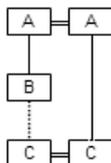


De même, comme on l'a dit plus haut (cf. 2.1.1), la règle d'élimination des redondantes doit logiquement prendre en compte les relations de synchronisme certain :



Concernant les relations incertaines (synchronismes et antéro-postériorités), nous avons défini plus haut (2.1.1) les conséquences de cette modalité d'incertitude : une relation certaine ne peut être déduite d'une relation incertaine.

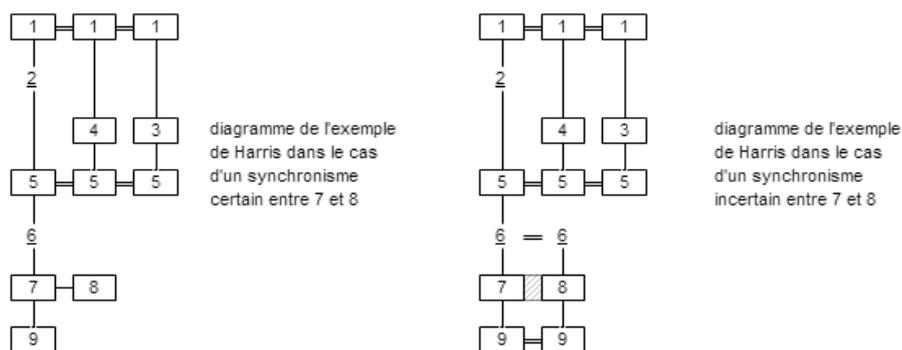
Cette non-déductibilité s'applique logiquement, mais à l'inverse, à l'élimination des relations redondantes. Si l'on a observé et enregistré les trois relations suivantes : A est postérieur à B, B peut-être postérieur à C (relation incertaine), et A postérieure à C, la dernière relation, redondante si on ne tient pas compte de la modalité d'incertitude, ne doit pas être éliminée. Car si l'on tient compte de l'incertitude qui affecte la seconde relation, la troisième relation « A (certainement) postérieure à C », n'est pas déductible des deux premières (on ne peut déduire une relation certaine d'une relation incertaine). Cette troisième relation doit donc apparaître sur le diagramme, où elle maintient le fil de la chronologie certaine.



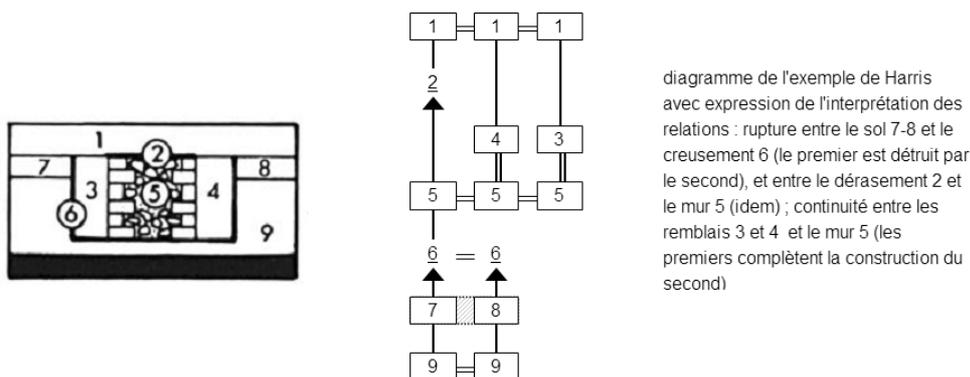
De fait, sur l'exemple simple de stratification proposé par E. Harris pour illustrer le principe du diagramme stratigraphique, on remarque que la règle d'élimination des relations redondantes n'est pas appliquée concernant la relation de synchronisme figurée entre les unités 7 et 8 (cf. fig.30 ci-dessus).

Cela constitue une anomalie au regard du principe d'élimination des relations redondantes ; en effet si la « corrélation » entre ces unités était une relation à part entière, la représentation des relations « 7 sous 6 » et « 9 sous 7 » suffirait, les relations « 8 sous 6 » et « 9 sous 8 » étant alors redondantes en raison du synchronisme 7-8 (cf. 2.1.1).

Bien que cette anomalie ne soit pas expliquée par son auteur, nous l'interprétons ici comme une application intuitive du principe de précaution que constitue la non-déductibilité des relations incertaines. E. Harris ne tient pas compte de la « corrélation » entre 7 et 8 pour appliquer la règle d'élimination des relations redondantes, vraisemblablement en raison de l'absence de continuité observable entre 7 et 8 ; ce qui correspond à un synchronisme incertain.



Notons enfin, dans la perspective de la prise en compte de l'interprétation culturelle et historique des relations (notamment en termes de rupture ou continuité) évoquée plus haut (*cf.* 2.1.3), que la règle d'élimination des relations redondantes devra dans ce cas être aménagée. Elle pourra, en effet, être segmentée, et appliquée à l'intérieur de chaque catégorie interprétative de relations, mais pas d'une catégorie à l'autre (par exemple, une relation de « rupture », étant de nature différente, devra continuer à apparaître même si elle est redondante par rapport à des relations de « continuité »).



2.2.2. La stratigraphie et le temps relatif des évolutions de la culture matérielle

Stratigraphie et sériation chronologique : une dialectique pérenne

L'importance dans l'histoire intellectuelle de la discipline archéologique, de la rencontre entre la stratigraphie et l'étude des objets (visant à définir l'évolution de ces objets) a été évoquée plus haut (1.2.2 et 1.2.3). Sur le plan conceptuel, cette confrontation des contextes et des objets correspond aux deux sortes de chronologies relatives que manie l'archéologue : le temps relatif ordonné, discontinu, des unités stratigraphiques, et le temps relatif continu des évolutions culturelles et naturelles du contenu de ces unités. Sur le plan pratique, elle correspond à une étape du processus de traitement des données issues d'une opération archéologique de terrain : celle de l'exploitation de l'information stratigraphique dans l'étude des éléments matériels recueillis.

L'étude de ces évolutions de traits matériels observés par l'archéologue est l'objet des recherches de sériation. Ce domaine a suscité de nombreux travaux¹⁰³ (commentés notamment dans Djindjian 1991, Giligny 2002). D'une façon générale, le modèle chronologique de sériation est celui d'une évolution continue : un type d'objet ou un trait culturel apparaît, se développe, puis disparaît définitivement. Ce modèle de courbe unimodale, supposée être celle de l'évolution dans le temps

103 Parmi lesquels certains se sont attachés à la sériation d'ensembles issus de sites urbains densément stratifiés (Carver 1985)

de tout trait culturel (et naturel), remonte aux origines de la typologie archéologique, depuis Caylus, en passant par les chrono-typologues évolutionnistes tels Montelius ou Pitt-Rivers. Pour les archéologues actuels héritiers de cette tradition, il s'agit d'une « théorie intermédiaire » (*middle range theory*), c'est à dire, suivant la définition des archéologues « processuels » américains des années 1960 et 1970, une théorie qui sans présenter le caractère général d'une loi, est corroborée dans un nombre de cas suffisants pour constituer un modèle de référence (Demoule 2002). Du point de vue qui nous intéresse ici, celui du rôle de la stratigraphie dans la sériation, on peut distinguer deux stades.

Dans un premier stade, celui des recherches typologiques intrinsèques à l'étude des objets, la stratigraphie n'intervient pas directement. Cette étape correspond à la construction de tableaux de données portant uniquement sur des objets (objets en individus et traits observés sur ces objets en variables). Notons que si cette démarche peut mettre en évidence par exemple des types technologiques, une recherche de sériation chronologique limitée à ce stade, sans confrontation avec des données de contexte ou des éléments de datation, ne donne lieu qu'à une interprétation incontrôlée (ce que Jean-Claude Gardin (1979) appelle une « construction libre ») ; quelle que soit la complexité mathématique ou informatique des outils employés, une telle recherche en reste sur le fond au stade aujourd'hui dépassé de la philologie archéologique du XIXe siècle (cf. 1.1.2).

La stratigraphie intervient de manière active dans une deuxième étape de recherche sérielle, celle du croisement de l'information contextuelle avec les traits matériels étudiés, ou avec des types définis dans la première étape. Les individus des tableaux de données à traiter ne sont alors plus directement des objets, mais des ensembles d'objets ou de traits matériels correspondant à des contextes identifiés sur le terrain (US, structures, sépultures...). Traités dans le cadre d'une recherche de sériation chronologique, ces objets ou traits matériels sont considérés comme contemporains (à l'échelle de temps étudiée par l'archéologue) au sein d'un même ensemble archéologique : l'information stratigraphique mise en œuvre est alors celle du synchronisme entre les constituants de chaque ensemble (ce qui suppose une critique de ces ensembles du point de vue de leur caractère réellement primaire et clos).

En l'absence d'une succession stratigraphique qui ordonne ces ensembles dans le temps (ce qui est le cas par exemple de structures – fosses, sépultures, etc. – identifiées sur des sites érodés, sans relations stratigraphiques conservées entre elles ; ou d'ensembles provenant de sites différents), l'hypothèse de sériation est appliquée pour les situer chronologiquement, en fonction des présences et proportions des traits matériels considérés. Le résultat peut être a posteriori corroboré à l'aide d'éléments de datation disponibles (datations 14C par exemple). Cette démarche principalement inductive mais construite sur la relation objet-contexte, donc réfutable et corrigible – « construction guidée » de Jean-Claude Gardin, conforme au critère scientifique de « falsifiabilité » proposé par le philosophe et logicien Karl Popper (1902-1994) (Popper 1935, 1973) – correspond à la riche tradition intellectuelle qui, depuis les travaux de Montelius jusqu'à l'actuelle définition des groupes culturels du Néolithique, en passant par la méthode du *cross dating* de Petrie et Childe, a permis de structurer et d'ordonner la chronologie protohistorique européenne.

Dans cette démarche, l'intérêt de l'existence d'une stratification dense et d'un diagramme qui en rend compte est de pouvoir obtenir une structuration des données dont la signification chronologique est issue de l'ordre stratigraphique préalablement connu, donc contrôlée *a priori*. L'information contextuelle stratigraphique est dans ce cas exploitée dans sa double dimension : les synchronismes définissant les ensembles, et la succession ordonnée de ces ensembles. Pratiquement, l'ordre des US (ou regroupements d'US) donné par le diagramme (ordre dont nous verrons qu'il peut être exprimé par un rang ou une distance stratigraphique – cf. chap. 3) sert à fixer celui des lignes du tableau de données. La recherche d'associations significatives entre unités (ensembles) et traits étudiés se fait en fonction de cet ordre. Ce cas de figure de raisonnement

chronologique totalement déductif (« constructions imposées » de Jean-Claude Gardin) ne nécessite pas de mettre en œuvre *a priori* un modèle d'évolution chronologique ; mais il peut servir à tester un tel modèle. Il est ainsi possible non seulement de sélectionner les variables conformes au modèle de sériation, mais aussi d'examiner celles qui se comportent différemment, reflétant par exemple des phénomènes d'évolution cyclique.

En effet-retour vers l'étude des contextes et de leur processus de formation, l'examen de la répartition des éléments recueillis dans le cadre de l'ordre donné par la succession stratigraphique dans les contextes permet aussi d'approcher les phénomènes de remaniement ou d'intrusion.

Un outil : le sériographe (examen des écarts à l'indépendance sous contrainte de l'ordre stratigraphique)

Parmi les nombreuses techniques de sériation existantes (qu'il serait hors de propos de passer ici en revue), nous en mentionnerons ici une (proposée il y a quelques années – Desachy 2004b), en raison de son adaptation particulière au traitement sous contrainte stratigraphique (c'est à dire dans le dernier des cas de figure évoqués ci-dessus, lorsque l'ordre chronologique est fourni par le diagramme stratigraphique).

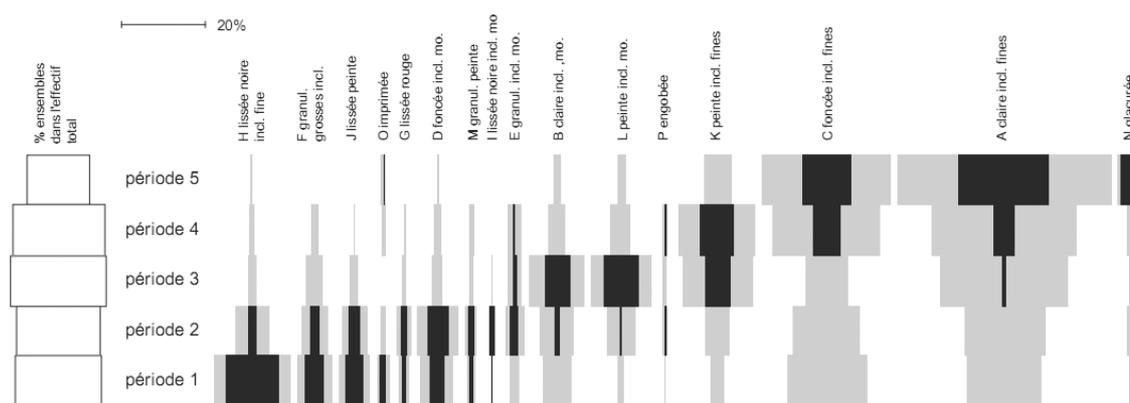
Il s'agit d'un outil simple (dit sériographe EPPM), dont le principe est celui, bien connu, du « diagramme de Ford¹⁰⁴ » ou diagramme en bateaux, appelé *seriograph* par les archéologues britanniques. Le tableau de données de départ correspond au deuxième stade évoqué ci-dessus : il croise des ensembles archéologiques (individus, en lignes) avec des traits matériels observés et décomptés dans ces ensembles (variables, en colonnes ; par exemple, des types de céramiques, décomptés en nombres de fragments, nombres équivalents vases, ou autre technique de comptage). Le graphique visualise les proportions calculées à partir de ce tableau, en ramenant à 100 % l'effectif total de chaque ensemble (cette opération exprimant l'hypothèse, pas anodine et qui doit donc être argumentée, de l'égalité représentativité de chaque ensemble) ; proportions exprimées sous forme de bandes horizontales centrées sur chaque axe vertical correspondant à une variable. Une évolution correspondant au modèle de sériation prend ainsi l'apparence d'une série de « bateaux » régulièrement échelonnés ; apparence que l'on peut mettre en évidence par permutation des colonnes (axes verticaux), ainsi que des lignes (si l'on ne dispose pas d'un ordre chronologique préalablement connu des ensembles).

La spécificité du sériographe EPPM est de superposer, à la visualisation de la proportion de chaque variable pour chaque ensemble (en gris), celle de la part supérieure à la moyenne de la variable (en noir). Cette visualisation des écarts positifs aux pourcentages moyens (EPPM) est une expression de la notion statistique d'écarts à l'indépendance¹⁰⁵ ; elle permet de repérer les associations significatives entre ensembles et traits matériels (présence de valeurs noires) et de mieux guider ainsi la recherche de sériation (qui peut être automatisée par l'algorithme simple des « moyennes réciproques »).

Cet outil n'est pas concurrent des techniques d'analyse des données plus sophistiquées (telle l'analyse factorielle des correspondances, à laquelle il est d'ailleurs techniquement apparenté) ; il est destiné à intervenir en amont, pour examiner rapidement, « en routine », la répartition du matériel dans les unités stratigraphiques (ou regroupement d'US). Le blocage de l'ordre des lignes, que permet l'ordonnement des US fourni par le diagramme stratigraphique, permet d'assurer l'interprétation chronologique et d'examiner les évolutions des traits matériels étudiés en relation avec la stratigraphie.

104 Lequel diagramme de Ford est lui-même un cousin des diagrammes palynologiques.

105 Visualisation inspirées des travaux de Jacques Bertin (« matrice pondérée » - Bertin 1977) et de ceux de Philippe Cibois sur la représentation des écarts à l'indépendance dans le cadre de son logiciel libre d'analyse statistique Tri-Deux : <http://pagesperso-orange.fr/cibois/SitePhCibois.htm>



Sériation déduite (ordre des lignes donné par la succession stratigraphique des US regroupées en périodes) de comptages de types céramiques du IX au XIIIe s. (site des Halettes, Compiègne, Oise)

fig. 31: utilisation du sériographe EPPM sur des données de fouille urbaine (extrait de Desachy 2004 b)

Nous mentionnons ici cet outil, déjà existant et publié, car nous le concevons principalement comme une extension fonctionnelle du diagramme stratigraphique (plus que comme un outil de recherche de sériation « libre », rôle pour lequel il présente des limites), permettant d'utiliser systématiquement l'information stratigraphique dans le comptage et le traitement du matériel provenant des sites très stratifiés, concernant les artefacts, les écofacts, voire les constituants sédimentologiques des US (Fondrillon 2007).

Il faut noter de ce point de vue que les données issues des opérations d'archéologie urbaine constituent des gisements d'information particulièrement denses et statistiquement intéressants, en raison de la quantité importante de matériel recueilli, du nombre d'ensembles archéologiques dans lesquels se répartit ce matériel, et de l'ordonnement stratigraphique de ces ensembles. Si l'exploitation de cette information est assurée dans les cas de sites bénéficiant d'un suivi archéologique de long terme (tels, pour prendre des exemples parmi les plus anciens, Tours¹⁰⁶ ou Saint-Denis), dans bien des cas, des opérations préventives importantes, mais plus ponctuelles ne peuvent inclure cette phase de croisement systématique de l'information stratigraphique et de l'étude des éléments recueillis (ou ne peuvent le faire que de façon partielle).

2.2.3. L'inscription de la chronologie stratigraphique dans la chronologie quantifiée

La correction stratigraphique des intervalles de datation

Comme indiqué plus haut, aucun élément autre que l'observation des interfaces, et en particulier aucun élément de chronologie quantifiée (études typologiques, monnaies, textes, datations physico-chimiques...), ne doit intervenir dans l'élaboration de la chronologie relative stratigraphique, sous peine notamment de cercles vicieux dans les raisonnements chrono-typologiques : « *Aucun de ces éléments des études post-fouille ne modifie la succession stratigraphique elle-même car elle est basée sur les seules relations stratigraphiques* » (Harris 1979 p. 91). Afin d'éviter toute ambiguïté dans le discours et de bien maintenir cette distinction entre les deux ordres d'information chronologique que sont d'une part les indications chronométriques et d'autre part l'observation stratigraphique, nous réserverons ici les termes « avant » ou « après » à la position d'une US au regard de la chronologie absolue, les

106 Un processus formalisé de traitement chronologique a été développé par Philippe Husi avec la collaboration de Lise Bellanger pour le traitement de la céramique tourangelle, fondée sur la sériation sous contrainte de l'information stratigraphique d'ensembles clos (« CRI » : Chronologie Relative Intégrante), opérée à l'aide d'analyses statistiques multidimensionnelles, et aboutissant à un modèle permettant la réaffectation chronologique de nouveaux ensembles (Husi, Bellanger 2003),

termes « sur » et « sous » exprimant sa position en stricte chronologie relative stratigraphique (cf. 2.1.2). Par exemple pour deux US sans relation stratigraphique entre elles, mais dont l'une a 1250 comme date plafond et l'autre 1500 comme date plancher, on dira de cette dernière qu'elle est « après », mais pas « sur » la première. De même on réservera ici le terme « synchrone » à la chronologie stratigraphique et le terme « contemporain » à la chronologie quantifiée : deux US peuvent être contemporaines mais non synchrones (formées à la même date, mais séparément) ; par contre le synchronisme de deux US implique leur contemporanéité.

Mais à l'inverse, une fois la chronologie stratigraphique établie, celle-ci peut permettre le report des indications chronométriques, afin de dater des US dépourvues en propre de date plancher ou plafond. Ce raisonnement mis en œuvre à partir des relations stratigraphiques et des TPQ et TAQ est connu et pratiqué, mais de façon plus ou moins empirique et intuitive (Ferdière 2007). Il n'est donc pas inutile d'en rappeler précisément les règles :

- le TPQ d'une US est logiquement aussi celui des US postérieures, sauf si des TPQ plus récents sont attribués à ces dernières ;
- de même le TAQ d'une US est aussi celui des US antérieures, sauf si ces dernières disposent de TAQ plus anciens ;
- mais attention, inversement, le TPQ d'une US ne peut pas constituer un TAQ pour les US antérieures ; et le TAQ d'une US ne peut pas constituer le TPQ des US postérieures ;

Notons que l'application de ces règles entraînent non seulement le report, mais aussi dans certains cas la correction (c'est à dire la diminution de l'imprécision) des intervalles de datation TPQ-TAQ des US. En effet, dans le cas où le TPQ d'une US est plus récent que le TPQ d'une US postérieure, le TPQ propre de l'unité postérieure est logiquement remplacé par un TPQ déduit, celui provenant de l'unité antérieure (cas possible, notamment si le TPQ de l'US postérieure est donné par un mobilier redéposé : par exemple une couche d'occupation médiévale surmontée par un remblai contenant du matériel romain remanié) ; l'intervalle d'imprécision de la date de cette unité postérieure est ainsi réduit. Dans le cadre de ce raisonnement de report et de recalage des TPQ et TAQ, l'intérêt d'une date d'US précisément connu (c'est à dire d'un instant final de formation d'US précisément daté – cf. 2.1.5) est clair : celle-ci peut servir à la fois de TPQ pour les couches postérieures, et de TAQ pour les couches antérieures.

Bien que E. Harris lui-même ait peu développé cet aspect, le diagramme stratigraphique peut ainsi devenir un outil de datation. En effet, il est possible, à partir d'éléments de datation connus pour quelques unités seulement, d'affecter à toutes les unités une fourchette TPQ – TAQ. Nous avons vu plus haut qu'il est toujours possible, dans l'absolu, de trouver un TAQ (le présent) et un TPQ. Avant toute indication chronométrique, l'ensemble des US du diagramme, et donc le diagramme lui-même, s'inscrivent donc dans un seul et très large intervalle d'imprécision correspondant à ce TPQ et à ce TAQ « absolu » (mettons, s'il s'agit de la fouille d'un habitat sédentaire : TPQ : -6000 ; TAQ : 2008). L'introduction d'un seul TPQ (par exemple une monnaie frappée en 1600, attribuable à l'unité X) va déjà préciser cette inscription du diagramme dans le temps absolu ; en effet, le sous-ensemble du diagramme formé par X et toutes les US postérieures prend alors l'intervalle d'incertitude [1600 – 2008]. Au fur et à mesure que des éléments de datations sont apportés par les différentes études, l'inscription du diagramme dans le temps absolu peut ainsi être détaillée et développée, par la subdivision du diagramme en multiples sous-ensemble chacun pourvu d'une fourchette de datation.

Notons, à titre de perspectives, que la prise en compte des indicateurs supplémentaires proposés plus haut (2.1.5) dans le report stratigraphique des datations permettrait (dans certains cas) d'augmenter la précision des intervalles TPQ TAQ. Par exemple, si l'on dispose d'indications

minimales de durées, la date de fin de formation d'une US est nécessairement postérieure ou égale au TPQ de l'US antérieure, augmenté de la durée minimale « d'entretemps » entre les deux US et de la durée minimale de formation de l'US postérieure ; si l'une de ces deux durées minimales est supérieure à 0, le TPQ peut ainsi être rajeuni au cours de son transfert stratigraphique. De même, l'indication de durées maximales permet, en une manœuvre interdite avec les seuls TPQ et TAQ, de reporter des TPQ vers des couches antérieures ou des TAQ vers des couches postérieures. On peut ainsi rationaliser des reports de datation intuitivement pratiqués : par exemple une sépulture à inhumation disposant d'un TPQ donné par le matériel déposé dans la fosse avec le corps ; considérant que la durée de formation maximale du dépôt funéraire est courte (de l'ordre de quelques heures), et que la durée maximale écoulée entre le creusement de la fosse et le dépôt du corps et des objets est elle-même courte (de l'ordre de quelques jours), on peut considérer que le TPQ du dépôt funéraire s'applique, à peu de choses près, au creusement de la fosse qui lui est stratigraphiquement antérieur. En effet, le creusement de la fosse est nécessairement postérieur au TPQ du dépôt funéraire moins les durées maximales cumulées de formation du dépôt funéraire et d'entretemps entre la fosse et le dépôt funéraire.

Représentation graphique : mise en palier du diagramme, graphique des intervalles de datation

La situation des US dans le temps absolu peut alors, dans une certaine mesure, être exprimée par leur hauteur sur le diagramme : ainsi sur son exemple de diagramme, E. Harris place le négatif 2 (dérasement de la maçonnerie 5) plus haut que les remblais 3 et 4, car il est supposé plus récent (2, 3 et 4 ayant par ailleurs la même position stratigraphique relative).

Cependant, il n'est pas possible d'utiliser la dimension verticale du diagramme stratigraphique comme une échelle quantifiée du temps donné par les indicateurs chronographiques habituels (TPQ-TAQ), sous forme d'intervalles d'imprécision. En effet, en raison de l'inégalité de ces intervalles d'imprécision, il n'est pas possible de figurer à la fois les TPQ et TAQ sous une forme respectant la logique du diagramme et de l'échelle du temps verticale, c'est à dire sous forme de divisions horizontales¹⁰⁷.

Nous proposons donc le principe de deux représentations : une mise en paliers chronologique du diagramme stratigraphique portant soit sur les TPQ, soit sur les TAQ, dans laquelle ceux-ci deviennent des seuils qui s'insèrent dans la chronologie ordonnée ; et parallèlement, une visualisation simultanée des TPQ et TAQ sous forme d'un graphique des intervalles des dates d'US, qui lui s'inscrit dans l'échelle du temps quantifié (en l'occurrence figurée à l'horizontale, comme un planning).

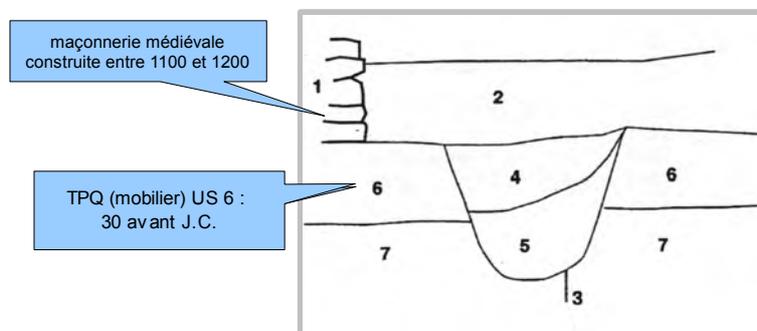


fig. 32: exemples d'éléments de datation

Ces représentations graphiques sont destinées à permettre une exploitation plus systématique et plus aisée de l'information stratigraphique croisée avec les éléments de datation disponible ; ainsi,

¹⁰⁷ Cette irrégularité du temps stratigraphique par rapport au temps historique est commentée notamment par Laurent Olivier (2001).

de la même façon que le diagramme stratigraphique peut constituer un outil de sériation, il constitue aussi un outil de datation. En particulier, les deux formes possibles de diagramme mis en paliers (sur les TPQ ou sur les TAQ), en illustrant les deux dispositions extrêmes chronologiquement possibles, constituent une aide à la mise en forme finale du diagramme par l'utilisateur.

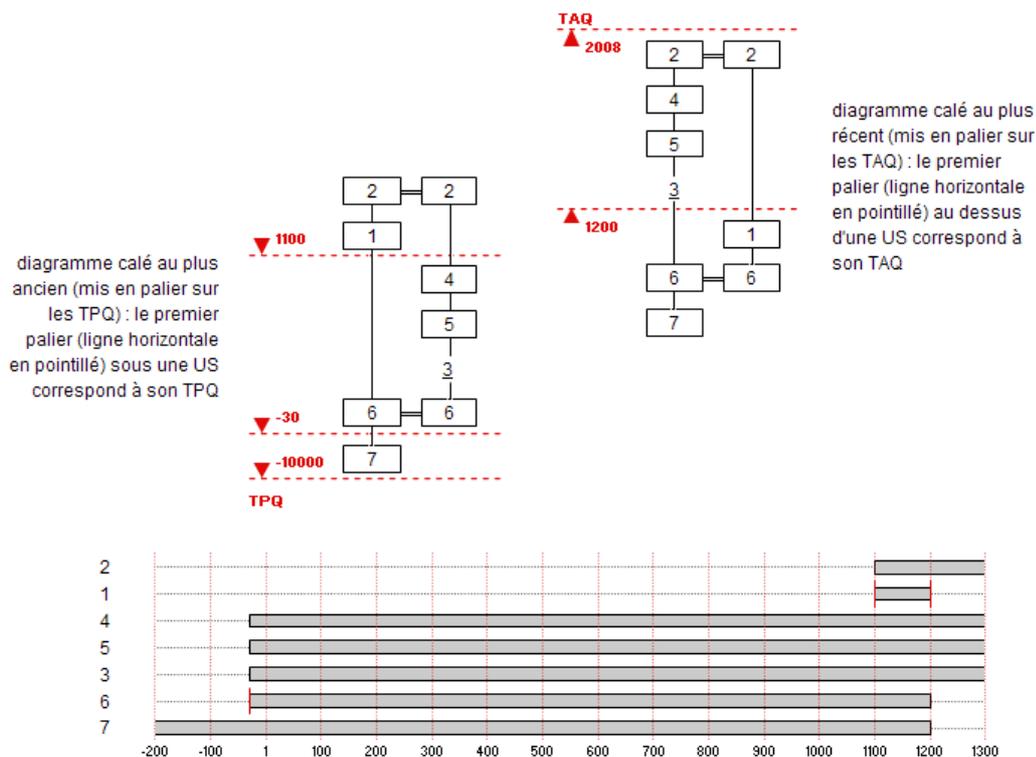


fig. 33: diagrammes mis en paliers, et graphique des intervalles TPQ-TAQ d'après la stratification et les éléments de datation de la figure 32

2.2.4. les regroupements synthétiques d'unités stratigraphiques

La pratique des regroupements d'unités dans le traitement des données stratigraphiques

Sur la base de la stricte information stratigraphique (le « diagramme nu »), l'interprétation de nature culturelle et historique effectuée au niveau des US (voire des relations), issue de l'observation de terrain et des différentes études liées à la fouille, fonde l'élaboration de regroupements d'unités. Ces regroupements synthétisent l'évolution de l'occupation sur le site étudié, par exemple sous forme de phases successives. Cette opération de « passage d'un modèle ordinal (le diagramme nu) à un modèle agglomératif (le diagramme mis en phase) » (Sharon 1995 p.753), construisant la synthèse (la mise en phases) à partir de l'analyse (au niveau de l'US), s'oppose à une mise en phases définie et figée *a priori* (sur la base d'un sondage préalable par exemple) dans laquelle sont ensuite obligatoirement répartis les vestiges découverts au fur et à mesure de la fouille ; mise en phase *a priori* qui est un caractère hérité de la « protostratigraphie » évoquée au chapitre 1 (1.2.4).

E. Harris lui-même (1979) a distingué deux niveaux de regroupements : les « phases » (*phase*), elles mêmes regroupées en « périodes » (*period*) ; à ce dernier niveau il rattache le concept de *period interface*, c'est-à-dire de surface combinée de toutes les US, témoignant d'un état d'ensemble de l'occupation (par exemples les sols et murs contemporains d'utilisation). Les fouilleurs britanniques

ont ensuite développés diverses hiérarchies synthétiques ; par exemple les trois niveaux de distingués par M. Carver (2005) : *context* (US), *feature* (« fait » : ensemble d'US), *structure* (ensemble de faits) ; ou les trois niveaux adoptés par le *Scottish Urban Archaeological Trust* (SUAT) : le *set* qui rassemble les unités stratigraphiques directement associées (une fosse et son remplissage par exemple), le *group* qui rassemble les *sets* formant une structure, et la *phase*, regroupement plus large lié à un type d'occupation du site (Cox 2000). Les travaux du groupe *Interpreting Stratigraphy* notamment se font fait l'écho de ces réflexions (Roskams 2000 dir.). De même en France, des définitions générales de niveaux de regroupements ont été proposées (Randouin éd. 1987), plus ou moins reprises par les différents équipes de fouilles, qui ont aussi développé des vocabulaires locaux.

Regroupements structurels et chronologiques : la dialectique des vues synchronique et diachronique

Derrière ces différents niveaux de regroupement, on retrouve une dichotomie classique : celle de la vision synchronique, de l'état de l'occupation et de l'organisation du site à un instant donné, et de la vision diachronique, de leur évolution dans le temps.

En effet, on peut d'une part distinguer des regroupements chronologiques, traduisant une vision diachronique ; les principaux termes utilisés en France, définis dans la synthèse de 1987 (Randouin éd. 1987) mais utilisés avec différentes variations de sens, sont : la **séquence**, ou regroupement élémentaire d'US relevant du même événement précis et de la même interprétation culturelle¹⁰⁸, par exemple la séquence de construction d'un sol ou d'un mur ; la **phase**, ou ensemble d'US ou de séquences correspondant à un même événement global (construction d'un bâtiment), à une occupation d'un même type (habitat, artisanat...), ou à une même organisation de cette occupation ; la **période**, ou plus large regroupement chronologique, réunissant une ou plusieurs phases en un ensemble inscrit dans le temps quantifié, en relation avec une période historique (Moyen Âge, Temps Modernes, etc.). Quelles que soient les nuances de sens avec lesquelles cette hiérarchie est utilisée, elle correspond au besoin de distinguer des temporalités différentes dans l'évolution de l'occupation étudiée : sur le court, le moyen, et le long terme.

D'autre part, certains types de regroupement aussi utilisés renvoient, eux, à une vision structurelle et synchronique, de l'état de l'occupation à un moment donné ; les plus usités, eux aussi cités dans la synthèse de Tours (Randouin éd. 1987) sont : le **fait**, ou regroupement élémentaire d'US correspondant à une unité fonctionnelle, identifiable sur le terrain (par exemple l'ensemble des US attribuables à un sépulture, une fosse et son remplissage, un trou de poteau...) ; la **structure** (ou **ensemble**), ou regroupement de faits « *ayant entre eux des rapports structurels étroits* » (par exemple les poteaux formant un bâtiment).

Ces deux visions synchronique et diachronique se croisent, de sorte par exemple qu'une séquence chronologique de construction de mur (tranchée de fondation, puis maçonnerie de fondation, puis remblai de tranchée de fondation) correspond aussi à un fait (le mur concerné). Cette articulation entre niveaux de regroupements structurels et chronologiques est variable suivant le type de site et d'occupation : une phase d'occupation artisanale (atelier de potiers par exemple) peut inclure plusieurs structures (fours, structures annexes...) ; une même structure peut par ailleurs durer au point de traverser plusieurs phases voire plusieurs périodes (ainsi un mur mitoyen entre parcelles urbaines, du Moyen Âge à la période contemporaine).

Ces rassemblements structurels ou chronologiques d'US – que nous qualifierons ici globalement d'unités de regroupement (UR) – ont pour finalité de restituer au mieux les temporalités, l'évolution et la structuration de l'occupation, propres aux sites et aux sociétés étudiés. Il n'est donc à notre

¹⁰⁸ Le terme « séquence », généralement utilisé par les fouilleurs français pour désigner le plus petit niveau de regroupement chronologique, n'a pas du tout le même sens en anglais, où il désigne l'ensemble de la succession stratigraphique observée sur un site.

sens pas utile de trop vouloir en rigidifier ou en standardiser la définition : par exemple, la mise en phases (au sens large) recouvre des réalités très différentes suivant qu'il s'agit d'un village néolithique ou d'un site urbain historique.

Ces regroupements peuvent être exprimés sur le diagramme par des cadres et des divisions horizontales, superposés aux étiquettes d'US et aux traits de relations ; M. Carver (1990) a proposé, une représentation alternative, dérivée de ses critiques sur l'insuffisance de la *Harris Matrix* à représenter les contemporanéités et durées d'utilisation (cf. 2.1.3), sous forme de « boîtes » représentant les regroupements (structuraux) en largeur, et leur durée dans le temps en longueur.

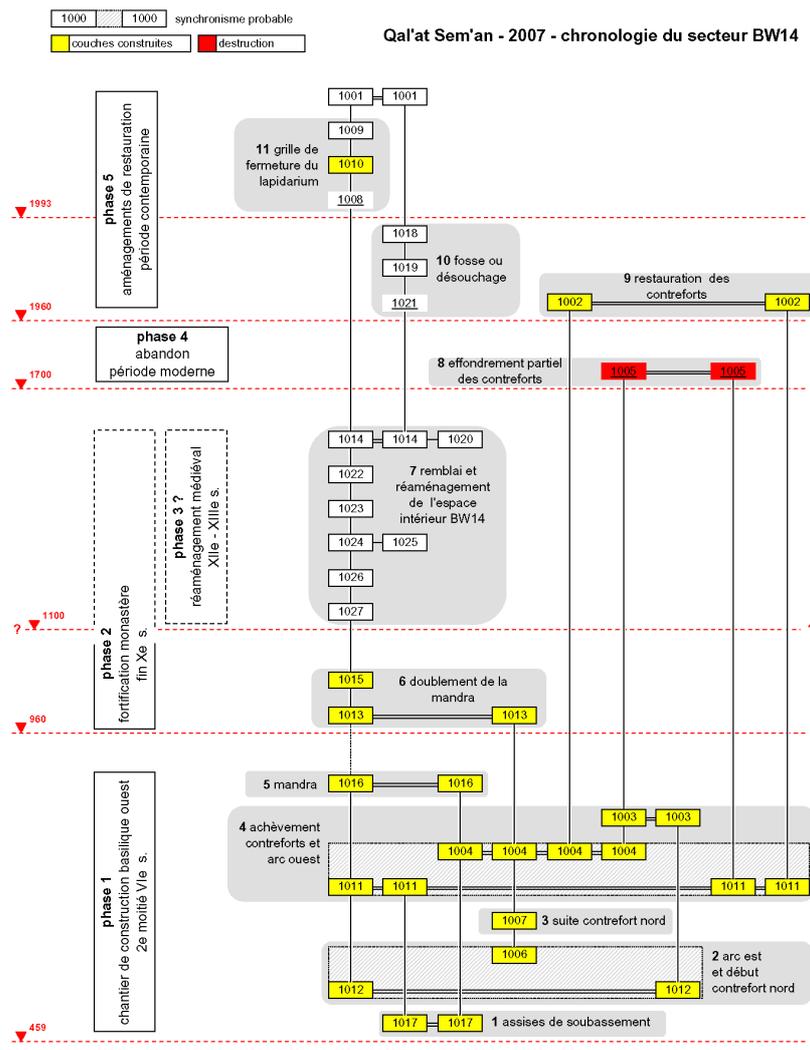


fig. 34: diagramme mis en séquences et phases (fouilles du monastère du Mont St Syméon, Syrie, 2007)

2.3 Application et limites de la méthode stratigraphique

Nous avons vu plus haut que la méthode stratigraphique en aire ouverte (à laquelle sont consacrées les deux premières parties de ce chapitre), fondée sur le modèle harrissien et née il y a trente à quarante ans sur les sites urbains britanniques, s'insérait dans un plus vaste mouvement méthodologique de l'archéologie de terrain, caractérisé par la primauté donnée à la lecture spatiale. Ce renouvellement méthodologique, convergent mais pluriel, a donné lieu aux différentes méthodes de terrain actuellement pratiquées. Elles peuvent être regroupées en trois grandes approches, qui sont la fouille en grand décapage, l'aire ouverte urbaine ci-dessus exposée, et la fouille « ethnographique » minutieuse

(notamment de sols d'habitat). Ces approches, bien que ne se référant pas à l'origine au modèle stratigraphique de E. Harris, peuvent être envisagées dans leurs rapports avec la stratigraphie : elles correspondent à différentes d'échelle d'analyse, au niveau global de la structure (ensemble culturellement signifiant), au niveau médian de l'unité stratigraphique proprement dite, ou au niveau plus fin de l'analyse et de la répartition des composants internes aux US (2.3.1). Malgré leur apparente séparation, renforcée par des effets de formation, de spécialisation professionnelle, et d'histoire de la discipline, ces approches sont complémentaires autour du choix de l'échelle d'analyse des contextes archéologiques, lequel choix peut être opéré en fonctions de critères évaluables (2.3.2). Dans la perspective de l'ensemble méthodologique cohérent que forme ainsi toute l'archéologie de terrain, on peut alors préciser la place de l'approche stratigraphique : celle ci fournit au fouilleur un cadre d'analyse parfois non suffisant mais toujours nécessaire, et des outils (diagramme, enregistrement par US) qui peuvent se révéler utiles dans différents cas d'application, au delà des sites urbains qui les ont vu naître (2.3.3).

2.3.1. La pluralité des approches : les trois niveaux d'analyse du terrain

L'analyse spatiale large : la fouille en grand décapage

Les fouilles en grands décapages mécanisés, dans la lignée des travaux évoqués plus haut (1.3.1) des protohistoriens, en particulier de B. Soudsky, sont devenues la méthode normale dans les cas de sites érodés contenant un grand nombre de traces archéologiques visibles dans le substrat naturel avec peu ou pas de contacts entre elles, telles les séries de trous de poteaux témoignant de bâtiments dont les superstructures et les sols ont disparu. Dans ce type de stratification anthropique peu dense, les US (au sens des plus petites unités de terrain définies par leurs interfaces) se présentent habituellement regroupées en structures distinctes, directement interprétables (fosses, sépultures, trous de poteaux, etc.), sans qu'il soit besoin de démêler un écheveau de relations et d'unités imbriquées pour en définir les limites spatiales et chronologiques. L'unité d'enregistrement se situe donc le plus fréquemment au niveau plus large du « fait » ou de la structure (trou de poteau, fosse...) et non au niveau de l'US proprement dite, constitutive de la structure. Les relations stratigraphiques éventuelles peuvent alors être enregistrées directement au niveau de la structure (cf. Soudsky 1970).

Le document d'enregistrement principal est le plan, qui suffit fréquemment à rendre compte de l'ensemble des structures et de leurs relations (cas de figure dit de « stratigraphie horizontale »). Dans ce cas, marqué par un nombre relativement faible de contacts stratigraphiques, le diagramme est fréquemment (mais pas toujours) peu utile ; et le « placage » de procédures et technique d'enregistrement fonctionnant à l'échelle de l'US et adaptées aux sites de type urbain peut donc se révéler inapproprié (Clark 1992).

En effet, à la différence de la fouille stratigraphique en aire ouverte, l'analyse stratigraphique n'est pas centrale dans l'approche du terrain et dans l'étude qui suit : c'est sur l'analyse spatiale, les études post-fouille, voire le traitement statistique des données (sériation chronologique ou topochronologie par exemple) que s'appuie principalement l'interprétation chronologique et culturelle du site.

L'analyse spatiale fine : la fouille « ethnographique »

A l'inverse, la méthode « ethnographique » de fouille de sols d'occupation préhistorique expérimentée par A. Leroi-Gourhan, elle aussi déjà évoquée (1.3.1), se caractérise, d'un point de vue stratigraphique, par un niveau d'analyse et d'enregistrement plus fin que celui de l'US définie par ses interfaces. En effet, le repérage en trois dimensions de certains types d'artefacts et d'écofacts, afin

de mettre en évidence une organisation spatiale signifiante de ces vestiges (structures latentes, traces d'activité), peut être située comme une étude de la répartition spatiale des éléments constitutifs de ce qui est, au sens de la stratigraphie harrissienne, une même US. Ainsi la nappe d'ocre et de déchets marquant la surface occupée de l'habitation n° 1 de Pincevent (Leroi-Gourhan 1984) est stratigraphiquement identifiable comme un dépôt, à l'interface supérieure des alluvions (interface formant la surface du sol du campement magdalénien), scellé par l'interface inférieure de la couche d'alluvions déposée lors de la crue suivante, et appartenant à la même phase que les trois foyers de l'habitation, eux aussi identifiables comme US. Mais cette simple détermination accompagnée d'une interprétation globale pour tout ce dépôt, de type « couche d'occupation », sans être fausse, constituerait une simplification violente et une grande perte d'information par rapport à ce que l'examen de la répartition des constituants de cette couche d'occupation permet de dire.

A ce même niveau d'analyse « infra-US » se situent l'analyse taphonomique des restes osseux en place : voie explorée par exemple pour l'étude de l'utilisation du gibier chez les chasseurs-cueilleurs par l'archéologue américain Lewis Binford (*Bones*, 1981), et surtout, en France, pour l'étude des gestes funéraires en anthropologie de terrain (Duday *et al.* 1992, Gally 2003).

Cette approche au niveau « infra US », comme certains apports de la géoarchéologie évoqués plus haut, met donc aussi en évidence le fait qu'il existe des variations archéologiquement significatives au sein d'une même unité stratigraphique, contredisant là encore le postulat « d'isotropie » archéologique que E. Harris associe implicitement à la notion d'US.

Le niveau médian : l'analyse par US

La méthode analysant le terrain au niveau de l'US, que l'on a exposé plus haut, occupe le niveau médian de l'échelle d'analyse du terrain, adapté aux sites présentant un grand nombre d'unités stratigraphiques avec un grand nombre de relations stratigraphiques, et ne nécessitant pas (au moins pour la plupart des unités enregistrées) de descendre à un niveau d'analyse inférieur à celui de l'unité situables par ses interfaces.

Dans ces cas, qui correspondent à la plus grande partie des stratifications anthropiques denses, l'enregistrement par US (*single context recording*) est employé. Le plaquage de techniques issues d'autres approches serait là aussi inadapté. La densité de la stratification, qui nécessite d'analyser le terrain au niveau de l'US avant d'opérer des regroupements structurels, rendrait peu pratique et générateur de confusion un enregistrement directement au niveau de la structure, comme sur les grands décapages. De même, sur ce type de terrain, l'application de techniques d'enregistrement fin « ethnographique » (par exemple composants d'US enregistrés individuellement en 3 dimensions), si elle s'exerce de façon générale et mécanique et non pas de façon sélective et argumentée en fonction de la nature des US concernée, risque de n'être qu'une perte de temps, ou pire, un substitut inefficace à l'absence de réelle analyse stratigraphique.

2.3.2. la complémentarité des approches

Une unité méthodologique autour de la notion de contexte

On peut déduire des remarques qui précèdent qu'aucune de ces approches ne peut tenir lieu de recette universelle. C'est dire qu'elles sont complémentaires (Ferdrière 1980), et que la bonne conduite d'une fouille réside dans la capacité à adopter la « vitesse » d'enregistrement adaptée en fonction du terrain, de la vitesse la plus réduite à la plus démultipliée, et de la fouille analytique la plus intensive à la fouille globale la plus extensive, dans « ...le choix réfléchi du bon outil qui intervient entre l'éventail technique proposé et les données du problème à résoudre » (Ferdrière 1980 p. 26).

La complémentarité de ces approches réside plus précisément en ce qu'elles correspondent à des choix différents d'échelle d'observation, autour de la notion de contexte. Pour qualifier plus globalement l'unité d'analyse du terrain mise en œuvre par l'archéologue, nous pouvons, à ce stade, distinguer la notion spécifique d'unité stratigraphique de la notion plus large de contexte. Ce dernier peut être défini d'une façon générale comme l'unité d'information recueillie sur le terrain : c'est à dire l'unité d'interprétation culturelle, fonctionnelle, et chronologique à partir de laquelle l'évolution et l'organisation de l'occupation peuvent être reconstituée, et en référence à quoi les éléments matériels recueillis peuvent être étudiés. Les différentes unités d'enregistrement peuvent être vues comme déclinaisons, ou des multiples et sous-multiples de la notion de contexte.

Des critères pour le choix de l'approche pertinente : les caractères de la stratification

Ces différentes approches ne sont donc pas liées à telle ou telle période chronologique (même si l'histoire de la recherche leur donne une origine localisée plutôt dans la préhistoire, ou dans la protohistoire, ou dans les sites historiques urbains...), mais aux conditions de stratification, variables, y compris sur le même site.

Il est possible d'évaluer le potentiel archéologique d'un terrain, en recourant notamment à des sondages, et en définissant certains critères à tester (par exemple, le potentiel du point de vue des études paléo-environnementales). Trois caractères au moins peuvent plus précisément guider le choix du niveau d'enregistrement :

- le nombre d'US, au sens de E. Harris, c'est à dire d'unités définies par des interfaces stratigraphiques;
- le nombre d'interfaces stratigraphiques entre ces unités (qui définit la densité de la stratification) ;
- et ce que l'on pourrait appeler le potentiel d'information infra-US des unités, c'est à dire la quantité d'information latente qu'elle contiennent et que des stratégies d'enregistrement fin, aux niveaux des constituants de l'US, pourraient mettre en évidence (par exemple structures latentes perceptibles par la répartition des artefacts, ou conditions justifiant la définition de microfaciès géo-archéologiques).

Un terrain marqué par un grand nombre d'unités, mais avec peu de relations entre elles – impliquant donc une stratification anthropique discontinue – permet ainsi le déploiement d'un enregistrement fondé principalement sur le niveau de la structure (c'est à dire de la macro-unité stratigraphique), dans le cadre d'une approche de type grands décapages. À l'autre bout de l'échelle, la reconnaissance d'un potentiel d'information interne à une unité justifie la mise en œuvre de stratégies d'enregistrement fin. Un grand nombre d'unités entretenant un grand nombre de relation entre elles – définition d'une stratification dense – conduit, on l'a vu, à adopter l'US comme unité d'analyse du terrain.

Pour une perméabilité des approches

C'est en principe le rôle de l'évaluation préalable (le « diagnostic » en archéologie préventive) de déterminer quelles sont les conditions dominantes sur le terrain (au regard des critères évoqués ci-dessus), afin de choisir l'unité principale d'analyse du terrain, et par conséquent la méthode et le type d'enregistrement les plus adaptés.

Néanmoins, si des conditions de terrain dominantes peuvent être ainsi définies par un diagnostic préalable, il est parfois nécessaire et judicieux, en cours de fouille, de changer d'échelle en fonction de conditions locales de stratification : en fouille par US par exemple, passer à une échelle « ethnographique » lorsque se présente une unité dans laquelle la position de certains éléments est

susceptible d'apporter des informations (Ferdrière 1980) ; ainsi la fouille d'une sépulture avec les techniques de l'anthropologie de terrain, la fouille « ethnographique » d'un sol d'habitat dont l'organisation a été conservée par un incendie, ou encore l'étude de répartition des constituants des dépôts au sein des terres noires (Borderie 2006, Fondrillon 2007). D'ailleurs, le relevé pierre à pierre de l'appareil d'un mur par exemple n'est fondamentalement rien d'autre qu'un changement d'échelle d'analyse de ce type, l'aspect et la position des éléments constitutifs de l'US construite (les matériaux du mur) étant jugés culturellement significatifs.

Cette capacité à changer localement de « vitesse » d'enregistrement au cours d'une fouille en fonction de conditions de terrain particulières, conduit à deux remarques.

Tout d'abord, concernant les outils d'enregistrement, il faut noter l'intérêt, non pas de développer des systèmes d'enregistrement universels – ambition qui nous semble illusoire – mais de prévoir comment l'enregistrement mis en oeuvre à une échelle d'analyse donnée (par exemple l'US) peut s'articuler avec un enregistrement « réduit » ou « démultiplié » à une autre échelle, utilisé localement sur le même site. La technique de l'isolation évoquée plus haut peut par exemple être utilisée pour référencer à l'US, unité principale d'enregistrement, les éléments matériels enregistrés et relevés individuellement dans le cadre d'une stratégie locale plus fine. Par ailleurs, le passage d'une approche globale par structures (prises comme unité principale d'enregistrement) à un enregistrement par US suppose de gérer « l'héritage » des relations stratigraphiques enregistrées au niveau d'une macro-unité vers les unités plus fines qui la constituent. Par exemple, sur une fouille en grand décapage, un fossé globalement enregistré comme antérieur à une fosse (enregistrement au niveau de la structure), dont on analyse ensuite, localement, le remplissage ; dans ce cas les unités stratigraphiques de base du remplissage du fossé, héritent en principe chacune de la relation stratigraphique de ce dernier (antériorité par rapport à la fosse).¹⁰⁹

L'autre remarque concerne les fouilleurs eux-mêmes. Il y a près de trente ans, Alain Ferdrière présentait déjà les trois approches alors nouvelles de la fouille ethnographique, des grands décapage et de la fouille en aire ouverte urbaine¹¹⁰ comme les éléments complémentaires d'une même panoplie méthodologique, appelée à supplanter des méthodes obsolètes à l'époque encore largement répandues (Ferdrière 1980). Ce message a été à moitié entendu : ces trois approches ont effectivement conquis la communauté des archéologues, mais il existe aujourd'hui clairement une forte séparation entre elles, marquée par une spécialisation des fouilleurs. Il n'est certes pas possible d'être omniscient, et la cohérence scientifique souhaitable d'un parcours professionnel amène naturellement les archéologues de terrain à acquérir une expérience plus grande dans certaines aires chronoculturelles et dans certaines approches du terrain plutôt que dans d'autres (par exemple, l'occupation protohistorique et le grand décapage, ou l'occupation historique rurale et le grand décapage, ou les sites historiques urbains et la méthode stratigraphique, ou l'archéologie du bâti et la méthode stratigraphique...). Cependant, cette spécialisation, si elle est poussée jusqu'à une trop grande étanchéité entre les pratiques, est dommageable. De ce point de vue, il paraît utile que tout fouilleur ou futur fouilleur, même plus spécialisé et expérimenté dans une méthode de terrain, puisse bénéficier d'un minimum d'initiation et d'expérience dans l'analyse du terrain à d'autres niveaux d'enregistrement que celui dont il a l'habitude, de façon à mieux gérer les cas de « changement de vitesse » que l'on vient d'évoquer ; et d'une façon générale, à étendre et mieux situer son savoir-faire dans le cadre d'un ensemble méthodologique global, qui est celui de l'archéologie de terrain.

Il faut noter des progrès récents en ce sens. Ainsi, avoir été un facteur de (peut être trop grande) spécialisation technique des fouilleurs, l'archéologie préventive contribue aujourd'hui à des croisements féconds d'approches de terrain, en particulier en insérant la fouille d'occupations

109 Il s'agit en d'autres termes de gérer la déductibilité des relations stratigraphique via des relations d'inclusions ;

110 A. Ferdrière réunissait les deux dernières sous l'appellation commune « d'aire ouverte » ;

paléolithiques dans la vision spatiale large des grands décapages, livrant ainsi des données tout à fait nouvelles sur la structuration de l'espace dès le paléolithique moyen, telles l'aménagement d'un enclos à la Folie (Poitiers) fouillé sous la direction de L. Bourguignon (Depaepe 2007).

2.3.3. Le champ de l'approche stratigraphique

Un cadre nécessaire

Une fois reconnue la pluralité des approches de terrain et leur complémentarité autour de la notion de contexte analysée à différentes échelles, on peut mieux situer la place de la stratigraphie dans cette panoplie méthodologique d'ensemble de l'archéologie de terrain. On l'a vu, les principes d'analyse stratigraphiques de E. Harris ne constituent pas un cadre suffisant dans tous les cas pour comprendre le processus de formation du terrain ; et les outils qui en sont directement dérivés – le diagramme stratigraphique, et l'enregistrement par US ou *single context recording* – ne constituent pas une méthode universelle. Néanmoins, ces principes demeurent, à notre avis, un cadre nécessaire. Quelle que soit l'échelle d'analyse et d'enregistrement adoptée, tout contexte archéologique observé sur le terrain doit pouvoir être situé par rapport à la notion d'unité stratigraphique, comme composant d'une US, ensemble d'US, ou US. En d'autres termes, l'élément de terrain (quel qu'il soit) qu'enregistre l'archéologue doit directement ou indirectement être toujours repéré par rapport à des interfaces stratigraphiques identifiées et enregistrées (même si cet élément de terrain n'est qu'une petite partie de l'unité définie par les interfaces identifiables). Ou, encore en d'autres termes, l'analyse du terrain doit toujours être ancrée dans la chronologie stratigraphique identifiable, même si celle-ci n'est qu'une enveloppe à l'intérieur de laquelle est opérée une analyse beaucoup plus fine (comme dans le cas d'un sol d'habitat paléolithique).

Cette règle de toujours situer stratigraphiquement une observation de terrain quelle qu'elle soit – qui se traduit sur le terrain par le réflexe de chercher les plus proches interfaces identifiables postérieure et antérieure – permet d'éviter de mauvaises pratiques. Ainsi l'utilisation d'unités « artificielles » de fouilles (c'est à dire définies par le fouilleur), impliquant le recueil des éléments matériels par tranche ou par maille, constituent (si elles sont argumentées) des stratégies légitimes d'analyse d'une unité stratigraphique et des éléments qui en proviennent. Mais si elles ne tiennent pas compte des interfaces, elles ne sont qu'un retour au stade « protostratigraphique » dont Wheeler dénonçait les défauts. On pourrait dire la même chose de l'enregistrement en coordonnées topographiques d'éléments de terrain repérés individuellement. François Bordes, répondant à A. Leroi-Gourhan à propos des méthodes d'étude des sols d'habitat préhistoriques, critiquait en 1975 le danger qu'il y a à prétendre définir un tel sol uniquement par coordonnées d'éléments et projection d'éléments « ...tout fouilleur expérimenté sait que si on a raté un sol lors de la fouille, on ne le retrouvera certainement pas au laboratoire sur les diagrammes de projection (de position des objets) ! » (Bordes 1975 p. 141), et le schéma qu'il joint s'apparente à celui de Wheeler dénonçant la fouille par tranche arbitraires¹¹¹.

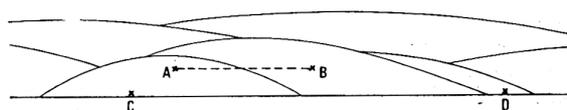


Fig. 1. — Dans cette couche formée de lentilles, les objets A et B, bien que situés au même niveau altimétrique, ne sont pas contemporains. Il en est de même de C et D, bien que ceux-ci soient situés l'un comme l'autre à la « base » de la couche.

fig. 35: schéma extrait de Bordes 1975

111 La critique de François Bordes en l'occurrence s'adressait à Henry de Lumley et non à A. Leroi-Gourhan

Des outils utiles : diagramme et single context recording

Par ailleurs, sans les considérer comme les ingrédients d'une recette universelle, le diagramme stratigraphique et le *single context recording* peuvent trouver des cas d'application divers, hors des sites urbains.

Dans le cadre des changements de vitesse d'enregistrement au cours d'une même opération évoqués plus haut, la restitution de la chronologie stratigraphique par diagramme peut par exemple être mise en œuvre sur des sites érodés fouillés en grand décapage, en complément de la fouille globale des structures, lorsque sont mis au jour des réseaux de fossés avec des contacts et recoupements observables à leurs intersections. La réalisation du diagramme à partir de l'enregistrement des relations entre structures est alors utile pour mettre en phases ces systèmes de fossés définissant des parcellaires, enclos ou habitats (Bonin, Desachy, Vangele 1990).

Le diagramme stratigraphique, comme outil de synthèse chronologique, peut aussi dans certains cas s'appliquer à des stratifications non anthropiques (ou très partiellement anthropiques) qui présentent les mêmes caractères de forte variations latérales et de développement tridimensionnel que les sites urbains, de sorte que des coupes de référence sont insuffisantes pour en rendre compte¹¹².

Un autre cas d'application possible de la technique d'enregistrement par US liée à la méthode stratigraphique, plus inattendu au premier abord, mais qui a déjà fait l'objet de travaux en Grande-Bretagne, et qui correspond à un besoin et à un problème important et encore peu traité chez nous, est le « rétro-enregistrement », c'est-à-dire la reprise de données de fouilles anciennes non publiées ni rapportées (Steane, 1992, Clark 1993). Le caractère systématique et très analytique de l'enregistrement de type *single context recording* permet alors de « filtrer » les archives de fouille afin de sélectionner et sauver l'information réellement subsistante.

Un cas d'application spécifique : l'archéologie du bâti

L'archéologie du bâti, extension récente du champ de la méthode stratigraphique, mérite une mention spécifique. Apparue en France à partir des fouilles de l'îlot Tramassac à Lyon en 1985 (Arlaud, Burnouf dir. 1993), cette expression désigne l'application de l'approche analytique et « déconstructive » de l'actuelle méthode stratigraphique à l'objet construit qu'est un mur ou un édifice ; application d'ailleurs envisagée par E. Harris lui-même (Harris 1979) et qui a fait l'objet de nombreux travaux en Grande Bretagne.

Le caractère pleinement tridimensionnel du modèle stratigraphique de E. Harris permet en effet aux archéologues d'aborder les édifices en élévation beaucoup plus commodément qu'avec l'approche bidimensionnelle (en coupe) de la stratigraphie classique. Les mêmes outils d'enregistrement sont utilisables, le concept « d'unité construite » (UC), déclinaison de celui d'US, constituant l'unité d'analyse d'un édifice en élévation en ses plus petites parties, au moyen de l'observation des relations d'antéro-postériorité¹¹³ (Journot 1999, Burnouf 2005). Cette analyse peut s'appliquer à tous les constituants du bâtiment étudié : gros œuvre, charpente, ainsi par exemple que les enduits peints, qui peuvent faire l'objet d'une étude couche par couche recourant au diagramme stratigraphique (par exemple : Sapin 1999 dir. ; Barros Garcia 2004).

Sans entrer plus avant dans ce riche sujet, trois remarques peuvent être formulées sur cette nouvelle discipline :

112 Il a ainsi été employé pour la stratigraphie de la grotte des Renardières (Les Pins, Charente) caractérisée par des espaces distincts formant autant de bassins sédimentaires et des dépôts très localisés, incluant des vestiges paléolithiques (Dujardin 2002).

113 L'UC formant ainsi une unité d'analyse commune applicable par exemple à la lecture des maçonneries, des charpentes, ou à l'étude des enduits peints (domaine ayant déjà intégré une approche stratigraphique)

- Sur le plan technique, la nécessité de compétences spécifiques, et une interprétation chronologique des interfaces souvent plus délicate que dans la stratification sédimentaire enfouie, marquent l'archéologie du bâti (Davies, 1993) ; en particulier, la loi de superposition –basée sur celle de la gravité – y est fréquemment contredite par de véritables cas de stratigraphie inversée (reprises en sous-œuvre, ou enduit de plafond par exemple) ; de fait, les constructions en élévation constituent des accrétions anthropiques spécifiques, qui ne sont plus (pour l'essentiel) de simples sédimentations gravitaires : elles sont le produit de «*Homo Aedificator*», de l'homme ayant appris à aménager en s'opposant victorieusement à la gravité, ce qui constitue une révolution géologique. La possibilité d'enregistrer des relations incertaines trouve là une justification supplémentaire.
- Une adaptation des concepts d'enregistrement est parfois nécessaire pour les besoins de l'analyse du bâtiment ; par exemple, les baies d'origine dans un mur (qui ne résultent pas d'un percement postérieur de la maçonnerie), peuvent se voir attribuer des numéros d'unités, bien qu'il ne s'agisse pas de négatifs, mais seulement d'interfaces simples. Une ouverture ainsi identifiée est bien sûr synchrone du mur dans lequel elle se trouve (et dont elle n'est, d'un point de vue stratigraphique, qu'une limite intérieure).
- Sur le fond, l'approche de l'archéologie du bâti, telle que définie ci-dessus, implique de sortir d'une vision globale de la construction étudiée, pour la décomposer en ses unités stratigraphiques constitutives, sans hiérarchie ni distinctions qualitatives – le lambeau d'enduit non décoré au même titre que le chapiteau à crochets – en situant ceux-ci par des relations d'antéro-postériorité ou de synchronisme (la chronologie ainsi obtenue étant distincte des considérations stylistiques) ; et cela dans le cadre d'une analyse qui passe aussi par la fouille et qui, si elle est menée jusqu'au bout, est destructive ; en bref, il s'agit avant tout, comme toute archéologie stratigraphique de terrain, d'une « réflexion sur les traces » (Arlaud, Burnouf 1993 p. 67). Cette approche ne peut se confondre avec la tradition d'étude de l'objet architectural évoquée plus haut (1.1.5), relevant plutôt de l'histoire de l'art monumental ; tradition dont il n'est pas question de contester les apports, mais qui fonctionne différemment. Celle-ci, en effet, n'est pas « déconstructive ». L'édifice est à l'inverse envisagé comme un tout, un système dont la logique d'ensemble régit l'analyse de détail. Le processus va de la vue générale à la vue de détail, et non de l'analyse à la synthèse stratigraphique. Or, de la même façon que le terme « archéologie » recouvre deux conceptions différentes (cf. 1.1.4), l'expression « archéologie du bâti », victime d'un certain effet de mode, tend à confondre aujourd'hui ces deux approches, complémentaires, mais différentes. Cette distinction doit, cependant, être opérée, afin que soient bien situées l'existence, la spécificité, l'intérêt (et aussi les limites) de l'approche stratigraphique des élévations, et que l'étude du bâti, lieu potentiel (et heureusement aussi réel) d'interdisciplinarité fructueuse entre archéologues, historiens de l'art, et architectes, ne soit pas le lieu d'un dialogue de sourds entre stratigraphes issus de l'évolution récente de l'archéologie de terrain, et spécialistes de l'objet architectural – restés dans la ligne définie au XIXe siècle par les architectes des monuments historiques et les chartistes historiens de l'art monumental – pour qui cette nouvelle discipline n'est qu'une appellation à la mode de la monographie d'édifice traditionnelle.

3. Formalisation du traitement des données stratigraphiques

Les notions de méthode stratigraphique exposées dans le précédent chapitre permettent de situer les étapes automatisables du traitement des données stratigraphiques. Le présent chapitre expose la formalisation proposée pour ces étapes, qui correspondent aux phases strictement déductives de la construction du diagramme stratigraphique : l'obtention de la chronologie stratigraphique (« diagramme nu ») à partir des unités et relations enregistrées (3.2), l'inscription dans le temps quantifié à partir d'indicateurs de datation, ainsi que la généralisation de la mise en phase à partir d'indications saisies par l'utilisateur (3.3). Le passage en revue méthodologique du chapitre 2 nous a conduit à intégrer l'incertitude comme une modalité à traiter ; avec la détection et la gestion des conflits logiques générées par des fautes et des contradictions d'enregistrement, il s'agit d'un aspect essentiel en vue d'un outil d'aide automatisée qui soit archéologiquement le plus pertinent possible (3.4). Cette formalisation s'appuie sur des concepts mathématiques simples, mais qu'il n'est peut-être pas inutile, en premier lieu, de rappeler (3.1). Il faut préciser que cette recherche de formalisation n'est pas achevée ; ce qui suit n'en est que l'état actuel (concrétisé par l'application informatique *le Stratifiant* présentée dans la deuxième partie de la thèse), avec l'indication, le cas échéant, des pistes de développement possible.

3.1. Outils mathématiques

Lorsque le fouilleur, après avoir reconnu et qualifié une interface (en tant que « recoupement », « superposition », etc.) dans une rubrique de l'une des fiches d'US concernées, remplit dans la rubrique voisine l'indication schématique d'antéro-postériorité, il déduit, comme on l'a vu, une relation abstraite d'une interface physique. Dès cet instant, il manipule des objets mathématiques, à commencer par la notion même de relation (3.1.1), et entre dans le domaine de la topologie (3.1.2). Ce dernier domaine conduit à la notion de graphe : celle-ci, avec ses applications de recherche opérationnelle, constitue le cadre de formalisation du diagramme stratigraphique (3.1.3). La démarche présentée ici se caractérise par le choix d'utiliser une matrice d'adjacence (représentation d'une relation mathématique, sous forme d'un tableau de valeurs¹¹⁴) pour procéder au traitement (3.1.4).

3.1.1. Les relations stratigraphiques : des objets mathématiques munis de propriétés

Réflexivité, symétrie, transitivité et types de relations

Rappelons qu'une relation mathématique est caractérisée par des propriétés :

¹¹⁴ Une matrice étant une expression numérique (un tableau de nombres) et non graphique, l'appellation originelle « *Harris Matrix* » pour désigner le diagramme stratigraphique, consacrée par l'usage est donc, à strictement parler, impropre.

- La réflexivité : une relation est **réflexive** si chaque élément est en relation avec lui-même (par exemple : la relation « est égal à » dans un ensemble de nombres) ; elle est au contraire **irréflexive** si un élément n'est jamais en relation avec lui-même (par exemple : la relation « est plus grand que » dans un ensemble de nombre)
- La symétrie : une relation est **symétrique** si lorsque un élément a est en relation avec un élément b , alors b est en relation avec a (par exemple : la relation « est égal à » dans un ensemble de nombre) ; elle au contraire **asymétrique** lorsque si a est en relation avec b , alors b n'est jamais en relation avec a (par exemple : la relation « est plus grand que » dans un ensemble de nombre) ; elle est **antisymétrique** si lorsque a est en relation avec b , b n'est pas en relation avec a , sauf si a et b sont le même élément (par exemple la relation « est supérieur ou égal à » dans un ensemble de nombres)
- La transitivité : une relation est **transitive** si lorsque a est en relation avec b , et b est en relation avec c , alors a est en relation avec c (les relations dans un ensemble de nombre citées en exemple ci-dessus pour les autres propriétés sont toutes transitives)

Ces propriétés définissent plusieurs types de relations mathématiques¹¹⁵ :

- Les relations **d'équivalence** (notation $a = b$) qui sont réflexives, symétriques, transitives
- Les relations **d'ordre large** (notation $a \leq b, b \geq a$), réflexives, antisymétriques, transitives ;
- les relations **d'ordre strict** (notation $a < b, b > a$), irréflexives, asymétriques, transitives ;

L'antéro-postériorité stratigraphique : une relation d'ordre

Les relations stratigraphiques d'antéro-postériorité – précisons qu'il s'agit des relations certaines (le cas spécifique des relations incertaines étant traité plus loin : cf 3.4.1) – ont été différemment décrites par les chercheurs travaillant sur la formalisation du diagramme stratigraphique : soit comme une relation mathématique d'ordre large (Orton 1980), soit comme une relation d'ordre strict (Desachy, Djindjian 1990 ; Herzog 1993). La première position n'est pas injustifiée car, comme on le verra plus loin, l'application des propriétés de l'ordre large aux relations stratigraphiques est utile à certaines phases du traitement (passage de l'ordre stratigraphique à la chronologie quantifiée, traitement des fautes logiques une fois celles-ci détectées), et rend compte du raisonnement d'identification de ces relations sur le terrain (cf. chap. 5). Mais, notamment pour pouvoir détecter les erreurs logiques, la relation mathématique à prendre en compte en phase initiale de traitement des antéro-postériorités est bien d'ordre strict, c'est-à-dire asymétrique (si US1 antérieure à US2, alors US2 ne peut pas être antérieure à US1) et irréflexive (une US ne peut pas être antérieure à elle-même).

- Nous pouvons donc noter « US1 antérieure à US2 » par : $US1 < US2$ (US1 sous US2).

Remarquons que la propriété de transitivité implique l'existence de toutes les relations déductibles, même non matérialisées par un contact physique sur le terrain (par exemple une fosse postérieure à une autre parce que recoupant un fossé lui-même recoupant la seconde fosse). Elle formalise la notion de relation « redondante » (c'est-à-dire de relation entre deux US matérialisée par une interface observée sur le terrain, mais déductible par transitivité d'autres relations) ; elle fonde ainsi la quatrième « loi » de Harris, dite de succession stratigraphique (chaque US prend place entre la plus ancienne des unités postérieures et la plus récente des unités antérieures, les autres relations étant redondantes – Harris 1979b p. 113) ; « loi » que l'on peut reformuler ainsi : seules les relations non déductibles par transitivité (non redondantes) sont retenues pour exprimer la chronologie

¹¹⁵ Les termes qui suivent sont les plus courants, utilisés dans les manuels de recherche opérationnelle (cf. Faure, Lemaire, Picoulet 2000 p.1-5) ; mais le vocabulaire des mathématiques connaît aussi des ambiguïtés et des divergences de sens : voir Baruk 1992 p.805-806 pour les problèmes de dénomination des relations d'ordre.

relative sur le diagramme, car la propriété de transitivité implique l'existence de toutes les autres et il est donc inutile de les figurer¹¹⁶.

Le synchronisme stratigraphique : une relation d'équivalence

Quant aux relations stratigraphiques de synchronisme certain, elles constituent telles que nous les avons définies précédemment (cf. 2.1.1) une relation mathématique d'équivalence, car elles sont réflexives (une US est synchrones avec elle-même), symétriques (si US1 est synchrones avec US2, US2 est synchrones avec US1), et transitives (si US1 est synchrones avec US2 et US2 avec US3, US1 est synchrones avec US3).

- On peut donc noter « US1 synchrones avec US2 » par : $US1 = US2$.

Concernant le problème de la prise en compte ou non des synchronismes dans l'élimination des relations « redondantes » (dont on a vu qu'il constituait un point peu clair des propositions de E. Harris en raison de l'ambiguïté du statut du synchronisme stratigraphique, et auquel nous avons proposé de remédier par la distinction certain/incertain), s'agissant d'un synchronisme certain, la notation formelle rend évident le fait que si $US1 = US2$ (US1 synchrones avec US2), et si $US3 < US1$ (US3 sous US1), la relation $US3 < US2$ (US3 sous US2) est déductible par transitivité, donc « redondante » (le symbole \wedge correspond à l'opérateur logique « et »):

$$(US3 < US1) \wedge (US1 = US2) \Rightarrow US3 < US2 ;$$

par conséquent, dans la mesure où ces trois relations sont considérées comme certaines, la dernière ne doit pas être exprimée sur le diagramme stratigraphique.

3.1.2. l'identification des relations à partir des interfaces : un processus topologique

De la géométrie du site à la géométrie de situation : les ponts de Königsberg

C'est au mathématicien suisse Leonhard Euler (1707-1783) que l'on peut faire remonter les débuts de la topologie (et de la théorie des graphes). Le célèbre problème des ponts de Königsberg, traité par Euler – existe-t-il un itinéraire tel que l'on puisse franchir les sept ponts de la ville, reliant quatre quartiers séparés par des bras de rivière, en ne passant qu'une seule fois sur chaque pont ? – est en effet de nature topologique, c'est-à-dire qu'il concerne la « géométrie relative » des quartiers, leur position uniquement en fonction des interfaces que sont les ponts (le quartier A est relié à B par deux ponts, A est relié à C par un pont, C est relié à D par un pont, etc.), et non leur situation topographique réelle¹¹⁷ ; ces positions relatives peuvent être exprimées par un graphe.

116 Cette « quatrième loi » de Harris n'est à proprement parler pas une loi ; ce n'est ici qu'une conséquence déductible d'un axiome, base explicite dans cette formalisation et implicite dans l'œuvre de E. Harris, qui est : « les relations stratigraphiques d'antéro-postériorité sont des relations d'ordre ».

117 Euler a démontré que la réponse à la question posée est non ; il ne serait possible de franchir tous les ponts en ne passant qu'une fois sur chaque pont que si le nombre de quartiers desservis par un nombre impair de ponts était égal à 0 ou 2 ; or les quatre quartiers sont tous desservis par un nombre impair de ponts. Königsberg (Kaliningrad depuis 1946) n'en a par ailleurs pas fini avec les problèmes de topologie : elle constitue actuellement une enclave russe entre la Pologne et la Lituanie, qui avec la décomposition de l'ancienne URSS s'est retrouvée totalement isolée du reste du territoire de la Russie...

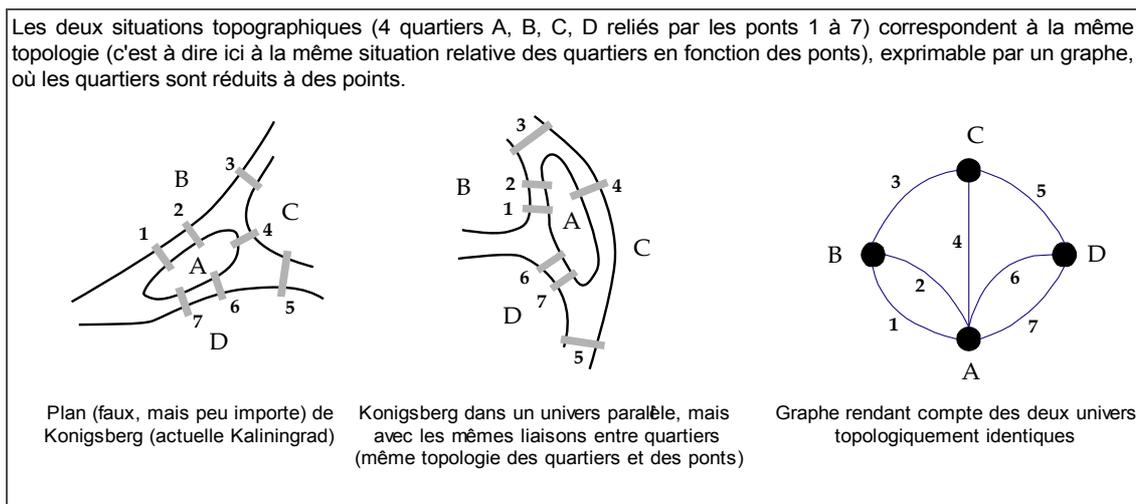


fig. 36: Euler et les ponts de Königsberg : de la topographie à la topologie

La topologie (ou « géométrie de situation ») est ainsi une géométrie relative, où la mesure ne compte plus ; c'est par conséquent une géométrie « molle » (car la forme mesurable des objets est sans importance). Seule la continuité, et la contiguïté des objets sont significatives : la première propriété définit les objets, et la seconde les situe les uns par rapport aux autres.

Application à la stratigraphie

On peut décrire la *Harris Matrix* comme une représentation spatiale topologique, mais non topographique, des US (Adams 1992, Wheathley, Gillings 2002 ; Cattani, Fiorini, 2004). En effet, le passage de la coupe (ou du plan) représentant la stratification physique au diagramme stratigraphique est comparable à celui du plan au graphe de Königsberg : la succession stratigraphique est déduite de la disposition spatiale des unités inscrites dans l'espace géométrique tridimensionnel du volume fouillé. Il s'agit bien d'une opération de transformation d'entités spatiales définie de façon absolue et mesurable en 3 dimensions (ce dont rendent compte les plans et coupes), en éléments définis de façon relative, les uns par rapport aux autres, par leur contiguïté et leur continuité spatiale.

Le caractère spécifique de la stratigraphie est d'attacher une valeur d'ordre chronologique aux relations de contiguïté, et d'équivalence chronologique aux continuités.

3.1.3. Le diagramme stratigraphique : une application de théorie des graphes

Notions de graphe

Une structure topologique peut donc être représentée par un graphe. Cette notion de graphe est elle-même un objet mathématique. Le mathématicien français Claude Berge (1926-2002) a précisé les concepts de la théorie des graphes, et proposé des définitions auxquelles se réfèrent les spécialistes, avec quelques variations¹¹⁸. Nous ne retiendrons ici que ce qui est utile à notre propos.

Un **graphe** est la représentation d'une relation mathématique et des éléments sur lesquels elle s'exerce.

Lorsque la relation représentée n'est pas symétrique, le graphe est dit **orienté**. Dans l'exemple

118 cf. Cogis Robert 2003, Faure, Lemaire, Picouveau 2000 ; Faure, Roucairol, Tolla 1976 ; Prins 1997 ; Rosenstiehl 2002

précédant des ponts et quartiers de Königsberg, la relation est symétrique : les ponts ne sont pas à sens unique et peuvent être parcourus dans un sens ou dans l'autre. Ce qui n'est pas le cas d'un ensemble d'unités stratigraphiques en relation d'ordre asymétrique. La réalisation du diagramme stratigraphique, représentation de cette relation d'ordre chronologique, relève donc d'un problème de graphe orienté, avec le temps pour orientation.

On désigne par **sommets** les éléments, en général figurés sur le graphe par un cadre ou un cercle contenant l'identifiant (numéro par exemple) ; et par **arcs** les relations entre les éléments, représentées par traits ou parfois par des flèches lorsque le graphe est orienté (si le graphe n'est pas orienté, les arcs sont appelés arêtes). À chaque arc correspond le couple formé des deux sommets reliés par cet arc.

Un graphe est ainsi défini par deux ensembles : l'ensemble X des sommets, et l'ensemble U des couples de sommets en relation, qui correspondent aux arcs. L'ordre du graphe est le nombre de ses sommets.

Le **degré** d'un sommet est le nombre d'arcs qui relie ce sommet aux autres. Un sommet isolé est un sommet de degré 0.

Un graphe peut être décomposé en **chemins**. Nous définirons ici un chemin (dans un graphe orienté) comme une suite d'arcs ininterrompue, de sorte que chaque sommet sur un chemin ne soit relié qu'à deux autres sommets : celui avant lui et celui après lui (sauf le premier et le dernier sommet du chemin qui peuvent n'être reliés qu'à un seul autre sommet).

La **longueur du chemin** est le nombre d'arcs qu'il comprend. Le **voisinage** d'un sommet est formé des autres sommets qui lui sont reliés par un chemin de longueur 1 (soit un seul arc).

Un **circuit** est un chemin dont le premier et le dernier sommet sont les mêmes. Une **boucle** est un circuit réduit à un arc (longueur 1), c'est-à-dire une relation réflexive reliant un élément à lui-même.

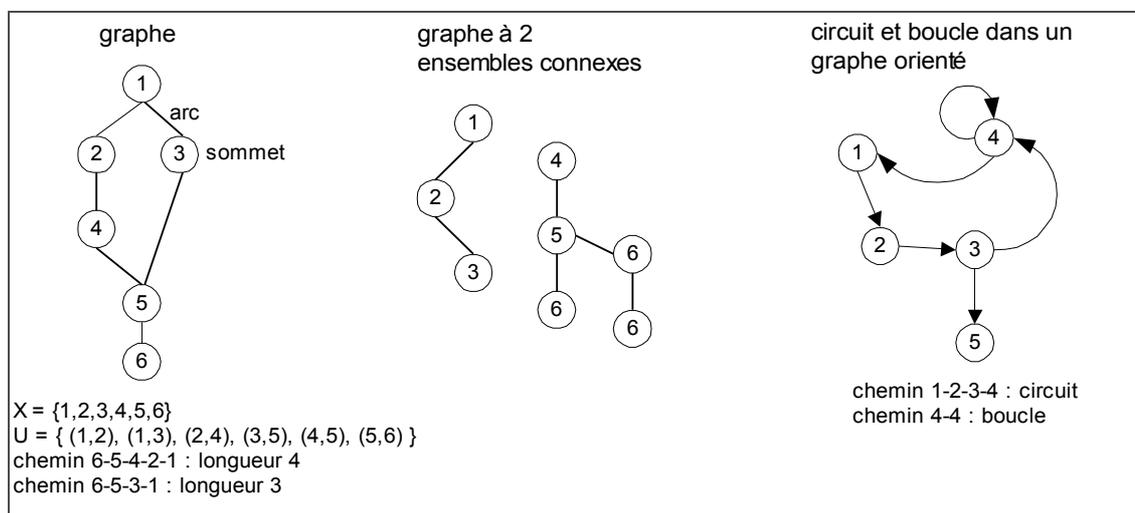


fig. 37: graphes

Lorsqu'un graphe est composé de plusieurs groupes séparés de sommets tel que chaque groupe n'a pas de relation avec les autres, ces groupes sont appelés **ensembles connexes**. Un graphe est dit **connexe** s'il comprend un seul ensemble connexe.

Un **graphe partiel** d'un graphe G est un graphe dont l'ensemble des sommets est le même que l'ensemble des sommets de G, mais dont l'ensemble des arcs est un sous-ensemble de l'ensemble des arcs de G ; en d'autres termes c'est un graphe qui conserve tous les sommets mais pas tous les

arcs de G . Ainsi, concernant les US d'une stratification, le graphe des relations d'antéro-postériorité non redondantes (seules représentées sur la *Harris Matrix*) est un graphe partiel de celui de toutes les relations observables (y compris les relations redondantes).

un **sous-graphe** d'un graphe G est un graphe dont l'ensemble X' des sommets est un sous-ensemble de l'ensemble X des sommets de G , et par conséquent dont l'ensemble U' des arcs est un sous-ensemble de l'ensemble U des arcs de G , mais qui conserve tous les arcs existant dans G entre les sommets de X' ; en d'autres termes c'est un graphe qui ne conserve pas tous les sommets de G , mais qui garde toutes les relations existantes entre les sommets conservés.

Un **sous-graphe partiel** d'un graphe G est un graphe dont les ensembles X' et U' sont respectivement des sous-ensembles de X et U définissant G , et qui ne conserve pas tous les arcs existant dans G entre les sommets de X' ; en d'autres termes c'est un graphe qui ne conserve ni tous les sommets de G , ni toutes les relations existantes dans G entre les sommets conservés.

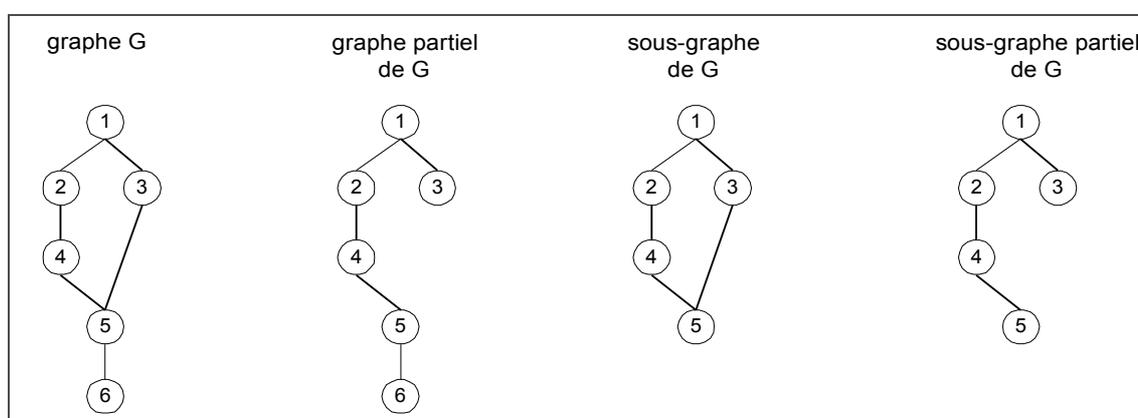


fig. 38: graphes partiels et sous-graphes

Fixons un autre point de vocabulaire : pour ne pas s'éloigner des termes en usage dans les observations stratigraphiques, le mot « relation » sans précision sera ici utilisé dans le sens de relation élémentaire observée ou déduites entre deux US (relation élémentaire qui peut donc être représentée par un arc sur un graphe¹¹⁹) ; et le terme « relation mathématique » désignera la relation au sens ensembliste général, définie par des propriétés et représentée par le graphe entier, et dont chaque relation élémentaire n'est qu'une occurrence (exemple : les relations « US 1 antérieure à US 2 », et « US 2 antérieure à US 3 » sont des occurrences de la relation mathématique d'ordre strict « est antérieur à »).

Recherche opérationnelle et graphes d'ordonnement dans le temps

La théorie des graphes s'est révélée utile pour de nombreuses applications. C'est en particulier un des outils principaux de la Recherche Opérationnelle (RO). On peut définir cette dernière comme la discipline d'ingénierie appliquant des outils mathématiques à la gestion des projets complexes afin d'optimiser la réalisation de ceux-ci¹²⁰.

Apparue juste avant la seconde guerre mondiale à des fins militaires (plus précisément pour traiter le problème de la répartition optimale des radars britanniques de défense aérienne – Cohen 1995,

119 On se limite ici à la notion de graphe (arc de cardinal 2 : un arc correspond à un couple de sommets), en excluant la notion d'hypergraphe (cas où le cardinal d'une arête peut être supérieur à 2).

120 Cette définition simplifiée de la RO est quelque peu réductrice, car elle ne tient pas compte de son caractère transversal ni de ses développements concernant les procédures d'aide à la décision. Concernant l'histoire de la recherche opérationnelle en France et ses développements actuels, notamment dans le cadre du Laboratoire d'Analyse et Modélisation de Systèmes pour l'Aide à la Décision (LAMSADE) de l'université de Paris-Dauphine (<http://www.lamsade.dauphine.fr/>), voir notamment Roy 2006, Bouyssou 2003.

Faure, Boss, Le Garff, 1980), la recherche opérationnelle s'est intéressée dans les années 1950 à des applications de production industrielle. La notion mathématique de graphe a alors été utilisée pour modéliser des processus de production, suivant deux filières méthodologiques : les méthodes anglo-américaines CPM – PERT (*Critical Path Method - Program Evaluation and Review Technique*) apparues vers 1958, et la méthode des Potentiels Métra (MPM) proposée à la même date par le mathématicien français Bernard Roy, méthode dont un des premiers algorithmes est décrit en 1959 dans une communication à l'Académie des Sciences (Faure, Roucairol, Tolla 1976 ; Roy 1959). Ces deux méthodes, largement diffusées par les filières d'enseignement en économie, gestion et ingénierie, ont très tôt fait l'objet d'applications informatiques (Degos 1976).

Dans ces deux méthodes, le processus de production est analysé en suites de tâches élémentaires ordonnées par des contraintes de succession (par exemple, sur un chantier de construction, poser la charpente – tâche 1 – avant la couverture – tâche 2) ; puis il est représenté par un graphe d'ordonnancement, graphe orienté représentant les tâches liées par les contraintes de temps. Dans un graphe PERT, les arcs représentent les tâches, et les sommets les contraintes de temps (fin d'une tâche et début d'une autre) que l'on peut appeler des « étapes » ; dans un graphe MPM, à l'inverse, les tâches sont les sommets et les arcs figurent les contraintes de temps.

Dans tous les cas, arcs et sommets sont valués, c'est-à-dire pourvus de durées (durée d'exécution d'une tâche, délai nécessaire entre deux tâches générant une contrainte de temps—par exemple un temps de séchage après une tâche « peinture »). Ces graphes permettent notamment, en fonction des durées fixées et des contraintes de succession, de repérer les tâches sur lesquelles un retard se répercute nécessairement sur le délai total : ces tâches forment le chemin critique du graphe.

Cette démarche peut s'appliquer au « processus de production » qu'est une fouille archéologique. La figure montre la représentation en graphe type MPM d'un exemple simplifié de décomposition en tâches de la fouille et de l'étude d'une sépulture.

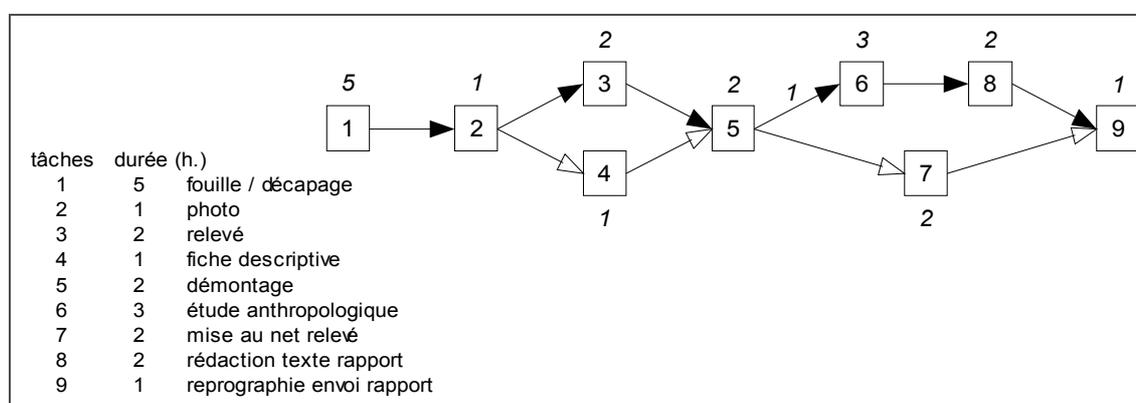


fig. 39: graphe MPM du processus (fictif) de fouille d'une sépulture

Les sommets (carrés) représentent les tâches, et les arcs (flèches) les contraintes de succession entre les tâches (par exemple la tâche 1 doit être finie pour que la tâche 2 commence). Des durées sont affectées aux tâches (ici en heures de travail : chiffres en italiques), ainsi qu'aux contraintes de succession lorsqu'une durée intermédiaire est nécessaire entre deux tâches (par exemple, la phase de terrain prend fin avec la tâche 5, et il y a un temps de transport d'une heure jusqu'à la base archéologique où doit se dérouler la tâche suivante). Ce graphe permet de savoir que 19 heures de travail au total sont nécessaires ; et que la durée minimale incompressible du processus (sachant que certaines tâches peuvent être effectuées en parallèle) est de 17 heures. Cette durée minimale incompressible correspond au chemin critique (ici marqué par les flèches noires), suite des tâches sur lesquelles un retard entraîne nécessairement le retard de l'ensemble du processus.

La figure suivante montre le même processus, mais cette fois représenté par un graphe PERT. La

représentation est inversée : les arcs (flèches) représentent les tâches et les sommets (cercles) les étapes (fin d'une tâche et début d'une autre).

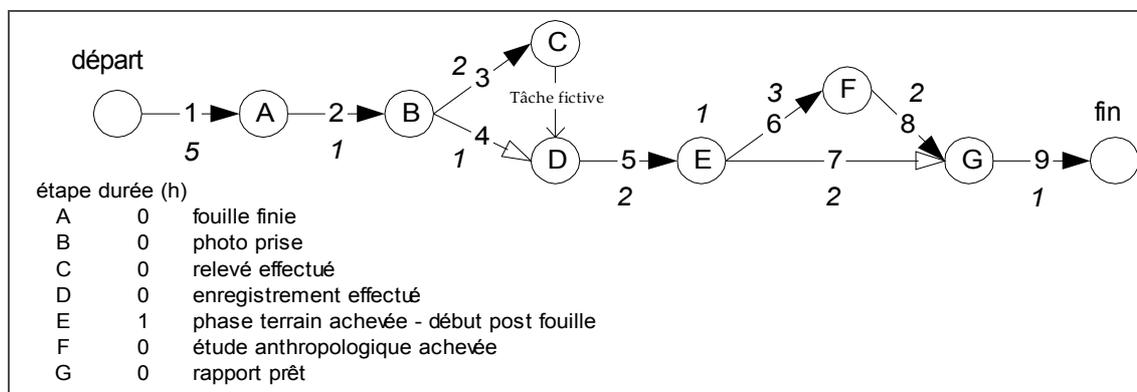


fig. 40: graphe PERT du processus (fictif) de fouille d'une sépulture

On remarque que le graphe PERT est moins pratique que le graphe MPM, car il oblige parfois à figurer des « tâches fictives » pour exprimer toutes les contraintes de succession ; par exemple, ici, la tâche 5 ne peut débuter que lorsque les tâches 3 et 4 sont terminées : figurer cette double contrainte de succession nécessite une tâche fictive pour relier les étapes C et D.

La parenté formelle du graphe MPM et du diagramme stratigraphique

Ce modèle de temps ordonné inscriptible dans le temps quantifié est aussi celui du temps stratigraphique des archéologues¹²¹. Il est donc possible de considérer l'obtention d'un diagramme stratigraphique comme un cas particulier de ces problèmes d'ordonnancement traités par la Recherche Opérationnelle (Desachy 1989 ; Desachy, Djindjian 1990). On peut plus précisément remarquer que le diagramme stratigraphique est formellement comparable à un graphe MPM (en substituant les US aux tâches d'un processus de production). Les relations stratigraphiques sont alors assimilables aux contraintes de succession exprimées par les arcs du diagramme. La durée de formation de l'US dans le temps absolu (cf. 2.1.5) est par ailleurs assimilable à la durée de la tâche, et « l'entretemps » (le temps intermédiaire attaché à la relation entre deux US), au délai entre deux tâches.

La spécificité du diagramme stratigraphique

Cependant le diagramme stratigraphique utilisé par les archéologues, même réduit à la stricte représentation de la chronologie relative stratigraphique (sans regroupements en phases, faits, etc. ni prise en compte de datations quantifiées), pose des problèmes spécifiques. En particulier, l'ensemble des couples d'unités correspondant aux relations enregistrées ne peut pas constituer directement l'ensemble U des arcs du graphe, en raison de la nécessité d'éliminer les relations enregistrées « redondantes » (déductibles) pour obtenir l'ordre stratigraphique dans sa forme complète la plus simple.

Par ailleurs, le terme de « diagramme stratigraphique » est justifié, car ce n'est pas un simple graphe. En effet, le diagramme, lorsqu'il comprend des synchronismes, est la représentation simultanée de deux relations de propriétés mathématiques différentes, d'ordre (antéro-postériorité), et d'équivalence (synchronisme). Il s'agit donc d'une combinaison de deux graphes élémentaires¹²² ;

121 C'est aussi le modèle du temps des processus techniques, analysés en chaînes opératoires, qu'étudient ethnologues et archéologues .

122 Par suite, comme on l'a vu (cf. ci-dessus 2.3), à cette combinaison peut s'ajouter la représentation de regroupements interprétatifs (faits, séquence, structures, etc...), c'est à dire la représentation de sous-ensembles à l'intérieur de l'ensemble des sommets (ce qui peut

chacun constituant un graphe partiel de l'ensemble des relations d'ordre et d'équivalence observées.

Notons que la représentation ortho-linéaire, ici choisie de préférence à celle de Harris, a comme avantage de bien exprimer cette dualité, marquée par l'orientation distincte des arcs de chaque type de relation : les arcs horizontaux pour l'équivalence, les arcs verticaux pour l'ordre. Par ailleurs c'est cette combinaison de relations d'équivalence et d'ordre, et plus particulièrement la propriété de réflexivité de la relation d'équivalence, qui autorise logiquement la répétition de la même US en plusieurs sommets reliés par une égalité caractérisant la représentation ortho-linéaire¹²³. De plus, cette mise en équivalence des US avec elles-mêmes rend immédiatement apparente la décomposition du graphe des relations d'ordre en chemins : chaque axe vertical du diagramme, correspond à une succession ininterrompue de sommets n'ayant chacun qu'un antérieur direct au plus et qu'un postérieur direct au plus, c'est-à-dire à un chemin. Les chemins sont liés horizontalement par leurs sommets communs, visualisant les divergences et convergences (rappelons qu'on appelle ici « convergence » une US du diagramme munie de plusieurs antérieures non redondantes et « divergence » une US munie de plusieurs postérieures non redondantes¹²⁴).

3.1.4. Le choix d'une structure de codage et de traitement : la matrice d'adjacence

Principe

L'outil pour le traitement des relations nous est fourni par une autre notion associée à celle de graphe : celle de matrice d'adjacence. Il s'agit d'un tableau de valeurs, carré, avec en lignes et en colonnes les sommets du graphe, c'est à dire ici les US. Pour un nombre d'US N , la taille (nombre de valeurs) de la matrice est donc N^2 . La valeur de chaque case à l'intersection d'une ligne et d'une colonne exprime l'état de la relation entre les deux sommets.

Le choix d'une matrice d'adjacence comme structure de traitement des relations ne va pas de soi : la matrice présente l'inconvénient d'une taille croissant de façon exponentielle avec le nombre des sommets, générant pour une application informatique d'importants besoins en puissance et/ou temps de traitement ; de plus, pour les graphes peu denses, la place perdue est très importante. Cependant, en ménageant la place pour toutes les relations possibles, cette forme matricielle permet des traitements faciles d'une grande simplicité conceptuelle, par simple balayage (c'est-à-dire en parcourant les cases et en se déplaçant de ligne en colonne ou de colonne en ligne). En outre, la puissance croissante des ordinateurs relativise les inconvénients évoqués ci-dessus¹²⁵.

Le point de départ du traitement : le codage des relations enregistrées sur la matrice

Préalablement au traitement, les relations enregistrées doivent être codées dans cette matrice d'adjacence. On désignera par *matrice*(i,j) la valeur d'une case de la matrice, le premier indice

constituer un cas d'application de la notion d'hypergraphe).

123 Notons que la différence sur cette représentation entre les signes « - » (synchronisme entre US ayant reçu des numéros différents) et « = » (synchronisme réflexif d'une US avec elle-même) est purement indicative, il s'agit bien dans les deux cas de la même relation mathématique d'équivalence.

124 Les convergences et divergences sont donc des sommets de degré supérieur à 2.

125 L'idée d'une matrice d'adjacence pour traiter les relations stratigraphiques, due à F. Djindjian, a été utilisée dans un premier algorithme publié précédant le présent travail (Desachy, Djindjian 1990, 1991). I. Sharon (1995) emploie de même une matrice N^2 pour coder les relations stratigraphiques entre N US. En raison des inconvénients évoqués ci-dessus, cette solution a été critiquée par Irmela Herzog (1993), dont l'application de réalisation de diagramme stratigraphique, recourant aussi à la théorie des graphes, utilise un système plus économique en mémoire de piles de taille variable pour stocker en cours de traitement les antérieures et postérieures à chaque US. En effet, le traitement de la matrice d'adjacence est, en principe, un problème de classe NP (non polynomiale), c'est à dire de la pire sorte pour un ordinateur, car entraînant une croissance exponentielle du temps de calcul en fonction du nombre de données à traiter. Mais il faut noter que ce n'est pas le cas dans l'algorithme présenté ci-dessous : aux différentes étapes, seuls des sous-ensembles de la matrice (et non la totalité) sont traités en même temps, ce qui ramène le traitement à un problème de classe polynomiale (en particulier, le nombre N des US est traité comme un polynôme $N = N' + N''$ avec N' pour le nombre d'US asynchrones et N'' pour le nombre d'US en relation de synchronisme, ce qui entraîne le traitement de $N'^2 + N''^2$ valeurs et non plus N^2).

désignant l'US en ligne, le second l'US en colonne. On donne la valeur 1 aux relations d'antéropostériorité observées, et on fait ici le choix d'affecter les lignes aux US antérieures et les colonnes aux US postérieures ; de sorte que $matrice(i,j) = 1$ si l'US i est antérieure à l'US j . Pour les distinguer des relations d'antéropostériorité, on donne la valeur 10 aux relations de synchronisme, de sorte que $matrice(i,j) = 10$ si i est synchrones avec j . Les cases restant vides ($matrice(i,j) = 0$) correspondent aux couples d'US sans relations observées.

Nous allons de nouveau prendre l'exemple simple de stratification proposé par E. Harris (cf. fig 30 p. 91), qui montre la succession d'une couche (9) puis d'un sol (7 et 8) recoupé par une tranchée de fondation (6) dans laquelle est construite la maçonnerie de fondation d'un mur (5) ; puis cette tranchée est remblayée de chaque côté du mur (3 et 4). Cette construction est ensuite dérasée (2) et recouverte d'un remblai formant le sol actuel (1).

Le codage de toutes les relations observables donne la matrice ci-dessous. Notons que l'on considère ici, pour les besoins de l'exposé, la relation entre les unités 7 et 8 comme un synchronisme certain, codé par une valeur 10.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1									
2	1								
3	1								
4	1								
5	1	1	1	1					
6			1	1	1				
7	1		1			1		10	
8	1			1		1			
9			1	1	1	1	1	1	

3.2. Le temps ordonné : l'obtention du diagramme stratigraphique

La première étape automatisable de la phase de synthèse des données présentée dans le chapitre 2 (cf 2.2) est le traitement de la seule chronologie stratigraphique. La double nature du diagramme stratigraphique (graphe de relation d'ordre et d'équivalence), notée plus haut, nécessite deux temps de traitement : un pour les synchronismes, amenant l'identification des ensembles synchrones, ensuite traités chacun comme une seule unité (3.2.1) ; et un second pour les relations d'antéropostériorité, permettant de calculer sur la matrice la distance stratigraphique séparant chaque couple d'unités, et de sélectionner ainsi les relations non redondantes (3.2.2). L'utilisation de la représentation ortho-linéaire permet ensuite de tracer les chemins du diagramme par simple balayage de la matrice, puis de définir les lignes pour une hauteur minimale du diagramme (3.2.3)¹²⁶. Le même ensemble d'unités et de relations stratigraphiques peut donner lieu à des diagrammes de dispositions différentes. Même si la machine peut proposer des améliorations graphiques (minimisation des recouvrements), le choix final d'une disposition relève de l'utilisateur, et celui-ci doit pouvoir reprendre et modifier le diagramme fourni automatiquement, en respectant certaines règles (3.2.4).

¹²⁶ L'algorithme ici présenté est une version évoluée et en partie modifiée (dans la procédure de tracé notamment) de celui présenté en 2005 (Desachy 2005, 2005b)

3.2.1. Traitement des synchronismes – notion d'ensemble synchrone

Déduction des synchronismes non enregistrés par symétrie et transitivité

Une fois la matrice codée avec les relations observées, elle est balayée en parcourant chaque case, ligne par ligne ; pour chaque valeur $matrice(i,j)$ correspondant à un synchronisme enregistré, la double règle suivante, permettant de déduire toutes les relations synchrones logiquement existantes à l'aide des propriétés de symétrie et de transitivité, est appliquée :

pour i,j,k appartenant à l'ensemble des US traitées, et soit s la valeur correspondant à une relation synchrone :

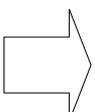
- si $matrice(i,j) = s$, alors $matrice(j,i) = s$;
- et si $matrice(j,k) = s$, alors $matrice(i,k) = s$.

Les relations (j, i) et (i, k) ainsi déduites, apparaissant en cours de traitement, peuvent ne pas être prises en compte dans un premier balayage de la matrice. Aussi celui-ci est réitéré. À chaque itération, chaque synchronisme (i, j) détecté est marqué, afin que l'itération suivante n'en tienne pas compte et se limite au traitement des nouvelles relations déduites non encore traitées. Le marquage de la relation traitée, est obtenu en modifiant la valeur s en une valeur s' (ici, la valeur s est par convention 10, et le marquage résulte de l'ajout du nombre d'US à cette valeur : la valeur 19 signifie donc un synchronisme marqué, donc déjà traité).

Le processus s'interrompt dès lors qu'un nouveau balayage de la matrice ne détecte aucune relation de synchronisme non marquée ; ce qui signifie soit que tous les synchronismes logiques ont été déduits et traités, soit, si ce nouveau balayage est le premier, qu'il n'y a aucun synchronisme enregistré.

Ci-dessous, la matrice montre l'ensemble synchrone 7-8 ainsi caractérisé après après balayage et application des règles de déduction de synchronisme.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1									
2	1								
3	1								
4	1								
5	1	1	1	1					
6			1	1	1				
7	1		1			1		10	
8	1			1		1			
9			1	1	1	1	1	1	



	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1									
2	1								
3	1								
4	1								
5	1	1	1	1					
6			1	1	1				
7	1		1			1		19 19	
8	1			1		1		19 19	
9			1	1	1	1	1	1	

Identification et fusion des ensembles synchrones : la dialectique du maître et de l'esclave stratigraphiques

Au terme de ce premier processus, l'application des règles énoncées ci-dessus amène logiquement pour chaque US synchrone i l'apparition d'une relation réflexive $matrice(i,i) = s$ permettant de repérer chaque ensemble synchrone (ES) d'unités stratigraphiques. Dans notre exemple, les relations réflexives $matrice(7,7)$ et $matrice(8,8)$ sont ainsi marquées.

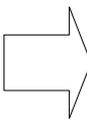
Lorsque $matrice(i,i) = s$, les valeurs $matrice(i,j) = s$ ou $matrice(j,i) = s$ indiquent les autres US j membres du même ensemble synchrone. Le deuxième temps du traitement des synchronismes consiste à fusionner les relations d'antéro—postériorité à l'intérieur de chaque ensemble synchrone, en

application des propriétés des relations d'équivalence et des relations d'ordre : en effet si une US i est synchrones avec une US j , et si j est antérieure à une US k , alors i est antérieure à k .

Dans chaque ensemble synchrone, une US est retenue comme « US maître » représentant l'ensemble synchrone et reçoit toutes les relations d'ordre de l'ensemble synchrone. Les autres US de l'ensemble—dites US « esclaves »—sont neutralisées pour la suite du traitement (ligne et colonne vidées) ; leur appartenance à l'ensemble synchrone est stockée dans une liste spécifique.

La matrice ci-dessous illustre cette étape de traitement : l'US-maître de l'ensemble synchrone 7-8 est par convention la première US enregistrée, c'est à dire 7 ; la fusion de cet ensemble synchrone se traduit donc par le transfert de la relation $matrice(8,4)$ en $matrice(7,4)$, puis par l'élimination de toutes les relations de l'US 8 ; le traitement s'effectue désormais sur la seule sous-matrice des US non esclaves (soit ici, toutes sauf l'US 8).

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1									
2	1								
3	1								
4	1								
5	1	1	1	1					
6			1	1	1				
7	1		1			1	19	19	
8	1			1		1	19	19	
9			1	1	1	1	1	1	



	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1									
2	1								
3	1								
4	1								
5	1	1	1	1					
6			1	1	1				
7	1		1	1		1			
8									
9			1	1	1	1	1		

Les synchronismes sont ensuite effacées des lignes et colonnes des US maîtres, de sorte qu'au terme de cette première phase de traitement, la matrice ne comporte plus que des relations d'ordre de valeur 1.

3.2.2. Traitement des relations d'ordre

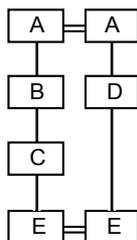
Notion de distance stratigraphique

Vient ensuite le traitement des relations d'ordre, pour lequel nous devons introduire la notion de distance stratigraphique.

Pour chaque couple (i,j) d'US en relation, on appelle $D_s(i,j)$, ou distance stratigraphique entre i et j , la longueur du plus long chemin entre i et j .

Ainsi, dans l'exemple de diagramme ci-dessous, la distance stratigraphique associée à la relation (B sous A) a la valeur 1 (un seul arc, pas d'étape intermédiaire : c'est une relation non redondante), ce que l'on écrit : $D_s(B, A) = 1$.

L'US E est aussi antérieure à A, mais avec des étapes intermédiaires, en nombre variable suivant le chemin. En effet, E est reliée à A par les deux chemins du graphe ; avec deux US intermédiaires (B et C) par le premier chemin (longueur du chemin : 3) ; et avec une US intermédiaire (D) pour le second chemin (de longueur 2). Dans ce cas, la distance stratigraphique entre E et A, égale à la longueur du plus long chemin, est : $D_s(E, A) = 3$.



La distance stratigraphique a d'autre part comme propriétés que $Ds(i,j)$ est nulle si i et j sont sans relations stratigraphiques entre elles ; et que $Ds(i,i)$ est de même nulle, la relation d'ordre stratigraphique étant irreflexive¹²⁷.

Calcul des distances stratigraphiques sur la matrice

Pour calculer les distances stratigraphiques, la matrice est balayée et ses valeurs modifiées, en appliquant la règle suivante¹²⁸ :

- pour i,j,k appartenant à l'ensemble des US traitées, si $matrice(i,j) > 0$, et si $matrice(j,k) > 0$, et si $matrice(i,k) < matrice(j,k) + 1$, alors $matrice(i,k) = matrice(j,k) + 1$.

En effet, si les deux premières conditions sont réunies (existence des relations i sous j et j sous k), la relation i sous k est déductible par transitivité ; la relation i sous k étant redondante par rapport à la relation j sous k , la distance stratigraphique $Ds(i,k)$ est nécessairement supérieure d'une unité au moins à $Ds(j,k)$. La valeur de $matrice(i,k)$ est donc modifiée si besoin pour correspondre à cette dernière condition.

Ainsi, lors du balayage de la matrice de l'exemple d'E Harris, arrivé à la ligne 5, colonne 2, on constate l'US correspondante en ligne (5) est antérieure à l'US en colonne (2) ($matrice(5,2) = 1$) ; on se reporte alors à la ligne de l'US postérieure, soit la ligne 2, et l'on compare les lignes 2 et 5. On constate en balayant la ligne 2 que l'US 2 a une postérieure : $matrice(2,1) = 1$. Si 2 est antérieure à 1, alors 5 est aussi antérieure à 1, à une étape de plus en distance stratigraphique (5 sous 2 sous 1). Donc, la relation $matrice(5,1)$ a pour valeur : $matrice(2,1) + 1$; soit $1+1 = 2$.

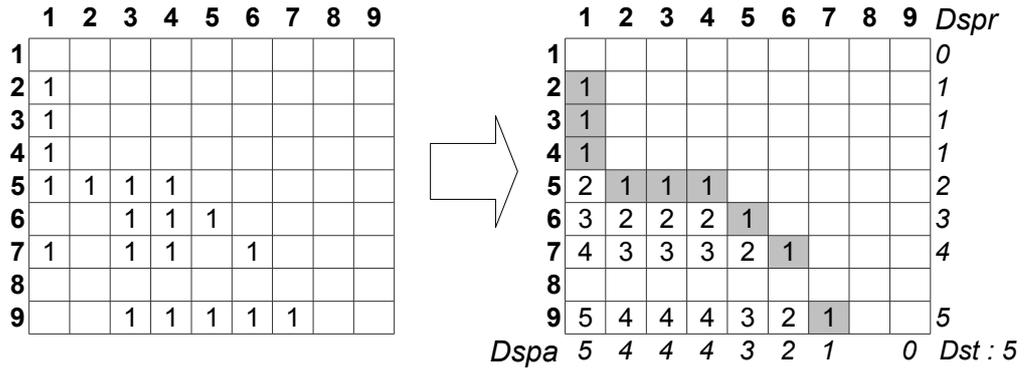
Il peut être nécessaire de réitérer plusieurs fois le balayage de la matrice pour tenir compte des modifications de valeurs lors de l'itération précédente. La règle d'arrêt la plus simple est de stopper le traitement lorsque plus aucune valeur n'a été modifiée par la dernière itération de balayage.

Au terme de ce traitement, on a, pour toute la matrice : $matrice(i,j) = Ds(i,j)$; l'ensemble des relations observées et logiquement déductibles par transitivité sont ainsi pourvues d'une valeur de distance stratigraphique différente de zéro.

Les relations non redondantes, qui sont à représenter sur le diagramme, correspondent à la valeur $Ds(i,j) = 1$

127 La « distance stratigraphique » $Ds(i,j)$ telle que définie ici n'est donc pas la distance simple entre deux sommets d'un graphe telle qu'on l'entend en théorie des graphes ; cette dernière distance correspondant au plus court (et non au plus long) chemin entre deux sommets (Cogis, Robert 2003 p.88). La « distance stratigraphique » ici retenue correspond en fait au chemin critique entre deux sommets, en affectant une durée de valeur 1 aux arcs et au sommets. C'est bien une distance au regard des trois propriétés axiomatiques d'une distance mathématique, de distance nulle d'un élément à lui-même : $d(a,b) = 0 \Leftrightarrow a = b$; de symétrie : $d(a,b) = d(b,a)$; et d'inégalité triangulaire : $d(a,b) \leq d(a,c) + d(b,c)$ (Bouroche et Saporta 1980) ; mais c'est une distance topologique et non géométrique, qui n'est effective que dans le seul ensemble des couples d'US en relation. En effet $Ds(i,j)$ prend la valeur 0 quand $i = j$, mais aussi quand i et j différents n'ont pas de relation entre eux.

128 Cette règle constitue une adaptation des algorithmes de Ford et de Dijkstra, de valuation des sommets d'un graphe (Faure, Lemaire, Picoulet 2000).



Pour chaque US i , la valeur la plus élevée en colonne i correspond à la distance stratigraphique entre i et la base de la stratification, ou distance stratigraphique au plus ancien $Dspa(i)$; la valeur la plus élevée en ligne i correspond à la distance stratigraphique entre i et le sommet de la stratification, ou distance stratigraphique au plus récent $Dspr(i)$. La plus grande valeur de la matrice correspond à la distance stratigraphique entre le début et la fin de la stratification enregistrée, ou distance stratigraphique totale Dst .

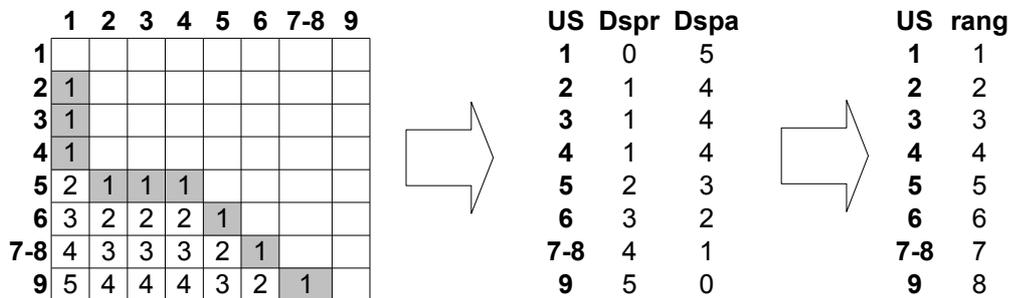
3.2.3. Le tracé du diagramme à partir de la matrice

Définition des chemins du diagramme

Puis vient le tracé du graphe. Le type de représentation choisi permet de placer chaque sommet suivant des coordonnées définies par le chemin (axe vertical) et la ligne (axe horizontal).

Dans un premier temps, les chemins peuvent être définis en balayant la matrice uniquement sur les valeurs de relation non redondantes ; c'est à dire ici, considérant les relations d'ordre certaines, les relations de distance stratigraphique = 1 (relations non déductibles).

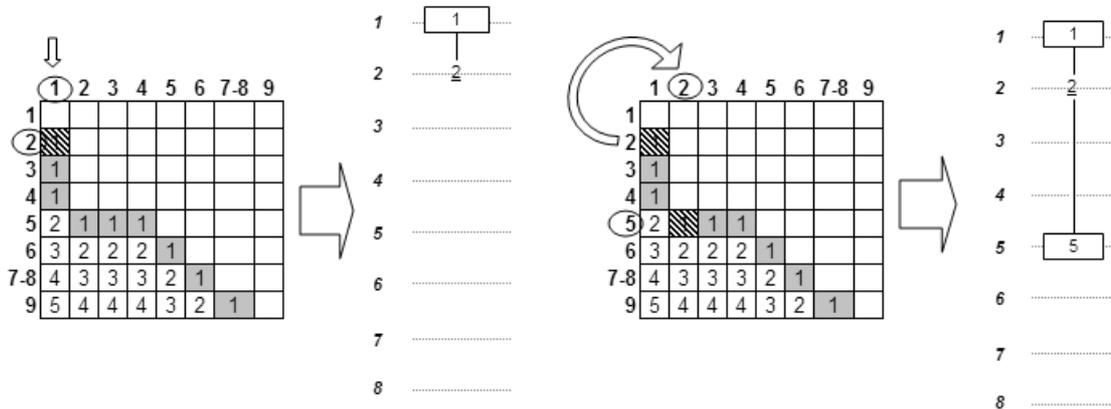
La procédure la plus simple de tracé des chemins consiste tout d'abord à fixer un rang stratigraphique pour chaque US (sans *ex-aequo*), obtenu en triant la liste des US dans l'ordre croissant des distances au plus récent, puis dans l'ordre décroissant des distances au plus ancien. Ce rang va déterminer la position initiale en ligne de chaque US.



Puis on sélectionne comme départ de tracé une US i affectée d'une distance stratigraphique au plus récent de valeur 0 ; c'est à dire une US sans postérieures, formant le début d'un chemin sur le diagramme. Ensuite, sur la matrice, on repère et on coche la première valeur 1 dans la colonne de cette US : la ligne correspondante est celle d'une US i' antérieure non redondante à i .

il est possible de tracer (ou de mettre en mémoire) cette première relation sur le diagramme, en

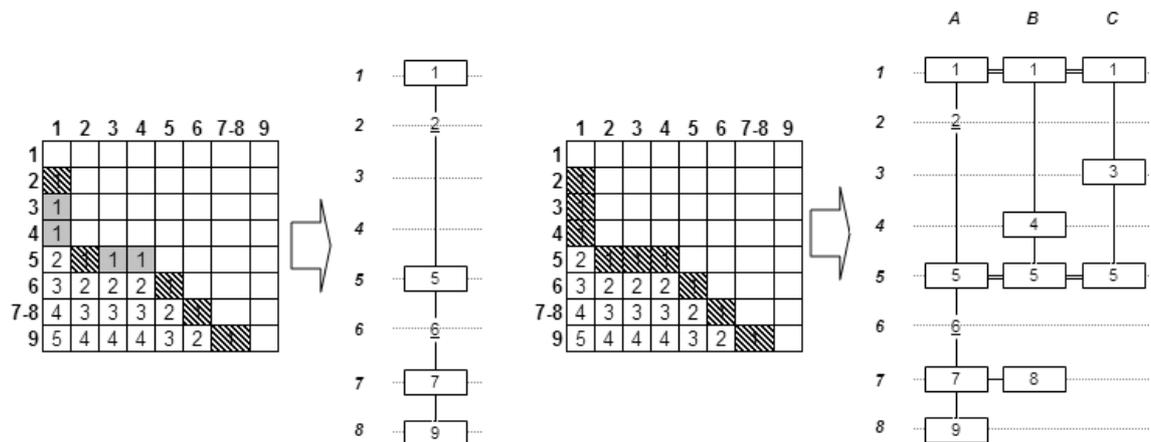
positionnant un sommet i sur un premier axe vertical fixé pour le premier chemin, à la ligne correspondant au rang de i ; et en positionnant un sommet i' sur le même axe 1 du premier chemin, à la ligne correspondant au rang de i' ; puis en traçant l'arc vertical entre les deux sommets.



Sur la matrice, on se reporte alors à la colonne de l'US i' et l'on réitère le processus : recherche dans la colonne i' de la première valeur 1, marquage de cette valeur, puis tracé sur le diagramme du sommet de l'US correspondante au rang de i'' , puis tracé de l'arc entre les deux sommets, à la suite sur le premier axe vertical du graphe.

Si pour une US i''' ainsi tracée, la colonne correspondante est vide, c'est que cette US n'a pas d'antérieure : le tracé du chemin est terminé.

S'il reste des valeurs 1 non marquées dans la matrice (relations non redondantes non tracées), on crée un deuxième axe vertical parallèle au premier, pour un second chemin. On prend comme premier sommet de ce chemin suivant la première US j telle que j possède à la fois des relations marquées et non marquées (le chemin part ainsi d'une divergence ou d'une convergence dont le premier sommet est déjà tracé). On poursuit le tracé du chemin jusqu'à achèvement du tracé (si la colonne correspondant à la dernière US tracée est vide, ou ne contient que des valeurs déjà marquées, c'est à dire des relations d'antériorité déjà tracées).



On trace ainsi le graphe chemin après chemin, jusqu'à ce que plus aucune valeur 1 non marquée n'apparaisse sur la matrice. On ajoute alors les sommets des US synchrones (« esclaves »), sur la même ligne que les US maîtres correspondantes, en insérant de nouveaux axes verticaux si besoin.

La dernière opération consiste à joindre horizontalement les sommets occurrences de la même US

(qui se trouvent nécessairement sur la même ligne), formant les divergences et convergences.

Notons qu'il est possible d'inverser le sens de tracé des chemins (de bas en haut et du plus ancien au plus récent, en balayant la ligne et non pas la colonne d'un sommet pour trouver le sommet suivant). Notons aussi que peut se présenter le cas où, après le tracé d'un chemin, il reste des valeurs 1 non cochées mais pas de convergence ou divergence en cours de tracé ; le chemin suivant doit alors à nouveau repartir d'une US i telle que $Lpr(i) = 1$; cela signifie que la stratification enregistrée comprend plusieurs ensembles connexes distincts (sans relations entre eux).

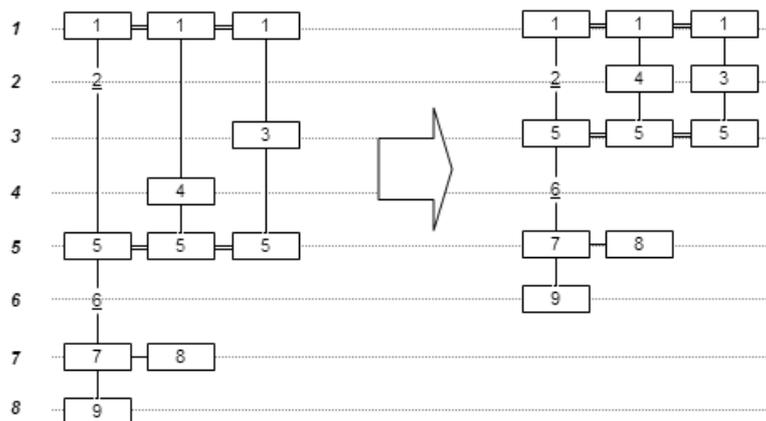
Définition des lignes du diagramme

Le diagramme ainsi tracé est dans une configuration allongée à l'extrême, avec une ligne par US (plus exactement par ensemble synchrone). Pour obtenir un diagramme moins encombrant, une règle de compaction des lignes du diagramme est alors mise en œuvre.

Au plus simple, cette règle consiste à balayer le diagramme ligne par ligne. On prend la première ligne (la plus haute), et pour chaque ligne suivante (de la deuxième à la dernière), on vérifie si l'US ou l'ensemble synchrone correspondant, matérialisé par un intervalle de chemins (du sommet occurrence de cette US ou ES le plus à gauche jusqu'au sommet le plus à droite), peut être translaté sur la première ligne sans chevauchements stratigraphiques (présence d'étapes stratigraphiques intermédiaires) ni chevauchements horizontaux (tout ou partie des chemins correspondants déjà occupés sur la première ligne).

Si cette translation est possible, l'US ou l'ES est translaté sur la première ligne, et la ligne ainsi fusionnée avec la première ligne est détruite (le diagramme raccourci d'une ligne).

Puis le processus est réitéré pour la seconde ligne, avec laquelle on va ainsi chercher à fusionner les lignes suivantes, de la troisième à la dernière. Arrivée à la dernière ligne, la procédure est achevée.

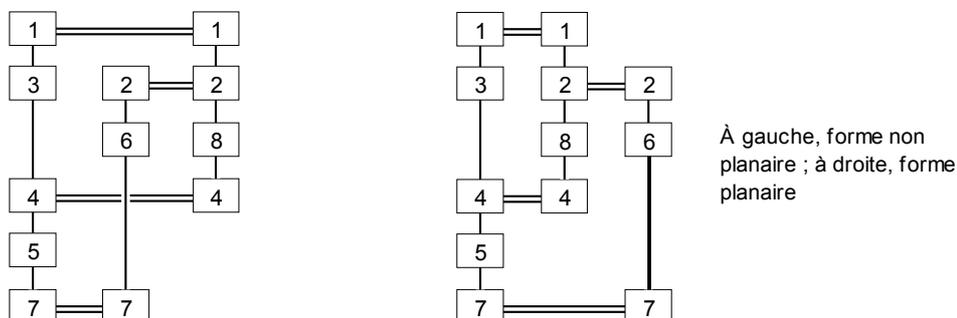


3.2.4. problèmes de planarité et d'optimisation graphique du diagramme

Le problème de la planarité

Le diagramme stratigraphique est, on l'a dit, une représentation plus topologique que topographique : c'est la position relative des sommets déterminée par les arcs qui est importante et doit rester inchangée, et non leur position absolue ; ils peuvent varier latéralement (d'un chemin à l'autre) et même verticalement (dans la limite bien entendu des positions en ligne des US

postérieures et antérieures). Par conséquent, il n'existe pas qu'une seule forme de diagramme possible pour une stratification donnée (Bibby 2002). Le sens de tracé des chemins (de bas en haut ou de haut en bas), le choix de la ligne d'US (au plus récent ou au plus ancien) influent par exemple sur la forme du diagramme produit automatiquement.



Parmi les différentes formes que peut prendre un graphe, celles qui ne comportent pas de croisements d'arcs sont dites « planaires ». La recherche d'une forme planaire est un sujet mathématiquement ardu, mais qui présente de l'intérêt pour certaines applications : ainsi les circuits imprimés sur cartes électronique peuvent être modélisés comme des graphes, dont la forme planaire correspond à la disposition du circuit sur une seule couche, permettant un moindre coût de production.

Concernant les diagrammes stratigraphiques, le défaut de planarité nuit à la lisibilité ; mais la recherche d'une forme planaire peut s'opposer à d'autres choix de forme du diagramme, par exemple la compacité (Herzog 1993). Par ailleurs le diagramme est fondamentalement une projection en deux dimensions d'un système de relations tridimensionnel (Lock 2003) ; par conséquent, bien que l'on puisse toujours représenter une stratification par un seul diagramme, il peut être impossible de ramener toutes les relations (même simplifiées par l'élimination des relations redondantes) sur un seul plan, de sorte que le diagramme ne présente aucun croisement d'arcs.

Cependant, pour une plus grande clarté graphique, l'algorithme de l'application expérimentale ci-jointe *Le Stratifiant* utilise des instructions particulières dans la procédure de tracé des chemins, destinées à réduire les croisements d'arcs verticaux et horizontaux ; elles se basent sur la recherche de la plus récente divergence pour le départ d'un chemin tracé en sens ascendant et de la plus ancienne convergence pour le départ d'un chemin tracé en sens descendant, de façon à emboîter les divergences et convergences intermédiaires sans les croiser. Il faut préciser que cette procédure de recherche de planarité n'est pas totalement efficace, et donc encore améliorable ; l'algorithme élimine des croisements d'arcs, mais ne trouve pas dans tous les cas la forme planaire ou la forme optimale de moindre nombre de croisements d'arcs.

Cela dit, notons que la représentation ortho-linéaire améliore globalement la planarité et la lisibilité ; en effet, les arcs de relation d'ordre ne se recoupent jamais (ils sont tous verticaux et parallèles) ; les croisements ne sont possibles qu'entre une relation d'ordre (arc vertical) et une équivalence ou un synchronisme (arc horizontal), ce qui gêne moins le suivi visuel des chemins stratigraphiques, et n'entraîne pas de possibilité de confusion avec les relations d'ordre exprimées par des lignes brisées de la représentation classique de la *Harris Matrix*.

Optimisation graphique et choix de la disposition finale : où l'utilisateur reprend la main

Dans ces conditions, c'est à l'utilisateur que doit revenir le choix de la forme finale du diagramme :

les applications de type « boîtes noires » qui imposent une forme de diagramme sans intervention possible de l'utilisateur sont à éviter (Ryan 2001). Dans l'application expérimentale ci-jointe (*Le Stratifiant*, cf. deuxième partie du mémoire), le diagramme est créé automatiquement sous Excel sous forme d'objets graphiques que l'utilisateur peut modifier à l'aide d'outils de dessin vectoriel. A l'avenir, cette reprise manuelle d'un diagramme pourrait être enrichie par des fonctions d'assistance reposant sur la formalisation de règles de déplacement des sommets, lignes et colonnes.

3.3. Temps quantifié et regroupements chronologiques

Les étapes de la phase de synthèse, suivant l'obtention sous forme de diagramme de la stricte succession stratigraphique, présentées dans le chapitre 2 (2.2), peuvent aussi faire l'objet d'une formalisation au moins partielle, et par conséquent d'une assistance automatisée. Les éléments ici exposés concernent d'abord le traitement des indicateurs chronométriques en fonction des relations stratigraphiques, étape qui mobilise des notions d'algèbre, sous forme de systèmes d'inéquations (3.3.1). La nécessité d'une double représentation graphique des éléments de datation quantifiée a été exposée plus haut : les procédures permettant d'obtenir l'une (mise en paliers du diagramme) et l'autre (graphique des datations) représentations sont exposées ici (3.3.2). Enfin, les regroupements d'unités à signification culturelle et historique ne sont eux, à notre avis, pas entièrement automatisables, car en partie interprétatifs et intuitifs ; mais la mise en place d'outils d'aide, relayant les choix de regroupements de l'archéologue, est possible. Une aide à la mise en phase et des pistes pour des aides au traitement d'autres regroupements sont présentés (3.3.3).

3.3.1 traitement d'inscription de la stratigraphie dans le temps quantifié

L'obtention du diagramme stratigraphique correspond à l'extraction d'une structure topologique depuis l'espace topographique, mesurable dans les trois dimensions de l'espace, du volume fouillé. L'inscription du diagramme dans le temps quantifié correspond à la ré-immersion de cette structure topologique dans un espace mesuré, mais sur une seule dimension, celle du temps, en considérant celui-ci comme un ensemble de points (instants) et longueurs (durées) mesurables sur une droite. Parmi les travaux de formalisation appliqués à ces rapports entre contraintes temporelles et temps quantifié, on peut citer ceux de James Allen sur l'élaboration d'un langage logique temporel (Allen 1981 ; 1984) et ceux de Tiphaine Accary-Barbier et Sylvie Calabretto (2004). D'autres travaux plus spécialisés se sont attachés à l'intégration de contraintes stratigraphiques dans le cadre de calibration de datation (tel le programme OxCal développé par Peter Ramsey¹²⁹). C'est, cependant, le calcul de valuation proposé par Bernard Roy dans le cadre de la méthode des potentiels Métra, devenu l'une des techniques classiques de graphe d'ordonnancement en Recherche Opérationnelle (Faure, Lemaire, Picoulet 2000) qui constitue la source de la procédure exposée ci-dessous¹³⁰.

Formalisation du problème : un système d'inéquations algébriques

Nous avons défini plus haut les indicateurs dont l'archéologue dispose pour inscrire une US i dans le temps absolu :

- le *terminus post quem* (date-plancher) que nous noterons ici $Tpq(i)$;
- le *terminus ante quem* (date-plafond) que nous noterons $Taq(i)$;

¹²⁹ <http://www.rlaha.ox.ac.uk/oxcal/oxcal.htm>

¹³⁰ Le choix ici effectué pour le traitement des éléments de datation lié à l'élaboration du diagramme est celui d'un traitement strictement déductif, sans mobiliser d'hypothèse statistique : il s'agit de fournir à l'utilisateur la visualisation des seules conséquences de ses données et estimations de datation, afin, notamment, de permettre un retour critique sur ces données et estimations. Nous concevons l'élaboration de modèles de datation s'appuyant sur des méthodes probabilistes, comme intervenant dans un deuxième temps. La dernière version de *Stratify*, intégrant un traitement des datations, procède d'un choix différent (Herzog, Hansohm, 2008).

$T_{pq}(i)$ et $T_{aq}(i)$ bornent un intervalle d'incertitude contenant la date de l'US i , date définie comme celle de la fin de formation de l'US, antérieure au début de la formation de la plus récente des unités postérieures, et que nous noterons $Dt(i)$.

On peut donc écrire, avec la formulation mathématique des relations d'ordre et d'équivalence :

- $T_{pq}(i) \leq Dt(i) \leq T_{aq}(i)$; d'où l'on déduit : si $T_{pq}(i) = T_{aq}(i)$, alors $Dt(i) = T_{pq}(i) = T_{aq}(i)$;

on retrouve, en d'autres termes, les observations faites plus haut (cf. 2.1.5 et 2.2.3) : lorsque la date d'une US est directement connue (par exemple un texte précisant la date d'achèvement d'une construction, dont les vestiges ont été retrouvés en fouille), elle fournit à la fois un TPQ et un TAQ (dont on a vu qu'ils sont applicables respectivement aux US postérieures et aux US antérieures).

Par ailleurs, nous avons vu qu'au processus de stratification sont attachées deux durées dans le temps absolu, limitées par les instants de début et de fin de formation de l'unité stratigraphique :

- l'une est liée à l'unité : c'est le temps de formation d'une US i , ici noté $Tf(i)$;
- l'autre est liée à la relation d'ordre chronologique : c'est « l'entretemps », l'éventuel temps intermédiaire entre les temps de formation de l'US i antérieure et de l'US j postérieure, ici noté $Ti(i,j)$;

L'exemple de l'intégration du temps quantifié dans un graphe MPM (cf. 3.1.3) nous montre comment considérer ces indications, en termes de valuation du diagramme stratigraphique : $Tf(i)$ constitue la valuation de i (c'est-à-dire la valeur, ici chronologique, attachée à chaque sommet) ; et $Ti(i,j)$ constitue la valuation de l'arc (i,j) . S'il n'existe aucune discontinuité stratigraphique, $Ti(i,j)$ est nul¹³¹.

Ces trois valeurs chronométriques Dt , Tf , Ti permettent de quantifier le temps stratigraphique ; en effet pour chaque relation i sous j :

- pour $i < j$ on a : $Dt(i) + Ti(i,j) + Tf(j) = Dt(j)$

C'est-à-dire : la date de l'US j postérieure équivaut à la date de l'US i antérieure augmentée de la durée séparant cette dernière du début de la formation de j , et de la durée de formation de j .

Nous envisageons ici (bien qu'elle ne soit pas encore implémentée dans l'outil informatique *Le Stratifiant* présenté en 2e partie) une procédure prenant en compte les indicateurs proposés plus haut, définissant des intervalles d'imprécision pour les durées de formation et d'entretemps : soit donc :

- les temps de formation minimum $Tfmin(i)$ et maximum $Tfmax(i)$ de l'US i , bornant un intervalle d'incertitude dans lequel prend place le temps de formation $Tf(i)$, de sorte que $Tfmin(i) \leq Tf(i) \leq Tfmax(i)$;
- les temps intermédiaires minimum $Timin(i,j)$ et maximum $Timax(i,j)$ encadrant la durée $Ti(i,j)$ affectée à la relation d'ordre i sous j , de sorte que $Timin(i,j) \leq Ti(i,j) \leq Timax(i,j)$;

Munis de ces indicateurs, nous pouvons formaliser et enrichir les règles énoncées plus haut de report des dates plancher et plafond à l'aide des relations stratigraphiques. Il faut d'abord doter toutes les US et relations de données chronométriques, afin de permettre le calcul de ces reports.

- Les US non munies de date plafond reçoivent le *terminus post quem* absolu que constitue la date de début de fouille ;

131 E. Harris remarque qu'on ne tient pas assez compte de ces temps intermédiaires (par exemple entre la surface d'un sol et le remblai d'abandon qui vient l'enfourir alors que nul dépôt matériel ne témoigne de la durée d'usage du sol), et il envisage pour y remédier de numéroter les interfaces correspondantes en plus des US (Harris 1998) ; cependant cette formalisation du problème en termes de graphe valué montre que ce serait inutile : il est possible de valuer des arcs (couples d'éléments) sans avoir besoin de les considérer comme des sommets.

- Les US non munies de date plancher reçoivent comme telle une date choisie comme certainement antérieure au début de la stratification étudiée (l'année –10 000 par exemple).

Les temps minimum T_{fmin} de formation des US et T_{imin} attachés aux relations (seuls nécessaires pour les reports de dates plancher vers les postérieures et des dates plafond vers les antérieures) sont fixés à zéro (minimum absolu) lorsqu'on ne dispose pas d'indications les concernant. Il faut noter qu'en théorie, le temps de formation d'une US i n'est pas nul (sans quoi l'US n'existe pas !), et donc $T_{fmin}(i) > 0$; en pratique, à l'échelle de temps choisie par l'archéologue, il peut être négligeable (lorsqu'il est de l'ordre de quelques heures ou quelques minutes par exemple) : on admet donc $T_{fmin}(i) \geq 0$.

Les temps maximum T_{fmax} , ainsi que les temps intermédiaires maximum T_{imax} attachés aux relations d'ordre, sont fixés, en l'absence d'indications spécifiques, à une valeur sûrement supérieure à la durée totale que représente la stratification étudiée (par exemple : 10 000 ans).

Puis on fusionne les données chronométriques de chaque ensemble synchrone (ES). Par définition du synchronisme entre deux US i et j (relation mathématique d'équivalence), on peut écrire :

- Pour $i = j$ on a : $Dt(i) = Dt(j)$ et $Tf(i) = Tf(j)$ et $Ti(i,j) = 0$;

En d'autres termes, des US synchrones sont nécessairement contemporaines dans le temps absolu : leur date et leur temps de formation sont identiques, nul espace de temps ne les sépare. Pour chaque ensemble synchrone, ce sont par conséquent, par définition des indicateurs, le plus récent des TPQ, le plus ancien des TAQ, le plus élevé des temps de formation minimum et le plus faible des temps de formation maximum attachés aux US appartenant à l'ensemble qui sont retenus et affectés à l'US-maître représentant l'ES.

On peut ensuite passer à l'inscription proprement dite de la chronologie stratigraphique dans le temps absolu, c'est-à-dire au calcul de l'intervalle date plancher – date plafond bornant chaque US ou ES. En tenant compte de la convention admise plus haut de considérer le temps de formation d'une US comme pouvant être nul, cette inscription de la chronologie relative dans le temps absolu consiste à passer d'une relation mathématique d'ordre strict $i < j$ (l'US i est antérieure à l'US j), à une relation d'ordre large $Dt(i) \leq Dt(j)$ (la date de l'US i est inférieure ou égale à celle de l'US j)¹³².

On opère en deux temps ; d'abord, la date-plancher de chaque US et ES est recalculée. Muni de la relation d'ordre large et des indicateurs définis ci-dessus, on peut écrire :

- pour $i < j$ on a : $(Tpq(i) + T_{imin}(i,j) + T_{fmin}(j)) \leq Dt(j)$;

soit : pour i antérieur à j , le TPQ de i , augmenté de la durée minimale séparant cette dernière du début de la formation de j , et de la durée minimale de la formation de j , est inférieure ou égale à la date de j . Cette valeur $Tpq(i) + T_{imin}(i,j) + T_{fmin}(j)$ constitue par définition un TPQ possible de j . Par définition encore, si on dispose de plusieurs dates antérieures ou égales à $Dt(j)$, le TPQ $Tpq(j)$ correspond à la plus récente. On modifie donc si besoin la valeur précédente de $Tpq(j)$ en appliquant la règle suivante :

- si $Tpq(i) + T_{imin}(i,j) + T_{fmin}(j) > Tpq(j)$, alors $Tpq(j) = Tpq(i) + T_{imin}(i,j) + T_{fmin}(j)$.

Dans le cas de durées $T_{imin}(i,j)$ et $T_{fmin}(j)$ non connues et donc nulles, on peut simplifier la formule, qui devient :

- si $Tpq(i) > Tpq(j)$, alors $Tpq(j) = Tpq(i)$.

On retrouve ainsi l'énoncé traditionnel de datation par la stratigraphie (cf. 2.2.3), selon lequel la date

¹³² En effet, pour i antérieure à j , on a (cf. plus haut) : $Dt(i) + Ti(i,j) + Tf(j) = Dt(j)$; le résultat $Dt(i) = Dt(j)$ est possible, si $Ti(i,j) = T_{imin}(i,j) = 0$ et si $Tf(j) = T_{fmin}(j) = 0$; on admet donc, dans le temps quantifié, une relation mathématique d'ordre large et non plus strict $Dt(i) \leq Dt(j)$.

plancher d'une US constitue aussi une date plancher pour les US postérieures.

Grâce à la prise en compte des durées maximales, on peut aller plus loin que cet énoncé traditionnel, en déduisant à rebours une date plancher possible pour les US antérieures :

- Pour $i < j$, et si $T_{pq}(j) - T_{fmax}(j) - T_{imax}(i,j) > T_{pq}(i)$, alors $T_{pq}(i) = T_{pq}(j) - T_{fmax}(j) - T_{imax}(i,j)$

Ce calcul est sans intérêt si on ne dispose pas d'indications de durées maximales, car la date plancher de i obtenue avec la durée maximale par défaut (certainement supérieure à la durée totale de la stratification étudiée) est plus ancienne que le TPQ « absolu » choisi comme certainement antérieur au début de la stratification étudiée. Par contre, si le fouilleur a pu évaluer les deux durées $T_{fmax}(j)$ et $T_{imax}(i,j)$, ce calcul peut préciser la chronologie générale.

Afin de refermer l'intervalle de datation de chaque US, les dates plafonds sont ensuite recalculées. Un raisonnement similaire à celui mis en œuvre pour les dates plancher aboutit, pour chaque relation i sous j , à la double règle de report suivante, qui permet de sélectionner la plus ancienne des dates plafond possibles pour chaque US :

- Pour $i < j$, si $(T_{aq}(j) - T_{fmin}(j) - T_{imin}(i,j)) < T_{aq}(i)$, alors $T_{aq}(i) = (T_{aq}(j) - T_{fmin}(j) - T_{imin}(i,j))$
- Pour $i < j$, si $(T_{aq}(i) + T_{fmax}(j) + T_{imax}(i,j)) < T_{aq}(j)$ alors $T_{aq}(j) = (T_{aq}(i) + T_{fmax}(j) + T_{imax}(i,j))$

L'actuelle procédure automatisée

En l'état actuel de l'application expérimentale *Le Stratifiant* (cf. 2e partie de la thèse), les calculs de report et déduction d'intervalle s'effectuent sur les seules dates-plancher et dates plafond, sans possibilités de réduction automatique de ces intervalles d'imprécision au moyen d'indicateurs de durée. Les TPQ déduits peuvent être obtenus en un seul balayage de haut en bas de la liste des US munie de leurs données chronométriques et reclassées dans l'ordre des distances stratigraphiques au plus ancien. Le balayage s'effectue à l'aide de la règle de report simplifiée exposée ci-dessus, et fait appel à la matrice traitée où dans la ligne de chaque US apparaissent toutes ses postérieures. Un deuxième balayage permet d'obtention des TAQ déduits, de la même façon que pour les dates plancher, mais la liste des US est cette fois reclassée dans l'ordre des distances stratigraphiques au plus récent.

3.3.2 représentations graphiques

Mise en paliers du diagramme stratigraphique : l'intégration de contraintes de seuils

Le sens du temps sur le diagramme est vertical, du plus récent en haut au plus ancien en bas. Mais, comme on l'a vu, on ne peut utiliser directement l'axe vertical comme échelle du temps absolu car la répartition des unités stratigraphiques dans le temps absolu est à la fois irrégulière (durée de formation variable), discontinue (existence « d'entretemps » ou durée intermédiaires affectées aux relations supérieures à 0), et affectée d'une imprécision elle-même variable (intervalles TPQ – TAQ inégaux)

Cependant, la forme du diagramme étant modifiable, il est possible de faire « coulisser » les sommets sur leur axe vertical pour exprimer une différence de position dans le temps absolu. Ainsi, la représentation de paliers de datation sur le diagramme, proposée plus haut (cf. 2.2.3), correspond à l'introduction de seuils dans le graphe d'ordonnement qu'est ce diagramme, de telle sorte que chaque US i se situe au-dessus du palier du TPQ qui lui correspond, ou sous le palier du TAQ qui lui correspond (suivant le choix de calage).

Les instructions de traitement correspondant à l'introduction de ces seuils de datation quantifiée sont simples : après les calculs exposés ci-dessus, chaque US est affectée d'un TPQ et d'un TAQ. Lors de la phase de compaction des lignes du diagramme, il est tenu compte de ce TPQ ou de ce TAQ : pour deux US qui peuvent se trouver sur la même ligne, un TPQ ou un TAQ plus ancien entraîne le décalage de l'US sur la ligne inférieure (entraînant le cas échéant un allongement de l'ensemble du diagramme). Le tracé des lignes de paliers intervient ensuite au niveau de chaque US marquant un changement de TPQ ou de TAQ.

Graphique des intervalles de datation : une application du diagramme de Gantt

À la différence d'un graphe d'ordonnancement ne pouvant figurer le temps que sous forme discrétisée de seuil et de contraintes d'antéro-postériorité, le graphique des intervalles TPQ-TAQ présenté plus haut (2.2.3) est inscrit dans l'échelle du temps continu, graduée en années. On peut par conséquent figurer simultanément les TPQ et TAQ sous forme d'intervalles. L'information stratigraphique y apparaît, matérialisée par l'ordre des lignes.

Une telle représentation est au demeurant classique : c'est celle du diagramme de Gantt (créé par l'ingénieur américain Henry Gantt - 1861-1919), bien connu en gestion de projet pour visualiser un planning. Ce principe de double représentation – un graphe sur l'échelle du temps ordonné, un graphique sur l'échelle du temps quantifié –, à notre sens plus efficace que de vouloir « mixer » ces deux échelles de nature différente sur la même représentation graphique, est en effet inspiré du couple formé, en Recherche Opérationnelle, par le graphe d'ordonnancement PERT ou MPM, et le diagramme de Gantt.

La création de ce graphique s'effectue à partir de la lecture de la liste des US, de leur rang et de leur intervalle de TPQ et TAQ, et ne pose pas de problème spécifique d'algorithme.

3.3.3. synthèse chrono-historique : mise en phases et traitement des regroupement d'unités

Aide à la mise en phases

En l'état actuel de la formalisation, la procédure d'aide à la mise en phases mobilise deux types de données : d'une part une liste des phases (fixée par l'utilisateur), dont la succession est indiquée par une numérotation (de 1 plus ancienne à $n...$ plus récente) ; et d'autre part l'attribution, à au moins une partie des unités enregistrées, d'une phase au plus ancien et d'une phase au plus récent.

La procédure permet, en effet, de gérer des intervalles d'imprécision appliqués à la mise en phases. Si une US i est attribuable, de façon imprécise, à la phase 1, ou à la phase 2, ou à la phase 3, elle aura 1 comme phase au plus ancien et 3 comme phase au plus récent ; les US précisément attribuées à une phase ont cette même phase indiquée à la fois au plus ancien et au plus récent.

Le traitement consiste en une généralisation de la mise en phase à l'ensemble des unités (même celles non phasées au départ), par affectation d'un intervalle de phase déduit des relations stratigraphiques, en fonction des règles suivantes (qui ne sont, pour le premier point, que la transposition des règles de report des TPQ et TAQ) :

- pour deux US i et j telle que j est postérieure à i , la phase au plus ancien de j est nécessairement supérieure ou égale à la phase au plus ancien de i ; la phase au plus récent de i est nécessairement inférieure ou égale à la phase au plus récent de j ;
- pour deux US i et j synchrones, la phase au plus ancien de l'ensemble synchrone (i,j) est la plus ancienne des phases au plus ancien de i et j ; la phase au plus récent de l'ensemble synchrone (i,j) est la plus récente des phases au plus récent de i et j

Ce traitement s'effectue, comme pour les TPQ et TAQ, par double balayage de la liste des US triée successivement sur les distances stratigraphiques au plus récent et au plus ancien.

Mise en phases inscrites dans le temps quantifié

Lorsque sont disponibles simultanément des datations quantifiées et des indications de mise en phases, il est possible de mettre en rapport ces deux types d'indications chronologiques, via les relations stratigraphiques.

Un TPQ et un TAQ peuvent ainsi être proposés pour chaque phase, à partir des indicateurs de datation des unités. Le calcul s'effectue ainsi : le début d'une phase est nécessairement postérieure à la date plancher de la plus récente US de la phase précédente (plus précisément : de la plus récente US qui a la phase précédente comme phase au plus récent) ; c'est donc cette dernière date-plancher qui est prise comme TPQ de la phase (si une telle date plancher ne peut être trouvée, c'est le TPQ « absolu » qui devient celui de la phase: c'est le cas de la phase n° 1, la plus ancienne). De même, la fin d'une phase est nécessairement antérieure à la date plafond de la plus ancienne US de la phase postérieure (plus précisément : de la plus ancienne US qui a la phase postérieure comme phase au plus ancien). Cette dernière date-plafond devient donc le TAQ de la phase.

Il est possible de saisir directement des TPQ et TAQ appliqués aux phases ; en utilisant les règles réciproques à celles ci-dessus, ceux-ci sont utilisés dans le traitement pour préciser éventuellement les intervalles TPQ-TAQ des US.

regroupements synthétiques d'unités : perspectives de formalisation

Au delà de cette actuelle aide à la mise en phases, un traitement des regroupements chronologiques ou structurels (séquences, phases, etc.) - que nous avons désigné par le terme générique d'UR (unités de regroupement) – peut être envisagé, à deux niveaux.

Au niveau le plus ambitieux, une automatisation qui partirait des attributs descriptifs des US pour opérer des regroupements proposés à l'utilisateur sans que celui-ci ait besoin de créer lui-même des UR et d'y affecter les US, est concevable si la définition des UR est précisément formalisée. Ce pourrait, par exemple, être le cas de la « séquence » à partir de la définition proposée par Bernard Randouin (Randouin éd. 1987 p. 79) comme regroupement de couches immédiatement consécutives et relevant de la même interprétation culturelle. Une règle d'agrégation en séquences des US de même interprétation et liées par des relations directes (c'est-à-dire sans US intermédiaire d'interprétation différente) pourrait être mise en œuvre à partir des relations et des champs de nature et d'interprétation des US. De même, des règles d'agrégation basées sur l'interprétation des relations en rupture ou continuité (proposée plus haut, cf. 2.1.3) pourraient opérer des propositions de regroupements.

Mais un tel objectif d'automatisation des regroupements ne peut aboutir, à notre sens, qu'à des propositions, nécessitant l'accord et / ou l'intervention de l'utilisateur pour le choix final. En effet, les regroupements synthétiques de la chronologie stratigraphique relèvent largement du choix de l'archéologue, de son interprétation et de ses hypothèses, c'est-à-dire d'une opération intellectuelle inductive (et non déductive comme l'est la réalisation du diagramme nu à partir de l'enregistrement stratigraphique) ; par conséquent, cette opération n'est pas totalement réductible à un traitement par machine.

Un deuxième niveau de traitement, d'assistance et non d'automatisation totale, peut donc être plus largement envisagé¹³³, par extension de l'actuelle possibilité de mise en phase, mais généralisée à des

133 De telles fonctions, avec création automatique des cadres visualisant les regroupements d'US sur le diagramme, sont déjà présentes sur l'application *Stratify* citée plus haut (Herzog 2004 ; 2006)

niveaux multiples de regroupements. A partir du choix d'attribution des US à telle ou telle UR, choix effectué par le fouilleur, le traitement consisterait, sur demande, à traiter les UR ainsi définies comme des ensembles synchrones ; c'est-à-dire à fusionner leurs relations stratigraphiques et leurs éventuels éléments de datation. Dans cette perspective, il est utile que le fouilleur puisse choisir d'afficher des UR correspondant à des niveaux de regroupement différents sur le même diagramme de synthèse. On obtiendrait ainsi des diagrammes « zoomés » permettant de montrer un détail de la chronologie stratigraphique en le plaçant dans son contexte plus général. Cette possibilité de changer d'échelle de regroupement à l'intérieur d'un même diagramme est, en effet, particulièrement intéressante dans le cas de grands diagrammes (Lock 2003).

3.4. L'incertitude et l'erreur

Les fouilleurs, comme tout autre ensemble de bipèdes, sont faillibles, et il est rare qu'un enregistrement soit exempt de fautes et de doutes. L'une des spécificités de la formalisation ici présentée est de tenir compte de ces derniers. Ce caractère incertain que l'on peut attribuer à une relation, et dont on a argumenté plus haut l'utilité pratique et méthodologique (cf 2.1.1), est en effet intégré au traitement des synchronismes, des relations d'ordre, des indicateurs de datation (sous la forme d'indicateurs estimés), et des indications de mise en phases (sous forme d'intervalles de phases au plus ancien et au plus récent). Ce mode d'incertitude (qui est effectivement ici traité comme une forme simplifiée de logique modale), se traduit par certaines restrictions et certains compléments de procédure (3.4.1). La détection des fautes d'enregistrement entraînant des illogismes stratigraphiques, en revanche, n'est pas une exclusivité du présent travail¹³⁴ ; mais elle est ici liée à la prise en compte de l'incertitude dans une recherche d'identification et de caractérisation des différents types de fautes et conflits possibles, en vue d'une information optimale de l'utilisateur (3.4.2).

3.4.1. gestion de l'incertitude

Traitement des relations stratigraphiques incertaines

Pratiquement, les relations incertaines sont codées négativement sur la matrice (valeur -1 pour les relations d'ordre, valeur -10 pour les relations d'équivalence) avant traitement.

Les synchronismes incertains font l'objet d'une procédure de déduction transitive préalablement au traitement des relations d'ordre, comme les synchronismes certains (cf. 3.2.1), de façon à identifier les ensembles synchrones incertains (ESI). À la différence des ensembles synchrones certains, les unités appartenant à un ESI ne sont pas fusionnées, et sont prises en compte distinctement lors du traitement des relations d'ordre. Cependant leur appartenance à un ESI est stockée dans une variable ; et lors du calcul des distances stratigraphiques, la modification de distance stratigraphique de l'une des unités d'un ESI est répercutée sur les autres US de l'ESI. Ainsi toutes les unités d'un même ensemble synchrone incertain gardent les mêmes distances stratigraphiques au plus récent et au plus ancien ; avec pour conséquence de placer ces unités au même niveau horizontal dans le diagramme, permettant le tracé des cadres horizontaux de synchronismes incertains¹³⁵.

Les calculs de distances stratigraphiques tiennent compte des relations d'ordre certaines (codées positivement) et incertaines (codées négativement) ; ils s'effectuent donc sur les valeurs absolues.

Un signe positif est attribué à la valeur obtenue $matrice(i,k)$ si la relation correspondante (i, k) est déduite par transitivité de deux relations certaines (i, j) et (j, k) : dans ce cas, en effet, la relation

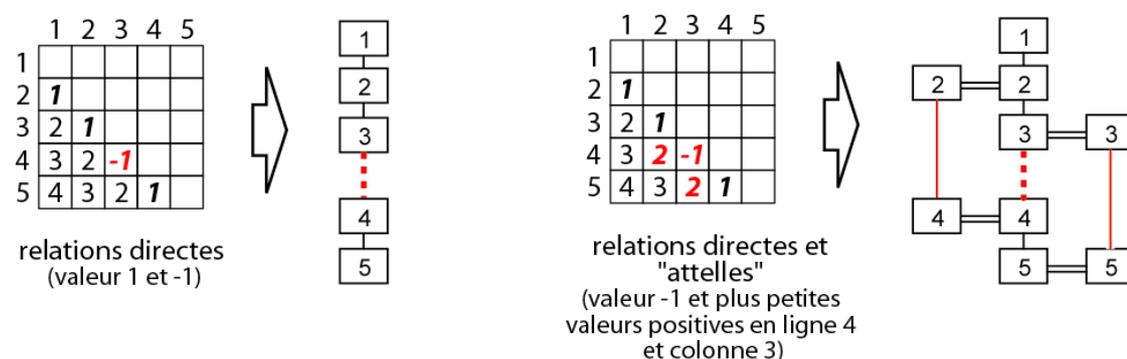
¹³⁴ Voir notamment Herzog 1993 pour la détection automatique des circuits dans un diagramme stratigraphique

¹³⁵ Une deuxième conséquence est, le plus fréquemment, l'allongement du diagramme (augmentation de la distance stratigraphique totale).

déduite (i, k) est certaine, et peut se substituer à une relation incertaine si la valeur précédente $matrice(i,k)$ était de signe négatif (cas de confirmation de la relation par déduction).

Un signe négatif est au contraire attribué à la valeur obtenue $matrice(i,k)$ si la relation correspondante est déduite par transitivité d'au moins une relation incertaine (i, j) ou (j, k) et si la valeur précédente de $matrice(i,k)$ était négative ou nulle : dans ce cas la relation déduite est incertaine.

À l'étape du tracé du diagramme, afin de conserver le fil de la chronologie sûre, une relation « i peut-être sous j » doit être encadrée par les relations avec la première US postérieure certaine commune à i et j , et avec leur première US antérieure certaine commune. Aussi, après traitement, les relations tracées sur le graphe correspondent aux valeurs 1 et -1 sur la matrice (relations certaines et incertaines non redondantes) ; mais aussi, si $matrice(i,j) = -1$, aux plus faibles valeurs positives communes à i ou ses antérieurs et à j ou ses postérieurs. Celles-ci (si elles existent) marquent les plus proches relations certaines « redondantes » par rapport à la relation incertaine (i,j), mais qui sont tracées, car elles permettent de conserver sur le diagramme le fil d'une chronologie certaine (cf. 2.2.1).



Les éléments de datation incertains

L'existence de TPQ ou TAQ affectés d'une modalité d'incertitude (dits « estimés », par opposition aux indicateurs certains), est une nécessité logique qui découle de l'existence des relations stratigraphiques incertaines, et du report des TPQ et TAQ via la stratigraphie. En effet, l'incertitude de la relation entraîne le caractère incertain des éléments de datation reportés.

Par conséquent, en cas de relation stratigraphique incertaine, le report logique des éléments de datation s'effectue de la façon suivante : le TPQ d'une US devient le TPQ estimé (incertain) des US postérieures incertaines ; le TAQ d'une US devient le TAQ estimé des US antérieures incertaines ; le TPQ et le TAQ d'une US deviennent les TPQ et TAQ estimés des US synchrones incertaines.

Ces indicateurs incertains peuvent aussi être utilisés en saisie directe, offrant à l'archéologue la possibilité de traiter des estimations provisoires (par un premier examen rapide du mobilier, sur le terrain, avant son étude complète par exemple).

Prendre en compte ces indications non certaines suppose l'introduction de règles additionnelles dans le traitement des données chronographiques.

D'abord, lorsqu'il n'existe pas d'estimation effectuée par le fouilleur, les paramètres correspondants sont automatiquement remplis en début de traitement, comme pour les TPQ et TAQ certains, par les TPQ et TAQ « absolus » (date sûrement inférieure au début de la stratification, et date de la fouille) initialement choisis par le fouilleur.

Ensuite, le TPQ estimé d'une US doit être contemporain ou plus récent que son TPQ certain ; et le TAQ estimé doit être contemporain ou plus ancien que son TAQ certain. Cette règle permet le cas échéant de corriger par déduction les TPQ et TAQ estimés :

Pour toute US i , $TpqE(i)$ étant son TPQ estimé et $TaqE(i)$ son TAQ estimé,

- si $Tpq(i) > TpqE(i)$, alors $TpqE(i) = Tpq(i)$; et si $Taq(i) < TaqE(i)$, alors $TaqE(i) = Taq(i)$;

Puis, au cours du traitement (ici réduit au cas simplifié ne prenant pas en compte les indicateurs de durée), pour une us i antérieure à une us j , si le TPQ estimé de i est plus récent que les TPQ certain et estimé de j , alors il devient le TPQ estimé de j :

- Si $Dt(i) \leq Dt(j)$; et si $TpqE(i) > Tpq(j)$ et $TpqE(i) > TpqE(j)$; alors $TpqE(j) = TpqE(i)$;

Réciproquement, pour les TAQ :

- Si $Dt(i) \leq Dt(j)$; et si $TaqE(j) < Taq(i)$ et $TaqE(j) < TaqE(i)$; alors $TaqE(i) = TaqE(j)$

Ce double niveau de gestion, de « l'estimé » et du certain, entraîne notamment une meilleure prise en compte des datations par la méthode du radiocarbone ; celles-ci, de nature probabiliste, sont fournies avec des pics de datation plus probable précis mais non certains, situés dans une fourchette chronologique plus large mais qui, elle, est de probabilité suffisamment élevée pour exclure le risque que l'échantillon se situe hors de cette fourchette (Evin, Oberlin 2001 ; Lanos 2001). Dans ce cas, la borne ancienne de la fourchette fournit la date-plancher certaine, et les pics probables des dates-plancher estimées.

3.4.2. Gestion des contradictions et conflits logiques

Cas de contradictions stratigraphiques

Les fautes d'enregistrement peuvent d'abord consister en contradictions entre relations de synchronisme et relations d'antéro-postériorité ; par exemple, si l'on a les relations enregistrées suivantes : US 1 synchrones avec US 2, US 2 synchrones avec US 3, et US 1 sur US 2. Ces contradictions sont détectées lors du traitement des synchronismes, préalable au traitement des relations d'ordre (obtention par transitivité de tous les synchronismes déductibles, afin d'identifier les ensembles synchrones. La règle suivante est ajoutée aux règles de traitement de la matrice :

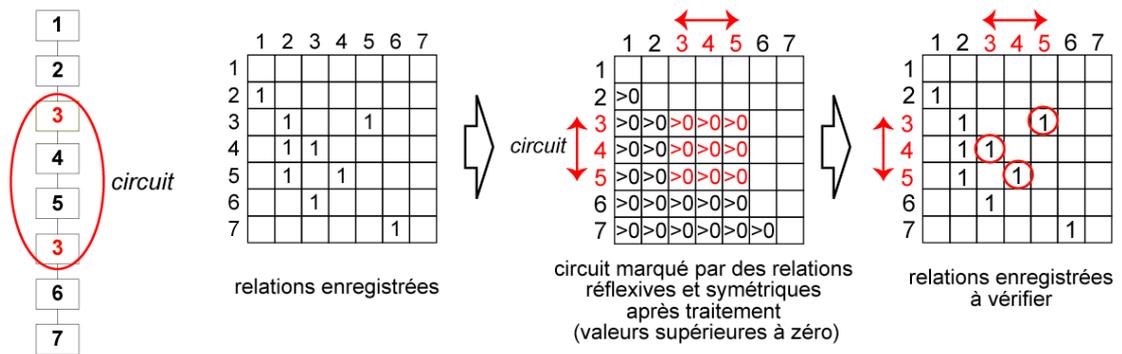
Soit s la valeur attribuée aux synchronismes et ord la valeur attribuée aux relations d'ordre sur la matrice codée avec les relations observées (avant traitement) ; et pour tout i, j, k appartenant à l'ensemble des US enregistrées :

- si $matrice(i,j) = s$; et si $matrice(j,k) = s$; et si $matrice(i,k) = ord$, alors i, j, k sont marquées comme affectées d'une faute logique.

Ce type de faute logique équivaut en fait à une relation d'ordre réflexive, de l'ensemble synchrone sur lui-même. Une fois les ensembles synchrones identifiés, les US maîtres i affectée d'une erreur logique se voit donc attribuer la relation réflexive $matrice(i,i) = ord$. Le traitement n'est pas interrompu à ce stade, afin de compléter la détection des fautes logiques lors du traitement des relations d'ordre.

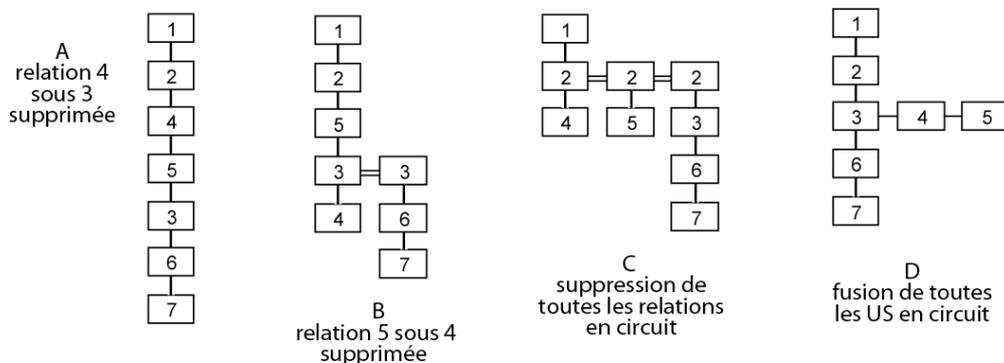
En effet, les fautes peuvent aussi résulter de contradictions entre relations d'antéro-postériorité uniquement. Par exemple les relations enregistrées US 3 sur US 4, US 4 sur US 5, et US 5 sur US 3 aboutissent à un circuit 3 sur 4 sur 5 sur 3, logiquement impossible. Dans ce cas, le traitement des relations d'ordre sur la matrice aboutit à ce que toutes les US i impliquées dans un circuit soient affectées d'une relation réflexive, telle que $matrice(i,i) \neq 0$. L'apparition de valeurs différentes de 0

dans la diagonale de la matrice permet donc à ce stade d'identifier les circuits, de la même façon que les ensembles synchrones à l'étape précédente. Une règle d'arrêt est nécessaire car en cas de circuit, les distances stratigraphiques croissent indéfiniment. Après chaque itération de balayage de la matrice, la diagonale est à son tour balayée et le nombre de valeurs différentes de 0 (relations réflexives) compté. Si ce nombre est supérieur à zéro, et qu'il n'a pas augmenté depuis l'itération précédente, le traitement s'interrompt : c'est qu'il existe des US en circuit, et qu'elles ont toutes été détectées. Les unités et relations enregistrées sont alors à vérifier.



Ces fautes peuvent résulter de l'enregistrement direct d'une relation réflexive (US enregistrée antérieure ou postérieure à elle-même) ou symétrique (1 sur 2 et 2 sur 1) ; mais le plus fréquemment il s'agit de fautes indirectes, qui génèrent des circuits d'une longueur supérieure à deux arcs. Il n'est dans ce cas pas possible de localiser a priori la faute à l'intérieur du circuit ; en effet, si dans notre exemple, on supprime soit la relation 4 sous 3, soit la relation 5 sous 4, on rompt dans les deux cas le circuit pour retrouver un ordre logique, mais la première solution est incompatible avec la seconde. Il faut donc vérifier toutes les US et toutes les relations impliquées dans le circuit – d'où l'importance d'une détection d'erreur faite le plus tôt possible, quand il est encore temps de retourner sur le terrain. Notons qu'une cause classique de circuit est le doublon : même identifiant attribué deux fois, à deux US différentes.

si l'on décide de "couper" le circuit de l'exemple fautif ci-dessus en supprimant une seule relation du circuit, on peut obtenir plusieurs chronologies logiques, mais contradictoires : suivant que l'on supprime par exemple la relation 3 sous 4 (A) ou la relation 5 sous 4 (B), la position des US 3, 4 et 5 s'inverse ; les deux seules solutions fiables en l'absence d'autre information sont donc soit la suppression de toutes les relations du circuit (C), soit la fusion de toutes les US du circuit (D)



Si on ne peut plus acquérir de certitude quant à la localisation de l'erreur, mais s'il existe des indices rendant une coupure dans le circuit plus probable qu'une autre, les relations impliquées dans le circuit et correspondant à cette solution plus probable peuvent être traitées comme des relations incertaines. En l'absence de toute indication, et en désespoir de cause, il n'existe que deux façons logiques de résoudre le problème en restant dans une chronologie fiable : soit éliminer toutes les

relations du circuit, soit considérer toutes les US du circuit comme un ensemble synchrone. Cette dernière solution correspond sur le fond à l'idée que mieux vaut un enregistrement imprécis qu'un enregistrement faux, avec pour conséquence pratique que si l'on est incapable de distinguer clairement une chronologie interne dans une partie de terrain donnée, il faut élargir la vision jusqu'à repérer les premières interfaces postérieures et antérieures certaines, et considérer l'ensemble compris entre ces interfaces comme une seule US. Formellement, cela revient à appliquer localement une relation mathématique d'ordre large aux US observées, de sorte que :

- si $US1 \leq US2$ et $US2 \leq US1$, alors $US1 = US2$.

Cas impliquant l'incertitude stratigraphique : infirmation, infirmabilité, incertitude contradictoire

Du point de vue de la détection et du traitement des contradictions logiques dans l'enregistrement, l'introduction des relations incertaines amène plusieurs niveaux possibles de contradiction :

- cas de **contradiction**, traité ci-dessus impliquant uniquement des relations certaines ;
- cas **d'incertitude contradictoire** : circuit n'impliquant que des relations incertaines ;
- cas **d'infirmation** et **d'infirmabilité** : circuit mêlant des relations certaines et incertaines, de sorte qu'une (infirmation) ou plusieurs (infirmabilité) relations incertaines se trouvent contredites par une relation certaine ;

Dans tous les cas, le conflit génère un circuit qui se traduit par l'apparition de valeurs (positives ou négatives) dans la diagonale de la matrice. Cependant, dans les cas d'infirmabilité et d'incertitude contradictoire, le conflit n'est pas une faute logique à strictement parler, vu le statut incertain des relations en cause. Dans ce cas, à la différence des cas de contradiction, le traitement n'est pas stoppé ; après l'arrêt de la procédure de balayage de matrice une fois tous les circuits détectés, les relations incertaines impliquées dans le ou les circuits sont neutralisées (c'est à dire éliminées du codage de la matrice), et le traitement est automatiquement relancé sans ces relations. Ainsi un diagramme est tout de même obtenu (si il n'y a pas de cas de contradiction entre relations certaines), mais qui ne tient pas compte des relations incertaines en conflit. Celles-ci sont néanmoins signalées ; à charge pour l'utilisateur de les vérifier, de les corriger ou de les éliminer définitivement.

Contradictions de chronologie quantifiée

S'il apparaît, au terme des calculs de datation que pour une unité stratigraphique donnée, la date plancher déduite est plus récente que la date plafond déduite – ou, du point de vue opposé, que la date plafond est plus ancienne que la date plancher, alors il y a faute logique. En effet, il est évidemment impossible que la date avant laquelle une US n'a pu être formée soit plus récente que la date après laquelle cette même US n'a pu se former. Cette règle peut s'écrire, pour une US i :

- $Tp_q(i) \leq Ta_q(i) \Rightarrow (Ta_q(i) - Tp_q(i)) \geq 0$

La détection de ces fautes consiste à effectuer cette soustraction $Ta_q(i) - Tp_q(i)$ pour chaque US ; si le résultat est négatif (faute logique de datation) les données chronométriques attribuées par le fouilleur, à l'origine de l'intervalle fautif, sont signalées. Le processus de détection doit aussi inclure le cas des ensembles synchrones, où les indicateurs chronométriques enregistrés à l'origine de la faute logique doivent être recherchés dans toutes les US appartenant à l'ensemble considéré.

Nous avons choisi, ici, de stopper le traitement et de passer la main à l'utilisateur pour traiter le problème, et ce dans tous les cas de figure, y compris si les éléments de datation impliqués n'ont pas un statut certain (TPQ ou TAQ « estimés »). En effet ces conflits de datation renvoient la plupart du temps à un débat entre sources de datations différentes (stratigraphie, typologie, datation

physico-chimique, etc.) ; c'est à dire à un débat entre chercheurs, qu'il est utile de poser, et éventuellement de résoudre dans le cadre d'une discussion scientifique interdisciplinaire¹³⁶.

Contradictions de mise en phases

Des contradictions peuvent affecter la mise en phase saisie par le fouilleur :

- il peut s'agir, au niveau de la stratigraphie, d'une contradiction entre l'ordre stratigraphique des unités (ici A et B) et l'ordre de succession des phases indiqué par l'utilisateur, comme dans le cas suivant :



- il peut aussi s'agir dans le cas où des TPQ ou TAQ ont été spécifiquement affectés aux phases, de conflit de datation entre TPQ ou TAQ des US et TPQ ou TAQ des phases, ou interne aux seuls TPQ et TAQ de phases.

Formellement, ces cas se ramènent à ceux traités ci-dessus de circuits stratigraphiques, et de conflits de datation entre unités. Ils sont traités comme tels (avec arrêt du traitement dans tous les cas), et les phases et US impliquées sont signalées à l'utilisateur.

¹³⁶ Exemple d'un tel débat scientifique, à propos des écarts de datation constatés concernant la fouille du temple de Tours (réalisée en 2002) : Seigne dir. 2007

4. Intégration dans un système d'information stratigraphique

Les procédures de traitement exposées au chapitre précédent peuvent prendre place dans une plus vaste formalisation : celle d'un système d'information archéologique. Le concept de « système d'information » (SI) est généralement lié à la définition de la structure des données et des processus de traitement mobilisés dans une activité donnée (le plus souvent en vue de son informatisation) ; mais il recouvre une grande diversité d'approches, de choix, et même de vocabulaires. Il faut donc d'abord préciser le sens que nous donnons ici à cette expression (4.1). Les systèmes d'information archéologique (SIA) appliqués à la production archéologique de terrain se sont beaucoup développés depuis quelques années, en particulier dans la prise en compte de l'information spatiale ; mais, comme on l'a vu (*cf.* 1.3.6), ils n'intègrent que de façon encore très limitée le traitement des données stratigraphiques. Nous proposons ici d'insérer la notion de système d'information stratigraphique au sein de celle de système d'information archéologique ; ce qui correspond pratiquement à la mise en relation du traitement stratigraphique avec les autres fonctionnalités de gestion et d'exploitation des données assurées par un SIA (4.2).

4.1. Quelques notions choisies de système d'information

La notion de système d'information (SI) correspond à une vision à la fois large et analytique de l'organisation et du traitement des données liés à une activité de gestion ou de recherche : on peut définir un SI comme « *un ensemble d'objets structurés, évoluant dans un environnement en vue d'un objectif* » (Boudjlida 2002), ou de façon plus générale, comme l'ensemble des données, des traitements, et des acteurs mobilisés dans une activité donnée (par exemple la conduite d'une opération archéologique de terrain). Historiquement, c'est le développement de l'informatique qui a suscité, depuis les années 1970, celui des méthodes de conception des SI ; de sorte qu'aujourd'hui, l'expression « système d'information » désigne fréquemment, mais improprement, les seuls outils matériels et logiciels mis en œuvre pour l'informatisation du système.

Le point de vue ici défendu est que la conception d'un SI et l'analyse de l'information qu'elle suppose sont indépendantes des techniques, langages, produits (et effets de mode) informatiques. En revanche, elles impliquent une opération éminemment méthodologique d'analyse des concepts et objets mobilisés dans une activité, qui doit intervenir en amont de toute question technique d'informatisation, et qui concerne au premier chef les praticiens de cette activité¹³⁷. Nous croyons par conséquent possible et

137 Point de vue affirmé pour l'archéologie depuis déjà plusieurs années, voire plusieurs décennies, par François Djindjian notamment (« *The development of computer applications in archaeology involves a complex trend in order to define, before undertaking any implementation, a conceptual framework of computable functions, archaeological objects and data models. This conceptual framework allows the definition of a global information system,*

préférable d'aborder la conception d'un système d'information en évitant tout jargon informatique (et en contenant les références spécifiquement informatiques à des notes infra-paginales) ; gageure que nous allons tenter de tenir en prenant la double voie d'une analyse systémique classique : celle de l'analyse statique du système d'information – c'est à dire de la structure des données, en termes simples de champs, tables, relations et modèles (4.1.1), et celle de son analyse dynamique, c'est à dire des traitements et processus (4.1.2).

4.1.1. Conception statique du système : structuration de l'information et modèles de données

Un choix : une approche pragmatique des systèmes d'information

Il existe de nombreuses méthodes de modélisation de la structure des données d'un SI (système d'information), élaborées depuis les années 1970 en vue de faciliter l'informatisation de ces systèmes. Elles reposent, au départ, sur des travaux de chercheurs en mathématiques appliquées à l'informatique, au premier rang desquels se situent Edgar Codd (1924-2003), auteur du modèle relationnel (Codd 1970) et Peter Pin-Shan Chen, auteur du modèle Entités-Relations (Chen 1976), présentés plus loin. Ces travaux ont donné lieu à une première génération de méthodes de conception de systèmes d'information¹³⁸, auxquelles ont succédé d'autres propositions intégrant les progrès de l'ingénierie informatique, et en dernier lieu ceux de la diffusion de l'information sur le Web¹³⁹.

De cette succession d'approches de conception de systèmes d'information, on aurait pu attendre une avancée et une clarification globales dans ce domaine. Malheureusement, quels que soient par ailleurs leurs apports, l'entassement de ces méthodes qui s'ignorent les unes les autres (chaque nouvelle arrivante prétendant être universelle et remplacer tout ce qui existait précédemment) a conduit à réinventer périodiquement les mêmes concepts d'analyse de l'information et de structuration des données, masqués sous des termes différents. De plus, une certaine confusion entre les niveaux conceptuel et technique, nourrie par la tendance des éditeurs de logiciels utilisés pour les SI (bases de données, SIG...) à créer chacun son propre lexique, est parfois entretenue par les professionnels soucieux de vendre produits et prestations techniques ; à quoi s'ajoutent des effets de mode, qui affectent l'informatique comme d'autres domaines. Il en résulte aujourd'hui un paysage marqué par un vocabulaire foisonnant, d'une complexité décourageante pour l'archéologue (et plus généralement pour l'utilisateur), légitimement soucieux de comprendre les principes de base de conception de SI afin de contrôler la formalisation de ses propres outils et pratiques¹⁴⁰.

De ce point de vue d'archéologue utilisateur qui est le nôtre, nous avons choisi, ici, de passer outre cette complexité (qui à notre sens est beaucoup plus apparente, commerciale et technique que

well adapted to the various archaeological problems. After that definition, it is easier to develop a long-term and evolving software architecture, integrating the best packages of the market. » - Djindjian 1993) ; mais ce point de vue reste aujourd'hui encore, de fait, peu partagé.

138 Parmi lesquelles en France la méthode MERISE mise au point en 1979 sous l'égide du ministère de l'Industrie (Dionisi 1998).

Comme méthode relationnelle de modélisation des données, citons aussi HBDS (Hypergraph Based Data Structure), proposée par François Bouillé en 1977, et qui a connu une seconde jeunesse avec l'arrivée des systèmes d'information géographique, car très utilisée par les géographes et géomaticiens français (Galinié, Rodier, Saligny 2004 ; Pelle 2001).

139 telles l'approche « orientée- objet » qui inspire notamment la méthode UML (*Unified Modeling Language* : norme issue en 1997 de la fusion de plusieurs méthodes précédentes et promue par le consortium international (principalement américain) OMG – *Object Management Group* : www.omg.org) (Gabay 2004) ; ou les approches actuelles « d'urbanisation » et de « *knowledge management* » – cette dernière liée aux techniques du Web et de la norme de définition de langages documentaires XML (*eXtensive Markup Language*).

140 Des stratégies de défense de la part des utilisateurs sont néanmoins possibles ; en premier lieu et à titre de récréation, nous proposons ici de contribuer à l'inflation lexicale de l'informatique, mais cette fois du côté de l'utilisateur, en introduisant la notion de JICI. Une JICI (Jargonnerie d'Informaticien Cuistre et Inculte) est une expression prétentieuse et utilisée à contresens, pour qualifier un concept que l'on prétend inventer mais qui souvent existe déjà. En matière de conception de systèmes d'information, l'emploi du terme « ontologie », malheureusement à la mode pour désigner la représentation d'un système de concepts propres à une activité professionnelle, nous paraît en bonne position pour le prix de la pire JICI (quels que soient par ailleurs les mérites de l'approche de *knowledge management* d'où cet affreux exemple de jargon est issu).

fondamentale et conceptuelle), et de ne pas nous astreindre à suivre précisément le vocabulaire et les conventions de l'une ou l'autre méthode de conception. Nous nous limiterons ici aux notions de structuration de l'information indispensables à notre propos. Les éléments qui suivent s'inscrivent cependant plutôt dans l'approche relationnelle classique, suivant les principes posés par Edgard Codd (1970). Cette approche est ici privilégiée, en raison d'avantages à nos yeux déterminants : elle est d'abord totalement extérieure à l'informatique et à ses techniques (ses fondements sont purement mathématiques, basés sur les notions de relation, d'ensemble, et de produit cartésien) ; elle est ensuite d'une simplicité conceptuelle radicale : le seul concept nécessaire est celui de tableau, avec ses lignes et ses colonnes ; enfin elle induit une distinction nette entre structuration des données et traitements opérés sur ces données (ce qui n'est pas nécessairement un avantage d'un point de vue technique – d'autres approches plus récentes tendent d'ailleurs à associer les deux ; mais ce qui permet ici une plus grande clarté).

Structuration de base : tables et champs

Pratiquement, lorsque un SI est informatisé (il ne l'est pas nécessairement), il comprend une base de données. La façon la plus simple de concevoir la structure de cette base de données (ou du système de fichiers et registres manuels à mettre en place si le SI n'est pas informatisé) est de l'envisager comme une collection de tableaux.

Chaque tableau est consacré à une série d'objets de même nature, c'est à dire que l'on peut décrire de la même façon (« objet » est ici pris au sens large : sites, couches, objets mobiliers, etc). Chaque ligne du tableau recense un objet enregistré. Les colonnes du tableau correspondent aux champs descriptifs applicables à ces objets ; par exemple, dans un tableau d'objets mobiliers archéologiques, ces champs pourront préciser le matériau, la fonction, des dimensions, la couche de provenance, l'identification typologique et la datation, etc.. Les cases du tableau contiennent l'information proprement dite, pour chaque champ et chaque objet. La nature de cette information doit être précisée : elle peut être textuelle, numérique, mais aussi consister en image ou en son, ou en une localisation spatiale (permettant la visualisation de l'objet dans une représentations spatiale numérique dans le cas de systèmes d'information géographique informatisés).

S'agissant de bases de données informatiques, le terme « table » est généralement accepté pour désigner un tableau de données tel que décrit ci-dessus, ainsi que les termes « champ » ou « attributs » pour en désigner les colonnes. Quant aux éléments décrits, c'est à dire les lignes de la table, le terme « objet » est évité (car il a d'autres sens en informatique) on parle plus communément « d'enregistrement »¹⁴¹. La présentation la plus courante est celle de formulaires consultables à l'écran, à raison d'un par objet enregistré ; de même une table peut exister physiquement sous forme de fichier manuel, chaque enregistrement correspondant à une fiche, et chaque champ à une rubrique de la fiche. Mais l'information peut être ramenée à une structure de tableau, chaque ligne correspondant à une fiche ou un formulaire, chaque colonne à une rubrique.

À la base de tout système d'information, et de toute formalisation de traitement de données, on retrouve cette distinction entre objets (éléments listés) et information structurée en champs caractérisant ces objets, dont le croisement constitue les tables documentaires ou les tableaux de données à traiter. Cette dichotomie fondamentale a été, pour l'archéologie, commentée notamment par David Clarke (1968), Jean-Claude Gardin (1979) et François Djindjian (1991 ; 1993).

Retenons à la suite de ces auteurs une autre distinction fondamentale, entre information intrinsèque et information extrinsèque. Pour reprendre l'exemple d'une table de mobiliers archéologiques, les champs servant à indiquer matériau, fonction, dimensions... relèvent de l'information intrinsèque à l'objet, c'est à dire d'observations effectuées sur l'objet lui-même, sans référence à des données

141 Les termes cités ici sont plus précisément liés aux bases de données relationnelles et au langage *SQL* (voir plus loin).

extérieures ; en revanche, le champ indiquant la couche de provenance est une information d'ordre extrinsèque à l'objet, relative à son contexte.

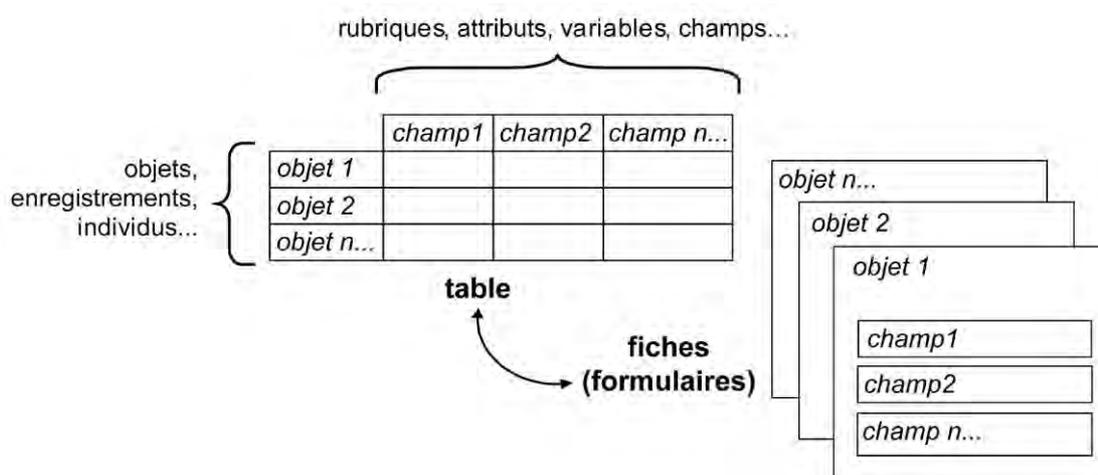


fig. 41: information structurée en table

Requêtes et langage documentaire

Définir une table revient à définir un niveau de données à traiter, et à choisir, décomposée sous forme de champs, l'information pertinente à ce niveau. Cette définition n'a rien de spontané ou d'évident, c'est un choix qui oblige à expliciter et clarifier les catégories d'objets et d'information avec lesquelles on travaille. Ce choix – premier élément faisant de la conception d'un SI une réflexion méthodologique (ici de nature archéologique) – détermine l'efficacité de la base de données.

En effet, celle-ci dépend des possibilités de requête (recherche et sélection d'enregistrements), donc de la bonne définition des champs sur lesquels on souhaite effectuer ces requêtes¹⁴².

Depuis quelques années, la puissance des moteurs de recherche informatiques a fait de la recherche « plein texte » le mode d'interrogation documentaire le plus répandu (en particulier sur Internet avec le célèbre Google). Très pratique et intuitif, ce mode de recherche a une limite : le risque de « silence » ; c'est à dire les éléments qualifiés par un synonyme, un mot voisin, mais pas tout à fait semblable au critère de recherche ; et qui de ce fait échappent à la recherche (alors que ces éléments appartiennent au fond au domaine cherché). Lorsque ce risque de silence est considéré comme trop pénalisant et doit être éliminé (dans le cas de la gestion des stocks d'une entreprise, ou d'un dépôt de fouille par exemple), la recherche « plein texte » ne convient plus ; il faut procéder à des recherches indexées, au moyen de mots clé, c'est à dire d'un vocabulaire préalablement normalisé. Ce type de recherche, (antérieur à l'informatisation, et auparavant mis en œuvre à l'aide de fichiers mécanographiques par exemple), se traduit sur les logiciels de base de données par des champs spécifiques, dont la saisie n'est pas libre mais doit se faire par liste déroulante ou cases à cocher.

Le vocabulaire normalisé utilisé dans ces champs doit être défini en fonction d'objectifs documentaires explicites et spécifiques. Ce vocabulaire propre à une base de donnée, permettant des requêtes précises, est fréquemment appelé « thésaurus » ; il correspond à la notion de « langage

142 Rappelons que les logiciels de bases de données permettent des requêtes combinées, à l'intérieur d'un champ et sur plusieurs champs, à l'aide opérateurs dits booléens (le «et», le «ou» ainsi que d'autres opérateurs qui en sont dérivés) et de règles de logique (algèbre booléenne) définis par le logicien et mathématicien anglais George Boole (1815–1864). Ces travaux (ainsi que ceux d'Edgar Codd) sont à la base d'un langage informatique spécifique, dédié à l'interrogation et à la manipulation des bases de données, et reconnu par la plupart d'entre elles : le SQL (*Structured Query Language*, langage structuré de requêtes).

documentaire» définie par Jean-Claude Gardin (1979). Les catégories définies d'unités stratigraphiques (du point de vue de leur processus de formation, de leur interprétation historique et culturelle, de la valeur contextuelle de l'ensemble mobilier, etc.) évoquées plus haut (cf. 2.1.) sont ainsi potentiellement constitutives d'un langage documentaire de ce type.

Relations de un à plusieurs

L'information que l'on souhaite exploiter peut se réduire à une seule table (un répertoire téléphonique par exemple). Mais fréquemment, cette information prend une forme plus complexe. Si l'on revient à l'exemple d'une table des mobiliers archéologiques, on retrouve, outre des champs d'information intrinsèque, un champ d'information extrinsèque : l'indication de la couche de provenance (numéro d'unité stratigraphique par exemple). Il est évident pour tout archéologue que cette information extrinsèque est essentielle, et qu'il est utile de la développer : connaître, concernant cet objet mobilier, par exemple l'interprétation archéologique de sa couche de provenance (habitat ? sépulture ?...), ses caractères contextuels (s'agit-il d'un ensemble clos ?), etc.

Pour cela, ajouter à cette unique table des mobiliers des informations sur la couche de provenance, sous forme de champs supplémentaires, n'est pas une bonne solution. En effet, lorsque plusieurs objets recensés dans la table des mobiliers font référence à la même couche – car une couche peut contenir plusieurs objets mobiliers – l'information contenue dans les champs descriptifs de la couche doit alors être répétée sur plusieurs lignes de la table des mobiliers. D'où un alourdissement considérable de la saisie et de la mise à jour des informations sur les couches, avec des risques accrus d'erreurs ; mais surtout, rester sur une seule table pour stocker l'information relative aux US et au mobilier entraîne des anomalies de gestion de l'information ; par exemple l'obligation de créer des mobiliers fictifs pour pouvoir saisir les informations relatives aux couches sans mobiliers.

identifiant mobilier	nature mobilier	identifiantUS	interprétation US	decription US
objet 1	céramique	US 2	occupation	dépotoir
objet 2	céramique	US 2	occupation	dépotoir
objet 3	monnaie	US 2	occupation	dépotoir
objet 4	céramique	US 1	construction	remblai
		US 3	construction	mur

information identique répétée sur plusieurs lignes

identifiant mobilier vide et champ sans objet (US dépourvue de mobiliers)

fig. 42: catégories d'enregistrements différentes (US et mobilier) mélangées dans une table unique

La solution consiste à respecter le principe de la formalisation de l'information en autant de tables qu'il y a de catégories d'objets mobilisées dans le SI : c'est-à-dire, ici, à créer deux tables correspondant aux deux catégories d'information différentes que sont les unités stratigraphiques et les mobiliers, avec chacune ses champs descriptifs propres ; puis à établir un lien entre ces tables.

Ce lien est d'une nature simple : il s'agit d'une correspondance entre codes d'identification. Le cas qui vient d'être décrit est celui d'une relation de type «1 à plusieurs» : une table A (ici les mobiliers) se réfère à une table B (ici les couches) de sorte qu'un objet de B peut être en relation avec plusieurs objets de A (une couche peut contenir plusieurs mobiliers), mais que tout objet A appartient à un objet B au plus (on admet ici qu'un mobilier ne peut provenir que d'une seule couche). Dans ce cas, la table B (côté «1» de la relation, ici la table des couches) doit être munie d'un champ d'identifiants, sans doublons ni vides (c'est à dire de sorte que jamais deux objets de la table n'auront le même identifiant et que chaque objet sera muni d'un identifiant) ; ici, ce pourrait être le champ «numéro de couche». La table A (côté «plusieurs», ici la table des mobiliers) doit comporter un champ de référence, dans lequel est indiqué l'identifiant de la couche à laquelle appartient ce mobilier. Ce champ de référence peut bien sûr, lui, comporter des doublons, quand plusieurs mobiliers se

réfèrent à la même couche¹⁴³.

La nécessité de scinder une table en deux ou plusieurs tables liées se repère pratiquement par la présence d'information répétée sur plusieurs lignes, affectant plusieurs champs¹⁴⁴. C'est par ailleurs une possibilité à envisager dès qu'une table contient de l'information extrinsèque (information extrinsèque dont on peut maintenant préciser la définition, comme indication de référence de l'objet considéré à une autre classe d'objets : mobiliers contenus dans des couches, couches appartenant à des structures, etc.).

Si l'on crée ainsi deux fichiers manuels (US et mobilier)¹⁴⁵, la consultation de la fiche d'un objet mobilier donne ainsi l'identifiant de l'US de provenance (rubrique « référence US »), ce qui permet de se reporter aisément à cette fiche dans le fichier des US (pourvu que celui-ci soit trié dans l'ordre des identifiants d'US). Dans le sens inverse, depuis la fiche d'US, noter le code de cette US permet de chercher les fiches correspondantes d'objets, toujours grâce à la référence à l'US qu'elles comportent.

les formulaires peuvent faire apparaître des informations provenant de la table liée (en rouge)

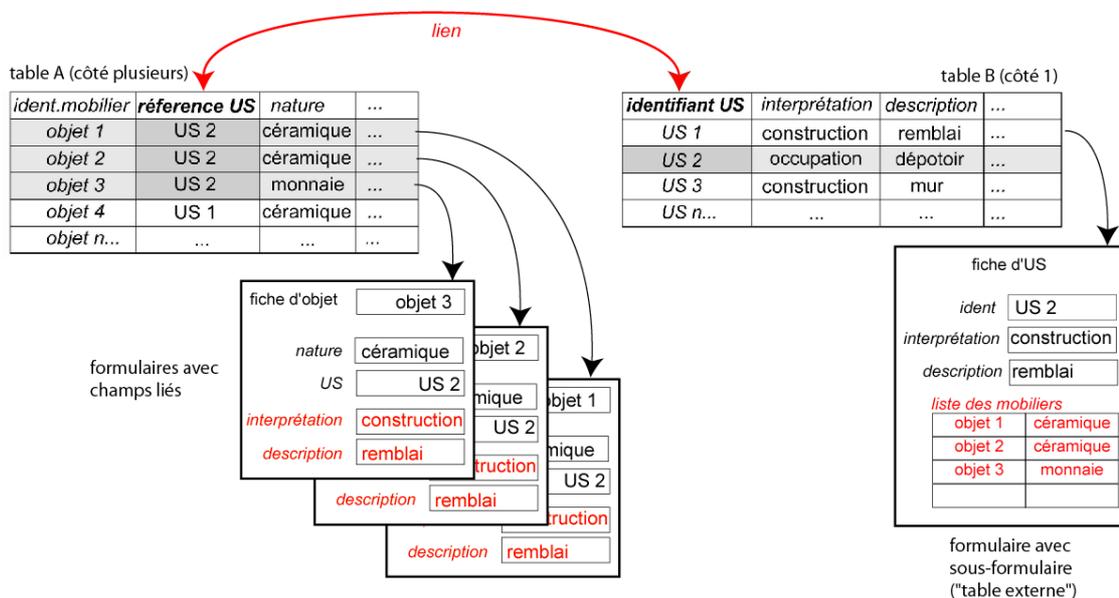


fig. 43: relation 1 à plusieurs

Ce parcours, que devait faire l'utilisateur humain de fichiers manuels en relation, est effectué automatiquement par les logiciels spécialisés, dits SGBDR (systèmes de gestion de bases de données relationnelles)¹⁴⁶. Ceux-ci stockent les tables de données, et gèrent les liens entre tables (liens déclarés par le développeur de l'application) en vérifiant la correspondance des champs désignés comme clés primaires et étrangères. Pratiquement, lorsque le contenu de ces deux champs est identique, ce lien permet, pour un enregistrement de la table des mobiliers, d'afficher les champs

143 L'identifiant côté « 1 » de la relation (sans doublons ni vides) est dit « clé primaire » (*primary key*) ; le champ de référence côté « plusieurs » de la relation, est dit « clé étrangère » (*foreign key*)

144 L'élimination de ces anomalies et l'optimisation de la répartition des données en tables a été formalisée par Codd (et plusieurs chercheurs après lui) en édictant des « formes normales » de l'information.

145 De préférence à l'aide de fiches bristol in octavo, calligraphiées à la plume (la machine à écrire, c'est laid).

146 Les deux produits pour micro-ordinateurs actuellement les plus répandus sont *Filemaker* et *Microsoft Access*. (mentionnons aussi *4^e Dimension* qui fut longtemps le seul SGBD réellement relationnel disponible sur *Macintosh*). Par ailleurs il existe des gros SGBDR destinés aux serveurs de bases de données (*Oracle*, *Sybase*, *SQL Server*, et plus récemment *MySQL* qui est actuellement le principal produit utilisé pour les bases de données distantes consultables sur Internet). Une des caractéristiques de ces gros SGBDR (outre leur capacités quantitativement très importantes), est qu'ils sont centrés sur la gestion des tables proprement dites, l'interface utilisateur (formulaires, écrans, etc.) étant assurée par d'autres programmes. Là encore, le vocabulaire pour désigner les liaisons entre tables est divers : lien, relation, association, jointure... (avec des nuances de sens qui dépendent notamment de l'étape où l'on se situe dans la réalisation du SI informatisé, de la pure conception à la programmation)

descriptifs de la couche correspondante, comme si ces champs faisaient partie de la table des mobiliers. Inversement, depuis la table côté 1 de la relation, il est possible sur le formulaire d'une couche d'afficher la liste des mobiliers correspondants¹⁴⁷. Outre l'affichage de champs provenant de la table liée, les SGBDR (et leurs interfaces d'utilisation) permettent d'exploiter ces liens de plusieurs façons : création de boutons pour passer directement d'un enregistrement à un enregistrement correspondant sur une table liée, autorisant ainsi une navigation «hypertable» dans le système d'information ; possibilité de créer directement un enregistrement lié dans la table côté plusieurs, depuis un enregistrement de la table côté 1, avec saisie automatique du champ «référence» ; requêtes multiples sur tables liées...

Relations plusieurs à plusieurs

La relation entre deux entités peut être plus complexe, de type «plusieurs à plusieurs». Exemple classique : la relation entre la table des livres et celle des auteurs d'une base de données bibliographique ; un auteur peut écrire plusieurs livres, et un livre peut avoir plusieurs auteurs. Dans ce cas, outre les tables A et B que l'on souhaite relier et qui doivent être chacune munie d'un champ d'identifiant, une troisième table est nécessaire pour lister toutes les combinaisons créées par la relation plusieurs à plusieurs¹⁴⁸. Cette table de liaison comprend deux champs de références (clés étrangères), renvoyant l'un au champ d'identifiants de la table A, l'autre au champ d'identifiants de la table B. La relation «plusieurs à plusieurs» est ainsi décomposée en deux relations «1 à plusieurs» et une table, chaque association entre un objet de la table A et un objet de la table B étant enregistrée dans cette table de liaison sous forme du couple des identifiants des deux objets.

Dans l'exemple des tables de couches et de mobiliers archéologiques, il est ainsi possible de créer une relation «plusieurs à plusieurs» avec une table de liaison pour gérer par exemple les cas de remontage inter-contextes (objet reconstitués à partir de fragments provenant de couches différentes). Pratiquement, dans une base de données informatique, pour chaque objet de la table A comme de la table B, un formulaire peut comporter un sous-formulaire montrant la liste des objets correspondants avec leurs champs descriptifs : la liste affichée est en fait l'extrait correspondant de la table de liaison, par laquelle transitent les champs descriptifs.

en rouge : information provenant de la table liée

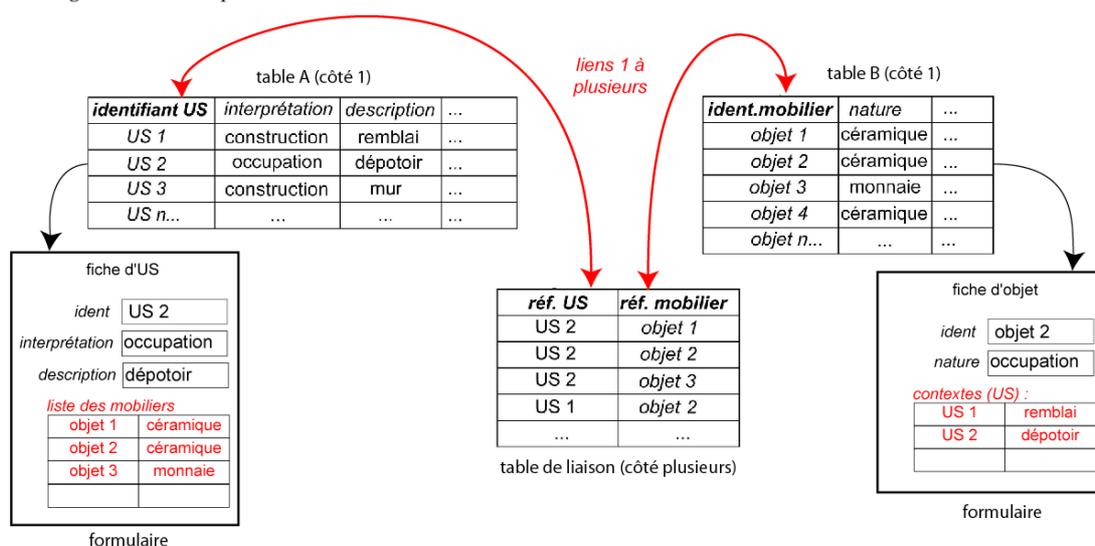


fig. 44: relation plusieurs à plusieurs (US et mobilier)

147 Fonction dite de «table externe» sous Filemaker, de «sous-formulaire» sous Access.

148 Cette troisième table est nécessaire car le nombre d'associations possibles entre les enregistrements de A et les enregistrements de B excède le nombre d'enregistrement de l'une ou l'autre des deux tables A et B. La table des relations est en effet un sous-ensemble du produit cartésien de l'ensemble des enregistrements de la table A et de l'ensemble des enregistrements de la table B.

Une table de liaison, qui matérialise une relation et non une catégorie d'objets, peut néanmoins comprendre des champs autres que les clés étrangères renvoyant aux tables principales liées ; ces autres champs éventuels permettent de préciser des modalités de cette relation ; dans l'exemple de la bibliographie, on peut ainsi préciser, par un champ descriptif ajouté dans la table de liaison, le type de participation d'un auteur à un livre : par exemple auteur ou co-auteur, directeur de l'ouvrage, collaborateur, préfacier, illustrateur, etc.

Le stockage des occurrences d'une relation « plusieurs à plusieurs » dans une table spécifique, due à Edgar Codd, a pour intérêt d'assurer l'indépendance totale d'une structure de données à gérer par rapport aux outils informatiques (éventuellement) employés : les liens entre données sont contenus dans les données elle mêmes (stockées sous forme tabulaire), au lieu d'être assurés par la programmation informatique (sous forme de « pointeurs » par exemple). De sorte que l'édition brute des tables respectant les formes normales (sur papier, ou sur fichiers numériques aptes à enregistrer des tableaux, un classeur *Excel* par exemple) constitue une sauvegarde complète de l'information, sans qu'il soit besoin d'y joindre la moindre ligne de code ou instruction de langage informatique pour lire, conserver, réutiliser et exploiter cette information. La forme en tables, lignes et colonnes (si elle est bien pensée) suffit donc à conserver l'information, sa structuration, et les possibilités de traitement que permet celle-ci.

Modèles de données

Les deux tables de couches et de mobiliers archéologiques liées par une table intermédiaire de l'exemple pris ci-dessus constituent déjà un modèle de données, noyau d'un éventuel SI d'enregistrement. Suivant les différentes méthodes (*Merise*, *UML*...) la formalisation du modèle de données varie ; plusieurs types de modèle, correspondant à des étapes successives de conception, sont en général distingués.

Il faut mentionner une distinction principale en deux grandes étapes successives de conception : celle entre le modèle conceptuel de données (MCD) en amont, et le modèle logique / physique de données (MLD) en aval. Cette distinction a été proposée par un rapport d'un groupe d'étude de l'ANSI¹⁴⁹ en 1975 (Boudjlida 2002) et reprise par la plupart des méthodes de conception. Dans la méthode française *Merise* en particulier, l'étape de définition complète des champs et tables, correspondant au modèle relationnel de Codd, se situe au niveau du MLD (modèle logique de données). L'étape du MCD (modèle conceptuel de données), en amont, s'appuie sur une schématisation de l'information issue du modèle « entités-relations » proposé par Peter Chen (1976). Ce modèle utilise non plus la seule structure tabulaire, mais deux structures : « l'entité », ou catégorie d'information caractérisée par des attributs, correspondant à une table documentaire dans le modèle relationnel, et la relation (ou association), correspondant soit au couple clé-primaire / clé étrangère dans le cas d'une relation un à plusieurs, soit à la table de lien dans le cas d'une relation plusieurs à plusieurs. Le modèle entités-relations permet d'économiser la décomposition tabulaire complète dans les premières étapes de la conception, et surtout permet d'attirer l'attention sur la définition et la qualification des relations. On doit préciser les éventuels attributs de celles-ci, et leurs cardinalités (c'est-à-dire la capacité de la relation à relier aucun, un seul ou plusieurs objets dans chacune des entités liées) ; à travers cette notion de cardinalité, on retrouve, plus précisément définies, les relations « un à plusieurs » et « plusieurs à plusieurs ». En France, le modèle entités-relations n'est plus très à la mode sous sa forme de MCD *Merise*, mais rajeuni par quelques changements de vocabulaire (les « entités » devenant des « classes » et les « attributs » des « propriétés »), il reste utilisé par les approches plus récentes « orientées-objet » (il correspond au « diagramme de classes » de la méthode *UML*).

149 *American National Standards Institute* : organisme de normalisation, équivalent aux Etats-Unis de l'AFNOR en France
<http://www.ansi.org/>

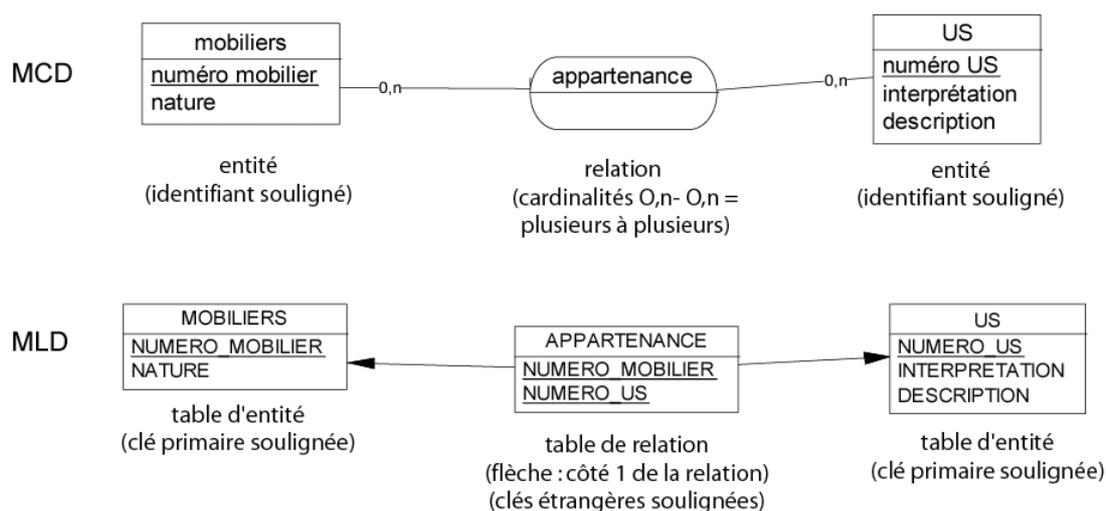


fig. 45: relation plusieurs à plusieurs US et mobilier : modèles conceptuel (MCD) et logique (MLD) de données (représentation méthode Merise)

On peut retenir de cette distinction modèle conceptuel / modèle logique, une première étape d'analyse générale de la structure de l'information, et une deuxième étape de cartographie précise des tables, champs et relations (y compris les tables de liens et l'indication des champs de clé primaire et étrangère) qui doivent être créés sur un SGBDR. Ce modèle relationnel précis sert ainsi de plan d'exécution et de maintenance de la base¹⁵⁰. Quelles que soient les conventions de représentation adoptées, l'utilité de ce document pour le développeur ou l'administrateur d'une base de données relationnelle est comparable à celle d'un schéma d'installation électrique pour un électricien ; c'est-à-dire qu'il est indispensable.

Il faut insister à nouveau sur le fait qu'un modèle de données est indépendant (au moins au stade du MCD) du support informatique (logiciel ou matériel). Il se situe au niveau méthodologique de l'analyse de l'information, et non au niveau technique des spécificités et contraintes de tel ou tel logiciel. Le modèle logique de données peut à la limite ne pas être informatisé, et être employé comme outil d'analyse de l'information, pour éliminer les redondances et améliorer l'efficacité d'un système documentaire traditionnel constitué de fichiers et registres sur papier. C'est la réflexion sur les niveaux d'information mobilisés et leurs relations, dont rend compte le modèle de données, qui fonde l'efficacité d'un système d'information, et non l'informatisation en soi.

L'extension à l'information de nature spatiale : les systèmes d'information géographiques

Au sein de la notion de système d'information, une mention particulière doit être faite des SIG (systèmes d'information géographique). Ces derniers, qui se sont beaucoup développés depuis quelques années, représentent l'extension d'un système d'information à la gestion des données spatiales. Leur caractéristique est de gérer des objets non seulement décrits par des champs d'information (partie dite « attributaire » du SIG), mais aussi géoréférencés, c'est à dire localisés dans un système de coordonnées permettant de les intégrer à une représentation spatiale (lorsque le SIG est informatisé, cette représentation est numérique, de type « raster » ou vectorielle¹⁵¹). Le système donne ainsi lieu non plus à des cartes et plans statiques mais à des représentations spatiales

150 Des logiciels spécifiques permettent, en dessinant le MCD puis le MLD, d'en vérifier la cohérence logique et de générer directement la base de données correspondante à l'aide d'instructions SQL.

151 Une représentation « raster » (en français : image matricielle) est une image du type de celles produites par un scanner ou un appareil photo numérique, composée d'une mosaïque régulière dont chaque cellule carrée de base (ou pixel) correspond à une valeur de couleur ou de noir et blanc, codée numériquement ; les représentations de type vectoriel, utilisées par les logiciels de dessin, sont elles composées d'objets graphiques définie par des coordonnées, des fonctions géométriques, et des attributs codés (couleur, épaisseur de trait, etc.) de sorte que l'image elle-même du dessin n'est pas conservée, mais recalculée pour chaque impression ou visualisation.

dynamiques, modifiables en fonction de requêtes et traitements.

Dans le domaine de l'archéologie, les SIG sont fréquemment mis en œuvre à une échelle régionale d'analyse inter-sites, mais le principe du SIG est applicable à toute représentation spatiale, y compris à l'échelle plus fine intra-site, pour des relevés d'unités stratigraphiques ; en effet celles-ci sont, on l'a vu (*cf.* 2.1.6), des entités spatiale géoréférencées auxquelles on peut attacher une information de nature attributaire (interprétation, datation, etc.). Cependant, pour être optimale, la représentation spatiale des unités stratigraphiques doit être tridimensionnelle, en volumes ; c'est à dire, dans un modèle numérique, en polyèdres et « voxels » (pixels-cubes), et non plus en polygones et pixels.

Pour de tels développements (évoqués plus haut – *cf.* 1.3.6 et 2.1.6), l'informatique est indispensable. Mais pour des représentations spatiales à deux dimensions, il est bon de rappeler que, à l'instar d'un système d'information en général, un SIG n'est pas nécessairement informatisé. Ainsi la série des DEPAVF (Documents d'Evaluation du Patrimoine Archéologique des Villes de France) éditée par le Centre National d'Archéologie Urbaine constitue un SIG « papier », dont la structuration de l'information, y compris spatiale, relève d'un modèle de données relationnel (Boissavit-Camus *et al.* 2004). De même, concernant l'enregistrement de terrain, le système formé par les fiches d'US et les *single context plans* a, on l'a dit, toutes les caractéristiques d'un SIG non informatisé. Là encore, c'est la réflexion sur l'articulation entre l'information spatiale et l'information attributaire qui doit primer dans la conception, et non l'outil informatique.

4.1.2. Conception dynamique du système : modélisation des traitements et processus

L'analyse des processus : le fonctionnement du système d'information

La structure des données, incluant les relations entre ces données, n'est que l'une des deux dimensions de la conception d'un système d'information. La notion de système d'information inclut aussi, en effet, la définition des traitements effectués sur ces données. Ceux-ci renvoient aux acteurs et aux processus de travail : qui fait quoi, à quel moment ?

Tout comme la structure des données, il est possible de modéliser ces processus, ce que l'on pourrait appeler les « chaînes opératoires » qui vont s'exercer sur ces données¹⁵². Sur le fond, il s'agit de diviser les processus de traitement (ou « *workflows* ») en étapes élémentaires représentant une action ou un ensemble d'actions défini, opéré par un agent défini et portant sur des données elles mêmes définies. Chaque étape peut requérir la mise à disposition de certaines données, et /ou l'achèvement d'une étape précédente ; et peut donner lieu à une étape suivante, ou à un choix (explicite) entre plusieurs étapes suivantes possibles. L'échelle de cette analyse peut être variable : lorsque l'étape élémentaire correspond à une opération arithmétique ou logique de base (une addition par exemple), automatisable, le processus est un algorithme ; à une échelle plus large d'analyse de processus, les étapes élémentaires peuvent correspondre à des tâches ou ensembles de tâches (automatisées ou non), à l'exemple des graphes de processus de production PERT ou MPM cités dans le chapitre précédent.

En pratique, cette analyse de processus fait l'objet d'un certain nombre d'outils. Le plus connu et l'un des plus anciens est sans doute la représentation sous forme d'organigramme (ou « ordinogramme »), définie par la norme ISO 5807, en principe destinée aux algorithmes

¹⁵² Il faut ainsi noter que le modèle relationnel de Codd, qui simplifie la structuration des données de façon optimale (en une collection de tables, voir plus haut), est limitée à l'analyse statique du système. Les méthodes de conception traditionnelles (MERISE par exemple) séparent l'aspect statique (la modélisation des données) de l'aspect dynamique (la modélisation des processus). C'est aussi, pour plus de clarté, le cas de notre courte présentation. Les approches dites « orientées objet », visant à ne pas séparer analyse statique et dynamique, considèrent simultanément les deux aspects au niveau de chaque élément du système ; un type d'objet (ou « classe ») est donc caractérisé par des propriétés statiques (des champs descriptifs), mais aussi par des « méthodes », c'est à dire des éléments de traitement et de processus attachés à cet objet ; c'est le cas de la méthode de conception (ou plutôt de l'ensemble de techniques) UML.

programmables, mais qui inspire plus largement les graphes de processus des méthodes de conception de SI. La symbolisation utilisée (rectangle d'étape de traitement, losange d'étape de décision, flèche de flux..) est devenue très courante, et fait d'ailleurs partie des symboles graphiques standard dans les outils de dessin accompagnant les principaux logiciels bureautiques (*Excel, Word, OpenOffice...*).

Ce type d'analyse de processus est encore peu répandu au sein des organismes archéologiques français, que ce soit concernant les fonctions de recherche scientifique et de production de résultats archéologiques (y compris la fouille sur le terrain) ou les fonctions administratives. Il faut préciser que la démarche d'analyse des processus de travail, visant à optimiser ceux-ci, est complètement différente de celle consistant à fixer des organigrammes au sens statique de terme (c'est à dire de simples listes hiérarchiques définissant le statut des individus au regard de relations théoriques de pouvoir). La vision en terme de processus est apparemment plus courante chez les archéologues britanniques, concernant notamment le déroulement de l'enregistrement stratigraphique dans le cadre des systèmes d'information – informatisés ou non – que sont les système d'enregistrement de terrain évoqués plus haut (cf. 2.1.6) ; ou à plus large échelle, le processus général d'une opération de terrain.

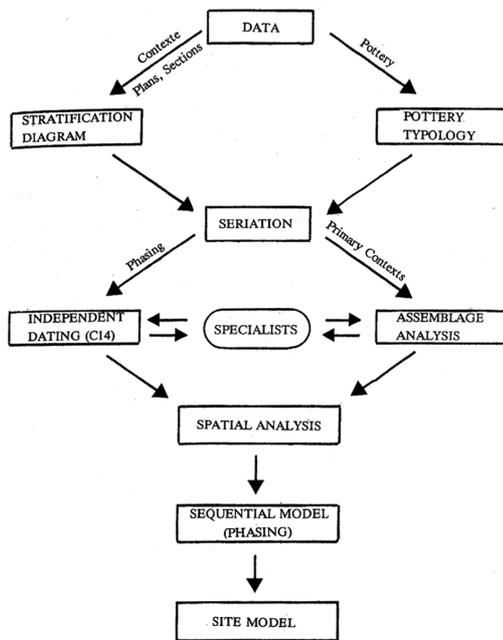


Fig. 19 — The analytical itinerary. The principal phases of data analysis intrinsic to archaeological excavations, taken in order.

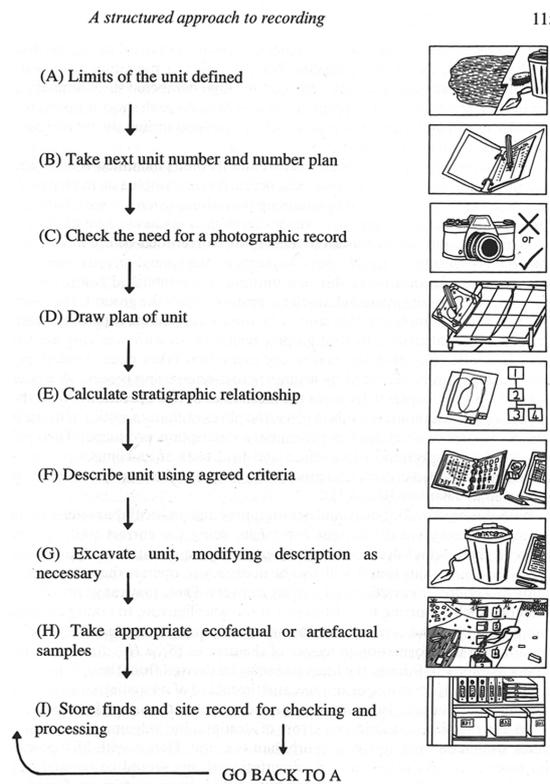


Figure 8 A flow diagram for recording a single stratigraphic unit.

à gauche un processus à large échelle : propositions de mise en étapes principales du traitement de l'information archéologique de la fouille à la reconstitution du modèle chronologique du site (Carver 1990 p. 83 – fig.19) ; à droite un processus très détaillé (presque au niveau d'un algorithme) de la succession des opérations d'identification, de fouille et d'enregistrement d'une unité stratigraphique (Roskams 2001 p.115)

fig. 46: analyse de processus archéologiques

Le traitement des données stratigraphiques pour l'obtention du diagramme présenté au chapitre précédent, lui même décomposable en étapes successives (et en grande partie automatisables), constitue ainsi globalement une étape du processus d'une fouille stratigraphique en aire ouverte, préalable comme on l'a dit (2.2) à d'autres étapes telle la réalisation des plans par phase.

La modélisation des traitements des données, comme celle de la structure de ces données, n'est pas une opération purement technique et informatique (et d'ailleurs elle n'implique pas non plus nécessairement le recours à l'informatique) ; elle renvoie à une réflexion sur l'analyse du processus de travail et le rôle des acteurs au sein d'une équipe : « ...la mise en oeuvre d'un système d'information n'est pas seulement le résultat d'une démarche théorique sur les données, mais aussi le résultat d'une stratégie concrétisée par une organisation du travail » (Djindjian 1993, p.18)

recomposition et hiérarchies de l'information

Concernant les rapports entre la conception dynamique du système d'information (les traitements et processus) et sa conception statique (la structure des données), un autre aspect doit être évoqué : celui de la recomposition de l'information.

En effet, une caractéristique fondamentale de la structure des données dans un SI est de permettre de recomposer tout ou partie de cette information, sous une forme différente de celle de cette structure de base. Les traitements élémentaires d'extraction d'une partie des enregistrements d'une table, par requête simple ou multiples portant sur les champs, sont une première forme de recomposition. Au delà, effectuer des requêtes complexes à travers une structure relationnelle permet une recomposition plus profonde de la structure de l'information ; par exemple, l'obtention de tableaux volontairement redondants listant le mobilier archéologique, avec pour chaque élément la répétition des informations de contexte (identifiant US, type et interprétation de l'US, etc). En tant que table appartenant à la structure fondamentale du système, cette organisation des données aurait été fautive. Mais elle parfaitement possible en tant que résultat d'un traitement, par fusion de l'information depuis les deux tables élémentaires « US » et « Mobilier ».

Il faut noter que cette recomposition de l'information permet de produire, au niveau des traitements, la hiérarchisation de l'information dont l'utilisateur peut avoir besoin, sans avoir besoin d'introduire cette hiérarchie dans la structure relationnelle de base. Celle-ci, non hiérarchisée a priori, peut donner lieu à une information recomposée, au choix, suivant plusieurs hiérarchies opposées. En d'autres termes, plusieurs modèles hiérarchiques peuvent naître d'un seul modèle relationnel.

4.2. Systèmes d'information archéologique et systèmes d'information stratigraphique

L'expression système d'information archéologique (SIA) est employée depuis quelques années, souvent pour désigner les applications informatiques de gestion des données archéologiques (bien que, ainsi qu'il a été dit plus haut, cette réduction de la notion de système d'information aux seuls outils informatiques soit discutable). Derrière cette expression, qui fut à la mode, et qui par conséquent est devenue un peu floue, on peut repérer plusieurs vagues successives de formalisation et d'informatisation, liées à des changements de générations d'outils informatiques ; et l'on peut constater une grande diversité actuelle (4.2.1). Il nous est donc nécessaire de recadrer cette notion de SIA en tentant de préciser, au-delà des différences d'outils et d'approches, les entités de base constitutives des SIA de terrain, formant leur plus grand commun dénominateur au sein de leur nécessaire diversité (4.2.2) ; ceci afin d'insérer dans ce plus grand commun dénominateur le sous-système que constitue le traitement des données stratigraphiques, et la structuration des données permettant ce traitement. C'est ce sous-système que nous qualifions ici de « système d'information stratigraphique » (SIS) et que nous concevons comme un aspect, encore largement à développer, des systèmes d'information archéologique (4.2.3).

4.2.1. Remarques sur les systèmes d'information archéologiques

Une pensée conceptuelle largement contrainte par la technique informatique

Nous avons évoqué au chapitre 1 l'informatisation des systèmes d'enregistrement de fouille en aire ouverte stratigraphique. Cette informatisation s'inscrit dans l'évolution de la conception des systèmes d'information appliqués à l'archéologie. De nombreux travaux, et en particulier des séries régulières de colloques et publications – principalement les colloques CAA (*Computer Applications and quantitative methods in Archaeology*)¹⁵³ depuis 1973, la revue *Archeologia e Calcolatori*¹⁵⁴ depuis 1990, et plus récemment les rencontres *Archäologie und Computer* depuis 1996 (dans le cadre du congrès annuel *Kulturelles Erbe und Neue Technologien* de Vienne¹⁵⁵) – permettent de suivre cette évolution. Nous nous contenterons ici de distinguer trois grandes étapes.

La première étape est celle qui précède l'apparition véritable de la notion de système d'information, appliquée à l'informatisation des données archéologiques. Elle se rapporte au développement initial de l'informatique en archéologie, à partir des années 1970, qui suit deux directions : le traitement mathématique des données, et la mise en œuvre de bases de données. Cette dernière voie, celles des « banques de données », suscite de nombreux travaux et réflexions, en particulier, en France, ceux de Jean-Claude Gardin (1979), de René Ginouvès et Anne-Marie Guimier Sorbets (1978 ; Guimier Sorbets 1990). Elle aboutit à d'indéniables apports, notamment la mise en place d'un certain nombre d'outils documentaires centralisés encore existants aujourd'hui (Desachy, Djindjian, Giligny, 2008). Mais la structuration des données et la conceptualisation de celle-ci sont contraintes par les outils logiciels alors employés, qui n'autorisent pour la plupart que des traitements monota-ble, ou au mieux suivant un modèle hiérarchique simple de table à sous-table. Ces limites se ressentent dans les publications méthodologiques archéologiques sur la gestion informatique des données (cf. Borillo, Gardin ed. 1974 ; Doran, Hodson 1975 ; Gardin, Borillo, ed. 1970 ; Ginouvès, Guimier Sorbets 1978 ; Guimier Sorbets 1990). Or, par ailleurs, de véritables systèmes d'information se développent en archéologie de terrain, mais non informatisés. Un système d'enregistrement de terrain, lorsqu'il est analytique et définit de façon rigoureuse les relations entre les divers documents (ce qui est, comme on l'a vu, le cas des systèmes d'enregistrement de type *single context recording* adaptés aux sites densément stratifiés, qui émergent dans les années 1970), constitue, en effet, une structuration de l'information qu'il est possible de représenter sous forme de modèle de données. Cependant, malgré quelques travaux pionniers (l'informatisation de l'enregistrement de fouille tenté à Londres à partir de 1976 ou en France sur les fouilles de Levroux dès 1974 – Djindjian 1983), le lien se fait mal entre cette analyse conceptuelle poussée, mais non informatisée, de l'information de terrain, et l'utilisation documentaire de l'ordinateur dans le cadre des « banques de données ». Face aux limites conceptuelles de ces dernières (imposées par les outils), la notion même de « système d'information » reste de fait presque totalement ignorée¹⁵⁶.

Dans une deuxième étape, l'apparition sur les micro-ordinateurs de SGBRD¹⁵⁷ permet, à la fin des années 1980 et surtout au début des années 1990, un renouvellement du discours méthodologique avec de nombreuses publications sur l'utilisation archéologique de ces outils (s'appuyant le plus fréquemment sur le modèle relationnel et le langage *SQL*). Il en résulte, en pratique, un réel développement des systèmes d'information archéologique (SIA) informatisés (Djindjian 1993,

153 <http://caa.leidenuniv.nl/>

154 <http://soi.cnr.it/~archcalc/>

155 <http://www.stadtarchaeologie.at/>

156 elle est pourtant mentionnée comme applicable à l'archéologie dès 1983 par François Djindjian : « ...l'archéologue est confronté à un besoin d'enregistrement et de structuration des informations, en vue de leur traitement : c'est ce qu'on appelle, de façon classique, définir un Système d'Informations. » (Djindjian 1983 p.9-10)

157 Systèmes de Gestion de Bases de Données Relationnelles

Moscatti 1994), accompagné de tentatives de modélisation à visée générale (par exemple *IDEA*¹⁵⁸, *ArcheoDATA* déjà cité...). Il faut signaler un certain retard en France de ce point de vue, beaucoup d'applications de gestion de données de terrain créées dans les années 1990 n'étant pas ou peu relationnelles¹⁵⁹. C'est surtout dans la dernière décennie, avec le développement des systèmes d'information géographique appliqués à l'archéologie et les travaux des géomaticiens, que le modèle relationnel fait réellement son apparition dans le paysage conceptuel de l'informatique archéologique française, et que des modèles de données commencent à apparaître dans les publications¹⁶⁰.

Une troisième étape s'esquisse avec le nouveau millénaire, celle de l'impact de la révolution Internet sur l'archéologie. Là encore, les techniques informatiques issues du Web, en particulier la norme de définition de langages documentaires XML, amènent une floraison de publications et une évolution du discours conceptuel. Il en résulte l'émergence de la notion de métadonnées, liées aux besoins d'indexation et de navigation dans l'information à travers de multiples systèmes mis en réseau. On note, par ailleurs, un certain retour à une vision plus hiérarchique que relationnelle de l'information¹⁶¹ ; et l'on voit apparaître une nouvelle génération de tentatives de modélisation à la fois détaillées et à ambition générale (en particulier autour de la norme CIDOC¹⁶²).

Ce très bref survol, limité et sélectif¹⁶³, rappelle que la réflexion conceptuelle sur les systèmes d'information informatisés en archéologie est depuis ses origines très dépendante des outils et techniques informatiques ; au point parfois, comme on l'a vu, d'ignorer les acquis conceptuels des systèmes d'information non informatisés. Cette situation, critiquée en France par François Djindjian dès les années 1980 (Djindjian 1986), dont la pérennité est constatée une décennie plus tard par Julian Richards (1998)¹⁶⁴, n'interdit pas les travaux de qualité ni les apports méthodologiques importants, mais elle amène un certain émiettement intellectuel, et une certaine difficulté à distinguer des concepts durables et fondamentaux.

En pratique : la diversité des SIA et leur appropriation par les utilisateurs

Si l'on envisage maintenant (au moins dans notre pays) le paysage actuel des systèmes d'information archéologiques de terrain, on constate tout d'abord son extrême diversité. Cela est une constante depuis le temps des systèmes d'enregistrement entièrement « papier ». Concernant les systèmes relevant de la seule approche de terrain en aire ouverte stratigraphique, nous avons eu l'occasion de remarquer la diversité des vocabulaires d'enregistrement utilisés ; à ces multiples variantes, et en particulier aux multiples modèles de fiches d'unité stratigraphique qui circulaient, s'échangeaient, s'influençaient les uns les autres dans les années 1980, ont naturellement succédé de multiples applications informatiques. L'apparition sur le marché de petits SGBDR destinés à la micro-informatique et à une utilisation individuelle ou en réseau local, et leurs interfaces de plus en plus

158 Integrated Database For Excavation Analysis : modèle générique proposé en 1996 (Andresen, Madsen 1996)

159 Une partie de ce retard est sans doute là encore imputable aux outils, et en particulier au logiciel *Filemaker* déjà cité, dont les premières versions n'étaient pas relationnelles et qui en a hérité une ergonomie poussant l'utilisateur à entasser l'information sur le même fichier.

160 Cf. par exemple Galinié, Rodier, Saligny, 2004 ;

161 La structuration XML (définitions de types de documents et schémas de données) est en effet fondamentalement hiérarchique.

162 Modèle conceptuel de gestion des données patrimoniales (à destination des musées, mais ses auteurs envisagent un périmètre plus large) élaboré par le Comité International pour la DOcumentation des musées (<http://cidoc.mediahost.org/>) de l'ICOM, (*International Council of Museums* - organisation internationale non gouvernementale liée à l'UNESCO : <http://icom.museum/>). La norme CIDOC a été déclinée pour l'archéologie : par exemple le modèle MAD (*Managing Archaeological Data*) développé par Achille Felicetti : http://www.epoch-net.org/index.php?option=com_content&task=view&id=233&Itemid=366#download.

163 On aurait aussi pu évoquer, dans l'influence des techniques informatiques sur la conceptualisation de l'information archéologique, l'impact, peut-être plus limité (mais qui fut à la mode) de l'approche hypertexte (autour du logiciel HyperCard) dans les années 1980, de l'approche « orientée – objet » dans les années 1990, ou l'intéressant bras mort que représentent les systèmes-expert, objets de grands espoirs conceptuels dans les années 1980 et depuis quasiment tombés dans l'oubli.

164 « *Despite continued interest in the links between archaeological theory and archaeological computing... current trends have been as much technology-driven as theory-led. It makes sense, therefore, to structure this overview according to classes of software applications rather than archaeological questions. This approach is inevitable but regrettable, as it maintains the idea that the means are more interesting than the end.* » (Richards 1998 p.331).

conviviales, ont en effet permis aux utilisateurs archéologues de concevoir et de construire eux-mêmes des systèmes à des niveaux très déconcentrés (celui de l'équipe de recherche, ou de l'opération).

Ce phénomène, qui s'est particulièrement accéléré en France dans les quinze dernières années, aboutit aujourd'hui dans notre pays à une situation où, au delà de quelques produits développés dans des conditions quasi professionnelles et distribués plus ou moins largement, tels *Syslat* ou *ArchéoData* cités au premier chapitre, il existe une multitude de systèmes informatisés de périmètre réduit (service territorial d'archéologie, équipe de recherche INRAP, université ou CNRS, SRA...), couvrant les tâches d'enregistrement des données des opérations de terrain, mais aussi d'études spécialisées de mobilier, de gestion de dépôts de fouille, de carte archéologique... Cette actuelle informatique de gestion des données archéologiques extrêmement déconcentrée, voire éparpillée, appelle au moins quatre remarques :

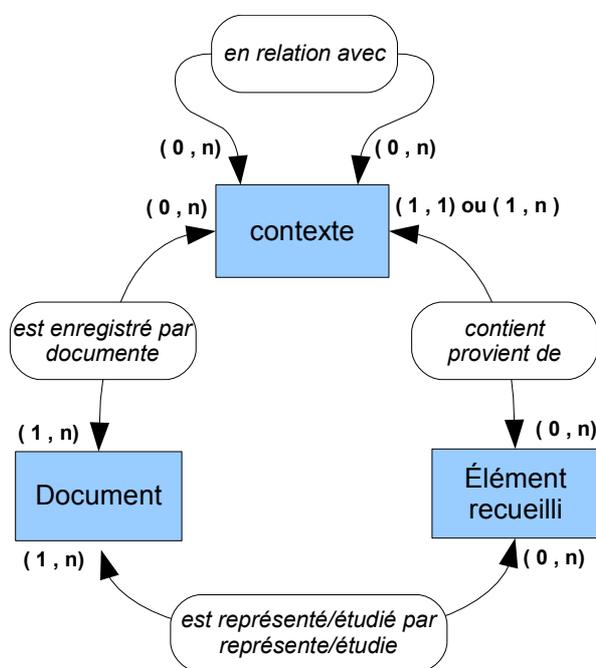
- il s'agit d'un phénomène « spontané », ni prévu, ni souhaité par les institutions centrales d'administration de l'archéologie française (ministère de la Culture, direction de l'INRAP...) ; et celles-ci ont tardé à en prendre la mesure. L'INRAP toutefois a réagi, avec la mise en place d'une direction scientifique et technique et d'une politique nationale de gestion de la documentation scientifique, dans le cadre de laquelle une enquête sur l'ensemble des systèmes en usage dans ses équipes a été lancée en 2006 (Speller *et al.* 2008) ; puis le ministère de la Culture, avec un projet plus ciblé d'harmonisation des inventaires liés aux opérations archéologiques lancé en 2007, supposant une phase d'enquête sur les pratiques existantes ;
- il s'agit d'une informatique efficace. Les systèmes locaux existants et utilisés marchent et ils sont adaptés à leur mission ; car s'ils ne l'étaient pas, ils ne seraient pas utilisés. La sélection qualitative fonctionne en effet sans entraves pour ces produits créés le plus souvent en interne, où le décideur est effectivement l'utilisateur ;
- mais il s'agit d'une informatique peu communicante ; si, au niveau technique, l'utilisation de logiciels courants du marché (majoritairement *Filemaker* et *Access*) garantit une certaine pérennité des formats de fichiers utilisés, les échanges numériques d'informations d'un système à l'autre sont limités du fait de l'absence de coordination, au niveau conceptuel, sur des structurations communes.
- Enfin, ces développements locaux dénotent un changement profond d'attitude depuis les premiers temps de l'informatique en archéologie, il y a deux à trois décennies, et le respect craintif qu'elle suscitait. Les équipes d'archéologues utilisatrices d'informatique ont aujourd'hui perdu l'habitude d'être des sujets passifs, simples récepteurs de produits figés face auxquels le rôle de l'utilisateur se limite à presser les boutons ; les utilisateurs savent désormais qu'il est aisément possible d'intervenir au niveau local dans la conception de systèmes d'information informatisés (création de rubriques, d'écrans de saisie, etc.). Même si au niveau des individus, cette évolution est à nuancer (avec une différence entre une population plus restreinte d'utilisateurs avancés voire d'informaticiens professionnels locaux assurant développement et maintenance, et une population plus large de simples utilisateurs, interlocuteurs des premiers), elle constitue un fait établi : actuellement, l'étape de conception, développement et maintenance des systèmes d'information archéologique de terrain (du moins de ceux réellement utilisés) est essentiellement local.

4.2.2. Préciser les fondamentaux d'un système d'information archéologique de terrain

Les bases d'un SIA : le triangle contextes – objets – documents

Nous pouvons maintenant préciser la structure des concepts qui nous semble fonder les systèmes d'information archéologique de terrain, sous forme de trois entités de base :

- le contexte : ce qu'observe l'archéologue sur le terrain, son unité d'analyse ; notion fondamentale, que nous avons située plus haut (2.3.2) comme le propre de l'archéologie de terrain et la marque de son unité méthodologique ;
- le document – c'est à dire l'enregistrement proprement dit, la production propre de l'archéologue, ce en quoi il transforme les contextes (au fur et à mesure qu'il les détruit), et les éléments matériels recueillis.
- L'élément recueilli, c'est à dire, au sens large, tout élément matériel recueilli par l'archéologue, écofact ou artefact, en vue d'étude ultérieure et/ou de conservation.



Bien que très simple, voire évidente, cette structure appelle quelques commentaires, notamment au regard des remarques qui précèdent sur les systèmes d'informations.

Tout d'abord, ce modèle s'applique spécifiquement à un périmètre, qui est celui de l'opération archéologique (une fouille, une étude de bâti...). Cela nous permet de préciser le sens que nous donnons à l'expression système d'information archéologique « de terrain » : elle désigne un SIA gérant les données (et processus) d'une opération archéologique, donc comprenant cette structure. D'autres SIA peuvent s'appliquer à un autre niveau de gestion des données archéologiques, et recourir à des entités fondamentales différentes. Ainsi, à un niveau plus large, la carte archéologique nationale s'appuie sur un modèle lui aussi à trois entités fondamentales, mais qui sont « l'entité archéologique » (localisation en un lieu donné d'un type d'occupation donné d'une période donnée), l'opération archéologique, et la documentation (L'articulation entre ces deux échelles, du SIA de terrain et du SIA de carte archéologique, étant, notamment, que l'ensemble des données d'une opération gérée par le premier ne constitue, de façon résumée, qu'une occurrence de l'entité « opération » du second).

Si cette structure de base de SIA de terrain a ainsi un périmètre défini, elle est commune aux différentes approches de l'archéologie de terrain évoquées plus haut (cf. 2.3). Elle est l'illustration de son unité méthodologique, autour de la notion de contexte.

Ensuite, à la différence de certaines des tentatives de modélisation évoquées dans le bref historique des SIA ci-dessus, cette structure n'est en rien une innovation, vers laquelle devraient migrer les applications futures ; il s'agit au contraire une tentative d'exprimer, au plus simple, ce qui est déjà constitutif des nombreux systèmes aujourd'hui opérationnels et efficaces en archéologie de terrain (quelques soient leur degré et leurs conditions d'informatisation)¹⁶⁵. De même, il ne s'agit en aucun cas d'une base pour développer un système universel, mais de dégager ce qui est commun aux systèmes existants, et qui doit le rester pour les systèmes à venir, à travers leur nécessaire diversité. Cette structure élémentaire n'est donc a priori pas contradictoire avec, ni ne vise à remplacer les différentes modélisation détaillées déjà proposées (celles citées plus haut ou d'autres).

Cette recherche d'un plus grand commun dénominateur conceptuel a ainsi conduit à se situer à ce niveau très général (celui d'un modèle « entités-relations » global). Ces entités et relations se retrouvent sous différentes formes, déclinées de façon simple ou multiple, dans les systèmes existants. Dans le cas d'une déclinaison de ce modèle aux systèmes d'enregistrement appliquant la méthode stratigraphique en aire ouverte, l'unité de base pour l'entité « contexte » est l'unité stratigraphique (telle que définie par E. Harris).

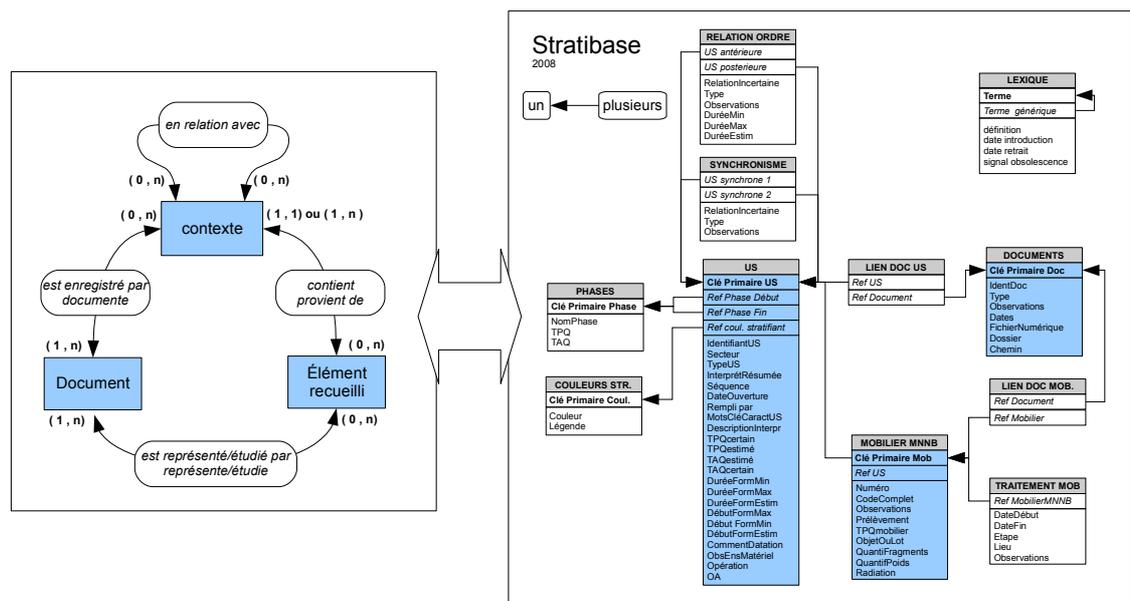


fig. 47: une structure de base de données d'enregistrement (parmi d'autres) correspondant au modèle général, décliné au niveau d'un enregistrement par US (base Stratibase présentée en 2e partie)

Notons qu'il est ainsi possible d'utiliser ce modèle simple comme référence pour analyser, voire vérifier, la structure d'une application de SIA de terrain : l'absence de prise en compte d'une des entités et de ses relations dans ce système de terrain témoigne d'une lacune de fond, à corriger.

Concernant les relations exprimées sur ce modèle, on retrouve des cas pris en exemple plus haut (cf. 4.1.1) ; quelques points peuvent cependant être notés :

- la relation entre contextes et éléments recueillis est caractérisée par les cardinalités (0, n) coté éléments recueillis, ce qui signifie qu'un contexte peut contenir aucun, un ou plusieurs éléments matériels recueillis. Côté contexte, on a exprimé ici la double possibilité évoquée

165 Le principe du modèle de données minimal de SI archéologique proposé par Anne Chaillou (2003 ; 2007) s'inscrit dans cette même perspective de « tronc commun minimal » entre systèmes variés.

plus haut : on peut au plus simple considérer que les cardinalités sont (1,1) (tout élément recueilli se rapporte à un et un seul contexte) ; mais on peut aussi considérer qu'il est important de conceptualiser les cas où un élément recueilli est en relation avec plusieurs contextes (remontages inter-contextes par exemple). Dans ce cas il s'agit d'une relation « plusieurs à plusieurs »¹⁶⁶ : les cardinalités côté contexte sont (1, n)¹⁶⁷.

- Les relations contextes/documents et contextes/ éléments recueillis sont elles, nécessairement de type plusieurs à plusieurs. La cardinalité minimum 1 côté contexte exprime le principe suivant lequel un contexte observé doit toujours être documenté ; et un élément recueilli doit toujours être inventorié (au moins sous forme d'un lot) sinon étudié, c'est à dire porté sur au moins un document.
- La cardinalité minimum « 0 » côté élément recueilli, dans ses relations avec les contextes et les documents, exprime en revanche le fait qu'à la différence des deux autres entités, l'existence d'une occurrence de l'entité « élément recueilli » n'est pas obligatoire. Une opération d'archéologie de terrain, productrice de connaissances, peut se dérouler sans qu'aucun élément, et en particulier aucun artefact, ne soit recueilli. Par contre une opération d'archéologie de terrain non négative doit nécessairement identifier et documenter des contextes.¹⁶⁸
- Enfin, c'est au niveau de la relation plusieurs à plusieurs de l'entité « contextes » avec elle-même que se situe la gestion de l'information stratigraphique, détaillée plus bas.

Un seul modèle ? Une prise de position : la défense de la nécessaire diversité des SIA

Cependant, avant d'entrer plus en détail dans la formalisation en termes de modèle de données de des unités et relations stratigraphiques (et donc avant d'aborder la notion de système d'information stratigraphique), il nous faut revenir sur le problème de la standardisation et de la normalisation des SIA. Il s'agit d'un débat ancien, mais toujours d'actualité, au vu de la diversité ci-dessus évoquée des systèmes informatisés aujourd'hui en usage en archéologie de terrain. Faut-il admettre cette diversité, à la fois sur le plan conceptuel et sur le plan technique de l'implémentation informatique – comme c'est le cas actuellement – ou ne vaut-il pas mieux, au nom de l'homogénéité des données et de l'interopérabilité, envisager une unification du langage documentaire et de la structuration des données, bref un SIA unique, intégrant notamment la gestion des données stratigraphiques ?

Il nous faut ici prendre position : nous ne croyons pas à l'efficacité d'une standardisation totale de l'enregistrement de terrain. Tout fouilleur muni d'un minimum d'expérience sur des chantiers variés sait qu'un système d'enregistrement doit être localement adaptable et évolutif, en fonction des conditions de terrain mais aussi d'équipe (ce ne sont pas les mêmes processus ni le même réseau de documents qui seront les plus efficaces, suivant qu'il s'agit par exemple d'une petite équipe de cinq personnes très polyvalentes, ou d'une grosse équipe de cinquante personnes très spécialisées...). De ce point de vue, une standardisation passant par l'emploi d'une unique application logicielle, imposée à tous les chantiers – standardisation qui dans le cadre de vastes structures telles l'INRAP

166 La relations « plusieurs à plusieurs » (0,n ; 1,n) entre éléments recueillis et contextes s'impose aussi lorsque il est nécessaire de préciser distinctement la situation contextuelle de chaque élément recueilli. Par exemple dans le cas d'une fouille fine de type « ethnographique », avec relevé en X-Y-Z de la position de chaque élément recueilli, la position de l'élément *in situ*, est formalisable comme une information extrinsèque à l'objet concerné, constituant un attribut de la relation plusieurs à plusieurs « objet - contexte ».

167 Notons que dans les deux cas, la cardinalité minimale côté contexte est 1 ; en effet, en principe, il ne devrait pas exister d'éléments recueillis sans contexte de provenance ; et en pratique, une occurrence de l'entité « contexte » est toujours nécessaire, y compris pour qualifier les objets recueillis sur le tas de déblais ou dont l'étiquette a été perdue au lavage...

168 Cette cardinalité minimum «0» pour les éléments recueillis est donc une différence entre l'archéologie de terrain et l'archéologie entendue comme l'étude des objets manufacturés (mobiliers ou immobiliers) ; en effet, dans ses formes les plus évoluées et les plus récentes, celle notamment de l'école « d'archéologie moderne et d'archéologie générale » (Bruneau, Balut, 1982), cette archéologie de l'objet n'ignore pas le contexte, mais continue à tenir l'objet, plus précisément l'artefact, comme « obligatoire » (il n'y a, dans cette optique, par définition pas d'archéologie possible si il n'y a pas d'artefacts).

ou le ministère de la Culture constitue effectivement une tentation, pour des raisons de simplification d'intendance – nous paraît intellectuellement stérilisante, et néfaste à la recherche d'une meilleure productivité scientifique. Nous pensons qu'il appartient à chaque équipe de créer ou d'adopter le système et les conventions qui lui conviennent le mieux, et de les faire évoluer en fonction de ses conditions propres et de ses objectifs d'étude, à condition qu'elle fasse l'effort de définir et d'explicitier clairement les notions d'enregistrement qu'elle emploie (ce pourquoi la démarche d'analyse inhérente à la conception d'un SI est d'une grande utilité).

Un système d'information archéologique, à notre avis, ne peut donc être universel. Nous pensons que la bonne échelle de définition d'un SIA est opérationnelle : celle d'une équipe et d'un projet scientifique. L'expérience (celle de l'auteur et de ses interlocuteurs) montre en effet, partant d'un système donné, que si que le terrain d'application et/ ou l'équipe qui le met en œuvre change, le système change aussi (certaines fonctions ou éléments de la structure tombent en déshérence, d'autres sont ajoutés). Cette évolution peut se faire de façon semi-clandestine quand le SIA concerné est un outil informatique verrouillé et prétendument universel ; mais il est évidemment préférable qu'elle soit explicite ; car elle est le reflet du processus d'apprentissage par le système d'information (au sens global, incluant les acteurs humains) des nouvelles données qu'il a à traiter, et des nouvelles conditions de traitement¹⁶⁹. C'est ce processus de spécialisation et d'adaptation des systèmes qui entraîne leur nécessaire diversité.

Si une standardisation stricte n'est pas souhaitable, cela n'exclut pas l'idée de normes minimales à respecter par tout système d'information destiné à l'enregistrement archéologique, idée tout à fait différente de la précédente et qui nous paraît judicieuse dans une perspective de défense de la qualité scientifique des opérations archéologiques. En effet la réglementation archéologique s'est précisée au point de définir la forme des rapports d'opération, imposant notamment la présence d'inventaires de structures et de mobiliers¹⁷⁰, mais elle n'apporte pas de précision qualitative sur leur contenu, en particulier sur la nature et le type des informations enregistrées afin de caractériser ces structures et mobiliers. Dans les conditions actuelles de l'archéologie préventive, cela fait peser le risque d'opérations et de rapports formellement conformes à la réglementation mais au contenu scientifique fortement allégé qualitativement et quantitativement¹⁷¹. L'instauration d'exigences qualitatives explicites, traduites notamment en normes minimales d'enregistrement stratigraphique, peut par conséquent aider les prescripteurs dans l'établissement des cahiers des charges, et les équipes de terrain dans la conduite de la fouille, à mieux équilibrer pression vers le moindre coût et recherche du recueil optimal de l'information.

Par ailleurs, renoncer au fantasme du système unique et universel permet de se poser les bonnes questions : celles de l'échange des données entre systèmes différents. Le véritable enjeu de normalisation se situe à notre avis à ce niveau de la transmission de l'information, plus qu'au niveau de la structure propre à chaque système.

169 L'article d'O. Barge, S. Sanz et J. Mouraille : *Finalités et contraintes des inventaires archéologiques : réflexions et pistes pour la mise en œuvre* est un remarquable exemple d'évolution et « d'adaptation au milieu », décrite et analysée, d'un système d'information archéologique (en l'occurrence un SIG) (cf. Barge, Sanz, Mouraille, 2005).

170 Arrêté interministériel du 27 septembre 2005 portant définition des normes de présentation et de contenu des rapports d'opérations archéologiques.

171 En raison des contraintes convergentes pesant sur le maître d'ouvrage d'une fouille préventive – qui est légalement l'aménageur, et qui pour optimiser son investissement doit rechercher la libération la plus rapide et la moins coûteuse du terrain et non l'obtention en soi de résultats archéologiques – et sur l'opérateur, qui doit chercher à réduire ses dépenses, et qui doit s'adapter à la demande de son maître d'ouvrage.

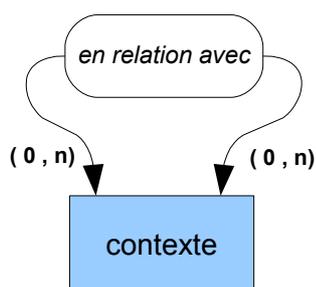
4.2.3. Systèmes d'information stratigraphique

La gestion relationnelle des données stratigraphiques : une sous-structure spécifique .

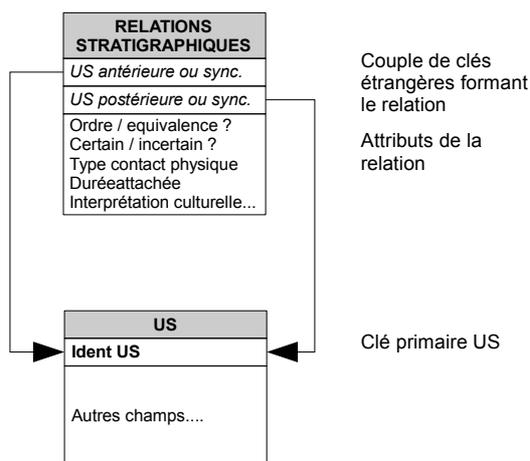
Pour permettre les traitements de création et d'exploitation du diagramme stratigraphique, un SIA de terrain doit comprendre une structure dite ici de « gestion relationnelle des US ». Il s'agit comme on l'a dit d'une relation plusieurs à plusieurs de l'entité « contexte » (ici prise au niveau des unités stratigraphiques) sur elle-même.

La décomposition en tables est simple : la table des US est liée par un double lien « un à plusieurs » à la table des relations, dont chaque enregistrement est un couple d'US formant une relation. Ce couple sur la table de relations est constitué de deux clés étrangères renvoyant aux identifiants de la table des US. La table des relations peut de plus comprendre des champs caractérisant la relation ; par exemple : le type chronologique (synchronisme ou relation d'ordre ; dans ce dernier cas l'ordre des champs de référence est à fixer : par exemple le premier pour l'US antérieure et le second pour la postérieure) ; le type de contact physique (recoupement, superposition, etc.) ; le caractère certain ou incertain de cette relation ; voire, comme proposé plus haut, son interprétation culturelle (rupture, continuité...) et les indicateurs de la durée en temps absolu qui peut lui être affectée.

Modèle général (extrait)



Déclinaison : gestion relationnelle des US



La distinction en au moins deux tables (des US et des relations) qui caractérise la gestion relationnelle des US, correspond aux deux ensembles mathématiques (des sommets et des arcs) qui définissent un graphe (cf. chapitre 3) ; l'exportation de ces deux tables fournit donc les données nécessaires au module de traitement stratigraphique pour la création du diagramme.

Cette gestion relationnelle des US, employée dans plusieurs systèmes d'enregistrement¹⁷², permet donc à un SIA de terrain de générer une information stratigraphique qui puisse être traitée. Ce principe peut en pratique être décliné de multiples manières, par démultiplication des tables et des attributs¹⁷³. Il s'inscrit donc dans l'approche évoquée ci-dessus de coexistence possible de normes générales minimales, « plancher » sous lequel ne pas descendre dans la conception d'un SIA, et de

172 Cette structure de gestion relationnelle des US est présente dans le modèle IDEA (Andresen, Madsen 1996) évoqué plus haut ; elle est utilisée par plusieurs applications, notamment la base de données d'enregistrement *bdb* utilisée au centre archéologique européen du Mont Beauvray (Chaillou 2003), l'enregistrement informatisé utilisé sur le chantier école de Dombéni à Mayotte (Desachy, Belarbi, 2000), et l'application *Stratibase* ci-jointe (2^e partie du mémoire). Elle a notamment comme avantage pratique de permettre l'affichage automatique de la relation réciproque lorsqu'on saisit une relation depuis un formulaire d'US (grâce à la fonction de création automatique de clé étrangère pour un enregistrement saisi depuis une table liée, dont disposent tous les SGBDR).

173 Parmi les bases de données avec lesquelles l'outil de traitement stratigraphique *le Stratifiant* (présenté en 2^e partie du travail) communique pour former un SIS, l'application *Stratibase* comprend ainsi dans sa structure de base, deux tables pour gérer les relations stratigraphiques (une pour les relations d'ordre, une autre pour les synchronisme), et l'application *bdb* une seule.

développements locaux, permettant d'aller plus loin de façon adaptée à chaque site ou équipe.

Des fonctionnalités à intégrer dans un SIA

On pourrait déjà qualifier les systèmes d'enregistrement qui gèrent la notion d'US, et plus encore les applications informatisées de SIG ci-dessus évoquées qui relient la description des US à leur représentation topographique, de système d'information stratigraphique (SIS). Nous réserverons cependant ici cette appellation aux systèmes permettant, au minimum, les traitements suivants :

- Création automatique du diagramme stratigraphique à partir de l'enregistrement des US et des relations observées sur le terrain ;
- Communication du diagramme avec une base de données d'enregistrement, permettant de créer ou mettre à jour celui-ci en fonction des US et relations enregistrées sur la base, et de le modifier en fonction de requêtes effectuées sur cette base (par exemple : faire apparaître sur le diagramme les US de construction, ou les US d'occupation contenant de la céramique...)

Un SIS est ainsi un sous-ensemble de SIA, au principe voisin de celui d'un SIG : une représentation graphique d'entités (les US), reliée à des données attributaires, qui permettent de générer ou modifier cette représentation, faisant de celle-ci un outil d'information dynamique et non plus une illustration statique.

Il existe peu d'outils opérationnels informatisés qui remplissent actuellement ces conditions : parmi ceux cités plus haut (cf. 1.4.2), la société Proleg annonce de telles fonctions de SIS pour son produit *StratiGraf*, incluant l'application *MatrixBuilder* (communication avec bases de données *Microsoft Access*) ; le programme gratuit *Stratify* développé par Irmela Herzog comprend, pour décrire les US, des champs sur lesquels on peut effectuer des requêtes et générer le diagramme correspondant (et annonce dans sa dernière version des possibilités d'échanges de fichiers avec des bases de données) : il s'agit donc déjà d'un SIS et plus seulement d'un simple outil de création de diagramme (ce à quoi, en revanche, se limite encore *ArchEd*).

Au delà du développement des traitements reposant sur la liaison entre le diagramme stratigraphique et l'enregistrement stratigraphique « attributaire », l'avenir est clairement à la fusion de ces fonctions de SIS avec celles de SIG au sein des systèmes d'information archéologique de terrain.

Cette fusion prendra vraisemblablement la forme d'outils d'enregistrement et de traitement topographique tridimensionnels, permettant d'associer à l'enregistrement ainsi qu'au diagramme stratigraphiques un modèle numérique de terrain en trois dimensions décomposable en US et interfaces. Des outils de ce type, évoqués au chapitre 1 (cf. 1.3.6), sont déjà en expérimentation. Il faut noter, d'un point de vue formel, que la structure nécessaire aux échanges entre base de données et diagramme stratigraphique (c'est à dire la structure double : table des US, et table des couples d'US en relation), est transposable aux échanges avec un tel modèle numérique de terrain stratigraphique. À la table des US doit alors correspondre, pour le modèle numérique de terrain, une table des entités volumiques ; à la table des relations, une table des faces joignant ces entités volumiques, munie d'attributs de signification chronologique (la réunion des faces joignant les deux mêmes entités volumiques correspondant à la relation entre ces deux entités). Au fond, cela a pour conséquence que les procédures de traitement exposées au chapitre 3 et actuellement implémentées dans *le Stratifiant* peuvent elles aussi être transposées dans un système « total » de ce type ; mais en pratique, un tel système reste aujourd'hui encore extrêmement gourmand en ressources matérielles (puissance) et logicielles (logiciel de topographie 3 D gérant la topologie des volumes).

Gestion actuelle des fonctions de SIS dans la formalisation et les outils proposés

Bien que de tels développements soient possibles, les traitements actuellement effectués dans les outils que nous proposons sont pour l'instant bien plus limités ; en particulier par souci d'intégration possible dans des SIA de terrain déjà existants, utilisant des solutions matérielles et logicielles courantes.

Nous avons fait le choix d'un système modulaire, en « autonomisant » l'application spécifique de traitement stratigraphique (*Le Stratifiant*), rendant celle-ci potentiellement interfaçable avec toute application de base de données incluant une structure de gestion relationnelle des US (cf. ci-dessus) et capable d'exporter les tables correspondantes (base de données dont l'application ci-jointe *Stratibase* est un exemple possible).

La matrice d'adjacence et autres variables nécessaires au processus exposé au chapitre 3 sont directement générées dans le module de traitement à partir des tables d'US et de relations, remplissant ainsi la première fonction d'un SIS tel que défini plus haut : la création automatique de diagrammes, directement à partir des données saisies dans une base d'enregistrement de terrain.

Pour la deuxième fonction de base liée à la notion de SIS, celle de requêtes effectuées dans la partie attributaire (c'est-à-dire la base de données) visualisables sur le diagramme, la solution actuellement retenue est celle d'un champ ajouté à la table des US permettant de marquer les unités issues d'une requête effectuée dans la base de donnée (requête qui donc peut porter, de façon relationnelle, sur plusieurs tables et sur n'importe quelle combinaison de champs du système d'information) ; l'aspect des US concernées peut alors être modifié sur le diagramme en fonction de ce champ de résultat de requête (par exemple par une mise en couleurs). Ce traitement des requêtes peut aussi porter sur la chronologie stratigraphique elle-même : une sélection (effectuée depuis la base de données) appliquée aux unités et relations exportées dans le module de traitement permet d'obtenir non pas le diagramme complet, mais un diagramme partiel de tel ou tel ensemble choisi d'US.

5. L'information stratigraphique : questions théoriques et piste pratiques

Au terme de cet état des recherches, nous pouvons reformuler l'ambition que nous donnons à la notion de système d'information exposée ci-dessus, et à l'outil qui en découle présenté dans la deuxième partie de la thèse : devenir non seulement un outil de traitement des données, mais aussi d'exploration des hypothèses permises par ces données. La formalisation du traitement des données stratigraphiques entreprise dans ce travail n'est en effet pas un but en soi : elle n'est qu'un moyen, pour élaborer plus rapidement des modèles chronologiques plus riches, eux-mêmes outils de restitution des systèmes culturels, économiques et sociaux.

Cette perspective amène à s'interroger sur la solidité scientifique de l'information stratigraphique, sa fiabilité à fonder la connaissance qu'entendent produire les archéologues. Interrogation justifiée par la position relativement marginale de la stratigraphie dans les réflexions théoriques jusqu'à présent menées sur la nature de l'information archéologique, mais surtout par les lacunes, la subjectivité, l'imperfection de l'enregistrement stratigraphique ; ce questionnement cependant permet de trouver au sein même de l'empirisme de l'identification stratigraphique les règles d'une démarche scientifique, s'intégrant dans une conception systémique et contextuelle de l'archéologie de terrain (5.1). Ces remarques ne sont pas seulement théoriques : pratiquement, c'est cet « empirisme régulé » qui guide sur le terrain les choix des fouilleurs expérimentés et leur permet d'optimiser le recueil de l'information stratigraphique, face à la double contrainte des limites de compétence de l'observateur et des limites de temps et de moyens attribués à l'intervention archéologique (5.2).

5.1. Du terrain à la théorie : remarques épistémologiques

5.1.1. Analyse stratigraphique et archéologie théorique

La stratigraphie, « point aveugle » de la réflexion théorique ?

Les données stratigraphiques observées sur le terrain sont à la base d'une grande part des interprétations et raisonnements archéologiques : elles constituent en particulier, comme on l'a vu, l'information extrinsèque permettant de fonder et de corroborer les sériations chronologiques, depuis les typo-chronologies d'objets mises au point dès le XIX^e siècle, jusqu'aux modèles chronologiques probabilistes les plus récents permettant de modéliser l'évolution de la culture matérielle dans les sociétés¹⁷⁴.

Cependant, c'est à l'étage supérieur des « constructions explicatives » (Gardin 1979), des

174 Par exemple, concernant la céramique médiévale : Husi, Bellanger, 2003

interprétations et des reconstitutions historiques ou sociales d'ensemble, et non aux méthodes de lecture et d'acquisition des données de base sur le terrain, que se sont préférentiellement attachées les réflexions des théoriciens qui se sont penchés sur la nature de l'information et du discours archéologique : ainsi le débat, principalement anglo-saxon, qui a vu se succéder depuis près de quarante ans les positions de l'archéologie processuelle (ex « *new archaeology* ») puis post-processuelle (schématiquement, pour la première, le discours archéologique doit viser à une scientificité lui donnant une valeur universelle ; pour la seconde, les conclusions des archéologues sont de toutes façons limitées car subjectives et dépendantes de leurs auteurs). Plus spécifiquement, l'analyse de la validité logique des raisonnements archéologiques a fait l'objet en France des travaux de Jean-Claude Gardin (1979) et de l'école logiciste. Mais celle-ci n'a pas traité de la production sur le terrain des données de fouille elles-mêmes, considérées comme les propositions de base, non remises en cause, à partir desquels se développent les discours étudiés. Une branche de l'archéologie « processuelle », toutefois, a su depuis les années 1980 retourner aux sources du raisonnement archéologique, c'est à dire à la réflexion sur la signification des indices observables sur le terrain, avec les travaux déjà cités de Lewis Binford sur la taphonomie osseuse, puis surtout ceux de l'école de la *behavioural archaeology* animée par Michael Schiffer (1987) sur les processus de formation des dépôts archéologiques (et les comportements sociaux qu'ils révèlent). Ces recherches concernent l'analyse stratigraphique ; mais celle-ci en tant que telle n'a pas été mise en questions. Edward Harris est finalement le seul à avoir cherché à penser spécifiquement la stratigraphie et ses concepts sur le plan théorique (M. Wheeler, on l'a vu, ne se situe volontairement pas à ce niveau : la stratigraphie est pour lui un outil pratique, qui n'appelle pas de questionnement théorique sur la nature de l'information produite). E. Harris se rattache d'ailleurs à l'archéologie processuelle ci-dessus évoquée, en particulier par l'ambition de formuler en « lois » l'information stratigraphique¹⁷⁵. Plus récemment, des réflexions sur la nature du temps archéologique sont été publiées, en particulier par Gavin Lucas (2005) et Laurent Olivier (2008) qui se situent par contre dans une optique nettement « post processuelle » et relativiste. Pour L. Olivier en particulier, la prétention des archéologues à créer des modèles chronologiques de statut scientifique est largement illusoire compte tenu du caractère lacunaire des données et des multiples perceptions que l'on peut en avoir.

Poser la question de la nature de l'information archéologique

Il nous paraît utile de poser cette question théorique de la nature de l'information archéologique, en l'appliquant spécifiquement à l'information stratigraphique. Les résultats de terrain de l'analyse stratigraphique – par exemple, un diagramme - peuvent alors, dans une optique « processuelle » poussée à l'extrême, s'imposer comme des matériaux objectifs et indiscutables ; ou au contraire, dans une approche étroitement « post-processuelle », être tenus pour totalement subjectifs et uniquement dépendant des préjugés des fouilleurs. Ce qui nous semble, dans l'un et l'autre cas, réducteur et inapproprié¹⁷⁶. Il nous faut donc aller plus loin dans l'examen du statut de l'information stratigraphique.

5.1.1. Le statut scientifique de l'information stratigraphique

Une information incomplète, subjective et fragile

Dans la recherche de formalisation qui vient d'être exposée, nous nous sommes heurtés à

175 C'est par ailleurs Michael Schiffer qui est le préfacier de la deuxième édition des « principes of archaeological stratigraphy » (1989).

176 Il faut noter que ce débat entre « scientisme » et relativisme reste toujours d'actualité, à plus large échelle que la seule archéologie : « Dans le panorama actuel de la recherche, les sciences de l'homme et de la société ont de plus en plus de difficultés à tenir une position ferme tant elles sont prises entre deux tendances, celle qui s'observe dans un relativisme « mou », celui des Cultural Studies ou celui de l'essayisme psychologique ou philosophique à la française et celle, tout aussi répandue, d'un matérialisme positiviste (emprunté aux sciences de la nature) à très fort impact actuel sur les SHS » (Creswell, Joulian 2008).

l'incertitude et à l'erreur. Cela constitue un premier point de questionnement théorique, sur le statut de l'information stratigraphique produite par les archéologues : du fait de ces erreurs et incertitudes d'enregistrement dont l'existence est constamment possible, il ne nous est pas possible d'admettre comme indiscutable *a priori* les données stratigraphiques livrées par une fouille (par exemple sous la forme d'un diagramme stratigraphique dans un rapport ou une publication). A la source de ces erreurs et de ces incertitudes, il existe, en effet, plusieurs raisons de douter de la solidité de cette information stratigraphique.

D'abord, l'enregistrement stratigraphique n'est qu'un reflet partiel de la succession réelle des événements à l'origine de la stratification. Nous avons vu que les discontinuités stratigraphiques occultent une partie de l'évolution du site, non représentée dans cette stratification. Puis intervient l'ensemble des « filtres » post-dépositionnels, parmi lesquels les limites de compétence du fouilleur ; celui-ci peut ne percevoir plus qu'une seule unité là où des phénomènes d'accrétion, d'altération et d'activité biologique complexes n'ont pas permis la traduction de successions d'événements en une stratification aisément lisible ; ainsi, par exemple, les « terres noires » citées plus haut. Ces lacunes de l'information stratigraphique s'inscrivent d'ailleurs dans celles affectant tout vestige archéologique, pointées dès 1888 par Oscar Montelius « *seulement une petite partie de ce qui a un jour existé a été enterré dans le sol ; seulement une part de ce qui a été inhumé a échappé à la main destructrice du temps ; de cette part tout n'est pas revenu au jour...* » (cité dans Harris 1979 p.11). Ainsi le fouilleur raisonne sur des données inévitablement partielles, et le diagramme stratigraphique le plus détaillé n'est qu'un sous-graphe de la chronologie réelle.

Par ailleurs, hormis les analyses géomorphologiques spécialisées (et encore...), la nature empirique, peu définie, et par conséquent fortement subjective des critères et indices mobilisés pour identifier les interfaces et les caractères des unités stratigraphiques, apparaît comme une autre faiblesse. Certains archéologues de terrain ont tenté, au moins en partie, d'explicitier les indices fondant l'interprétation des couches et de leur succession (par exemple : de Bouard 1975 p.208-217, Meyer et al. 1983), ou de corréler cette interprétation à des éléments mesurables (Fondrillon 2007) ; c'est dans cette volonté de formalisation de l'identification que l'on doit aussi inscrire les trois premières « lois » de Harris. Mais plus fréquemment, les manuels ou ouvrages méthodologiques font appel à des généralités peu précisées (de type « on distingue les couches par des différences d'aspects et de couleur »).

Au caractère partiel des résultats, au flou des critères d'identification, s'ajoute une fiabilité non assurée de l'information stratigraphique. Même lorsqu'elle ont été tenues pour certaines par le fouilleur, les observations stratigraphiques peuvent, en effet, se révéler fausses *a posteriori* ; par exemple, ainsi que le signale Henri Duday, l'identification de limites de fosse fondée sur la perception de changements de consistance dans le terrain autour d'inhumations, remise en cause par les apports récents de l'anthropologie de terrain montrant que ces différences de consistance de terrain peuvent être dues à l'activité biologique après inhumation et non au creusement de la fosse. Ou, autre exemple évoqué plus haut, les inversions stratigraphiques parfois difficilement détectables en archéologie du bâti (reprises en sous-œuvre, en fait postérieures aux autres parties construites qui s'appuient dessus).

Une connaissance empirique et réfutable, donc scientifique

Et pourtant, on peut considérer l'information stratigraphique comme une connaissance scientifique. En effet, pour le philosophe et logicien Karl Raimund Popper (1902-1994), la science est empirique (c'est-à-dire basée sur l'expérience et l'observation) ; une construction intellectuelle scientifique (même celles élaborées à partir des données expérimentales mesurées et reproductibles des sciences « dures ») n'est pas une vérité absolue ou intangible ; ce n'est qu'un modèle théorique, un ensemble de conjectures. Les conditions du caractère scientifique de ce modèle sont qu'il doit être

« corroboré », c'est-à-dire qu'il doit rendre compte de toutes les observations disponibles sans qu'aucune ne le contredise ; et surtout, condition essentielle, ce modèle doit être formulé de façon à pouvoir être réfuté par de futures expériences et observations (critère de « falsifiabilité¹⁷⁷ ») ; si c'est le cas, et que ce modèle est ensuite effectivement contredit par de nouvelles expériences et observations, il doit être abandonné ou modifié au profit d'un nouveau modèle mieux corroboré, pas plus « vrai » dans l'absolu que le précédent (ou plus exactement, comme le modèle précédent, vrai seulement jusqu'à preuve du contraire), mais représentant néanmoins un état amélioré de la connaissance (Popper 1935,1973).

Bien que Popper se soit attaché principalement à la démarche d'empirisme scientifique à l'œuvre dans les sciences « dures » et en particulier chez les physiciens, ce processus intellectuel de « conjectures et réfutations » permettant l'avancement de la connaissance est commun à toute discipline de recherche, y compris dans le domaine des « sciences molles » : il a en particulier été théorisé par Jean-Claude Gardin sous la forme d'une « spirale cognitive » applicable aux interprétations archéologiques (Gardin 1979) ; et défendu, sous différentes formes, dans des travaux plus récents tirant les leçons des ambitions théoriques de la *new archaeology* (Djindjian 1991 ; 1996 ; Demoule 2002).

Ce processus scientifique de conjectures et réfutations, ou cette spirale cognitive, s'applique aussi au niveau de l'information stratigraphique recueillie sur le terrain. Dans cette optique, en effet, le caractère « subjectif » de l'identification stratigraphique, ou les éventuelles lacunes et erreurs dont elle est entachée, ne lui interdisent pas le statut de connaissance scientifique ; à condition que le modèle – ici la chronologie stratigraphique sous forme de diagramme – soit corroboré, c'est-à-dire rende compte de toutes les observations « certaines » disponibles ; et surtout, qu'il ne soit pas donné pour définitif et irréfutable, mais qu'il puisse être remis en cause pour être amélioré.

Et c'est le cas : la détection et l'élimination possible, a posteriori, d'erreurs d'enregistrement (par exemple les fautes révélées par le traitement formalisé – cf. chapitre 3) ou d'observation (cf. ci-dessus les apports de l'anthropologie de terrain invalidant les déterminations de fosse sur le seul critère de texture du sédiment), constituent une remise en cause de l'information stratigraphique qui a pour effet de la débarrasser de données non fiables. Le modèle stratigraphique résultant peut apparaître diminué, mais il est certain qu'il est plus fiable que dans son état précédent : il est donc meilleur du point de vue de la connaissance scientifique.

L'apport de nouvelles observations (poursuite de la fouille, nouveaux résultats d'étude de datation...) est de même une modification du modèle, entraînant le recul de son caractère lacunaire. Au niveau des modèles d'ensemble fondés sur la stratigraphie mais applicable à plusieurs sites – une construction typo-chronologique par exemple, ou une périodisation culturelle – ce sont les fouilles ultérieures d'autres sites qui produiront cet effet de complément et de correction, par lequel on passe à un état amélioré de la connaissance. L'information stratigraphique obtenue à un moment donné sur un site donné, comme tout modèle de connaissance, n'est donc qu'une étape d'un processus cognitif continu dans lequel cette connaissance est remise en cause et modifiée par l'avancement de la recherche, et ainsi améliorée, car tendant à cerner de plus en plus près la réalité disparue.

177 Popper (1935, 1973) donne une importance primordiale à la notion de « falsifiabilité » (anglicisme basé sur le faux ami *to falsify* – au sens de « réfuter » – désignant la capacité d'une théorie à être testée et réfutée). Pour lui, chercher à réfuter une théorie est en effet plus efficace pour l'avancement de la connaissance que chercher à la confirmer : soit un énoncé du type « tous les oiseaux sont blancs » ; même une multitude d'observations d'oiseaux blancs ne permettent pas de confirmer cette théorie (sauf à observer tous les individus concernés sans en oublier un seul, ce qui risque d'être impossible, ou en tout cas long et cher) ; pour Popper une observation qui correspond à une théorie ne la « vérifie » ou ne la « prouve » donc pas, elle ne fait que la « corroborer » (la confirmer localement, seulement jusqu'à preuve du contraire) ; par contre une seule observation d'oiseau de couleur autre que blanc réfute le modèle théorique, dont on sait dès lors qu'on doit le modifier. C'est donc cet oiseau coloré qu'il faut chercher... A condition que soit précisée la couleur de l'oiseau, critère testable par l'observation permettant de réfuter la théorie.

5.2 Retour au terrain : des pistes pour la pratique

5.2.1. Assurer la qualité de l'enregistrement : des observations fondées

Cet empirisme scientifique au départ théorisé par K. Popper, appliqué à l'archéologie de terrain, offre des réponses pratiques à la question de la qualité de l'information recueillie : comment obtenir une « bonne » stratigraphie, non polluée par de « mauvaises » données ? Partant des considérations théoriques ci-dessus et sachant qu'un diagramme stratigraphique ne saurait de toutes façons transcrire la totalité absolue de la succession des événements effectivement survenus, on peut fixer comme objectifs au modèle chronologique qu'est ce diagramme :

- d'abord de pas être faux ; c'est à dire de n'être pas contradictoire avec la succession réelle des événements tels qu'ils se sont passés ;
- ensuite d'être le plus possible accessible à la critique, c'est-à-dire fondé sur des observations explicites, exposant la nature des indices déterminant l'identification de la relation ou des caractères de l'unité considérées ;
- enfin d'être le moins lacunaire possible, c'est-à-dire au plus près de cette succession réelle d'évènements passés.

Distinguer le raisonnement certain de l'incertain

Atteindre le premier objectif – ne pas être contradictoire avec ce qu'a été la réalité – nous ramène à la notion de modèle corroboré. Il suppose que le diagramme stratigraphique soit débarrassé des fautes et contradictions détectées dans l'enregistrement, et établi à partir de relations et d'unités stratigraphiques dont l'identification est corroborée au niveau de la fouille. Cette notion « d'information corroborée au niveau de la fouille » correspond à une certitude raisonnable du fouilleur au regard de tous les indices qu'il a pu observer, sans insuffisance, ambiguïté ou contradiction perceptibles dans ces indices. Si il y a ambiguïté, insuffisance ou contradiction perçue par les fouilleurs dans les indices observés (*i.e.* : « c'est sans doute ce fossé là qui recoupe celui-ci, mais la relation n'est pas claire, le sédiment est peu lisible... »), alors la relation stratigraphique inférée (le premier fossé est postérieur au second) n'est qu'une conjecture, que les observations dont on dispose sont insuffisantes à corroborer. On retrouve ainsi, en termes d'information corroborée ou de conjecture non corroborée, la distinction entre données certaines, et incertaines .

Rester dans ce cadre de certitude raisonnable implique pour les fouilleurs de ne pas tricher avec leurs limites de compétence. La définition utile de l'US, comme unité d'analyse du terrain, est en effet relative à la compétence du fouilleur : c'est la plus petite unité de terrain qu'il **peut** percevoir, situable antérieurement et postérieurement aux unités voisines par l'examen des ses limites physiques.

Pratiquement, lorsque que le fouilleur ne distingue pas d'interfaces nettes, la règle est d'élargir le champ de vision de façon à trouver les premières limites dont il soit certain ; celles-ci existent toujours (ne fut-ce qu'avec la couche contemporaine de bitume ou de terre arable qui constitue le sol actuel). Si, par ailleurs, des indices contradictoires apparaissent de sorte que deux unités de terrain semblent à la fois postérieures et antérieures l'une à l'autre, et si une observation plus attentive ne résout pas le problème, l'ensemble affecté par ces indices contradictoires est à considérer comme une même unité à l'intérieur des premières limites certaines (les distinctions internes à cette unité étant alors considérées comme des interstrates sans signification stratigraphique, ou si l'observation en suggère la probabilité, comme des relations et unités incertaines). En d'autres termes, les règles logiques exposées ci-dessus de traitement d'erreur et

d'incertitude (*cf.* 3.4), intellectuellement acquises par le fouilleur, sont à mettre en oeuvre dès l'observation de terrain.

Assurer la compétence d'enregistrement pour valoriser la compétence d'identification

De cette première réponse pratique à la question d'une bonne qualité de données stratigraphiques, on peut par ailleurs déduire que la maîtrise des méthodes d'enregistrement est à distinguer de la stricte compétence d'identification du terrain. Un fouilleur débutant de compétence encore limitée, mais maîtrisant et appliquant logiquement les règles de l'enregistrement stratigraphique, sauvera au moins l'information qu'il a perçue¹⁷⁸ ; à l'inverse, une excellente compétence d'identification, non encadrée par des règles d'enregistrement rigoureuses, peut malheureusement aboutir à un enregistrement totalement inexploitable.

Il faut noter de ce point de vue que qualifier, dans l'absolu, la stratification d'un site urbain de « complexe » et celle d'un site rural érodé de « simple » est inexact, et relève d'une confusion entre ces deux compétences d'identification et d'enregistrement. En effet, l'identification des interfaces d'une stratification urbaine est fréquemment aisée et simple, en raison de la diversité des matériaux, de l'abondance des couches construites, et de la présence de sols artificiels peu perméables (pavés, bitume, habitat..) isolant le sous sol des altérations dues aux intempéries ou à l'activité biologique¹⁷⁹ ; c'est à la gestion de leur enregistrement qu'est liée la difficulté, en raison du grand nombre d'interfaces dans le volume fouillé. Par ailleurs, la stratification d'un site rural n'est souvent simple que du point de vue de l'enregistrement (peu d'interfaces) : la lecture des interfaces et l'interprétation des unités peut y être difficile, et nécessiter une grande expérience et de solides notions de pédologie.

Expliciter les indices fondant l'identification stratigraphique

Le deuxième objectif – expliciter l'identification stratigraphique afin de la rendre accessible à la critique et éventuellement à la réfutation – est lui en relation directe avec la notion de falsifiabilité ; il suppose pratiquement que la description de l'aspect des unités et interfaces ne soit pas « neutre », détachée de l'identification et de l'interprétation stratigraphique, mais précise les indices qui fondent cette identification. En d'autres termes il est important, lorsque par exemple une couche a été identifiée comme « ensemble clos » et « dépôt primaire », d'indiquer sur quels indices, au vu de l'aspect des objets et du sédiment, cette identification est émise.

Plus largement, notons que cette explicitation des indices fondant la détermination des interfaces et des caractères signifiants attribués aux unités stratigraphiques constitue un domaine de recherche (déjà partiellement défriché, du côté de l'étude des processus taphonomiques notamment ; et plus récemment grâce à l'étude portant sur la comparaison entre les caractères mesurables des couches et leur interprétation par les fouilleurs – Fondrillon 2007), que l'on peut qualifier de « diagnose » stratigraphique. La poursuite et le développement des études dans ce domaine, dans une interdisciplinarité bénéficiant de la collaboration de géo-archéologues, et de fouilleurs expérimentés acceptant d'être « débriefés » afin d'analyser leur compétence et leur savoir-faire, serait d'un apport essentiel.

178 Imaginons, au pire, un fouilleur qui soit une sorte de brute bestiale et quasi aveugle, incapable de percevoir la moindre différence au sein d'une stratification anthropique urbaine, et ne s'arrêtant qu'au contact des formations géologiques sous jacentes, quelques mètres sous la surface : s'il enregistre correctement ce qu'il a perçu (une unité anthropique globale de plusieurs mètres d'épaisseur), cet enregistrement, bien que très peu précis, sera exploitable ; c'est de fait le cas des sondages géotechniques qui qualifient globalement la stratification archéologique de « remblai », utilisables pour connaître la présence et l'épaisseur de cette stratification.

179 Ce cas fréquent étant celui de « l'anthropo-relief » urbain ; la lecture stratigraphique peut en revanche devenir réellement complexe dans le cas « d'anthropo-sol », comme les terres noires.

Enrichir l'information : la pluralité des hypothèses

Le troisième point – obtenir, dans les conditions définies ci-dessus, la plus riche chronologie possible – motive la recherche poussée d'indices de caractérisation, dans une analyse de terrain mobilisant divers moyens y compris l'interdisciplinarité et le regard croisé de multiples observateurs, permettant « l'intersubjectivité » qui est pour Popper (1935, 1973) la définition de l'objectivité scientifique.

C'est dans cette perspective de recherche de l'information la plus riche qu'il apparaît utile de prendre en compte l'information non corroborée (incertaine), à titre de conjectures susceptibles d'être intégrés dans des modèles de restitution hypothétiques et multiples – les différents scénarios possibles – nourrissant de plus vastes modèles testables sur d'autres ensembles de données.

5.2.2. Gérer les contraintes : des choix adaptés

Le choix sous contraintes : l'archéologie préventive

L'échelle d'enregistrement stratigraphique est donc en principe ajustée de façon à obtenir la quantité maximale d'information, sans outrepasser les limites de compétence du fouilleur. En pratique l'archéologie préventive (c'est-à-dire l'archéologie sous contrainte, avec un délai et des moyens finis pour traiter un volume donné de toutes façons détruit au terme de l'opération) impose des choix de sacrifice d'une information que l'on aurait pu recueillir, au profit d'une autre jugée prioritaire. Ces choix amènent fréquemment un décalage de l'échelle d'enregistrement, à une résolution moins fine que l'analyse stratigraphique maximale qui aurait été possible (par exemple la fouille et l'enregistrement « par paquets » d'ensembles d'unités traités comme une seule US ; ou l'échantillonnage dans la stratification, certaines structures n'étant pas ou incomplètement fouillées). Dans l'optique d'empirisme scientifique dans laquelle nous nous sommes placés, un enregistrement de ce type n'est pas fondamentalement plus faux qu'une analyse stratigraphique poussée à son maximum possible, il est seulement moins détaillé.

Notons que les trois objectifs fixés ci-dessus (une information qui ne soit pas fautive, qui soit réfutable, et qui soit la moins lacunaire possible) s'appliquent aussi à ces conditions de contraintes de moyens, avec cependant une reformulation du dernier objectif, visant l'enregistrement le moins lacunaire possible. Une façon possible d'exprimer l'articulation entre l'archéologie préventive et l'archéologie programmée (non contrainte par la nécessité de traiter un volume destiné à être détruit) est en effet de décliner ce troisième objectif :

- soit comme le recueil du maximum d'information par unité de volume de terrain pour une opération programmée ;
- soit comme le recueil du maximum d'information par unité de moyen (par homme/jour investi, par exemple) pour une intervention préventive. Cette dernière formulation intègre en effet la notion de redéploiement de moyens au détriment de l'information jugée non prioritaire.

Bien que cette part de destruction que doit assumer l'archéologue, inhérente à l'acte de dissection qu'est la fouille, ne soit jamais absente (même d'une fouille programmée), il faut remarquer que l'exercice de ces choix destructifs dans les contraintes de l'archéologie préventive, intégrant à tout moment cette notion d'échelle variable d'enregistrement, requiert spécifiquement un haut niveau de compétence et d'expérience de la part des fouilleurs et responsables d'opération.

L'alternative : ni détruire ni disséquer, mais prolonger le processus de formation de la stratification

La démarche « naturelle » de l'archéologue face à une stratification est de la fouiller ; c'est à dire de l'analyser, de la disséquer, et de la faire ainsi disparaître, mettant un terme au processus de stratification.

Au cœur des enjeux de l'archéologie préventive et des choix sociaux de gestion de la mémoire collective que celle-ci représente, une démarche alternative est possible. Elle consiste, non plus à interrompre et à « tuer » le processus de stratification anthropique en vue d'une dissection, mais au contraire à « maintenir vivant » ce processus de constitution des archives du sol, c'est à dire à le prolonger en veillant à ce que les unités stratigraphiques du XXI^e siècle viennent s'insérer postérieurement aux précédentes sans les faire disparaître. Ce sont les procédures dites d'aménagement non destructif, recourant par exemple à la mise en œuvre de fondations spéciales (pieux chemisés) permettant à un immeuble neuf de s'ancrer au sol à travers une stratification ancienne, avec un impact destructif minimal. Bien que possible et déjà appliquée réglementairement, cette approche de gestion à long terme des gisements d'information archéologique est encore inhabituelle, et objet de débats. En effet, elle diffère de la notion habituelle de classement de site ou de monument (en particulier car les vestiges concernés sont rendus inaccessibles à moyen terme, et ne permettent donc plus d'exploitation immédiate) ; et elle présente des dangers (l'insuffisance du contrôle peut la transformer en alibi couvrant de réelles destructions). Il est donc aujourd'hui nécessaire d'envisager de façon globale et coordonnée cette politique possible de gestion de long terme des archives du sol.

Pour ne pas conclure

Ce travail nous a permis de poser quelques bases, historiographiques, méthodologiques et techniques, pour une recherche sur la formalisation du traitement des données stratigraphiques en archéologie de terrain. Ces bases, matérialisées par les outils eux-mêmes encore expérimentaux présentés dans le second volume, ne sont qu'un premier état de cette recherche ; comme en témoigne le caractère incomplet et provisoire des éléments présentés.

Au terme de cet état de la recherche, plusieurs directions peuvent être envisagées pour sa poursuite.

Au niveau conceptuel, des aspects de la formalisation du traitement des données stratigraphiques, seulement esquissés ici, doivent être approfondis : l'interprétation culturelle des relations stratigraphiques et leur incidence sur la construction de la synthèse chronologique par exemple.

Au niveau technique, l'application le *Stratifiant* doit évoluer, dans l'optique pragmatique de l'utilisation des solutions les plus simples et les plus communes. À court terme par exemple, le portage de l'application vers un logiciel libre (suite OpenOffice) est à l'étude. À moyen et long terme, une « veille technologique » est nécessaire en vue d'intégrer la formalisation qui sous-tend cet outil dans des systèmes plus ambitieux, incluant la modélisation spatiale tridimensionnelle de la stratification, dès lors que les outils correspondants se seront suffisamment démocratisés.

Au niveau expérimental, le passage de l'outil au stade opérationnel n'en est qu'à son début. Des progrès, tant sur le plan technique que sur le plan méthodologique et conceptuel, sont à attendre de la poursuite de cette expérimentation pratique, appuyée sur des collaborations suivies (telles celles initiées dans le cadre du centre archéologique européen de Bibracte ou dans celui du service archéologique départemental d'Indre et Loire). Il faut souligner l'importance des échanges avec les utilisateurs, qui font apparaître deux aspects de ce travail : le développement d'un outil de recherche méthodologique d'une part (avec des perspectives telles l'intégration de nouveaux indicateurs chronographiques pour améliorer l'inscription du temps stratigraphique dans le temps quantifié, ou la valuation chronologique et culturelle des relations – cf. chapitre 2) ; et celui d'un outil de service opérationnel d'autre part (avec des besoins directement exprimés par les utilisateurs, telles la gestion des regroupements d'unités stratigraphiques à plusieurs niveaux, ou l'amélioration des échanges base de données - diagramme).

Le présent travail de thèse ne peut guère, on l'a dit, prétendre à être plus qu'un bilan d'étape ; mais ils se veut la matérialisation de la première étape de ce processus dialectique entre recherche méthodologique et application opérationnelle ; processus dont l'auteur espère la poursuite.

Références bibliographiques

Accary-Barbier, Calabretto, 2004 : Accary-Barbier (Tiphaine), Calabretto (Sylvie), La temporalité des corpus archéologiques, *Revue scientifique et technique «Document Numérique»*, Numéro spécial sur le thème «Temps et Document 8/4 - 2004():111-124, Hermes - Lavoisier ; <http://liris.cnrs.fr/publis>

Adams, 1992 : Adams (Max), *Stratigraphy after Harris: some questions*, dans Steane (dir), 1992 p. 13-16

Allen, 1984 : Allen (James), Towards a General Theory of Action and Time, *Artificial Intelligence*, 23 (1984), p.123-154

Allen, 1991 : Allen (James), Time and Time Again : The Many ways to Represent Time, *International Journal of Intelligent Systems*, 6(4), July 1991, p.341-355

Alvey 1993 : Alvey (Brian A.P.), *Interpreting archaeology with Hindsight : the use of three dimensions in graphic recording and site analysis*, dans (Harris, Brown, Brown éd. 1993), p. 218-228.

Andresen, Madsen 1996 : Andresen (Jens), Madsen (Torsten), Dynamic classification and description in the IDEA, *Archeologia e Calcolatori*, VII, 1996, p. 591-602

Arlaud, Burnouf, 1993 : Arlaud (Catherine), Burnouf (Joëlle), *L'archéologie du bâti existe-t-elle ?*, dans (Arlaud, Burnouf dir. 1993), p. 67-69.

Arlaud, Burnouf dir. 1993 : L'archéologie du bâti médiéval urbain , dossier coordonné par Arlaud (Catherine), Burnouf (Joëlle), *Les Nouvelles de l'Archéologie*, n° 53/54, automne hiver 93, p. 5-69.

Arroyo-Bishop, Lantada Zarzosa 1990 : Arroyo-Bishop (Daniel), Lantada Zarzosa (Maria Teresa), L'informatisation des grandes fouilles urbaines et des chantiers archéologiques de sauvetage, *Brisés - bulletin de recherches sur l'information en sciences économiques, humaines et sociales*, n° 15, 1989/2, CNRS - INIST, 1990, p.5-15.

Arroyo-Bishop, Lantada Zarzosa, 2005 : Arroyo-Bishop (Daniel), Lantada Zarzosa (Maria Teresa), *ArchENTITY, méthode analytique "objet-espace-temps" du système ArchéoData*, dans (Berger et al. 2005), p.213-223

Bahn dir. 1996 : Bahn (Paul), (edited by), *The Cambridge illustrated history of Archaeology*, Cambridge University Press, 386 p.

Bailey, 2005 : Bailey (Geoff), *Concepts of time*, in (Renfrew, Bahn, ed. 2005), p.268-273

Banning, 2000 : Banning (E. B.), *The Archaeologist's Laboratory - The Analysis of Archaeological Data - Interdisciplinary contributions to archaeology*, Springer, New York, 2000, 316 p.

Barber, 1993 dir. : Barber (John) (edited by), *Interpreting Stratigraphy 1993 (Edinburgh)*, AOC (Scotland) Ltd,

Edinburgh, 76 p. ; <http://www.york.ac.uk/depts/arch/strat/pastpub/93edi.htm>

Barge, Sanz, Mouraille, 2005 : Barge (Olivier), Sanz (Séverine), Mouraille (Julie), *Finalités et contraintes des inventaires archéologiques : réflexions et pistes pour la mise en oeuvre*, dans (Berger *et al.* 2005), p.249-258

Barker 1977, 1993 : Barker (Philip), *Techniques of archaeological excavations*, B.T. Batsford Ltd, 1977, 279 p. (3e édition revue et augmentée : Routledge, London, 1993, 285 p.)

Barles *et al.* dir. 1999 : Barles (Sabine), Breysse (Denis), Guillerme (André), Leyval (Corinne), (coordonné par), *Le sol urbain*, collection Villes, Anthropos, 278 p.

Barrandon, Guibert, Michel dir. 2001 : *Datation, actes des XXIe rencontres internationales d'archéologie et d'histoire d'Antibes (19-21 octobre 2000)*, sous la direction de Barrandon (Jean-Noël), Guibert (Pierre), Michel (Véronique), CEPAM, ville d'Antibes, ministère de la Culture et de la Communication, éditions APDCA, 2001, 437 p.

Barros Garcia 2004 : Barros Garcia (José Manuel), The use of the Harris matrix to document the layers removed during the cleaning of painted surfaces, *Studies in conservation*, 2004, vol. 49, n°4, p.245-258

Baruk, 1992 : Baruk (Stella), *Dictionnaire de mathématiques élémentaires*, Seuil, Paris, 1992, 1324 p.

Bats *et al.* 1986 : Bats (Michel), Bessac (Jean-Claude), Chabal (Lucie), de Chazelles (Claire-Anne), Fiches (Jean-Luc), Poupet (Pierre), Py (Michel), *Enregistrer la fouille archéologique - Le système élaboré pour le site de Lattes (Hérault)*, Editions de l'association pour la Recherche Archéologique en Languedoc Oriental, publication de l'unité de fouille et de recherches archéologiques de Lattes, 1986, 56 p.

Bernard *et al.* 1995 : Bernard (J.-J.), Contini (D.), Godet (G.), Gohau (G.), *Le temps en géologie*, Collection "Synapses", Hachette, 1995, 157 p.

Bertin, 1977 : Bertin (Jacques), *La Graphique et le traitement graphique de l'information*, Nouvelle Bibliothèque Scientifique, Flammarion, 273 p.

Bessières *et al.*, 2001 : Bessières (Michel), Iglesias Kuntz (Lucia), Sopova (Jasmina), dossier : contre les pilliers et les vandales, sauvons nos trésors, *le Courrier de l'UNESCO*, avril 2001, p.16-37 ; <http://unesdoc.unesco.org/images/0012/001222/122266f.pdf>

Bibby 1993 : Bibby (David), *Building stratigraphic sequences on excavation : an exemple from Konstanz, Germany*, dans (Harris, Brown, Brown éd. 1993), p. 104-121.

Bibby, 2001 : Bibby (David), *CAD based excavation recording systems and the Harris Matrix: Some possibilities and limitations*, *Archaologie und Computer*, Workshop 6. Forschungsgesellschaft Wiener Stadtarchaologie, November 2001; www.archaeologie-wien.at/workshop/Workshop_old/workshop/pop25.htm

Bibby, 2002 : Bibby (David), *Permutations of the Multilinear Stratigraphic Sequence: Nature, Mathematics and Consequences*, *Archaologie und Computer*, Workshop 7. Forschungsgesellschaft Wiener Stadtarchaologie, November 2002 ; http://www.archaeologie-wien.at/workshop/abstracts/abs7_bibby.htm

Biddle, Kjolbye-Biddle 1969 : Biddle (Martin), Kjolbye-Biddle (Birthe), Meters, areas and robbing, *World Archaeology*, 1, 2, 1969, p.208-218.

Boast, Chapman, 1991 : Boast (Robin), Chapman (Dave), SQL and hypertext generation of stratigraphic adjacency matrices, *British Archaeological Reports*, International Series 565, Computer Applications and Quantitative Methods in Archaeology 1990, edited by K. Lockyear and S. Rahtz, 1991, p.43-51

Boast, Chapman, 1991b : Boast (Robin), Chapman (Dave), SQL and Hypertext generation of stratigraphic adjacency matrices, *Archeologia e Calcolatori*, 2, 1991, p. 221-239

Boissavit-Camus et al. 2003 : Boissavit-Camus (Brigitte), Barraud (Dany), Bonnet (Charles), Fabioux (Martine), Guyon (Jean), Héber-Suffrin (François), Prigent (Daniel), Pulga (Stefano), Reynaud (Jean-François), Sapin (Christian), Vergain (Philippe), -archéologie et restauration des monuments historiques. Instaurer de véritables "études archéologiques préalables"-, *bulletin monumental*, volume 161, n°3, p.195-222

Boissavit-Camus et al. 2004 : Boissavit-Camus (Brigitte), Desachy (Bruno), Cerruti (Marie-Christine), Guilloteau (Corinne), Ibanez (Thérèse), Contexte scientifique et méthodologique du projet, dans *Informatisation des documents d'évaluation du patrimoine archéologique des villes de France - bilan d'étape 2002-2003*, Tours, Centre National d'Archéologie Urbaine, 2004, p. 11-24

Borderie, 2006 : Borderie (Quentin), *Les "terres noires" urbaines - inventaire et approche spatiale en Ile-de-France et Picardie*, mémoire de Master 2 archéologie et environnement, sous la direction de Joëlle Burnouf, université de Paris 1, juin 2006, 2 volumes, 95 et 64 p

Bonin, Desachy, Vangele 1990 : Bonin (Thierry), Desachy (Bruno), Vangele (Fabrice), Etude chrono-stratigraphique du site gallo-romain de Longueuil-Sainte-Marie "Le Bois Harlé" (Oise) : approche préliminaire , dans *Programme de surveillance et d'étude archéologique des sablières de la moyenne vallée de l'Oise – rapport d'activités 1990*, sous la direction de François Malrain et Frédéric Prodéo, Centre de Recherche Archéologique de la Vallée de l'Oise (déposé au service régional de l'archéologie de Picardie), p. 269-331.

Bordes, 1975 : Bordes (François), Sur la notion de sol d'habitat en préhistoire paléolithique, *Bulletin de la Société Préhistorique Française*, tome 72, 1975, p.139-143

Borillo éd 1978 : *Archéologie et calcul*, textes recueillis par Borillo (Mario), série "7" dirigée par Robert Jaulin, 10/18, 1978, 246 p.

Borillo, Gardin ed. 1974 : Borillo (Mario), Gardin (Jean-Claude), *Les banques de données archéologiques*, actes du colloque organisé par Borillo (Mario), Gardin (Jean-Claude), Marseille, 12-14 juin 1972, éditions du centre national de la recherche scientifique, 1974, Paris, 331 p.

Boudjilida, 2002 : Boudjilida (Nacer), *Bases de données et systèmes d'information - le modèle relationnel : langages, systèmes et méthodes*, Dunod, Paris, 2002, 279 p.

Bouroche, Saporta, 1980, 1992 : Bourouche (Jean-Marie), Saporta (Gilbert), *L'analyse des données*, collection "Que sais-je?", n°1854, Presses Universitaires de France, 1980, (5e édition corrigée, 1992), 128 p.

Bouyssou, 2003 : Bouyssou (Denis), La "crise de la recherche opérationnelle" 25 ans après, *Mathématiques et sciences humaines*, 41e année, n° 161, 2003, p. 7-27

Brantingham, Surovell, Waguespack , 2007 : Brantingham (P. Jeffrey), Surovell (Todd), Waguespack (Nicole), Modeling post-depositional mixing of archaeological deposits, *Journal of Anthropological Archaeology* , 26 (2007), p.517–540

Bravard et al. 1999 : Bravard (Jean-Paul), Cammas (Cecilia), Nehlig (Pierre), Poupet (Pierre), Salvador (Pierre-Gil), Watez (Julia), *La géologie - les sciences de la Terre*, collection « Archéologiques » dirigée par Alain Ferdière, éditions Errance, 1999, 168 p.

Bréart 1986 : Bréart (Bruno), *Les chasseurs de la préhistoire en Picardie*, brochure d'exposition (Amiens, Saint-Germain-En-Laye, 1986), Société Archéologique de Picardie, Direction des Antiquités Préhistoriques et Historiques de Picardie, 1986, 45 p.

Brown, 1995 : Brown (Duncan), *Contexts, Their Contents and Residuality*, dans (Shepherd dir. 1995), p. 1-8

Brown, Harris 1993 : Brown III (Marley R.), Harris (Edward Cecil), *Interfaces in archaeological stratigraphy*, dans (Harris, Brown, Brown éd. 1993), p. 7-20.

- Brown, Muraca 1993** : Brown (Gregory J.), Muraca (David F.), *Phasing stratigraphic sequences at Colonial Williamsburg*, dans (Harris, Brown, Brown éd. 1993), p.155-166.
- Browman , Givens, 1996** : Browman (David L.), Givens (Douglas R.), Stratigraphic Excavation: The First "New Archaeology", *American Anthropologist*, New Series, Vol. 98, No. 1, (Mar., 1996), p. 80-95 ; <http://www.jstor.org>
- Bruneau, Balut, 1982** : Bruneau (Philippe), Balut (Pierre-Yves), Positions, *Revue d'archéologie moderne et d'archéologie générale*, 1, 1982, p.3-33
- Burnouf, 1986** : Burnouf (Joëlle), gestion informatisée des données de fouille préalables à la construction de la ligne B du métro de Lyon, dans *Expériences d'informatisation en archéologie urbaine*, (CNAU 1986), p.49-61.
- Burnouf, 1994** : Burnouf (Joëlle), Proto-informatique : l'enregistrement des données de fouilles de l'opération archéologique préalable à la construction du métro de Lyon (1984-1988), *Le Médiéviste et l'Ordinateur* n° 29, Printemps 1994 ; <http://lemo.irht.cnrs.fr/>
- Burnouf, 2005** : Burnouf (Joëlle), discours d'introduction, dans *Archéologie du bâti - pour une harmonisation des méthodes*, (Parron-Kontis, Reveyron dir. 2005), p. 9-12.
- Burnouf, 2008** : Burnouf (Joëlle), *Archéologie médiévale en France - le second Moyen Âge (XIIe - XVIe siècle)*, La découverte, Paris, 178 p.
- Buchsenschutz , Cartereau, Lambert, 1986** : Buchsenschutz (Olivier), Cartereau (Michel), Lambert (Georges-Noël), CENTRAR : un système de gestion et de représentation graphique des données archéologiques-, *Bulletin de la Société Préhistorique Française*, 1986, tome 83, numéro 10, applications informatiques en archéologie, séance du 10 décembre 1986, p.325-327
- Cammass et al. 1995** : Cammass (Cecilia), Champagne (Frédéric), David (Christian), Desachy (Bruno), Guyard (Laurent), Le problème des "Terres Noires" sur les sites urbains tardo-antiques et médiévaux : réflexions et propositions méthodologiques à partir de l'exemple des fouilles du collège de France à Paris, *Les Nouvelles de l'Archéologie*, 61, automne 1995, p. 22-29.
- Camps, 1979** : Camps (Gabriel), *Manuel de recherche préhistorique*, Douin, Paris, 1979, 452 p.
- Carandini, 1981, 2000** : Carandini (Andrea), *Storie dalla terra - manuale di scavo archeologico*, Biblioteca Einaudi, 2000, 307 p. (1ere édition 1981)
- Carver, 1985** : Carver (Martin), Theory and Practice in Urban Pottery Seriation, *Journal of Archaeological Science*, 12, 353-366, Academic Press, London, New York ;
- Carver, 1990** : Carver (Martin), Digging for data : archaeological approaches to data definition, acquisition and analysis, dans Francovich (Riccardo), Manacorda (Daniele), (a cura di), *Lo Scavo Archeologico : dalla Diagnosi all'Edizione, IIIe Ciclo di Lezioni sulla Ricerca applicata in Archeologia, Certosa di Pontignano (Siena), 6-18 novembre 1989* ; edizioni all'insegna del giglio, Firenze, 1990, p.45-120
- Carver, 2005** : Carver (Martin), *Key ideas in excavation*, in (Renfrew, Bahn, ed. 2005) p.106-110
- Cattani, Fiorini, 2004** : Cattani (Maurizio), Fiorini (Andrea), Topologia: identificazione, significato e valenza nella ricerca archeologica, *Archeologia e Calcolatori*, n. XV - 2004, p. 317-340 ; http://soi.cnr.it/archcalc/indice/PDF15/19_Cattani.pdf
- Chaillou 2003** : Chaillou (Anne), *Nature, statut et traitements informatisés des données en archéologie : les enjeux des systèmes d'informations archéologiques*, thèse de doctorat de sciences humaines et sociales, volume 1, université Louis Lumière, Lyon 2, juin 2003, 286 p.

- Chaillou, 2007** : Chaillou (Anne), Les bases de données en archéologie - problèmes, homogénéité et solutions, *Les Nouvelles de l'Archéologie*, 106, février 2007, p.69-73
- Chaillou, Moreau, Guichard, 2008** : Chaillou (Anne), Moreau (Raphaël), Guichard (Vincent), L'archivage et la gestion des données de fouille à Bibracte, centre archéologique européen, dans *Gestion de la documentation scientifique et des mobiliers* 2008, p. 158-173
- Chapelot, Gentili, 2006** : Chapelot (Jean), Gentili (François), 30 ans d'archéologie médiévale en France, *Dossiers d'archéologie*, n° 314, juin 2006, p.4-9
- Chen, 1976** : Chen (Peter Pin-Shan), The entity-relationship model—toward a unified view of data, *ACM Transactions on Database Systems (TODS)*, Volume 1, Issue 1 (March 1976), Special issue: papers from the international conference on very large data bases: September 22, 24, 1975, Framingham, MA , p. 9-36
- Chen, 2002** : Chen (Peter Pin-Shan), Entity-relationship modeling: historical events, future trends, and lessons learned-, dans *Software Pioneers - Contributions to Software Engineering*, Broy, Manfred; Denert, Ernst (Eds.), Springer-Verlag New York, p 296-310
- CIRAR 2005** : *Géomatique, archéologie urbaine, valorisation du patrimoine : autour du projet SIGRem (système d'information géographique de la cité des Rèmes*, journée du 9 juin 2005 à la Maison de la recherche, université de Reims Champagne - Ardenne, organisée par Centre Interinstitutionnel de Recherches Archéologiques de Reims (Université, Ministère de la Culture, INRAP), document de réunion reprographié, 47 p.
- Clark, 1992** : Clark (Peter R.), *Contrasts in the Recording and Interpretation of 'Rural' and 'Urban' Stratification*, dans (Steane dir. 1992), p.17-19
- Clark 1993** : Clark (Peter R.), *Sites without principles ; post-excavation analysis of " pre-matrix " sites*, dans (Harris, Brown, Brown éd. 1993), p. 276-291.
- Clarke 1968, 1978** : Clarke (David Leonard), *Analytical archaeology*, Methuen, London, 1968, 684 p. (2e édition : Methuen and Co., 1978, 526 p.).
- CNAU 1986** : *Expériences d'informatisation en archéologie urbaine*, Centre National d'Archéologie Urbaine, Tours, 1986, 80 p.
- CNRS 1977** : *3 millions d'années d'aventure humaine - le CNRS et la préhistoire*, catalogue d'exposition au Muséum National d'Histoire Naturelle de Paris, 1977, 71 p.
- Coarelli 2004** : Coarelli (Filippo), La ville surgie des cendres, *L'Histoire*, 288, juin 2004, p.38-45.
- Codd, 1970** : Codd (Edgar Frank), A Relational Model of Data for Large Shared Data Banks, *Communications of the Association for Computing Machinery*, Vol. 13, No. 6, June 1970, pp. 377-387
- Cogis, Robert, 2003** : Cogis (Olivier), Robert (Claudine), *Au delà des ponts de Königsberg - théorie des graphes (problèmes, théorèmes, algorithmes)*, Vuibert, 251 p.
- Cohen 1995** : Cohen (Vidal), *La Recherche Opérationnelle*, collection Que-Sais-Je?, Presses Universitaires de France, 1995, 127p.
- Collis 2001** : Collis (John), *Digging up the past - an introduction to archaeological excavation*, Sutton Publishing, 2001, 183 p.
- Courbin dir. 1963** : *Etudes archéologiques*, recueil de travaux publié sous la direction de Courbin (Paul), Ecole Pratique des Hautes Etudes - VIe section, Centre de Recherches Historiques, Archéologie et Civilisation I, SEVPEN, Paris, 1963, 231 p.

- Cox, 2000** : Cox (Adrian), *Concepts in Finds Analysis*, dans (Roskams dir. 2000), p. 197-199
- Coye 1998** : Coye (Noël), *La préhistoire en parole et en acte - méthodes et enjeux de la pratique archéologique (1830-1950)*, Histoire des Sciences Humaines, l'Harmattan, Paris, Montréal, 1998, 338 p.
- Cresswell, Joulian 2008** : Cresswell (Robert), Joulian (Frédéric), Continuités et ruptures, *Techniques & culture*, n° 48-49, Temps, corps, techniques et esthétique, mai 2008. <http://tc.revues.org/document2172.html>
- Daniel 1975** : Daniel (Glyn), *150 Years of Archaeology*, Duckworth, London, 410 p
- Daniel 1981** : Daniel (Glyn), *A Short History of Archaeology*, Thames and Hudson, London, 232 p.
- Dannay, 2002** : Dannay (Piotr), *Les systèmes d'enregistrement de données de fouilles archéologiques informatisés - Trois exemples en France : ArchéoData, bdB, SYSLAT-*, mémoire de maîtrise en archéologie, sous la direction d'Anne-Marie Guimier-Sorbets, université Paris X Nanterre, reprographié, 141 p. (déposé à la bibliothèque du centre de recherche de Bibracte, MI 55)
- Davies 1993** : Davies (Martin), *The application of the Harris Matrix to the recording of standing structures*, dans (Harris, Brown, Brown éd. 1993), p.167-180
- Day et al., 2005** : Day (Wendy), Cosmas (John), Ryan (Nick), Vereenooghe (Tijl), Van Gool (Luc), Waelkens (Marc), Talloen (Peter), *Linking 2D Harris Matrix with 3D Stratigraphic Visualisations: an integrated approach to archaeological*, CAA 2005 (Tomar, Portugal) : "The world is in your eyes", Computer Applications and Quantitative Methods in Archaeology ; <http://www.caa2005.ipt.pt/Abstracts.htm#Filedwork>
- David dir. 1997** : David (Christian) (sous la direction de), Terres noires urbaines. Collège de France (Paris 5e) - Boulevard Saint-Michel (Paris 5e). Procédures de fouilles : protocole analytique et protocole expérimental (février 1997), *Documents Sciences de la ville*, 6, juin 2000, p.61-72
- de Boüard 1975** : de Boüard (Michel), *Manuel d'archéologie médiévale - de la fouille à l'histoire*, collection regards sur l'histoire, SEDES, 1975, 340 p.
- de Lumley et al. 2004** : de Lumley (Henry), Echassoux (Annie), Bailon (Salvador), Cauche (Dominique), de Marchi (marie-Pierre), Desclaux (Emmanuel), el Guennouni (Khalid), Khatib (Samir), Lacombat (Frédéric), Roger (Thierry), Valensi (Patricia), *Le sol d'occupation de l'unité archéostratigraphique UA 25 de la grotte du Lazaret (Nice, Alpes-Maritimes)*, Edisud, 2004, 493 p.
- Degos 1976** : Degos (Jean-Guy), Les méthodes d'ordonnancement de type PERT et MPM : quelques éléments essentiels », *Techniques économiques*, Institut National de Recherche et de Documentation Pédagogique, n° 81, juin 1976, p.19-24.
- Delluc 1989** : Delluc (Brigitte), Delluc (Gilles), *L'âge du Rennes, du Mammouth... de Lartet et Christy*, dans (Mohen dir. 1989), p. 16-17
- Delporte 1989** : Delporte (Henri), *La bataille aurignacienne*, dans (Mohen dir. 1989), p. 20-21.
- Demarrais, 2005** : Demarrais (Elizabeth), *Holistic/ Contextual Archaeology*, in (Renfrew, Bahn, ed. 2005), p.141-146
- Demoule 2002** : Demoule (Jean-Paul), *Théories et interprétations en archéologie*, dans (Demoule et al. 2002), p.185-230
- Demoule dir. 2007** : Demoule (Jean-Paul), (sous la direction de), *L'archéologie préventive dans le monde - apports de l'archéologie préventive à la connaissance du passé*, textes issus du colloque organisé par l'INRAP et la Bibliothèque Nationale de France, tenu les 30 septembre et 1er octobre 2005 à l'auditorium de la BNF, la découverte, collection Recherches, 288 p.

Demoule, Cleuziou 1980 : Demoule (Jean-Paul), Cleuziou (Serge), *Enregistrer, Gérer, Traiter des Données archéologiques*, dans (Schnapp dir. 1980), p. 87-132.

Demoule et al. 2002 : Demoule (Jean-Paul), Giligny (François), Lehöerff (Anne), Schnapp (Alain), *Guide des méthodes de l'archéologie*, collection "guides repères", La Découverte, 2002, 293 p.

Depaepe, 2007 : Depaepe (Pascal), *Néandertal et nous*, dans (Demoule dir. 2007), p.17-27

Desachy 1989 : Desachy (Bruno), *Aide au traitement des données stratigraphiques des sites archéologiques très stratifiés : automatisation des diagrammes de Harris*, dans (Djindjian dir. 1989), p.250-281.

Desachy, 1991 : Desachy (Bruno), Les structures archéologiques de la place Clémenceau (Hôtel de Ville de de Beauvais, Oise), *Revue Archéologique de Picardie*, 3-4, 1991, p. 47-87

Desachy, 2004 : Desachy (Bruno), L'informatique au service de l'archéologie-, dans Racinet (Philippe), Schwerdroffer (Joël), (sous la coordination de), *Méthodes et initiations d'histoire et d'archéologie*, éditions du Temps, 2004, p. 170-190.

Desachy, 2004b : Desachy (Bruno), Le sériographe EPPM : un outil informatisé de sériation graphique pour les tableaux de comptages, *Revue Archéologique de Picardie*, n° 3/4 2004, p.39-56

Desachy, 2005 : Desachy (Bruno), *Formalisation du traitement des données stratigraphiques en archéologie de terrain (vers un système d'information stratigraphique)*, mémoire de diplôme d'études approfondies, université de paris 1, 2005, 2 vol., 139 et 87 p., 1 cd-rom.

Desachy, 2005b : Desachy (Bruno), *Du terrain au temps archéologique, vers un système d'information stratigraphique*, dans (Berger et al. 2005), p.269-272

Desachy, 2005c : Desachy (Bruno), Du temps ordonné au temps quantifié : application d'outils mathématiques au modèle d'analyse stratigraphique d'Edward Harris, *Bulletin de la Société Préhistorique Française*, 2005, tome 102, 4, p. 729-740

Desachy, Belarbi, 2000 : Desachy (Bruno), Belarbi (Mehdi), *Dembéni (Mayotte) - mission archéologique août-septembre 1999*, rapport déposé à la Sous-Direction de l'Archéologie (Paris), et au Service Régional de l'archéologie de Picardie (Amiens), 75 p. et annexes

Desachy, Djindjian 1990 : Desachy (Bruno), Djindjian (François), Sur l'aide au traitement des données stratigraphiques des sites archéologiques, *Histoire et Mesure*, 1990 vol. 1/2, p.51-88.

Desachy, Djindjian 1991 : Desachy (Bruno), Djindjian (François), *Matrix processing of stratigraphic graphs : a new method*, dans (Lockyear, Rahtz éd. 1991), p.29-37.

Desachy, Djindjian, Giligny, 2008 : Desachy (Bruno), Djindjian (François), Giligny (François), Archéologie et nouvelles technologies, *Encyclopaedia universalis*, version 13, édition 2008, publication numérique (DVD)

Dionisi 1998 : Dionisi (Dominique), *L'essentiel sur Merise*, Eyrolles, 2e édition, 1998, 257 p.

Djindjian, 1983 : Djindjian (François), Introduction à l'informatique et aux mathématiques appliquées en archéologie, *cours intensif européen 'informatique et mathématiques appliquées à l'archéologie'*, Conseil de l'Europe, division de l'enseignement supérieur et de la recherche, 27 juin - 9 juillet 1983, Valbonne et Montpellier, support de cours reprogrammé, 19 p. ; publié dans (Djindjian, Ducasse ed. 1987), p.11-25

Djindjian, 1986 : Djindjian (François), Apport des techniques statistiques et informatiques aux méthodes et aux théories de l'archéologie, *Bulletin de la Société Préhistorique Française*, 1986 tome 83 numéro 10 (études et travaux - applications informatiques à l'archéologie) p.372-377

- Djindjian 1991** : Djindjian (François), *Méthodes pour l'archéologie*, collection U, Armand Colin, Paris, 1991, 403 p.
- Djindjian, 1993** : Djindjian (François), Les systèmes d'informations en archéologie, *Archeologia e Calcolatori*, 4, 1993, p.9-25
- Djindjian, 1996** : Djindjian (François), *L'apport des sciences cognitives à l'archéologie*, dans XIII international congress of prehistoric and protohistoric sciences, Forli, Italia, 8/14 september 1996, 1 theoretical and methodological problems, edited by Amilcare Bietti, Alberti Cazzela, Ian Johnson, Albertus Voorrips, p.17-27
- Djindjian dir. 1989** : séminaire "informatique et mathématiques appliquées en archéologie" - années 1987-1988, 1988-1989 - rapport d'activités, dirigé par François Djindjian, Paris I - Paris X - Ecole Normale Supérieure, reprographié, 1989.
- Djindjian, Ducasse, ed. 1987** : Djindjian (François), Ducasse (Henri), (édité par), *Data Processing and Mathematics Applied to Archaeology - Mathématiques et Informatique appliquées à l'archéologie*, PACT, 16, 1987, Cours européen postgradué 3, *Revue du groupe européen d'études pour les techniques physiques, chimiques, biologiques et mathématiques appliquées à l'archéologie*, Conseil de l'Europe, Division de la Coopération scientifique, 473 p.
- Doran, Hodson, 1975** : Doran (James E.), Hodson (Frank R.), *Mathematics and Computers in Archaeology*, Edimburgh University Press, 381 p.
- Duchêne 1995** : Duchêne (Hervé), *L'or de Troie ou le rêve de Schliemann*, Découvertes Gallimard, 1995, 144 p.
- Duday et al. 1992** : Duday (Henri), Courtaud (Patrice), Crubézy (Eric), Sellier (Pascal), Tillier (Anne-Marie), L'anthropologie "de terrain" : reconnaissance et interprétation des gestes funéraires, actes de la réunion "Anthropologie et archéologie, dialogue sur les ensembles funéraires" organisée par la Société d'anthropologie de Paris au Musée d'Aquitaine les 15 et 16 juin 1990, *Bulletins et mémoires de la Société d'anthropologie de Paris*, nouvelle série, t. 2, no. 3-4, 1990, paru 1992, p.29-49.
- Dujardin 2002** : Dujardin (Véronique), La grotte des Renardières (Les Pins, Charente), niveaux paléolithiques et épipaléolithiques », *Bulletin de liaison et d'information de l'Association des Archéologues de Poitou-Charentes*, n° 30, 2001, p. 30-51, <http://pageperso.aol.fr/vdujardin/>
- Durussel, 2002** : Durussel (Laurie), *Le rôle des archéologues dans la lutte contre le pillage et le trafic d'antiquités*-, mémoire de licence sous la direction du Prof. Denis Knoepfler, université de Neuchâtel, institut d'archéologie classique, octobre 2002, 100 p. ; <http://halte-au-pillage.org/histoire.htm>
- EPOCH 2005** : *Tool for Stratigraphic Data Recording*, Excellence in Processing Open Cultural Heritage, Showcase 3, 28 April 2005 ; <http://public-repository.epoch-net.org/deliverables/D2.4.3-Showcases.pdf>
- Etienne 1988** : Etienne (Robert), *Pompéi, la cité ensevelie*, Découvertes Gallimard, 1988, 216 p.
- Evin et al. 1998** : Evin (Jacques), Ferdière (Alain), Lambert (Georges-Noël), Langouët (Loïc), Lanos (Philippe), Oberlin (Christine), *La datation en laboratoire*, collection "Archéologiques" dirigée par Alain Ferdière, éditions Errance, 1998, 192 p.
- Evin, Oberlin 2001** : Evin (Jacques), Oberlin (Christine), *Les développements récents en datation par le radiocarbone pour l'archéologie*, dans (Barrandon, Guibert, Michel dir. 2001), p. 93-111.
- Faure, Boss, Le Garff 1980** : Faure (Robert), Boss (Jean-Paul), Le Garff (André), *La Recherche Opérationnelle*, collection Que-Sais-Je ?, Presses Universitaires de France, 5e édition mise à jour, 1980, 127 p.
- Faure, Lemaire, Picouveau 2000** : Faure (Robert), Lemaire (Bernard), Picouveau (Christophe), *Précis de Recherche Opérationnelle - Methodes et exercices d'application*, 5e édition (1ere édition par R. Faure : 1968), Dunod, 2000, XXII + 520 p.
- Faure, Roucairol, Tolla 1976** : Faure (Robert), Roucairol (Catherine), Tolla (Pierre), *Recherche Opérationnelle*

appliquée 1 : chemins et flots, ordonnancements, collection programmation, Gauthiers-Villars, 1976, 233 p.

Ferdière, 1980 : Ferdière (Alain), *La fouille, pourquoi faire ?*, dans (Schnapp dir. 1980), p. 23-62

Ferdière, 2007 : Ferdière (Alain), Le temps des archéologues, le temps des céramologues, dans *Actes du congrès de Langres (17-20 mai 2007)*, SFECAG, 2007, p.15-24

Fondrillon, 2007 : Fondrillon (Mélanie), *La formation du sol urbain : étude archéologique des terres noires à Tours (4e-12e siècles)*, thèse de doctorat, Université François Rabelais, Tours, 2007, 2 vol., 538 et 321 p.

Frédéric 1978 : Frédéric (Louis), *Manuel pratique d'archéologie*, Robert Laffont, Paris, 1978 (2e édition), 430 p.

Gabay 2004 : Gabay (Joseph), *Merise et UML - pour la modélisation des systèmes d'information*, 01 informatique, Dunod, Paris, 2004 (5e édition), 289 p.

Galinié 1975 : Galinié (Henri), *Datation relative dans un cimetière longtemps utilisé (Tours, Saint-Pierre-le-Puellier)*, dans (de Boüard 1975), fig. 35, p.234-235.

Galinié 1980 : Galinié (Henri), *De la stratigraphie à la chronologie*, dans (Schnapp dir. 1980), p. 63-85.

Galinié, 1999 : Galinié (Henri), *L'appréhension archéologique du sol urbain*, dans (Barles et al. dir. 1999), p. 7-21

Galinié 2004 : Galinié (Henri), L'expression "terres noires", un concept d'attente, *Les petits cahiers d'Anatole*, 15, 2004, 29 p. ; http://www.univ-tours.fr/lat/pdf/F2_15.pdf

Galinié dir. 2007 : Galinié (Henri), (sous la direction de), *Tours antique et médiéval, lieux de vie, temps de la ville*, Tours, FERACF, 2007, 440 p., CDrom (supplément RACF ; 30)

Galinié et al. 2005 : Galinié (Henri), Husi (Philippe), Rodier (Xavier), Theureau (Christian), Zadora-Rio (Elizabeth) : ARSOL - la chaîne de gestion des données de fouilles du Laboratoire Archéologie et Territoires, *Les petits cahiers d'Anatole*, 17, 2005, 25 p. ; <http://www.univ.tours.fr/lat/Pages/F2.htm>

Galinié et al. 2007 : Galinié (Henri), en collaboration avec Husi (Philippe), Motteau (James), Lorans (Elizabeth), Seigne (Jacques), *La fouille du site du "Château"*, dans (Galinié dir. 2007), p. 61-82

Galinié, Rodier, Saligny 2004 : Galinié (Henri), Rodier (Xavier), Saligny (Aude), Entités fonctionnelles, entités spatiales, et dynamique urbaine dans la longue durée, *Histoire et Mesure*, 2004, volume XIX, numéro 3-4, p.223-242.

Gallay 1986 : Gallay (Alain), *L'archéologie demain*, collection sciences, Belfond, 1986, 319 p.

Gallay, 2003 : Gallay (Alain), Reconstituer la vie, André Leroi-Gourhan et la lecture des archives archéologiques, dans *Sans dessus dessous, la recherche du sens en Préhistoire - recueil d'études offert à Jean Leclerc et Claude Masset*, *Revue Archéologique de Picardie*, numéro spécial 21, 2003, p.51-68.

Gardin 1979 : Gardin (Jean-Claude), *Une archéologie théorique*, L'Esprit Critique, Hachette littérature, 1979, 339 p.

Gardin, Borillo, ed. 1970 : Gardin (Jean-Claude), Borillo (Mario), (sous la direction de), *Archéologie et Calculateurs*, actes du colloque international sur "l'archéologie et les calculateurs, problèmes sémiologiques et mathématiques", organisé par Gardin (Jean-Claude) et Borillo (Mario), tenu à Marseille du 7 au 12 avril 1969, éditions du CNRS, Paris, 1970, 371 p.

Gasche, Tunca, 1983 : Gasche (Hermann), Tunca (Onhan), Guide to Archaeostratigraphic Classification and Terminology : Definitions and Principles, *Journal of Field Archaeology*, Vol. 10, No. 3, (Autumn, 1983), p. 325-335 ; <http://www.jstor.org/stable/529547>

Gaucher 1990 : Gaucher (Gilles), *Méthodes de recherche en préhistoire*, CNRS plus, presses du CNRS, 1990, 222 p.

Gestion de la documentation scientifique et des mobiliers 2008 : *Gestion de la documentation scientifique et des mobiliers issus des opérations archéologiques dans le cadre de la réglementation actuelle*, Actes du séminaire au Centre archéologique européen du Mont-Beuvray Glux-en-Glenne (Nièvre), 25-27 septembre 2006, Ministère de la culture et de la communication, Direction de l'architecture et du patrimoine, Sous-Direction de l'archéologie, de l'ethnologie, de l'inventaire et du système d'information, Paris 2008, 199 p. ;
http://www.culture.gouv.fr/culture/dp/archeo/pdf/bibracte_2006.pdf

Giligny, 2002 : Giligny (François), *De la fouille à l'interprétation : le traitement des données*, dans (Demoule et al. 2002), p.127-184

Gille, 1979 : Gille (Bertrand), La notion de "système technique" (essai d'épistémologie technique), *Technique et Culture*, 1, 1979, p.8-18

Ginouvés, Guimier-Sorbets, 1978 : Ginouvés (René), Guimier-Sorbets (Anne-Marie), *La constitution des données en archéologie classique*, éditions du Centre national de la recherche scientifique, centre régional de publication de Lyon, 1978, 161 p.

Giot, Langouët 1984, 1992 : Giot (Pierre-Roland), Langouët (Loïc), *La datation du passé - la mesure du temps en archéologie*, Groupe des Méthodes Physiques et Chimiques en Archéologie (GMPCA), 1984, 188 p. (2e édition 1992, 243 p.)

Girard et al 2005 : Girard (Michel-Claude), Walter (Christian), Rémy (Jean-Claude), Berthelin (Jacques), Morel (Jean-louis), *Sols et environnement*, sciences sup, Dunod, 2005, 816 p.

Gohau 2003 : Gohau (Gabriel), *Naissance de la géologie historique - la terre, des "théories" à l'Histoire*, collection "inflexions", Vuibert Adapt, Paris, 2003, 124 p.

Goldberg, MacPhail, 2006 : Goldberg (Paul), MacPhail (Richard), *Practical and Theoretical Geoarchaeology*, Blackwell Publishing, 2006, 455 p.

Gran-Aymerich, 1998 : Gran-Aymerich (Eve), *Naissance de l'archéologie moderne (1798-1945)*, CNRS éditions, Paris, 533 p.

Gran-Aymerich, 2007 : Gran-Aymerich (Eve), *Les chercheurs du passé 1798-1945 - Aux sources de l'archéologie*, CNRS Editions, Paris, 1271 p

Gruel, Buchsenschutz 1994 : Gruel (Katherine), Buchsenschutz (Olivier), Le relevé de terrain en archéologie : le système Arkéoplan, *Histoire et Mesure*, 1994 volume IX, n° 3/4, "archéologie II", p. 231-238.

Guedj 1997 : Guedj (Denis), *La gratuité ne vaut plus rien - les chroniques mathématiciennes de Libération*, Points, Seuil, 1997, 254 p.

Guillaumet, 1996 : Guillaumet (Jean-Paul), *Bibracte : Bibliographie et plans anciens*, Documents d'Archéologie Française, éditions de la Maison des sciences de l'homme, Paris, 170 p

Guimier-Sorbets, 1990 : Guimier-Sorbets (Anne-Marie), *Les Bases de données en archéologie. Conception et mise en œuvre*, éditions du CNRS, (préface de René Ginouvés), 1990, 272 p.

Guyard, dir 2003 : Guyard (Laurent), (sous la direction de), *Le Collège de France (Paris)*, Documents d'Archéologie Française, 95, Éditions de la Maison des sciences de l'homme, Paris, 288 p

Hammond, 1991 : Hammond (Norman), Matrices and Maya Archaeology, *Journal of Field Archaeology*, Vol. 18, No. 1, Spring, 1991, p.29-41

- Harris 1975** : Harris (Edward Cecil), The stratigraphic sequence : a question of time, *World Archaeology*, 7, 1975, p.109-122.
- Harris 1979, 1989** : Harris (Edward Cecil), *Principles of Archaeological Stratigraphy*, Academic Press, London, 1979, 136 p. (2e édition revue, 1989, 170 p.)
- Harris 1979b** : Harris (Edward Cecil), The laws of archaeological stratigraphy, *World Archaeology*, 11, 1979, p. 111-117.
- Harris 1992** : Harris (Edward Cecil), *Stratigraphy is the Matrix of Archaeology*, dans (Troccoli, Sospedra éd. 1992), p.84-107.
- Harris 1998** : Harris (Edward Cecil), *25 years of Harris Matrix* ; <http://www.harrismatrix.com>
- Harris, Brown, Brown éd. 1993** : Harris (Edward Cecil), Brown III (Marley R.), Brown (Gregory J.), (edited by), *Practices of archaeological stratigraphy*, Academic Press, London, 1993, 296 p.
- Herzog, 1993** : Herzog (Irmela), *Computer-aided Harris Matrix generation*, dans (Harris, Brown, Brown éd. 1993), p. 201-217.
- Herzog 2001** : Herzog (Irmela), *Possibilities for Analysing Stratigraphic Data*, Archaologie und Computer, Workshop 6. Forschungsgesellschaft Wiener Stadtarchaologie, November 2001 ; www.stratify.privat.t-online.de/Whatis/Stratify_1.pdf
- Herzog 2004** : Herzog (Irmela), Group and Conquer – A Method for Displaying Large Stratigraphic Data Sets, dans « *Enter the Past. The E-way into the Four Dimensions of Cultural Heritage* », CAA 2003, British Archaeological Reports (International serie), 1227, p. 423-426 ; www.stratify.privat.t-online.de/Whatis/Stratify_2.pdf
- Herzog, 2006** : Herzog (Irmela), *No News from Stratigraphic Computing ?*, Paper presented at the Workshop 10 *Archäologie und Computer. Kulturelles Erbe und neue Technologien* held in Vienna 2005 ; fichier PDF sur CD. Phoibos Verlag, Vienna 2006 ; http://www.stratify.org/Whatis/Stratify_3.pdf
- Herzog, Hansohm, 2008** : Herzog (Irmela), Hansohm (Jürgen), *Monotone Regression – A Method for Combining Dates and Stratigraphy*, Paper presented at the Workshop 12 *Archäologie und Computer. Kulturelles Erbe und neue Technologien* held in Vienna 2007 ; fichier PDF sur CD. Phoibos Verlag, Vienna 2008.
- Herzog, Scollar 1991** : Herzog (Irmela), Scollar (Irwin), *A new graph theoretic oriented program for Harris Matrix analysis* dans (Lockyear, Rahtz éd. 1991), p.53-59.
- Husi, Bellanger 2003** : Husi (Philippe), avec la collaboration de Bellanger (Lise), Estimer la datation, la durée et les discontinuités de l'occupation des sites archéologiques à l'aide de la modélisation des faciès céramiques, *Les petits cahiers d'Anatole*, 13, 30 p. ; http://www.univ-tours.fr/lat/pdf/F2_13.pdf
- Jaulin 1978** : Jaulin (Bernard), *A propos des méthodes de Bohumil Soudsky dans la fouille de Bylany*, dans (Borillo éd. 1978), p.126-132.
- Jockey 1999** : Jockey (Philippe), *L'archéologie*, collection sujets, Belin, 1999, 399 p.
- Journot 1999** : Journot (Florence), Archéologie du bâti, dans *La construction - la pierre*, collection "Archéologiques" dirigée par Alain Ferdière, Editions errance, 1999, p.133-163.
- Katsianis et al. 2008** : Katsianis (Markos), Tshipidis (Spyros), Kotsakis (Kostas), Kousoulakou (Alexandra), A 3D digital workflow for archaeological intra-site research using GIS, *Journal of Archaeological Science*, (2008) p. 655-667 ; <http://www.elsevier.com/locate/jas>
- Kenyon, 1952** : Kenyon (Kathleen), *Beginning in Archaeology*, Phoenix Praeger, (second revised edition 1961), 228

p.

Kobylnski 1993 : Kobylnski (Zbigniew), *Polish medieval excavations and the Harris Matrix : applications and developments*, dans (Harris, Brown, Brown éd. 1993), p. 57-67

Lablaude 1997 : Lablaude (Pierre-André), La restauration : science ou pratique, dans *Science et conscience du patrimoine*, actes des entretiens du patrimoine, 28, 29 30 novembre 1994, sous la direction de Pierre Nora, Fayard, éditions du patrimoine, 1997, p.203-212.

Lamotta, Schiffer, 2005 : Lamotta (Vincent), Schiffer (Michael B.), *Archaeological Formation Processes*, dans (Renfrew, Bahn, éd. 2005), p.121-127

Lanos 2001 : Lanos (Philippe), *L'approche bayésienne en chronométrie : application à l'archéomagnétisme*, dans (Barrandon, Guibert, Michel dir. 2001), p. 113-139.

Lefèvre-Pontalis 1906 : Lefèvre-Pontalis (Eugène), Comment doit-on rédiger la monographie d'une église ?, *Bulletin monumental*, tome LXX, 1906 ;
<http://www.culture.gouv.fr/culture/inventai/itiinv/cathedrale/docphotographies/Lefevre-Pontalis.htm>

Lemonnier, 1983 : Lemonnier (Pierre), A Propos de Bertrand Gille : la notion de « système technique, *L'Homme*, Année 1983, Volume 23, Numéro 2, p. 109 - 115 ; consultable sur <http://www.persee.fr>

Lemonnier, 1986 : Lemonnier (Pierre), The Study of Material Culture Today : Toward an Anthropology of Technical Systems, *Journal of Anthropological Archaeology*, 5, (1986), p. 147-186

Leroi-Gourhan 1961 : Leroi-Gourhan (André), Les fouilles d'Arcy-sur-Cure, *Gallia Préhistoire*, tome IV, 1961, repris dans (Leroi-Gourhan, 1983), p.179-196.

Leroi-Gourhan 1963 : Leroi-Gourhan (André), *Sur les Méthodes de Fouilles*, dans (Courbin dir. 1963), p.49-57 ; repris dans (Leroi-Gourhan, 1983), p.135-144.

Leroi-Gourhan 1971 : Leroi-Gourhan (André), Reconstituer la vie, dans "La vie préhistorique", *Sciences et Avenir*, numéro spécial, p. 57-68, 1971 ; repris dans (Leroi-Gourhan, 1983), p.234-255.

Leroi-Gourhan 1983 : Leroi-Gourhan (André), *Le fil du temps - ethnologie et préhistoire 1935-1970*, Fayard, le temps des sciences, 1983, 384 p.

Leroi-Gourhan, 1984 : Leroi-Gourhan (André), *Pincevent - campement magdalénien de chasseurs de Rennes*, Guides archéologiques de la France, ministère de la Culture, imprimerie nationale, 3, 1984, 94 p.

Leroi-Gourhan, Brézillon, 1972 : Leroi-Gourhan (André), Brézillon (Michel), *Fouilles de Pincevent. Essai d'analyse ethnographique d'un habitat magdalénien (la section 36)*, Gallia Préhistoire, 7e supplément à Gallia Préhistoire, CNRS, 2 volumes (345 p. et 1 volume de plans)

Lock 2003 : Lock (Gary), *Using computer in archaeology - towards virtual pasts*, Routledge, London and New York, 2003, 300 p.

Lockyear, Rahtz éd. 1991 : Computer Applications and Quantitative Methods in Archaeology 1990, edited by K. Lockyear and S. Rahtz, *British Archaeological Reports* (International series), 565, 1991.

Losier, Pouliot, Fortin, 2007 : Losier (Louis-Martin), Pouliot (Jacynthe), Fortin (Michel), 3D geometrical modeling of excavation units at the archaeological site of Tell 'Acharneh (Syria), *Journal of Archaeological Science*, 34 (2007) p.272-288 ; <http://www.elsevier.com/locate/jas>

Loustaud 1985 : Loustaud (Jean-Pierre), Techniques de fouilles terrestres, dans *L'archéologie et ses méthodes*, sous la direction de Pelletier (Alain), éditions Horvath, Roanne, 1985, p.61-81.

Lucas 2005 : Lucas (Gavin), *The archaeology of Time*, Routledge, themes in archaeology, 150p.

Manacorda, 2008 : Manacorda (Daniele), *Lezione di archeologia*, Gius, Laterza & Figli, 292 p.

Meyer dir. 1981 : Meyer (Olivier) (sous la direction de) *Saint-Denis - 93 - fouilles urbaines - rapport d'activité 1980*, , imprimerie municipale de Saint-Denis, janvier 1981.

Meyer et al. 1980 : Meyer (Olivier), Meyer (Nicole), Bourgeau (Laurent), Coxall (David-John), Archéologie urbaine à Saint-Denis, présentation d'une expérience en cours, *Archéologie Médiévale*, tome X, 1980, Caen, centre de recherches archéologiques médiévales, p.271-308.

Meyer et al. 1983 : Meyer (Olivier), Bourgeau (Laurent), Coxall (David-John), Meyer (Nicole), Relier (Caroline), Wyss (Michaël), Introduction à la fouille urbaine – stratification et enregistrement des données de terrain, dans *ville de Saint-Denis, unité d'archéologie, rapport 1982*, imprimerie municipale de Saint-Denis, juin 1983, p.175-199.

Meyer-Rodrigues, 2008 : Meyer-Rodrigues (Nicole), Enjeux et valeurs du mobilier archéologique : le point de vue d'une archéologue de collectivité, dans *Gestion de la documentation scientifique et des mobiliers 2008* p.134-140

Moberg 1980 : Moberg (Carl-Axel), *Introduction à l'Archéologie*, textes à l'appui, François Maspéro, 1980 (2e édition), 260 p.

Moberg, 1981 : Moberg (Carl-Axel), From Artefacts to Timetables to Maps (to Mankind?) : Regional Traditions in Archaeological Research in Scandinavia-, *World Archaeology*, Vol. 13, No. 2, Regional Traditions of Archaeological Research I, (Oct., 1981), pp. 209-221 ; <http://www.jstor.org/stable/124438>

Mohen dir. 1989 : *Le temps de la préhistoire*, sous la direction de Jean-Pierre Mohen, Société préhistorique française, éditions Archeologia, 1989, tome I.

Moscatti, 1994 : Moscatti (Paola), Choice, representation and structuring of archaeological information: A current problem, *Archeologia e Calcolatori*, 5, 1994, p. 9-21

Murray éd. 1999 : Murray (Tim) (edited by), *Time and Archaeology*, One world Archaeology, Routledge, London and New York, 1999, 172 p.

Mutzel, Reitgruber, Schuhmacher 2001 : Mutzel (Petra), Reitgruber (Barbara), Schuhmacher (Barbara) , ArchEd: an Interactive Tool for Visualizing Harris Matrices, *Archäologie und Computer*, Workshop 6. Forschungsgesellschaft Wiener Stadtarchäologie, November 2001 ; http://www.archaeologie-wien.at/workshop/Workshop_old/workshop/pop23.htm

Mutzel, Weiskircher, 1999 : Mutzel (Petra), Weiskircher (René), *-Automatic Graph Drawing-*, présentation en ligne ; <http://www.ads.tuwien.ac.at/research/graphDrawing.html>

Négri, 2008 : Négri (Vincent), Les variations du statut juridique du mobilier archéologique, dans *Gestion de la documentation scientifique et des mobiliers 2008*, p.7-14

Okello Abungu, 2008 : Okello Abungu (George), Archéologie, pillage et restitution : la destruction du futur de l'humanité, dans *L'avenir du passé - modernité et archéologie*, sous la direction de Jean-Paul Demoule et Bernard Stiegler, Inrap, La Découverte, Paris, p. 154-168

Olivier 2001 : Olivier (Laurent), Temps de l'histoire et temporalités des matériaux archéologiques : à propos de la nature chronologique des vestiges matériels, *Antiquités Nationales*, 33, 2001, p.189-201.

Olivier, 2008 : Olivier (Laurent), *Le sombre abîme du temps - mémoire et archéologie*, la couleur des idées, Seuil, Paris, 2008, 303 p.

Orton, 1979 : Orton (Clive), Dealing with the pottery from a 600 acres urban site, dans *Pottery and the archaeologist*, M Millett ed., Institute of archaeology, university of London, occasional publication n° 4, p- 61-71

Orton 1980 : Orton (Clive), *Mathematics in archaeology*, Cambridge University Press, 248 p.

Paice 1991 : Paice (Patricia), Extensions to the Harris Matrix System to Illustrate Stratigraphic Discussion of an Archaeological Site, *Journal of Field Archaeology*, vol.18, 1991, p.17-28.

Parent et al. 1997 : Parent (Christine), Spaccapietra (Stefano), Zimányi (Esteban), Donini (Pier), Plazanet (Corinne), Vangenot (Christelle), Rognon (Nadia), Crausaz (Pierre-André), MADS, modèle conceptuel spatio-temporel, *Revue Internationale de Géomatique*, vol. 7, num. 3/4, 1997, p. 317-352

Parron-Kontis, Reveyron dir. 2005 : Parron-Kontis (Isabelle), Reveyron (Nicolas) (textes réunis par), *Archéologie du bâti - pour une harmonisation des méthodes*, Actes de la table ronde - 9 et 10 novembre 2001 - musée archéologique de Saint-Romain-en-Gal (Rhône), éditions Errance, 2005, 159 p.

Parrot, 1976 : Parrot (André), *L'archéologie*, éditions Seghers 1976 (réédition Petite Bibliothèque Payot 1996), 179 p.

Parrot, 1979 : Parrot (André), *L'aventure archéologique*, collection "Vécu", Robert Laffont, Paris, 1979, 295 p.

Peake 1994 : Peake (Rebecca), Traitement des données stratigraphiques du site 16 rue des tanneurs à Noyon (Oise), dans *compte-rendu des projets 1993-1994, séminaire de méthode pour le traitement de l'information archéologique* (sous la direction de François Djindjian, François Giligny, Bruno Desachy), reprographié, université de Paris I, 1994.

Pelle 2001 : Pelle (Stéphane), *Quelques conseils pour modéliser des données géographiques*, Ecole Nationale des Sciences Géographiques ; <http://www.ensg.ign.fr/~spelle/HBDSConseils.htm>

Pelle 2002 : Pelle (Stéphane), *La théorie des graphes*, cours IT2 2002, Ecole Nationale des Sciences Géographiques ; <http://www.ensg.ign.fr/~spelle/TheorieGraphes.pdf>

Petit dir. 1988 : Petit (Dominique), (sous la direction de), *Truelles et palissades - 10 ans d'archéologie à Orléans*, catalogue de l'exposition à la collégiale Saint-Pierre-le-Puellier, 17 décembre 1988 - 12 mars 1989, ville d'Orléans, IBM France, 162 p.

Pétrequin et al. 1985 : Pétrequin (Pierre), Chaix (Louis), Pétrequin (Anne-Marie), Piningre (Jean-François), *La grotte des Planches-près-Arbois (Jura) - proto-Cortaillod et Âge du Bronze final*, éditions de la maison des sciences de l'Homme, Paris, 1985, 273 p.

Pesez 1997 : Pesez (Jean-Marie), *L'archéologie - mutations, missions, méthodes*, collection 128, Nathan université, 1997, 128 p.

Poplin 1989 : Poplin (François), *L'âge de l'Homme et de la terre au temps des encyclopédistes et de Buffon*, dans (Mohen dir. 1989), p. 4-7.

Popper, 1935, 1973 : Popper (Karl), *La logique de la découverte scientifique*, bibliothèque scientifique Payot, 480 p. (traduction de *Logik der Forschung*, 1935)

Poupet 1999 : Poupet (Pierre), *La pédologie*, dans (Bravard et al. 1999), p.93-138

Praetzellis 1993 : Praetzellis (Adrian), *The Limits of arbitrary excavation*, dans (Harris, Brown, Brown éd. 1993), p. 68-86

Pressouyre 1990 : Pressouyre (Léon), In Memoriam - Michel de Boüard, tel qu'en lui-même, *Archéologie Médiévale*, XX, 1990, p.VII-IX.

- Prins 1997** : Prins (Christian), *Algorithmes de graphes*, Eyrolles, Paris, 1997, 401 p.
- Py dir. 1997** : Py (Michel), (sous la direction de), *SYSLAT 3.1, Système d'Information Archéologique - manuel de référence*, Lattara 10, 1997, 384 p.
- Randouin éd. 1987** : Randouin (Bernard), (textes réunis par), *Enregistrements des données de fouilles urbaines (première partie)*, Centre National d'Archéologie Urbaine, Tours, 1987, 99 p.
- Rathje 1980** : Rathje (William), *L'opération pouvelle - une nouvelle manière de regarder les problèmes de l'archéologie*, dans (Schnapp dir. 1980), p. 251-261.
- Rauxloh, 2000** : Rauxloh (Peter), *Stratigraphy, Residuality and a Relational Database*, dans (Roskams dir. 2000), p. 213-216
- Reinach, 1911** : Reinach (Salomon), La méthode en archéologie, dans *De la Méthode dans les Sciences*, deuxième série, nouvelle collection scientifique, , librairie Félix Alcan, 1911, p.199-219
- Renfrew, Bahn, 2004** : Renfrew (Colin), Bahn (Paul), *Archaeology - Theories, Methods and Practice (fourth edition)*, Thames and Hudson, 656 p.
- Renfrew, Bahn, ed. 2005** : Renfrew (Colin), Bahn (Paul), (edited by), *Archaeology - the key concepts*, Routledge, 298 p.
- Reveyron 2002** : Reveyron (Nicolas), L'apport de l'archéologie du bâti dans la monographie d'architecture, *In situ*, 2-2002. <http://www.culture.gouv.fr/culture/revue-inv/002/nr002.pdf>
- Rey dir. 1997** : Rey (Jacques) (sous la coordination de), *Stratigraphie - terminologie française*, Comité Français de Stratigraphie, *bull. Centre Rech. Explor.-Prod, Elf Aquitaine*, mémoire 19, 164 p. 1997
- Richard 1989** : Richard (Nathalie), Le temps catastrophiste de Boucher de Perthes, le temps transformiste de Gabriel de Mortillet, dans *Le temps de la préhistoire*, (Mohen dir. 1989), p. 8-11.
- Richards, 1998** : Richards (Julian D.), Recent Trends in Computer Applications in Archaeology, *Journal of Archaeological Research*, Vol. 6, No. 4, 1998, p.331-382
- Rigambert 1996** : Rigambert (Catherine), *Le droit de l'archéologie française*, Picard éditeur, 1996, 255 p.
- Rigaux 2003** : Rigaux (Philippe), *Cours de bases de données*, Conservatoire national des arts et métiers, juin 2003.
- Rodier, Saligny, 2007** : Rodier (Xavier), Saligny (Laure), *Modélisation des objets urbains pour l'étude des dynamiques urbaines dans la longue durée*, in Batton-Hubert M., Joliveau T., Lardon S., (dir.) 2007: SAGEO 2007, Rencontres internationales Géomatique et territoire. CdRom. Série : Aménagement du territoire, AgroParisTech-ENGREF Clermont-Ferrand, 24 p.
- Rosenstiehl, 2002** : Rosenstiehl (Pierre), Claude Berge, ses graphes et hypergraphes, *Mathématiques et sciences humaines*, n° 160, Hiver 2002, p 7-12 ; <http://msh.revues.org/document2915.html>
- Roskams, 1992** : Roskams (Steve), *Finds Context and Deposit Status*, dans (Steane dir. 1992), p.27-29
- Roskams, 2001** : Roskams (Steve), *Excavation*, Cambridge Manuals in Archaeology, Cambridge University Press, 311 p.
- Roskams, dir. 1996** : Roskams (steve) (edited by), *Interpreting Stratigraphy 8 - 1996 York-*, Papers presented to the Eight Stratigraphy Conference at York, Print Unit, University of York, 84 p.
<http://www.york.ac.uk/depts/arch/strat/pastpub/96wv.pdf>

Roskams dir. 2000 : Roskams (steve), (edited by), *Interpreting Stratigraphy - Site evaluation, recording procedures and stratigraphic analysis*, Papers presented to the Interpreting Stratigraphy Conferences 1993-1997, edited by Steve Roskams, British Archaeological Reports (International series), 910, 256 p.

Roy, 1959 : Roy (Bernard), Contribution de la théorie des graphes à l'étude de certains problèmes linéaires, *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, tome 248, séance du 27 avril 1959, p. 2437-2439

Roy, 2006 : Roy (Bernard), Regard historique sur la place de la recherche opérationnelle et de l'aide à la décision en France, *Mathématiques et sciences humaines*, 44e année, n° 175, 2006 (3), p. 25-40

Ryan 2001 : Ryan (Nick), Jnet, a successor to gnet, *Archaologie und Computer*, Workshop 6. Forschungsgesellschaft Wiener Stadtarchaologie, November 2001 ;
http://www.cs.kent.ac.uk/people/staff/nsr/arch/jnet/jnet_vienna.doc

Sapin, 1999 dir. : Sapin (Christian), (sous la direction de), *Peindre à Auxerre au Moyen Âge- IXe-XIVe siècles - Dix ans de recherches à l'abbaye Saint-Germain d'Auxerre et à la cathédrale Saint-Étienne d'Auxerre-*, Collection : Mémoires de la section d'archéologie et d'histoire de l'art numéro : 7, 300 p. ; CD-rom joint avec annexes

Schaer 1993 : Schaer (Roland), *L'invention des musées*, Découvertes Gallimard, Réunion des Musées Nationaux, 1993, 144 p.

Schiffer, 1987, 1996 : Schiffer (Michael. B.), *Formation processes of the archeological record*, Albuquerque, University of New Mexico press, 1987 (réédition University of Utah Press, 1996, 428 p.)

Schnapp dir. 1980 : Schnapp (Alain), (dirigé par), *L'Archéologie Aujourd'hui*, Bibliothèque d'Archéologie, Hachette Littérature, 1980, 320 p.

Schnapp 1993 : Schnapp (Alain), *La conquête du passé - Aux origines de l'archéologie*, éditions Carré, Paris, 1993, 384 p.

Schnapp 2002 : Schnapp (Alain), *Histoire de l'archéologie et l'archéologie dans l'histoire*, dans (Demoule et al. 2002), p. 9-38

Seigne dir. 2007 : Seigne (Jacques), (sous la coordination de), Dendrochronologie et datations archéologiques pour la période antique. Compte-rendu de la table-ronde du 23 janvier 2006 à Tours, *Les petits cahiers d'Anatole*, revue en ligne publiée par le Laboratoire Archéologie et Territoires, UMR 6173, 20, (23/01/07), 10p. ;
http://citeres.univ-tours.fr/doc/lat/pecada/pecada_20.pdf

Sharon, 1995 : Sharon (Ilan), Partial Order Scalogram Analysis of Relations - A Mathematical Approach to the Analysis of Stratigraphy, *Journal of Archaeological Science*, 22 (1995), p.751-767

Shepherd dir. 1995 : Shepherd (Liz), (edited by), *Interpreting Stratigraphy 5*, Proceedings of a Conference held at Norwich Castle Museum on Thursday 16th June 1994, Norwich, 71 p. ;
<http://www.york.ac.uk/depts/arch/strat/pastpub/95wv.pdf>

Signore, Missikoff, Moscati, 2005 : Signore (Oreste), Missikoff (Oleg), Moscati (Paola), La gestione della conoscenza in archeologia: modelli, linguaggi e strumenti di modellazione concettuale dall'XML al semantic Web, *Archeologia e Calcolatori*, 16, 2005, p 291-319 ; <http://soi.cnr.it/archcalc/indice/PDF16/SIGNORE291-319.pdf>

Sopena 2001 : Sopena (Eric), Éléments de théorie des graphes, présentation réalisée par Éric Sopena, professeur à l' I.U.T de Technologie de l'Université Bordeaux 1 (septembre 2001) ;
http://mathematiques.ac-bordeaux.fr/peda/lyc/seqdocped/graphes/cours/elem_theorie_graphes.pdf

Soudsky 1970 : Soudsky (Bohumil), Le problème des propriétés dans les ensembles archéologiques, dans *Actes du colloque international "archéologie et les calculateurs, problèmes sémiologiques et mathématiques"*, Marseille 7 - 12 avril 1969, sous la direction de J.C. Gardin et M. Borillo, éditions du CNRS, Paris, 1970, p.45-52.

Soulier et al. 1978 : Soulier (Philippe) (sous la direction de), Ruffier (Olivier), Toupet (Christophe), Trombetta (Jean-Pierre), *Abbaye de Maubuisson Saint-Ouen l'Aumone (Val d'Oise) - rapport de fouille 21 Mai - 15 décembre 1978*, reprographié, 27 p. , déposé à la bibliothèque du service archéologique départemental du Val d'Oise.

Speller et al. 2008 : Speller (Anne), Bellan (Gilles), Bryas (Emmanuelle), Ciezar (Pablo), L'INRAP et les nouvelles dispositions relatives à la gestion du mobilier et de la documentation scientifique-, dans *Gestion de la documentation scientifique et des mobiliers* 2008 p.106-115

Spence 1992 : Spence (Craig), *An introduction to the Excavation Recording System of the Department of Urban Archaeology - Museum of London*, dans (Trocoli, Sospedra éd. 1992), p.108-123.

Spence, 1992b : Spence (Craig), *Archaeological Site Manual*, dans (Trocoli, Sospedra éd. 1992), p.123-252.

Spence 1993 : Spence (Craig), *Recording the archaeology of London : the development and implementation of the DUA recording system*, dans (Harris, Brown, Brown éd. 1993), p. 23-46.

Steane, 1992 : Steane (Kate), *Reinterpretation : thoughts from the backlog*, dans (Steane dir. 1992), p.40-42

Steane (dir), 1992 : Steane (Kate), (compiled by), (with Jen Mann and Helen Palmer-Brown), *Intpretation of stratigraphy : a review of the art-, proceedings of a conference held on 18th june, 1992, at the City of Lincoln Archaeology Unit*, CLAU archaeological report n° 31, 42 p ; <http://www.york.ac.uk/depts/arch/strat/pastpub/92lin.htm>

Stein, 1987 : Stein (Julie), Deposits for archaeologists, dans Schiffer, M. B. (ed.), *Advances in Archaeological Method and Theory*, Vol. 11, Academic Press, San Diego, p. 337-393 ; <http://faculty.washington.edu/jkstein/publications.htm>

Stein, 1990 : Stein (Julie), Archaeological stratigraphy, dans Lasca, N. P., and Donahue, J. (eds.), *Archaeological Geology of North America*, Geological Society of North America, Centennial Special Vol. 4, Boulder, CO, p. 513-523 ; <http://faculty.washington.edu/jkstein/publications.htm>

Stein, 2000 : Stein (Julie), Stratigraphy and Archaeological Dating, dans Nash, S. E. (ed.), *It's About Time: A History of Archaeological Dating in North America*. Univeristy of Utah Press, Salt Lake City, p. 14-40 ; <http://faculty.washington.edu/jkstein/publications.htm>

Stein, 2005 : Stein (Julie), *Principles of stratigraphic succession*, dans (Renfrew, Bahn, ed. 2005), p.243-248

Trocoli 1993 : Trocoli (Isabel G.), *The contribution of the Harris Matrix to the development of Catalan archaeology*, dans (Harris, Brown, Brown éd. 1993), p. 47-56.

Trocoli, Sospedra éd. 1992 : Trocoli (Isabel G.), Sospedra (Rafel), (sous la direction de), *Harris Matrix - sistemes de registre en arqueologia*, Publicacions de l'Estudi General de Lleida, collection El Fil d'Ariadna, Pagès editors , Lleida, 1992, 2 volumes, 253 et 275 p.

Vidal-Naquet 1980 : Vidal-Naquet (Pierre), *Le texte, l'archéologue et l'histoire*, dans (Schnapp dir. 1980), p.173-186

Vince, 1995 : Vince (Alan), *Approaches to Residuality in Urban Archaeology*, dans (Shepherd dir. 1995), p.9-14

Wheathley, Gillings 2002 : Wheathley (Daniel), Gillings (Mark), *Spatial technology and archaeology - the archaeological applications of GIS*, Taylor & Francis, 2002, 269 p.

Wheeler 1954, 1989 : Wheeler (Mortimer), *Archéologie : la voix de la terre*, traduction de Archaeology from the Earth (Oxford University Press 1954), par Myriam Morel-Deledalle et Annie Pralong, préface de Paul Courbin, Edisud, 1989, 255 p.

Yule, 1992 : Yule (Brian), *Truncation Horizons and Reworking in Urban Stratigraphy*, dans (Steane dir. 1992), p. 20-22

Zadora-Rio 1994 : Zadora-Rio (Elizabeth), Le système de gestion des données de fouilles à Rigny, *Le Médiéviste et l'Ordinateur*, 29, Printemps 1994 . <http://lemo.irht.cnrs.fr/>

Table des figures

fig. 1: coupe de tumulus dessinée par Olof Rudbeck en 1697 (document reproduit dans Schnapp 1993 p.200).....	20
fig. 2: Saint-Acheul 1859 : la preuve stratigraphique.....	25
fig. 3: "protostratigraphie" et extrapolation : "coupe théorique" publiée par Jacques de Morgan en 1912 (document reproduit dans Gran-Aymerich 1998 p.291).....	32
fig. 4: Kidder : la coupe, reflet de l'analyse stratigraphique (document reproduit dans Daniel 1981 p. 176).....	35
fig. 5: Wheeler : la dénonciation de la destruction de l'information stratigraphique (Wheeler 1954, trad. 1989, fig.16 p.91).....	35
fig. 6: Wheeler et Kenyon : le mur fantôme.....	36
fig. 7: Wheeler : la dénonciation de la destruction de l'information stratigraphique (II) (Wheeler 1954, trad.1989, fig. 11 p.70).....	36
fig. 8: la méthode Wheeler : des chantiers au carré.....	37
fig. 9: Sutton Hoo 1939 : déjà la fouille stratigraphique en aire ouverte (photo reproduite dans Daniel 1981 p.179).....	40
fig. 10: Les limites du système Wheeler : la stratification morcelée par les banquettes.....	41
fig. 11: la coupe, référence impossible en stratification dense.....	42
fig. 12: fouille en aire ouverte à Winchester en 1968.....	45
fig. 13: la Harris Matrix : diagramme et synthèse de plusieurs coupes (Harris 1979 fig.32).....	46
fig. 14: schématisation des relations stratigraphiques d'après E. Harris (extrait de Harris 1979).....	60
fig. 15: le cycle de stratification anthropique d'après Harris (extrait de Harris 1979 fig.8).....	64
fig. 16: exemple d'unité d'altération (rubéfaction de la paroi d'un four).....	65
fig. 17: schéma du processus de stratification (érosion - dépôt - altération).....	67
fig. 18: les types d'unités stratigraphiques d'après Harris (1979, chap. 5 et 6).....	68
fig. 19: de l'évènement à l'US : interprétation culturelle et processus de formation.....	73
fig. 20: typologie fonctionnelle des couches (extrait de Fondrillon 2007 p.158).....	73
fig. 21: exemple d'interprétations des unités - Paris, fouilles du Louvre, cour Napoléon, 1985 (document AFAN CRDP).....	74
fig. 22: « Carver Matrix » (extrait de Carver 1990 fig 24 et 25).....	75
fig. 23: « Paice Matrix » (extrait de Paice 1991).....	76
fig. 24: cycle de stratification et objets archéologiques.....	79
fig. 25: inscription du temps stratigraphique dans le temps quantifié.....	82
fig. 26: exemples de fiches d'unité stratigraphique.....	85

fig. 27: information stratigraphique, spatiale et attributaire sur un relevé de coupe.....	86
fig. 28: Single context plan.....	87
fig. 29: système informatisé d'enregistrement par US et relevé 3D sur le site de Paliambela Kolindros (Grèce) (Katsianis et al. 2008 p. 665).....	88
fig. 30: le processus de dépouillement des relations observées pour arriver à la Harris Matrix (dépouillement des relations non redondantes) (Harris 1979 fig.28).....	91
fig. 31: utilisation du sériographe EPPM sur des données de fouille urbaine (extrait de Desachy 2004 b).....	96
fig. 32: exemples d'éléments de datation.....	98
fig. 33: diagrammes mis en paliers, et graphique des intervalles TPQ-TAQ d'après la stratification et les éléments de datation de la figure 32.....	99
fig. 34: diagramme mis en séquences et phases (fouilles du monastère du Mont St Syméon, Syrie, 2007).....	101
fig. 35: schéma extrait de Bordes 1975.....	106
fig. 36: Euler et les ponts de Königsberg : de la topographie à la topologie.....	112
fig. 37: graphes.....	113
fig. 38: graphes partiels et sous-graphes.....	114
fig. 39: graphe MPM du processus (fictif) de fouille d'une sépulture.....	115
fig. 40: graphe PERT du processus (fictif) de fouille d'une sépulture.....	116
fig. 41: information structurée en table.....	141
fig. 42: catégories d'enregistrements différentes (US et mobilier) mélangées dans une table unique.....	142
fig. 43: relation 1 à plusieurs.....	143
fig. 44: relation plusieurs à plusieurs (US et mobilier).....	144
fig. 45: relation plusieurs à plusieurs US et mobilier : modèles conceptuel (MCD) et logique (MLD) de données (représentation méthode Merise).....	146
fig. 46: analyse de processus archéologiques.....	148
fig. 47: une structure de base de données d'enregistrement (parmi d'autres) correspondant au modèle général, décliné au niveau d'un enregistrement par US (base Stratibase présentée en 2e partie).....	154

Table des matières détaillée de la partie 1

Introduction.....	3
1. La stratigraphie archéologique : aperçu historique.....	6
1.1. Extraire l'objet de sa gangue : la fouille sans stratigraphie	6
1.1.1. La chasse aux objets de valeur : le fouilleur prédateur (de l'Antiquité à nos jours).....	7
<i>L'ancienneté des fouilles prédatrices.....</i>	7
<i>L'exploitation des gisements archéologiques à grande échelle : les flux de pillage contemporains</i>	8
1.1.2. La collecte d'objets à étudier : antiquaires et philologues (Renaissance - 19e siècle).....	9
<i>Humanisme et antiquarisme.....</i>	9
<i>La philologie archéologique.....</i>	11
1.1.3. Le temps figé des ruines : les dégagements de sites (18e - 20e siècle).....	12
<i>Les vestiges in situ : première prise en compte du contexte</i>	12
<i>L'instant figé de Pompéi : une vision forte, excluant la stratigraphie.....</i>	13
<i>Ôter le voile du temps : les grandes fouilles de dégagement</i>	14
<i>La tradition du temps figé : l'archéologie monumentale en France</i>	15
1.1.4. L'objet sans le contexte : permanence et actualité de la fouille sans stratigraphie.....	17
<i>Caractères généraux de l'archéologie sans stratigraphie : une archéologie de l'objet</i>	17
<i>Les deux archéologies actuelles : archéologie de l'objet, archéologie de terrain.....</i>	18
1.2. Le temps vu en coupe : la stratigraphie archéologique classique.....	19
1.2.1. Les origines : la révolution chronologique des sciences naturelles (fin XVIIIe - début XIXe s.).....	20
<i>Des observations isolées dans un cadre intellectuel contraint.....</i>	20
<i>La naissance des sciences de la Terre et l'éclatement du cadre biblique.....</i>	21
<i>L'apparition et le développement des concepts de la stratigraphie géologique</i>	22
<i>la voie ouverte à la méthode stratigraphique en archéologie.....</i>	23
1.2.2. La stratigraphie au cœur de la Préhistoire : l'application des concepts géologiques (XIXe - XXIe s.).....	23
<i>Un dernier verrou intellectuel : le refus de l'ancienneté de l'Homme.....</i>	23
<i>1859 : la naissance de la Préhistoire, ou la preuve par la stratigraphie.....</i>	24
<i>Typologie et stratigraphie : le débat entre les premiers préhistoriens</i>	25
<i>La tradition de la stratigraphie géologique en archéologie préhistorique.....</i>	26
1.2.3. Contextes et structures : le double apport des protohistoriens (XIXe – milieu XXe s.).....	27
<i>Le lien entre typologie et stratigraphie : le raisonnement fondé sur la relation objet – contexte.....</i>	27
<i>L'identification des structures d'occupation ténues : la stratigraphie non verticale.....</i>	28
<i>Un impact limité mais réel sur l'archéologie française.....</i>	29
1.2.4. La stratigraphie aux marges de l'archéologie classique et historique (1873-1954).....	30
<i>Le temps empilé des cités enfouies : Schliemann et le mythe de Troie.....</i>	30
<i>L'exploration des origines des civilisations urbaines de l'Ancien Monde.....</i>	30
<i>La « proto-stratigraphie » : une première vision approximative des stratifications anthropiques.....</i>	31

1.2.5. L'école de Wheeler, première approche systématique des stratifications anthropiques (1954-1990)	33
<i>La perception du processus de stratification anthropique</i>	33
<i>Mortimer Wheeler et ses élèves</i>	35
<i>La tradition wheelerienne en France</i>	37
1.2.6. Caractères généraux de la stratigraphie classique : la primauté de la vision en coupe	38
<i>La référence : la coupe</i>	38
<i>La coupe et l'organisation de la fouille : une vision doublement verticale</i>	38
<i>La place marginale de la vision non verticale</i>	39
1.3 Le temps lu dans l'espace : la stratigraphie archéologique tridimensionnelle	40
1.3.1. La naissance de l'aire ouverte urbaine : la lecture stratigraphique au delà de la coupe (1965-1977).....	41
<i>Quand la coupe de référence déborde... Le problème des sites urbains à stratification complexe</i>	41
<i>le développement de l'analyse spatiale et la remise en cause de la vision verticale</i>	42
<i>L'expérience de Winchester : l'aire ouverte et l'intégration de la stratigraphie dans le processus de fouille</i>	44
<i>Des coupes à l'ensemble du volume fouillé, le passage en trois dimensions de l'identification stratigraphique</i>	44
1.3.2. La création de la Harris Matrix et ses conséquences méthodologiques (1973- 1979)	46
<i>Un nouvel outil synthétique pour la chronologie stratigraphique</i>	46
<i>Le modèle stratigraphique de Harris : un changement de paradigme</i>	47
<i>Le modèle de Harris, complément méthodologique de la fouille en aire ouverte</i>	48
1.3.3. La mutation de l'enregistrement de terrain sur les fouilles urbaines (années 1970).....	49
<i>le « single context recording » : l'apparition de systèmes analytiques d'enregistrement</i>	49
<i>La fin de l'équivalence « stratigraphie = relevé de coupe »</i>	49
<i>La nécessité d'une nouvelle organisation du travail</i>	50
1.3.4. La diffusion du modèle de Harris et de la fouille stratigraphique en aire ouverte (1979 – 2008).....	50
<i>Dans les pays européens et au delà</i>	50
<i>En France</i>	51
1.3.5. la stratigraphie de Harris aujourd'hui : un état de l'art face à des limites.....	53
<i>Un succès apparent, mais une assimilation limitée</i>	53
<i>L'apparition de limites opérationnelles</i>	54
1.3.6. L'informatisation de l'enregistrement et du traitement stratigraphique (1980-2008).....	54
<i>L'informatisation des systèmes d'enregistrement de terrain</i>	54
<i>Premières recherches sur les outils d'aide au traitement stratigraphique</i>	55
2. La stratigraphie archéologique : quelques notions actuelles.....	58
2.1 L'analyse du terrain : la notion d'unité stratigraphique.....	59
2.1.1. les concepts fondamentaux d'analyse : interfaces et unités stratigraphiques	59
<i>Interfaces et identification des US : la définition première de l'unité stratigraphique</i>	59
<i>Interfaces et relations d'antéro-postériorité : un saut dans l'abstraction chronologique</i>	60
<i>Interfaces et relations de synchronisme : une ambiguïté</i>	61
<i>Les aléa de l'identification stratigraphique : proposition d'une modalité d'incertitude</i>	62
2.1.2. L'US, unité physique de formation du terrain archéologique.....	64
<i>La notion de négatif et les deux étapes du cycle de stratification anthropique de Harris</i>	64
<i>Proposition d'un type spécifique d'US : l'unité d'altération, dans un cycle à trois étapes</i>	65
<i>Les caractères « non historiques » des unités stratigraphiques</i>	67
<i>« Anthro-po-relief » et « anthro-po-sol »</i>	69
<i>La stratigraphie archéologique, une science autonome ?</i>	70
2.1.3. L'US unité d'interprétation culturelle et historique du site.....	72
<i>Interprétation culturelle et historique des unités</i>	72
<i>Vers une interprétation culturelle et historique des relations stratigraphiques : rupture ou continuité d'occupation ?</i> ... 74	
2.1.4. L'US unité d'étude des vestiges matériels recueillis	77
<i>La concordance entre enregistrement des couches et recueil du mobilier</i>	77
<i>Caractériser la relation matériel recueilli/ contexte</i>	77
2.1.5. L'US unité de temps quantifié.....	80
<i>Durées et instants : proposition d'inscription du cycle stratigraphique dans le temps quantifié</i>	80
<i>Borner l'instant final : les indicateurs TPQ et TAQ</i>	82
<i>En perspectives : un jeu plus étendu d'indicateurs de datation, la prise en compte des durées de vie culturelle</i>	83
2.1.6. L'US unité d'enregistrement.....	84

Unité et système d'enregistrement.....	84
Remarques sur l'enregistrement graphique.....	85
2.2. La synthèse chronologique : le diagramme stratigraphique.....	88
2.2.1. L'établissement de la chronologie stratigraphique : le diagramme nu.....	89
<i>Représentation graphique.....</i>	89
<i>Proposition de représentation : le graphe ortho-linéaire.....</i>	89
<i>De la stratigraphie physique à la stratigraphie abstraite : le traitement des relations redondantes.....</i>	91
2.2.2. La stratigraphie et le temps relatif des évolutions de la culture matérielle.....	93
<i>Stratigraphie et sériation chronologique : une dialectique pérenne.....</i>	93
<i>Un outil : le sériographe (examen des écarts à l'indépendance sous contrainte de l'ordre stratigraphique).....</i>	95
2.2.3. L'inscription de la chronologie stratigraphique dans la chronologie quantifiée.....	96
<i>La correction stratigraphique des intervalles de datation.....</i>	96
<i>Représentation graphique : mise en palier du diagramme, graphique des intervalles de datation.....</i>	98
2.2.4. les regroupements synthétiques d'unités stratigraphiques.....	99
<i>La pratique des regroupements d'unités dans le traitement des données stratigraphiques.....</i>	99
<i>Regroupements structurels et chronologiques : la dialectique des vues synchronique et diachronique.....</i>	100
2.3 Application et limites de la méthode stratigraphique.....	101
2.3.1. La pluralité des approches : les trois niveaux d'analyse du terrain.....	102
<i>L'analyse spatiale large : la fouille en grand décapage.....</i>	102
<i>L'analyse spatiale fine : la fouille « ethnographique ».....</i>	102
<i>Le niveau médian : l'analyse par US.....</i>	103
2.3.2. la complémentarité des approches.....	103
<i>Une unité méthodologique autour de la notion de contexte</i>	103
<i>Des critères pour le choix de l'approche pertinente : les caractères de la stratification.....</i>	104
<i>Pour une perméabilité des approches</i>	104
2.3.3. Le champ de l'approche stratigraphique.....	106
<i>Un cadre nécessaire</i>	106
<i>Des outils utiles : diagramme et single context recording.....</i>	107
<i>Un cas d'application spécifique : l'archéologie du bâti.....</i>	107
3. Formalisation du traitement des données stratigraphiques.....	109
3.1. Outils mathématiques.....	109
3.1.1. Les relations stratigraphiques : des objets mathématiques munis de propriétés	109
<i>Réflexivité, symétrie, transitivité et types de relations.....</i>	109
<i>L'antéro-postériorité stratigraphique : une relation d'ordre.....</i>	110
<i>Le synchronisme stratigraphique : une relation d'équivalence.....</i>	111
3.1.2. l'identification des relations à partir des interfaces : un processus topologique	111
<i>De la géométrie du site à la géométrie de situation : les ponts de Königsberg.....</i>	111
<i>Application à la stratigraphie</i>	112
3.1.3. Le diagramme stratigraphique : une application de théorie des graphes.....	112
<i>Notions de graphe</i>	112
<i>Recherche opérationnelle et graphes d'ordonnement dans le temps.....</i>	114
<i>La parenté formelle du graphe MPM et du diagramme stratigraphique.....</i>	116
<i>La spécificité du diagramme stratigraphique.....</i>	116
3.1.4. Le choix d'une structure de codage et de traitement : la matrice d'adjacence.....	117
<i>Principe</i>	117
<i>Le point de départ du traitement : le codage des relations enregistrées sur la matrice.....</i>	117
3.2. Le temps ordonné : l'obtention du diagramme stratigraphique.....	118
3.2.1. Traitement des synchronismes – notion d'ensemble synchrone.....	119
<i>Déduction des synchronismes non enregistrés par symétrie et transitivité.....</i>	119
<i>Identification et fusion des ensembles synchrones : la dialectique du maître et de l'esclave stratigraphiques.....</i>	119
3.2.2. Traitement des relations d'ordre.....	120
<i>Notion de distance stratigraphique.....</i>	120
<i>Calcul des distances stratigraphiques sur la matrice.....</i>	121
3.2.3. Le tracé du diagramme à partir de la matrice.....	122

<i>Définition des chemins du diagramme</i>	122
<i>Définition des lignes du diagramme</i>	124
3.2.4. problèmes de planarité et d'optimisation graphique du diagramme.....	124
<i>Le problème de la planarité</i>	124
<i>Optimisation graphique et choix de la disposition finale : où l'utilisateur reprend la main</i>	125
3.3. Temps quantifié et regroupements chronologiques.....	126
3.3.1 traitement d'inscription de la stratigraphie dans le temps quantifié.....	126
<i>Formalisation du problème : un système d'inéquations algébriques</i>	126
<i>L'actuelle procédure automatisée</i>	129
3.3.2 représentations graphiques.....	129
<i>Mise en paliers du diagramme stratigraphique : l'intégration de contraintes de seuils</i>	129
<i>Graphique des intervalles de datation : une application du diagramme de Gantt</i>	130
3.3.3. synthèse chrono-historique : mise en phases et traitement des regroupement d'unités.....	130
<i>Aide à la mise en phases</i>	130
<i>Mise en phases inscrites dans le temps quantifié</i>	131
<i>regroupements synthétiques d'unités : perspectives de formalisation</i>	131
3.4. L'incertitude et l'erreur.....	132
3.4.1. gestion de l'incertitude.....	132
<i>Traitement des relations stratigraphiques incertaines</i>	132
<i>Les éléments de datation incertains</i>	133
3.4.2. Gestion des contradictions et conflits logiques.....	134
<i>Cas de contradictions stratigraphiques</i>	134
<i>Cas impliquant l'incertitude stratigraphique : infirmation, infirmabilité, incertitude contradictoire</i>	136
<i>Contradictions de chronologie quantifiée</i>	136
<i>Contradictions de mise en phases</i>	137
4. Intégration dans un système d'information stratigraphique.....	138
4.1. Quelques notions choisies de système d'information.....	138
4.1.1. Conception statique du système : structuration de l'information et modèles de données.....	139
<i>Un choix : une approche pragmatique des systèmes d'information</i>	139
<i>Structuration de base : tables et champs</i>	140
<i>Requêtes et langage documentaire</i>	141
<i>Relations de un à plusieurs</i>	142
<i>Relations plusieurs à plusieurs</i>	144
<i>Modèles de données</i>	145
<i>L'extension à l'information de nature spatiale : les systèmes d'information géographiques</i>	146
4.1.2. Conception dynamique du système : modélisation des traitements et processus.....	147
<i>L'analyse des processus : le fonctionnement du système d'information</i>	147
<i>recomposition et hiérarchies de l'information</i>	149
4.2. Systèmes d'information archéologique et systèmes d'information stratigraphique.....	149
4.2.1. Remarques sur les systèmes d'information archéologiques	150
<i>Une pensée conceptuelle largement contrainte par la technique informatique</i>	150
<i>En pratique : la diversité des SIA et leur appropriation par les utilisateurs</i>	151
4.2.2. Préciser les fondamentaux d'un système d'information archéologique de terrain.....	153
<i>Les bases d'un SIA : le triangle contextes – objets – documents</i>	153
<i>Un seul modèle ? Une prise de position : la défense de la nécessaire diversité des SIA</i>	155
4.2.3. Systèmes d'information stratigraphique	157
<i>La gestion relationnelle des données stratigraphiques : une sous-structure spécifique</i>	157
<i>Des fonctionnalités à intégrer dans un SIA</i>	158
<i>Gestion actuelle des fonctions de SIS dans la formalisation et les outils proposés</i>	159
5. L'information stratigraphique : questions théoriques et piste pratiques.....	160
5.1. Du terrain à la théorie : remarques épistémologiques	160
5.1.1. Analyse stratigraphique et archéologie théorique	160
<i>La stratigraphie, « point aveugle » de la réflexion théorique ?</i>	160

<i>Poser la question de la nature de l'information archéologique</i>	161
5.1.1. Le statut scientifique de l'information stratigraphique.....	161
<i>Une information incomplète, subjective et fragile</i>	161
<i>Une connaissance empirique et réfutable, donc scientifique</i>	162
5.2 Retour au terrain : des pistes pour la pratique.....	164
5.2.1. Assurer la qualité de l'enregistrement : des observations fondées.....	164
<i>Distinguer le raisonnablement certain de l'incertain</i>	164
<i>Assurer la compétence d'enregistrement pour valoriser la compétence d'identification</i>	165
<i>Expliciter les indices fondant l'identification stratigraphique</i>	165
<i>Enrichir l'information : la pluralité des hypothèses</i>	166
5.2.2. Gérer les contraintes : des choix adaptés	166
<i>Le choix sous contraintes : l'archéologie préventive</i>	166
<i>L'alternative : ni détruire ni disséquer, mais prolonger le processus de formation de la stratification</i>	167
Pour ne pas conclure.....	168
Références bibliographiques.....	169
Table des figures.....	187
Table des matières détaillée de la partie 1.....	189



Université de Paris 1 Panthéon – Sorbonne
École doctorale d'Archéologie, Anthropologie, Ethnologie, Préhistoire (ED 112)
UMR 7041 Archéologie et Sciences de l'Antiquité (équipe archéologies environnementales)

Thèse pour obtenir le doctorat de l'université de Paris 1

soutenue le 12 décembre 2008 par

Bruno DESACHY

De la formalisation du traitement des données stratigraphiques en archéologie de terrain

volume 2 : propositions d'outils – premières expérimentations

Directrice de thèse : Joëlle BURNOUF

Jury :

Brigitte BOISSAVIT-CAMUS

Maître de conférences (Université Paris X Nanterre)

Joëlle BURNOUF

Professeure d'archéologie médiévale (Université Paris 1)

François DJINDJIAN

Professeur associé (Université Paris 1) - HDR

Henri GALINIÉ

Directeur de recherche honoraire (CNRS)

François GILIGNY

Maître de conférences (Université Paris 1) - HDR

Vincent GUICHARD

Directeur général de Bibracte EPCC

Paola MOSCATI

Primo Ricercatore (CNR – Istituto di Studi sulle Civiltà Italiane e del Mediterraneo Antico)

1. Avertissement / présentation générale

Ce volume constitue la deuxième partie de la thèse intitulée *De la formalisation du traitement des données stratigraphiques en archéologie de terrain*. Il est consacré à la mise en pratique des aspects méthodologiques discutés dans le premier volume.

Deux outils informatiques sont présentées : le module de traitement des données stratigraphiques *le Stratifiant* ; et la base de données d'enregistrement *Stratibase*. Ces deux applications ne se situent pas au même niveau dans notre travail. Le *Stratifiant* est en effet l'outil principal : il concrétise la formalisation et la discussion méthodologiques proposées dans le premier volume, et reflète leur état actuel d'avancement ; il forme en quelque sorte le noyau dur de notre travail, et, nous semble-t-il, son apport le plus important.

Pratiquement, à partir de l'enregistrement de base provenant du terrain, c'est à dire la liste des unités stratigraphiques et la liste des relations observées entre ces unités, *le Stratifiant* remplit les fonctions suivante :

- vérification de l'enregistrement et détection des erreurs logiques
- obtention d'un diagramme stratigraphique tracé automatiquement
- capacité à traiter et visualiser sur le diagramme des relations incertaines (de type « peut-être sous » ou « peut-être synchrone »)
- aide à la mise en phase
- traitement et visualisation de l'inscription de la chronologie stratigraphique dans le temps quantifié, sous forme de paliers de datation sur le diagramme, et d'un graphique de datation dans le temps continu, à partir de dates-plancher (*terminus post quem*) et dates-plafond (*terminus ante quem*) affectées aux unités stratigraphiques.
- visualisations d'unités stratigraphiques sélectionnées par mise en couleurs spécifiques sur le diagramme.

Le deuxième outil, *Stratibase*, n'intervient qu'en complément, comme une annexe (non nécessaire) du *Stratifiant*. Il s'agit d'une application simple de base de données relationnelle, permettant la saisie, la consultation et la gestion des unités et relations stratigraphiques, du mobilier et autres éléments recueillis, et des documents produits par l'archéologue. Associée au *Stratifiant*, elle constitue pour ce dernier un module de saisie et d'exploitation des données stratigraphiques, permettant de remplir des fonctions de système d'information stratigraphique :

- création et mise à jour de diagrammes directement à partir des données saisies dans *Stratibase*
- visualisation automatique sur le diagramme de requêtes effectuées dans *Stratibase*.

L'association du module de traitement stratigraphique *le Stratifiant* et de la base de données *Stratibase* forme en effet le noyau d'un système d'information stratigraphique (SIS), concept discuté dans la première partie de la thèse, et qui tend notamment à faire passer le diagramme stratigraphique d'un statut de document « statique » établi une fois pour toutes, à une utilisation plus dynamique, à la manière des représentations spatiales dans les systèmes d'information géographique ; utilisation dynamique dans laquelle *Stratibase* joue le rôle de la partie attributaire du système. *Stratibase* offre un exemple de structure de données permettant une telle association avec *le Stratifiant*.

Le plan du présent volume est simple : un chapitre est consacré à chacune des deux applications, et en constitue le mode d'emploi (chapitres 2 et 3). Un dernier chapitre (4) est consacré aux expériences sur des données réelles et / ou en conditions opérationnelles .

Mais avant d'entrer dans le détail du *Stratifiant*, de son annexe *Stratibase*, et des premières expériences d'utilisation réelle, plusieurs remarques doivent être formulées : d'abord sur la place de ces outils parmi les autres systèmes d'enregistrement de terrain informatisés, et surtout parmi les quelques autres applications existantes de création automatisée de diagrammes stratigraphiques ; puis sur les choix techniques (logiciels et langages) opérés ; sur le choix du caractère « libre » (autant que possible) de ces outils ; et enfin sur leur caractère encore largement expérimental.

Stratibase et le Stratifiant : une contribution au sein d'une nécessaire diversité des systèmes d'information archéologiques

Il existe une quantité considérable de systèmes informatisés d'enregistrement de terrain suivant les principes de la fouille en unités stratigraphiques, comme on l'a vu dans la première partie de la présente thèse. En France, certains plus connus et plus répandus, ont été publiés et font l'objet d'un développement suivi depuis plusieurs années (tels *ArchéoData* ou *Syslat*), mais ils ne sont que la partie la plus visible d'une quantité considérable d'applications qui, si elles recourent à un nombre réduit de logiciels courants (type *Access* ou *Filemaker*), sont presque aussi nombreuses que les équipes de recherche.

Sans rouvrir en détail le vieux débat sur l'universalité ou la variété des systèmes d'enregistrement (cf. première partie de la thèse, 4.2.2), nous nous contenterons ici de rappeler de façon brève, donc tranchée, notre position dans ce débat : nous pensons que la situation actuelle de diversité des systèmes permet à coup sûr de distinguer les vrais archéologues des bureaucrates obtus ! Pour un bureaucrate obtus (c'est à dire uniquement préoccupé du moindre coût et du moindre effort de gestion, sans souci de la qualité du produit ou du service qui en résulte), cette diversité est en soi mauvaise, et l'existence d'un seul système dans le cadre d'une standardisation totale est souhaitable. Pour un vrai archéologue, cette diversité est utile car elle traduit la nécessaire adaptation des systèmes aux conditions locales de site et d'équipe (mais elle doit s'accompagner d'un effort de normalisation minimale sur le contenu, la structure et la transmission de l'information). Nous pensons donc que la bonne échelle d'application pour un SIA est opérationnelle : celle d'une équipe et d'un projet scientifique.

La base de données d'enregistrement archéologique *Stratibase*, présentée au chapitre 3, n'a donc aucune volonté d'universalisme. Elle est d'ailleurs présentée ici sous forme d'une version « générique », c'est à dire limitée, à partir de laquelle une mise en utilisation, dans des conditions et sur un terrain donnés, entraînerait nécessairement des développements et adaptations. De fait, l'utilisation réelle de *Stratibase* sur le site du monastère Saint-Syméon en Syrie (cf. chap. 6) a déjà amené, et amènera vraisemblablement encore, des modifications par rapport à cette version générique. Cette version limitée ici présentée contient néanmoins une structure de données lui permettant d'être conforme au modèle global des systèmes d'information archéologique de terrain proposé dans la première partie de la thèse (4.2.2), notamment dans la gestion des données stratigraphiques. Notons que cette version générique n'est pas le fruit d'une réflexion purement

théorique : ses éléments constitutifs sont issus de bases de données d'enregistrement mises en œuvre par l'auteur depuis une quinzaine d'années sur des opérations réelles (à Noyon et à Mayotte notamment).

Concernant le *Stratifiant*, notre outil principal assurant le traitement des données stratigraphiques et l'obtention automatisée de diagrammes stratigraphiques, il existe aussi une diversité de solutions (même si elle est plus réduite et si il faut sortir de France) : parmi les applications actuellement directement disponibles (citées dans la première partie de la thèse – cf. 1.3.6), rappelons l'existence de *ArchEd*¹, *Stratify*², *MatrixBuilder* de la société *Proleg*³, *Harris Matrix Composer*⁴... Là encore, cette diversité n'est pas réductible à un seul standard ou à une seule conception. Ces produits, qui ont chacun leurs mérites, matérialisent des choix spécifiques : par exemple celui d'une solution « tout-intégrée » avec *Proleg* ; ou l'accent mis sur la solution automatique en écartant l'idée d'une reprise manuelle possible dans *Stratify*, ou encore le strict respect des « canons » édictés par Edward Harris, annoncé par les auteurs de *Harris Matrix Composer*, qui ont travaillé sous le contrôle de E. Harris lui-même.

Il n'est donc pas question pour nous d'entrer en concurrence avec ces produits. *Le Stratifiant* porte ses propres choix ; et son développement se poursuit, précisément car les fonctions correspondantes ne sont pas disponibles sur d'autres applications qui ont fait l'objet de choix différents. Parmi ces choix propres, on trouve principalement une représentation graphique spécifique (« ortho-linéaire »), et la possibilité d'affecter une modalité d'incertitude aux relations traitées. Plus généralement le *Stratifiant* se positionne comme une aide au travail du fouilleur et non pas comme un substitut de celui-ci : il s'agit d'abord de donner à l'utilisateur le moyen de mieux contrôler son enregistrement. D'où l'accent mis sur l'information (indications du statut des relations traitées, redondantes ou non, par exemple) ; sur la signalisation des conflits et fautes détectables, qui nécessitent le retour de l'utilisateur à son enregistrement et si possible au terrain ; et sur l'intervention possible de l'utilisateur, pour une reprise manuelle du diagramme notamment (aspect qui reste d'ailleurs largement à développer). Il ne s'agit donc pas au final d'imposer à l'utilisateur un diagramme unique et définitif, mais de lui proposer un outil d'exploration des chronologies possibles à partir de ses données et de ses interprétations, matérialisables sous la forme de plusieurs diagrammes et graphiques.

Pour ces mêmes raisons de choix spécifiques, il n'est pas non plus question pour nous de prétendre que le *Stratifiant* est destiné à devenir le seul outil de traitement stratigraphique, ni le « meilleur » dans l'absolu ; le choix de conserver une représentation classique de *Harris Matrix*, le souhait d'une moindre intervention de l'utilisateur dans la procédure de traitement, ou de solutions techniques moins rustiques que celles adoptées pour le *Stratifiant*, peuvent par exemple conduire tout à fait légitimement à préférer *ArchEd*, *Stratify*, ou un autre produit.

Travailler avec « l'informatique de ce matin » et non « l'informatique de demain » : des choix d'implémentation pragmatiques

Le choix des supports logiciels des deux applications formant l'état actuel du SIS a d'abord été pragmatique.

Pour le *Stratifiant*, plutôt qu'une application indépendante, nous avons préféré créer un additif au tableur *Microsoft Excel*, logiciel à la fois extrêmement répandu et présentant les possibilités de développement nécessaires⁵. Cela permettait, en s'appuyant sur ses fonctions préexistantes

1 www.ads.tuwien.ac.at/ArchEd/

2 <http://www.stratify.org/> La dernière version inclut un traitement des datations absolues (quantifiées)

3 www.proleg.com/ ; l'éditeur annonce, outre l'intégration dans un système complet avec des capacités d'échanges avec des bases de données Access, le traitement de données de datation dans le temps absolu.

4 <http://www.harrismatrixcomposer.com/>

5 *Le Stratifiant* est écrit en VBA (*Visual Basic for Application*), langage de développement orienté objet commun aux logiciels *Microsoft* et compatible avec un grand nombre d'applications *Windows* (versions récentes de *Adobe Illustrator* ou *ArxView* notamment).

(notamment graphiques), de limiter la quantité de code à créer, et de rendre plus facile la prise en main par l'utilisateur déjà familiarisé avec *Excel*. Ce choix d'un standard du marché garantissait d'autre part à la fois une certaine pérennité et une certaine ouverture (meilleure « transportabilité » des données, en importation et en exportation).

La pertinence de ce choix a été confirmée par les expérimentations menées depuis 2006. Fonctionnant sur des versions même anciennes d'*Excel*, le *Stratifiant* s'est révélé immédiatement disponible à l'utilisation : il a pu être utilisé par les différents « pilotes d'essai » sans souci d'équipement logiciel ou matériel supplémentaire ni d'apprentissage de logiciel inconnu.

Quant au module de saisie et requêtes *Stratibase*, il a été développé sous *Filemaker*. Malgré des capacités de développement, de gestion relationnelle, et d'échanges de données plus limitées que ses concurrents, ce SGBDR⁶ est en effet le plus répandu dans la communauté archéologique (en France), en raison de sa convivialité et de son fonctionnement multi-plateformes (*Mac – PC*).

Ces choix ne sont pas définitifs. Concernant les futurs développements, diverses possibilités peuvent être envisagées, en conservant ce choix du recours à des solutions éprouvées, largement diffusées et connues des utilisateurs – « l'informatique de ce matin », c'est à dire l'équipement réellement disponible pour l'archéologue moyen (son ordinateur de travail et les logiciels qu'il contient aujourd'hui) – plutôt que « l'informatique de demain », celle des solutions d'avant garde nécessitant des outils logiciels (ou matériels) nouveaux et rares, et donc un investissement important (en temps d'apprentissage et/ou en argent). Les logiciels libres, en particulier, sont sortis de la niche pour initiés où ils étaient encore cantonnés il y a trois ans, et deviennent réellement courants. Le portage du *Stratifiant* sur le tableur *Calc* de la suite bureautique libre *Open Office* est donc envisagé à brève échéance.

Le choix de l'ouverture

Autre choix, celui de l'ouverture. Les applications présentées ici sont gratuites et librement diffusables. Par contre les logiciels sous lesquels elles s'exécutent (*Excel* et *Filemaker*) ne le sont pas ; mais *Excel* est tellement répandu – il est présent dans presque tous les ordinateurs d'archéologues – qu'en pratique l'installation du *Stratifiant* ne devrait pas entraîner de dépenses supplémentaires. Quant à *Stratibase*, une version auto exécutable est fournie pour les utilisateurs ne possédant pas *Filemaker*.

Ce choix d'ouverture ne correspond pas seulement à un souci d'économie pour l'utilisateur, mais aussi et surtout au parti pris de considérer que l'archéologue ne doit pas se limiter au rôle de client passif, mais doit pouvoir intervenir dans la conception de ses outils (informatiques ou non) d'enregistrement. En effet, un système d'enregistrement, y compris dans ses aspects les plus techniques, n'est jamais neutre : il matérialise des choix et des conceptions d'ordre archéologique. Afin de maintenir cette capacité d'intervention et plus largement de maintenir la possibilité de débattre et d'innover dans le domaine de la méthodologie d'enregistrement, il faut pouvoir discuter et échanger librement, jusqu'au niveau de la réalité concrète des systèmes informatiques proposés : modèles logiques, algorithmes de traitement, procédures et code... Ce que ne permet pas l'actuelle réglementation de protection des logiciels propriétaires commerciaux.

Dans cet esprit, *Le Stratifiant* et *Stratibase* sont « *open source* », c'est-à-dire que leur structure (code *VBA* du *Stratifiant*, modèle logique de données, définition des tables et champs, scripts de *Stratibase*) est librement modifiable et reproductible. L'utilisateur averti peut donc les modifier pour en tirer toute adaptation à sa convenance, y ajouter des éléments, ou au contraire en extraire des morceaux à ajouter à sa propre application.

6 Système de Gestion de Bases de Données Relationnelles : logiciel servant à créer des bases de données multifichiers.

Formellement, comme indiqué dans les applications elles-mêmes, le code VBA de l'application *Le Stratifiant*, le modèle logique de données et les scripts de *Stratibase*, ainsi que le présent document constituant la documentation des deux applications, font l'objet d'un contrat de licence de logiciel libre CeCILL-B⁷, avec l'auteur (Bruno Desachy) comme Titulaire des droits patrimoniaux et moraux sur le logiciel initial, et comme Licencié tout utilisateur ayant accepté le contrat (ce contrat figure une feuille du classeur *Excel* qui contient l'application *Le Stratifiant*)

Du prototype à l'outil opérationnel : une expérimentation en cours

Le mémoire de DEA soutenu en 2005, qui précède le présent travail, contenait les premières versions du *Stratifiant* (version 0.1) et de *Stratibase*. Il s'agissait encore pour le premier d'un prototype, limité dans ses fonctions (pas de gestion des synchronismes incertains, pas d'aide à la mise en phases, pas de graphique des intervalles TPQ-TAQ, possibilités de mise en couleurs réduites...) et surtout pas encore mis à l'épreuve d'ensembles importants de données et d'utilisations en conditions réelles. Quant à *Stratibase*, il ne s'agissait que d'un « démonstrateur » d'interface de SIS, non opérationnel (n'intégrant pas, en particulier, la gestion relationnelle des mobiliers, ce qui représente une limite certaine, même si un autre des partis-pris de ce travail est de se situer idéologiquement dans une archéologie contextuelle et systémique et non dans une archéologie de l'objet...).

Ces deux outils ont fait l'objet de développements, et ont commencé à subir l'épreuve de premières utilisations réelles. La date de remise de cette thèse intervient à un moment où ce passage au stade opérationnel n'en est qu'à son début, appuyé sur des collaborations scientifiques récentes engagées à Bibracte et Tours, alors que d'autres collaborations de ce type s'annoncent. Néanmoins le chapitre 4 livre un premier bilan. Ces expériences en cours ont porté sur l'utilisation du *Stratifiant* seul, ou associé à *Stratibase*, ou intégré au sein d'autres systèmes d'enregistrement (base *bdB* du Centre de recherches européen de Bibracte ; base de données de fouilles du service archéologique départemental d'Indre et Loire).

⁷ Licence de logiciel libre conforme au droit français mise au point par le Commissariat à l'Énergie Atomique, le Centre National de la Recherche Scientifique et l'Institut National de Recherche en Informatique et en Automatique. CeCILL est l'acronyme de Cea, Cnrs, Inria, Logiciel Libre. <http://www.cecill.info/>

2. Module de traitement des données stratigraphiques

« le Stratifiant » : mode d'emploi

Ce chapitre présente l'utilisation de l'application de traitement des données stratigraphiques « Le Stratifiant » (fonctionnant avec le logiciel *Microsoft Excel*). Les concepts archéologiques et méthodologiques auxquels renvoie l'utilisation du *Stratifiant* sont discutés dans la première partie de la thèse ; néanmoins ce mode d'emploi est conçu pour être autonome : sa lecture suffit pour utiliser le *Stratifiant* (étant entendu que l'utilisateur connaît le principe du diagramme stratigraphique ou *Harris Matrix*, et de l'enregistrement par unités stratigraphiques). Ce mode d'emploi suppose par ailleurs que les commandes de base du tableur *Excel* et du système d'exploitation *Windows* sont connues.

Le mode d'emploi est progressif. La première section montre comment obtenir un diagramme dans le cas de figure le plus simple (2.1). Les quatre sections suivantes sont consacrées à des fonctions spécifiques du *Stratifiant* : la prise en compte des relations incertaines (2.2) ; l'aide à la mise en phase (2.3) ; l'inscription de la chronologie stratigraphique dans une chronologie quantifiée (en années) à partir des *terminus post quem* (TPQ) et *terminus ante quem* (TAQ) disponibles (2.4) ; et, section un peu aride mais d'une importance essentielle, la détection des fautes et conflits logiques dans l'enregistrement (2.5). Puis viennent deux sections qui illustrent des fonctions de système d'information stratigraphique : la visualisation de requêtes effectuées sur les unités stratigraphiques par la mise en couleur de ces US sur le diagramme (2.6), et la liaison entre le *Stratifiant* et une base de données d'enregistrement permettant d'effectuer de telles requêtes (et bien sûr de générer le diagramme) depuis cette base (2.7) – rappelons que l'outil *Stratibase* a été spécifiquement développé comme base de données complémentaire du *Stratifiant* (même si celui-ci peut être associé à d'autres systèmes) et est présenté dans les chapitres 4 et 5. Enfin, la dernière section (2.8) donne quelques indications spécifiques sur l'utilisation avec un Macintosh (2.8.1), et surtout sur la conduite à tenir en cas de déroulement anormal du traitement (*Le Stratifiant*, encore expérimental, et comme tout produit informatique, n'est certainement pas exempt de bogues) (2.8.2).

Du point de vue technique, le *Stratifiant* est programmé sous forme de modules et de code VBA, contenus dans le fichier Excel de l'application (projet CodeVBA_LS). Cette programmation n'est pas protégée, elle donc accessible, consultable et modifiable (dans *Excel* : menu Outils/Macro/VBAeditor ; ou combinaison de touche Alt + F11).

2.1. Obtention d'un diagramme stratigraphique simple

.2.1.1. Installation et démarrage

Le Stratifiant se présente sous la forme d'un simple fichier *Excel*, nommé *Le Stratifiant 1_0.xls*. Ce fichier peut être déplacé, copié, renommé comme n'importe quel autre fichier *Excel*. Il est contenu dans le CD-ROM joint à la thèse.

L'application proprement dite (c'est à dire le code écrit en langage VBA, contenu dans le fichier *Excel*) est placée sous licence libre CeCill ; elle est donc gratuite et librement diffusable, reproductible, et modifiable. Elle nécessite cependant que le logiciel *Microsoft Excel*, qui lui n'est pas libre, soit préalablement installé sur l'ordinateur.

L'application fonctionne avec les versions 97 à 2003 d'*Excel* sous *Windows*, et les versions X et 2004 d'*Excel* sous *OSX* pour Macintosh. Elle n'a pas encore été testée pour les versions plus récentes. En raison d'un temps d'exécution plus lent du langage VBA avec un Macintosh, nous recommandons l'utilisation d'*Excel* pour *Windows*.

- Copier le fichier à l'emplacement souhaité. Il est parfois nécessaire de déverrouiller le fichier si il est copié depuis un CDROM, en décochant l'option « lecture seule » dans les propriétés du fichier (si cette option était cochée). Il est conseillé de conserver une copie vierge de ce fichier, d'où tirer ensuite de nouvelles copies en tant que de besoins.
- Ouvrir le fichier

Au démarrage, *Excel* doit afficher un message demandant de choisir d'activer ou de désactiver les macros contenues dans le classeur.

- Si ce message s'affiche, choisir d'activer les macros (sans quoi le *Stratifiant* ne peut s'exécuter)
- Si ce message ne s'affiche pas, il est tout d'abord nécessaire de régler le niveau de protection d'*Excel* (menu Outils / macros / sécurité) sur « niveau de sécurité moyen », afin que les macros qui constituent *Le Stratifiant* ne soient pas neutralisées⁸. Ensuite, fermer, puis rouvrir *Excel* afin que le nouveau réglage soit pris en compte.

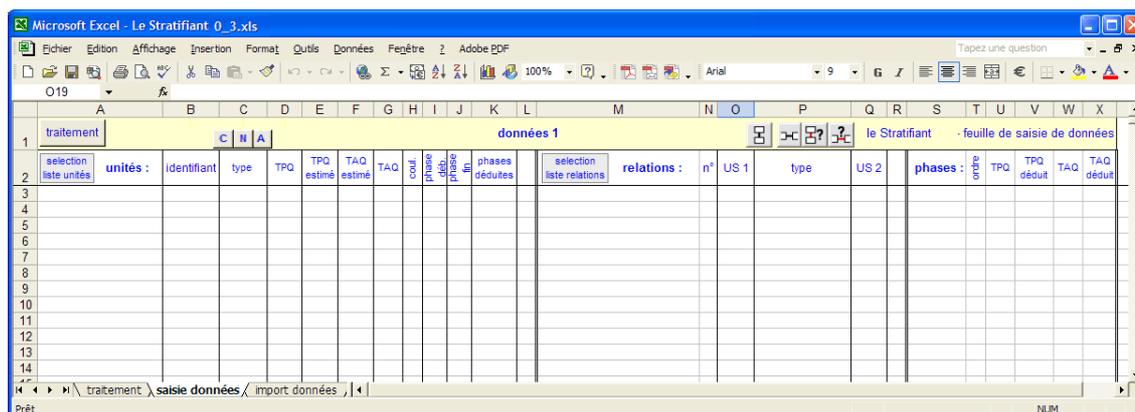
Le classeur doit comprendre au moins quatre feuilles (« traitement », « saisie données », « import données », « mise en couleurs »), toutes indispensables au fonctionnement du *Stratifiant*.

.2.1.2. Saisie des données

Les données à traiter peuvent être saisies directement dans le *Stratifiant* dans la feuille « saisie données » ou être importées depuis une base de données d'enregistrement dans la feuille « import données ». L'importation des données est exposée plus loin (2.7). La présente partie est consacrée à la saisie directe des données ; elle contient cependant des informations utiles à tous les utilisateurs, y compris ceux-ci qui se destinent à employer le *Stratifiant* couplé avec une base de données.

- Cliquer sur l'onglet de la feuille «saisie données » ; la feuille de données s'affiche :

⁸ si un logiciel antivirus est installé sur l'ordinateur, et si une option d'interdiction des scripts est activée, il est aussi nécessaire de désactiver cette option .



La feuille « saisie données » reçoit les deux listes nécessaires à la réalisation du diagramme stratigraphique : la **liste des unités stratigraphiques** (colonnes A à L), et la **liste des relations entre unités** (colonnes M à R). Il est aussi possible de saisir des phases auxquelles attribuer les unités (colonnes S à X) : cette option sera exposée plus loin (2.3).

- il est possible de saisir un titre de son choix, à la place du titre par défaut « données 1 », sur la première ligne (cellules H-N)
- les première et deuxième lignes de la feuille, comprenant les boutons et les indications en bleu, ne doivent pas être détruites ou modifiées (à l'exception du titre éventuellement saisi en cellule H1). Les lignes à partir de la troisième sont destinées à la saisie des US et relations, et peuvent être détruites ou modifiées. Il est bien sûr possible de procéder par copier-coller (depuis une autre feuille ou une autre source de données) plutôt qu'au clavier pour saisir US et relations, mais il est dans ce cas prudent d'utiliser le collage spécial (commande « édition/collage spécial », option « valeurs »), pour éviter de coller des mises en formes intempestives dans les listes d'US et de relations, qui peuvent dans certains cas gêner l'exécution du traitement.
- Attention : les deux premières lignes d'en-tête sont figées, de façon à rester apparentes quand on fait défiler la feuille vers le bas à l'écran. Avant une saisie, vérifier que la ligne visible sous les deux lignes d'en-tête est bien la ligne 3 et non une ligne plus basse.

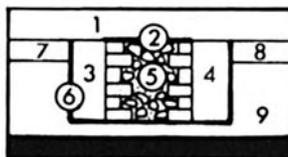
Les limites théoriques de capacité de la version 0.3 sont les suivantes (les trois conditions doivent être vérifiées) : pas plus de 20 000 US enregistrées ; **et** pas plus de 65 535 relations enregistrées (couples d'US) ; **et** pas plus de 4 194 240 relations logiquement déductibles⁹.

Il est possible de dupliquer et de renommer la feuille « saisie données », de façon à conserver plusieurs ensemble de données dans un classeur. Pour cela, utiliser les commandes normales d'Excel (pour copier la feuille : menu Edition / Déplacer ou copier une feuille / option copie, ou menu contextuel accessible en cliquant bouton droit ; pour la renommer : clic bouton droit sur l'onglet de feuille, et choisir « renommer » dans le menu contextuel). Les copies de feuilles de données ainsi créées, lorsqu'elles ont cessé d'être utiles, peuvent être détruites sans inconvénients ; toutefois, il est nécessaire de conserver au moins une feuille de données.

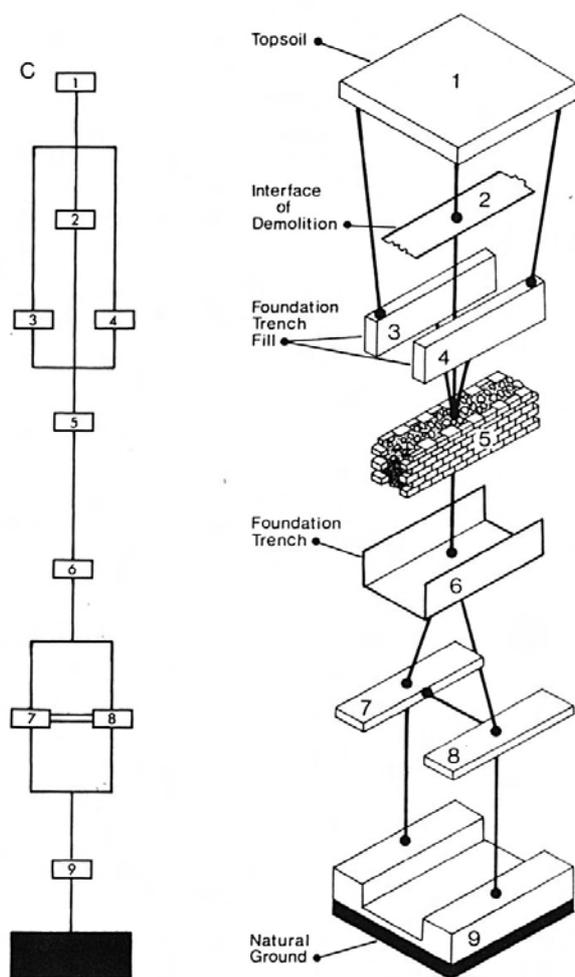
Nous allons commencer par créer un diagramme stratigraphique simple, à partir de quelques unités

⁹ Le traitement génère, par transitivité, toutes les relations logiques entre US, même celles qui ne sont pas matérialisées par un contact physique (en effet, si 1 est sous 2, et 2 est sous 3, alors la relation logique 1 sous 3 existe logiquement). Ces relations sont utiles notamment pour le calcul des positions en ligne dans le diagramme et pour le traitement des éléments de datation ; mais, étant redondantes, elles n'apparaissent pas sur le diagramme.

et relations enregistrées. L'exemple choisi ici est le plus simple issu de l'ouvrage d'E. Harris (Harris 1979, fig. 28) ;



Cette stratification montre la succession d'une couche (9) puis d'un sol (7 et 8) recoupé par une tranchée de fondation (6) dans laquelle est construite la maçonnerie de fondation d'un mur (5), après quoi la tranchée est remblayée de chaque côté du mur (3 et 4). Cette construction est ensuite dérasée (2) et recouverte d'un remblai formant le sol actuel (1).



Saisie des unités stratigraphiques

Le classeur comprend une feuille « Exemple 1 », qui est une copie de la feuille « saisie données », contenant les données déjà saisies de l'exemple.

Les US doivent être saisies chacune sur une ligne, à partir de la troisième ligne.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	
1	traitement	exemple simple Harris												
2	selection liste unités	unités :	identifiant	type	TPQ	TPQ estimé	TAQ estimé	TAQ	coul.	phase début.	phase fin	phases déduites	selection liste relations	relation
3			1	couche										
4			2	négatif	1636			1636		3	3			
5			3	couche	300					2	2			
6			4	couche						2	2			
7			5	couche						2	2			
8			6	négatif						2	2			
9			7	couche	1000									
10			8	couche										
11			9	couche	300					1	1			
12														

- L'identifiant de l'US doit être saisi dans la colonne « identifiant » (colonne B).

En principe, cet identifiant est un numéro attribué par ordre de découverte (par ex : US 101, 102, 103, etc.). Toutefois il est possible d'utiliser n'importe quelle combinaison de chiffres ou lettres (par exemple couche D, niveau IIIb, etc.). Une double règle doit cependant toujours être respectée : toute US doit avoir un identifiant et deux US ne doivent jamais avoir le même identifiant¹⁰.

La saisie de l'identifiant est la seule obligatoire pour la liste des US. Cependant il est possible de préciser le type de l'US ; celle-ci apparaîtra sur le diagramme avec un aspect différent suivant le type indiqué. Le *Stratifiant* reconnaît trois types principaux d'US¹¹ :

couche	toute unité pourvue d'une épaisseur matérielle (dépôt, maçonnerie, etc.)
négatif	unité sans épaisseur matérielle, marquée seulement par une interface, correspondant à un creusement ou plus généralement à une trace d'érosion (creusement de fosse, surface de dérasement de mur par exemple). Dans notre exemple, l'unité 2 (dérasement de maçonnerie) et l'unité 6 (creusement de tranchée) sont des négatifs.
altération	type d'unité (non prévu par E. Harris) correspondant à une trace observable d'altération (impact thermique par exemple) lorsque elle peut, comme les autres US, être située antérieurement et postérieurement aux autres unités de terrain, et être enregistrée comme un événement constitutif de la chronologie du site ; par exemple, la rubéfaction de la paroi d'un foyer, qui témoigne de son utilisation, c'est à dire d'une étape postérieure à son aménagement et antérieure à son abandon.

- Le type d'US (l'un des trois termes ci dessus) peut être saisi dans la colonne « type » (colonne C)
- Les 3 boutons en en-tête de colonne (« C » pour couche, « N » pour négatif, « A » pour altération) permettent d'insérer automatiquement le terme voulu dans la cellule active de la colonne.



Comme aide à la saisie, on dispose aussi de l'assistance automatique d'*Excel* qui permet, après avoir inséré une première fois un terme dans une colonne, de ne taper ensuite que les premières lettres, déclenchant la proposition automatique du terme complet.

Si ces termes sont saisis au clavier, leur orthographe doit être strictement respectée (sans majuscule, ni espace supplémentaire).

¹⁰ Les « doublons » (même identifiant répété sur plusieurs lignes, c'est à dire attribué à plusieurs US, constituent une faute de logique détectable par le *Stratifiant* ; les détails de la détection des fautes sont exposés plus loin (2.6).

¹¹ Les notions relatives à la caractérisation des unités stratigraphiques sont discutées dans la première partie de la thèse.

Si aucun type n'est indiqué, l'US de la ligne correspondante est considérée par défaut comme une couche.

La saisie des autres colonnes de la liste des US (TPQ, TAQ, Coul., etc.), comme celle du type de l'US, est optionnelle ; ces options seront exposées dans la suite du mode d'emploi.

- Le bouton « selection liste unités » (visible en tête de la première colonne) permet de sélectionner spécifiquement la plage réservée à la liste des US ; cela permet de trier la liste des US, en utilisant les commandes d'Excel (menu Données / trier ; ne pas oublier de vérifier que l'option « ligne de titre » est bien cochée). Cette possibilité est utile notamment après traitement, en cas de conflits logiques dans l'enregistrement, pour trier les US en fonction des circuits logiques qui les affectent (voir plus loin 2.5).

selection
liste unités

Saisie des relations

Comme les US, les relations doivent être saisies chacune sur une ligne, à partir de la troisième ligne. Les relations sont prises en compte par le traitement jusqu'à la première ligne vide. Les relations figurant après une ligne vide sont ignorées.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	O	P	Q	R	S	T	
1	traitement		C N A										exemple simple Harris						le Stratifiant	feuille
2	selection liste unités	unités :	identifiant	type	TPQ	TPQ estimé	TAQ	TAQ estimé	coul.	phase deb.	phase fin.	phases déduites	selection liste relations	relations :	US 1	type	US 2	phases :	ordre	
3			1	couche											2	sous	1	phase I	1	
4			2	negatif	1636				1636	3	3				3	sous	1	phase II	2	
5			3	couche	300					2	2				4	sous	1	phase III	3	
6			4	couche						2	2				5	sous	1			
7			5	couche						2	2				7	sous	1			
8			6	negatif						2	2				8	sous	1			
9			7	couche	1200										5	sous	2			
10			8	couche											5	sous	3			
11			9	couche	300										5	sous	4			
12										1	1				6	sous	3			
13															6	sous	5			
14															6	sous	4			
15															7	sous	6			
16															7	sous	3			
17															8	sous	6			
18															8	sous	4			
19															9	sous	3			
20															9	sous	4			
21															9	sous	5			
22															9	sous	6			
23															9	sous	7			
24															9	sous	8			
25															7	synchrone avec	8			
26																				

La colonne « US 1 » (col. O) reçoit l'identifiant de l'US antérieure.

Par convention, l'antérieure est donc la première saisie dans le *Stratifiant* (une relation « A sur B » est donc à saisir sous la forme « B sous A »).

La colonne « US 2 » (col. Q) reçoit l'identifiant de l'US postérieure.

Le type de relation doit obligatoirement être indiqué dans la colonne intermédiaire « type » (col. M). le *Stratifiant* reconnaît les types de relation suivants :

sous	a ici le sens général de «stratigraphiquement antérieur à », et s'applique à toute relation physique impliquant un ordre chronologique entre les US (superposition, recoupement, etc.) ¹² .
-------------	--

¹² « sous » a donc ici un sens plus topologique que topographique : il s'applique à tout contact entre deux US chronologiquement signifiant, quelque soit son aspect ou sa position spatiale. On a choisi d'employer ce terme « sous » (dans ce sens topologique), de préférence à « avant » ou « antérieur à », pour marquer le fait qu'il désigne des relations déduites uniquement de l'observation des interfaces entre US, à l'exclusion stricte de toute autre indication de chronologie ou de datation (mobiliers, textes, radio-carbone...) ; cette exclusion est un principe de base de la stratigraphie archéologique, pour ne pas créer de cercles vicieux dans les raisonnements typochronologiques ultérieurs s'appuyant sur la chronologie stratigraphique.

synchrone avec	signifie l'équivalence stratigraphique entre les deux US ; dans ce cas l'ordre des US (en colonne O ou Q) n'a pas d'importance. Dans notre exemple, nous avons ici choisi d'enregistrer les sols 7 et 8 comme synchrones ¹³ .
-----------------------	--

Dans notre exemple, toutes les relations d'antéro-postériorité correspondant aux contacts physiques observables ont été enregistrés ; ainsi la couche 9 à la base de la stratification se trouve en contact avec, et antérieur (par recoupement ou superpositions) aux US 3, 4, 5, 6, 7, 8.

Ces relations peuvent être affectées d'une modalité d'incertitude ; l'utilisation de celle-ci est exposée plus loin (2.2). Pour l'instant, les données de notre exemple (telles que nous les avons saisies) ne comprennent pas de relations incertaines (notons cependant dès à présent que le choix d'enregistrer un synchronisme certain entre les sols 7 et 8 est discutable ; car bien que Harris les considère comme « corrélés », c'est à dire comme appartenant probablement au même sol d'origine recoupé par la tranchée du mur 5, il n'existe plus de continuité physique au moment de l'observation entre ces deux couches, et le fouilleur ne peut donc être certain de leur unité primitive supposée ; nous reviendrons sur ce point).

- L'en-tête de la colonne M comprend 4 icônes de relations stratigraphiques symbolisées. La première à gauche permet d'insérer le terme « sous » ; et la deuxième, le terme « synchrone avec » (les deux suivantes permettent d'insérer les relations incertaines « peut-être sous » et « pt.être synchrone » : cf plus loin 2.2). Lorsque la cellule active est dans la colonne « type », le terme est simplement injecté dans la cellule ; lorsque la cellule active est dans la colonne « US1 », le terme est injecté dans la cellule de la colonne « type » de la même ligne ; si la cellule active est dans une autre colonne, les boutons n'ont pas d'effet.



- Le bouton « sélection liste relations » (en-tête de colonne M) permet de sélectionner uniquement les colonnes de la liste des relations, pour trier celles-ci à l'aide des commandes de tri d'Excel. Comme pour le tri des US, lors de l'utilisation de ces commandes, ne pas oublier de vérifier que l'option « ligne de titre » est bien cochée.

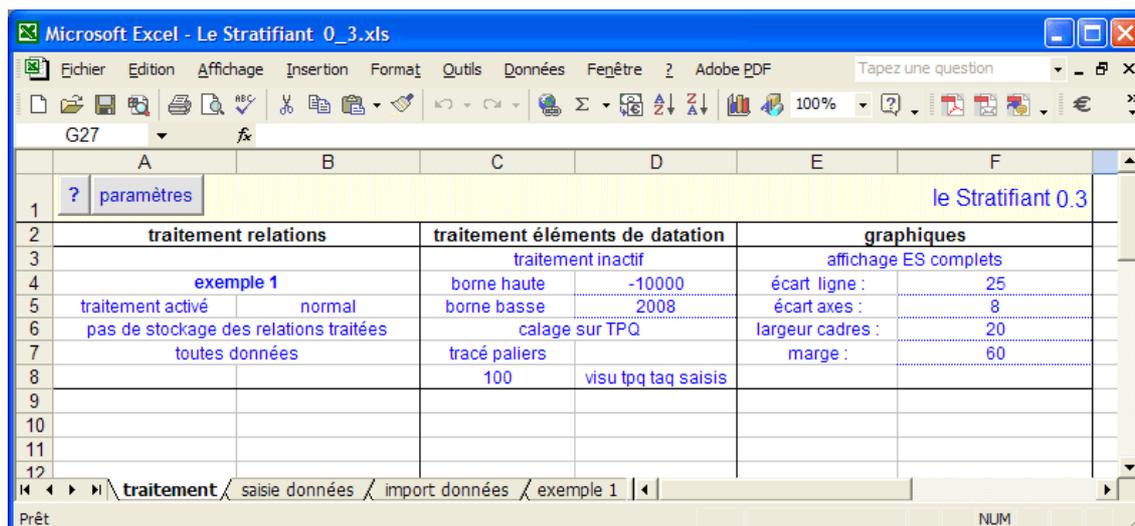
.2.1.3. Création automatique du diagramme

- Depuis la feuille de saisie de données portant les données de l'exemple ci-dessus, cliquer sur le bouton « traitement » en haut et à gauche de la feuille.

traitement

La feuille de saisie des données est sélectionnée pour le traitement, et la feuille « traitement » apparaît.

13 Déclarer synchrones les unités A et B signifie notamment que si une unité C est postérieure à A, elle est nécessairement postérieure à B. Si cette conséquence logique ne paraît pas assurée à l'utilisateur, il doit enregistrer A et B en synchronisme incertain (voir plus loin). Voir la première partie de la thèse (chapitre 2) pour la discussion sur les relations stratigraphiques.

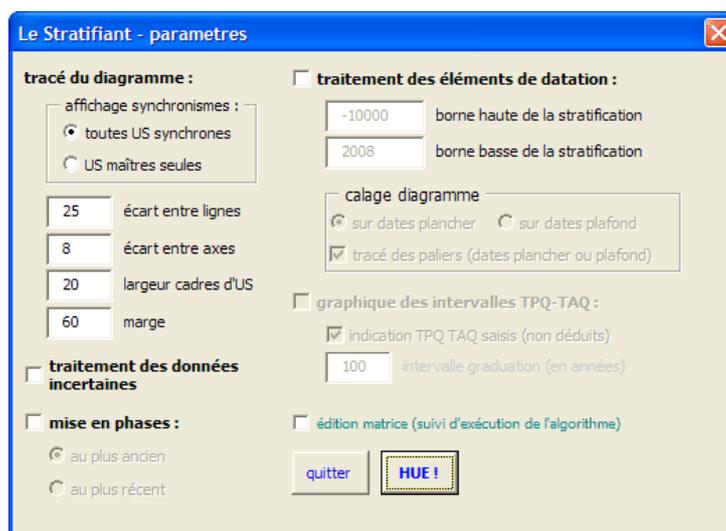


Les lignes 3 à 8 contiennent les indications de paramètres de traitement (en bleu). Elles ne doivent pas être modifiées par l'utilisateur.

Lancement et exécution du traitement

- Cliquer sur le bouton « paramètres » (en haut à gauche).

Une fenêtre s'affiche, dans laquelle l'utilisateur peut choisir différentes options de traitement :



La première section (« tracé du diagramme ») contient les options suivantes :

« affichage synchronismes » : l'option « toutes US Synchrones » correspond à l'affichage complet de toutes les US. L'option alternative « US maîtres seules » signifie que pour chaque ensemble d'US synchrones, seule une des US de cet ensemble (« US maître », par défaut la première saisie) sera affichée ;

- choisir l'option « toutes US synchrones » ;

les cadres « écarts entre lignes », « écarts entre axes », « largeur cadres d'US », « marge » servent à régler les proportions et l'aspect du diagramme. Par exemple, si les étiquettes d'US apparaissent trop étroites pour contenir les identifiants, il faut augmenter leur largeur, avant de relancer le traitement (une largeur de 30 points suffit pour des identifiants à 4 caractères).

- Laisser les valeurs par défaut pour un premier essai (saisir ensuite, éventuellement, les

valeurs de son choix afin d'observer les différences d'aspects obtenues).

Les options suivantes : « traitement des données incertaines », « mise en phases », « traitement des éléments de datation », et « graphique des intervalles TPQ-TAQ » correspondent à des possibilités qui seront exposées plus loin.

- Ne pas choisir ces options : laisser non cochées (ou décocher) les cases correspondantes

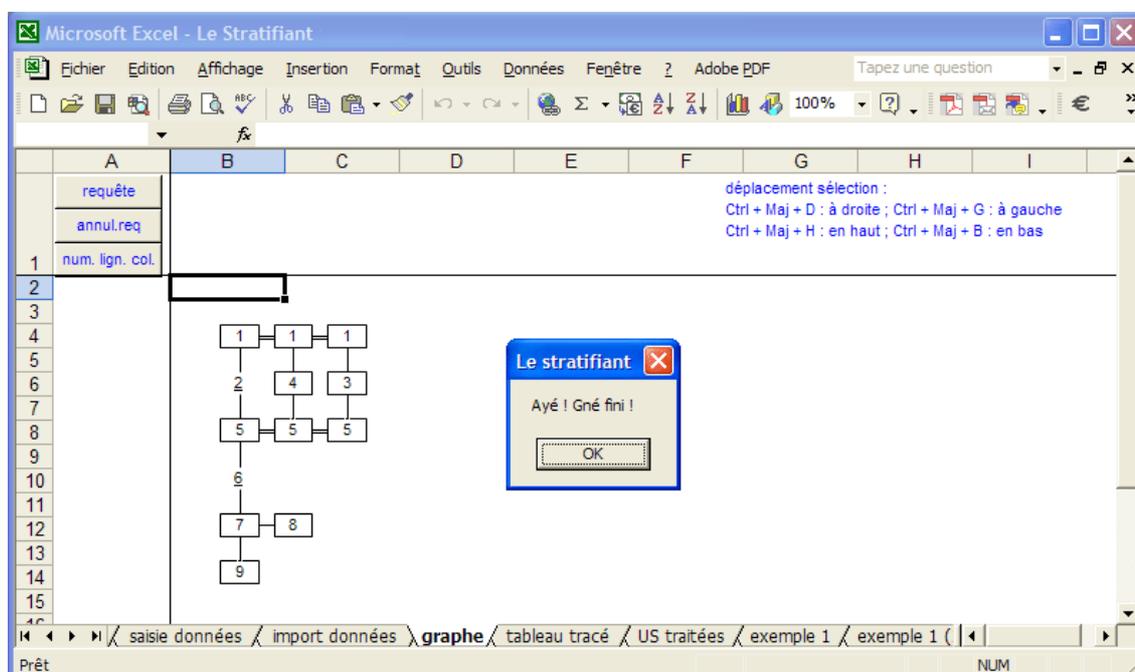
La dernière option « édition matrice » (texte en bleu) est destinées aux développeurs et permet de suivre l'exécution de l'algorithme et du code du programme.

- Ne pas choisir cette option : laisser non cochée (ou décocher) la case correspondante.

Lorsque le réglage des options de la fenêtre est conforme aux choix ci-dessus :

- Cliquer sur le bouton de lancement de traitement (bouton « HUE ! ») ;

Et là, miracle (si tout va bien) ! : une nouvelle feuille nommée « graphe » s'affiche, sur laquelle apparaît le diagramme stratigraphique. Un message indique la fin du traitement (étant encore à un stade expérimental, *Le Stratifiant* s'exprime parfois de façon quelque peu immature...) :



- cliquer OK sur la fenêtre du message pour fermer celle-ci.

Avec le faible nombre d'US et de relations de cet exemple, le traitement doit être très rapide, voire instantané. Avec des données plus importantes, il peut prendre un certain temps, et même un temps certain, dépendant du nombre d'US et de relations¹⁴. Des indications d'avancement apparaissent dans la fenêtre de paramètres qui reste affichée lors du traitement, ainsi que dans la barre d'état d'Excel (barre grise, en bas de fenêtre, où figure habituellement l'inscription « prêt »). Le gel ou la disparition momentanée de l'affichage à l'écran qui peuvent survenir pendant le traitement sont normaux ; l'affichage se rétablit alors en fin de traitement.

Remarques sur la forme du diagramme obtenu

La représentation graphique de ce diagramme (représentation dite « ortho-linéaire ») diffère de la représentation classique de la *Harris matrix*, proposée par Edward Harris. En effet, les diagrammes

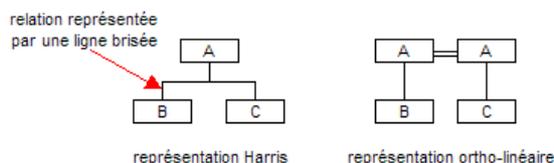
¹⁴ En moyenne, quelques secondes de traitement pour quelques dizaines d'US, quelques minutes pour quelques centaines d'US, plus d'une dizaine de minutes au delà de 500 US. Le diagramme comprenant le nombre maximal d'US traitées (2500) a nécessité 55 minutes de traitement

obtenus avec le *Stratifiant* obéissent aux règles suivantes :

une relation n'est jamais représentée par une ligne brisée ;

chaque relation d'antéro-postériorité correspond à un et un seul segment de droite vertical ;

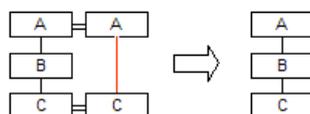
et réciproquement, **les segments de droite horizontaux correspondent toujours à des relations de synchronisme.**



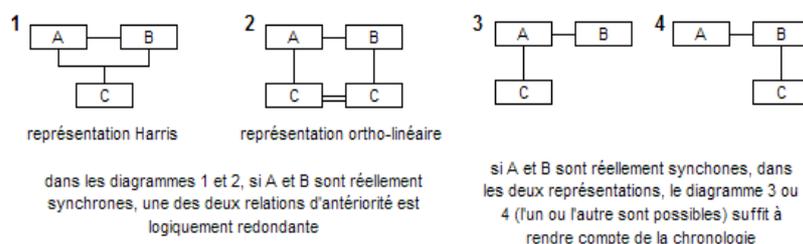
Cette représentation nécessite de répéter l'étiquette de l'US lorsque celle-ci a plusieurs postérieures ou antérieures. Les différentes occurrences d'une même US sont alors reliées par un double trait horizontal d'égalité (comme sur l'exemple ci-dessus).

Cette représentation nous a semblé graphiquement plus claire, surtout pour de grands diagrammes, et elle élimine certaines ambiguïtés ou difficultés de lecture possibles avec la représentation de Harris.

Il ne s'agit néanmoins que d'une variante de la *Harris Matrix*, dont les principes de base sont respectés : en particulier, **les relations « redondantes » (c'est à dire déductibles par transitivité d'autres relations) sont éliminées du diagramme** même si elles correspondent à un contact physique observé. Ainsi, si A est sous B, et B sous C, la relation A sous C n'apparaît pas dans le diagramme même si elle a été enregistrée ; car elle est déductible des deux premières relations (« redondante »), par conséquent inutile pour exprimer la chronologie stratigraphique.



Dans le *Stratifiant*, cette **règle d'élimination des relations redondantes tient compte des synchronismes certains** : par exemple si C est sous A, si C est sous B, et si A est synchrones avec B, alors l'une des deux relations (C sous A, C sous B) est logiquement redondante. *Le stratifiant* élimine donc l'une de ces deux relations.



Si le fouilleur tient à conserver les deux relations (C sous A) et (C sous B) sur le diagramme, il lui faut enregistrer le synchronisme comme incertain (voir plus loin 2.2).

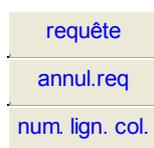
Notons que l'on observe ici une différence entre le diagramme de Harris et celui obtenu avec le *Stratifiant* : dans le diagramme du *Stratifiant*, une seule relation (et non deux) relie l'ensemble synchrone 7-8 à l'unité postérieure 6, et une seule relation (et non deux) relie cet ensemble à l'unité

antérieure 9.

Une conséquence de cette règle d'élimination des relations redondantes tenant compte des synchronismes est que, dans le *Stratifiant*, **les relations d'antériorité et de postériorité d'un ensemble d'US synchrones sont transférées à une seule US de cet ensemble**, dite « US-maître » (par convention, la première enregistrée) ; les autres US de l'ensemble n'apparaissent que comme synchrones, reliées par un trait horizontal à l'US maître (sur le diagramme tiré de l'exemple de Harris, l'US 7 est l'US maître de l'ensemble synchrone 7-8).

Par ailleurs, on remarque sur le diagramme obtenu avec le *Stratifiant* que le type d'US est indiqué par l'aspect de l'identifiant : encadré pour une couche « positive », sans cadre et souligné pour un négatif (et sans cadre et en italiques pour une unité d'altération).

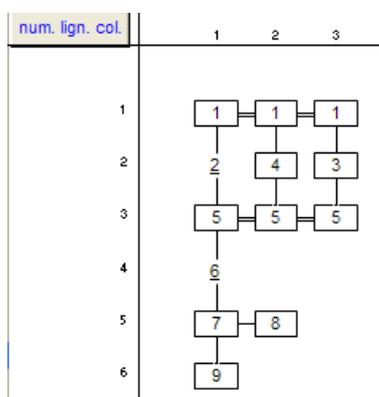
Trois boutons apparaissent en haut et à gauche de la feuille « graphe » portant le diagramme :



les deux premiers concernent la visualisation de requêtes sur les US au moyen de la mise en couleurs de celles-ci sur le diagramme, fonction qui sera exposée plus loin (2.6). le bouton « num. lign. col. » permet de créer une numérotation des lignes et colonnes du diagramme, facilitant, sur les grands diagrammes, le repérage de l'emplacement des unités (par leurs coordonnées).

La première ligne et la première colonne de la feuille (qui portent la numérotation) sont figées de façon à rester visibles lorsque l'on fait défiler l'écran vers la gauche ou vers le bas.

- Cliquer sur le bouton « num lign col » :



Indications de traitement

Outre le diagramme lui-même, le *Stratifiant* fournit diverses indications sur le traitement effectué : sur la feuille « traitement », sur la feuille de saisie des données, et sur une nouvelle feuille créée par le traitement : « US traitées ».

- Cliquer sur l'onglet de la feuille « traitement » afin d'afficher celle-ci :

	A	B	C	D	E	F	G
1	paramètres						le Stratifiant
2	traitement relations		traitement éléments de datation		graphiques		
3			traitement inactif		affichage ES complets		
4	exemple 1		borne haute	-10000	écart ligne : 25		
5	traitement activé	normal	borne basse	2008	écart axes : 8		
6	pas de stockage des relations traitées		calage sur TPQ		largeur cadres : 20		
7	données certaines		tracé paliers		marge : 60		
8			100	visu tpq taq saisis			
9							
10	17/09/2008	6:39:35 PM				6:39:36 PM	
11	lecture des US :				diagramme stratigraphique :		
12	9 US lues :				1 ensemble(s) connexe(s)		
13	7 couche(s) (US positives)				13 sommets		
14	2 négatif(s)				6 lignes		
15	0 altération(s)				3 colonnes		
16	0 autre(s) ou non spécifiée(s)						
17	lecture des relations :				tracé diagramme achevé		
18	23 relations lues :						
19	22 relation(s) d'ordre certain				fin de traitement :		
20	1 relation(s) de synchronisme certain				6:39:37 PM		
21							
22	traitement des relations de synchronisme :						
23	4 itérations effectuées						
24	1 ensemble(s) synchrone(s)						
25	1 US synchrone(s) esclave(s)						
26	8 US active(s)						
27	traitement des relations d'ordre :						
28	3 itérations effectuées						
29							

On remarque, au niveau des onglets de feuilles, qu'outre la feuille « graphe » qui porte le diagramme, et la feuille « US traitées », une troisième feuille a été créée par le traitement : la feuille « tableau tracé ». Celle-ci porte des indications techniques permettant notamment de gérer la visualisation de requêtes sur le diagramme par mise en couleur des US concernées (exposée plus loin : 2.6 et 2.7) ; elle ne doit donc pas être détruite ; mais sa consultation ne présente pas d'intérêt pour l'utilisateur.

Des commentaires de compte-rendu de traitement sont affichés (l'option de traitement des éléments de datation n'ayant pas été choisie, la colonne correspondante ne comporte aucun commentaire). Aucune indication n'apparaît en rouge : c'est le signe que rien d'anormal n'est survenu en cours de traitement.

- Cliquer sur l'onglet de la feuille contenant les données de l'exemple afin de l'afficher :

The screenshot shows an Excel spreadsheet with the following columns: 'selection liste unités', 'unités', 'identifiant', 'type', 'TPO', 'TPQ estimé', 'TAQ estimé', 'TAQ', 'coul.', 'phase début', 'phase fin', 'phases déduites', 'selection liste relations', 'relations', 'n°', 'US 1', 'type', 'US 2', and 'ph'. The 'relations' column contains entries like 'relation redondante' and 'relation transférée vers US synchrone(s)'. Some rows are highlighted in grey, and some cells in the 'relations' column have blue text comments.

Dans la liste des relations, une partie des relations apparaissent sur fond gris. Il s'agit des relations redondantes (ne figurant donc pas sur le diagramme), aussi indiquées par un commentaire en bleu. De même chaque relation fusionnée dans un ensemble synchrone (c'est à dire transférée d'une des US synchrones vers l'US maître de cet ensemble synchrone) est indiquée par un commentaire en bleu, avec l'indication de la relation qui la remplace sur le diagramme.

Par ailleurs, les relations ont été automatiquement numérotées (numérotation en bleu, colonne N) ; et des pointillés de séparation des lignes ont été ajoutés ; cela permet notamment de vérifier que toutes les US et relations ont bien été prises en compte par le traitement.

Il est possible d'effacer les commentaires et mises en forme ajoutés lors du traitement à l'aide de la combinaison de touches Ctrl + Maj + F .

- Cliquer sur l'onglet de la feuille « US traitées » afin de l'afficher :

The screenshot shows an Excel spreadsheet with the following columns: 'identifiant US', 'indice US', 'ES', 'type unité', 'ESI', 'LignDiag', 'ColsDiag', 'Tpp', 'Tppq estimé', 'Taq estimé', 'Taq', 'Phase début', 'Phase fin', and 'rang'. The 'type unité' column contains entries like 'couche', 'négatif', and 'couche (US maître)'. The 'rang' column contains numerical values from 1 to 8.

cette feuille livre les indications suivantes sur les US traitées :

colonne A (identifiant US)	identifiant donné par l'utilisateur
colonne B (indice US)	indice numérique attribué par le programme
colonne C (ES)	numéro de l'ensemble synchrone auquel l'US appartient (un ensemble synchrone est la réunion des US unies par une relation de synchronisme). Ce numéro est l'indice de la 1 ^{ère} US enregistrée appartenant à l'ensemble synchrone (US-maître). Toutes les US reçoivent un numéro d'ES, pour des raisons techniques de traitement (ce qui est logique : une US est synchrone à elle-même).
colonne F (type unité)	type d'unité attribué par l'utilisateur, avec, si l'US appartient à un ensemble synchrone, l'indication de l'US comme US maître de cet ensemble synchrone, ou non (simple synchrone).
colonne G (ESI)	numéro de l'ensemble synchrone incertain auquel appartient éventuellement l'US ; (les relations incertaines sont présentées plus loin : 2.2)
colonne H (LignDiag)	ligne du diagramme sur laquelle figure l'US
colonnes I (ColsDiag)	colonne(s) du diagramme sur lesquelles figure l'US (il peut y en avoir plusieurs si l'US a plusieurs postérieures ou antérieures, auquel cas l'étiquette d'US est répétée).
colonnes J à M (Tpq, Tpq estimé, Taq estimé, Taq)	indications de dates plancher (Tpq) et dates plafond (Taq) déduites après traitement à partir des éventuels éléments de datation saisis (la saisie et le traitement de ces éléments de datation sont présentés plus loin : 2.4) ; lorsque le traitement des éléments de datation n'est pas activé (comme ici), toutes les valeurs sont ramenées à 1.
colonnes N (phase début) et O (phase fin)	indications de mise en phases déduite ; la fonction d'aide à la mise en phase est présentée plus loin (2.3). lorsque cette fonction n'est pas sélectionnée, les colonnes restent vierges.
colonne U (rang)	rang chronologique attribué par le traitement à chaque US

La feuille comporte des colonnes masquées. Celles-ci contiennent, comme l'autre feuille créée par le traitement (« tableau tracé »), des indications techniques non indispensables pour l'utilisation normale du *Stratifiant*.

.2.1.4. Sauvegarde, impression et exportation du diagramme

Sauvegarde de versions successives d'un diagramme

À chaque lancement du traitement, la précédente feuille « graphe » contenant le diagramme est automatiquement détruite et remplacée par une nouvelle. Si l'on souhaite conserver l'ancien diagramme, il faut, avant relance du traitement, modifier le nom de la feuille (menu Format/feuille/renommer).

Impression du diagramme

Le diagramme peut être imprimé en utilisant les commandes et possibilités d'*Excel* ; par exemple l'ajustement d'échelle pour l'imprimer en une seule page, ou dans un nombre défini de pages dans le cas de grands diagrammes (menu Fichiers, commande Mise en page, onglet Page, commande « ajuster à... »).

Dans ce dernier cas d'impression par morceaux, il est recommandé d'utiliser la fonction de numérotation de lignes et de colonnes du diagramme, puis, pour l'impression, de répéter la première ligne et la première colonne de la feuille « graphe » (menu Fichiers, commande Mise en page, onglet Feuille, choisir comme « colonne à répéter à gauche » la première colonne (C1) et

comme « ligne à répéter en haut » la première ligne (L1)).

En effet la première ligne et la première colonne de la feuille comportent les indications marginales : numérotation des lignes et colonnes du diagramme, et (comme on le verra plus loin), indications de mise en phase, de paliers de datation, et légende. Ces indications marginales apparaîtront ainsi sur chaque tronçon imprimé du diagramme .

Dans *Excel*, dans le cas d'une impression en plusieurs pages, les séparations de pages se font suivant les limites de colonnes (séparations verticales) ou de lignes (séparations horizontales) de la feuille. Pour ajuster ces séparations, de sorte par exemple qu'elles ne passent pas dans les étiquettes d'US, le plus pratique est de modifier les largeurs de colonnes et/ ou de ligne de la feuille (en plaçant la souris sur les séparations entre en-têtes gris de lignes ou de colonnes)

Dans le cas de grand diagramme imprimé en plusieurs morceaux, il est utile de joindre une vue réduite de l'ensemble du diagramme (en forçant l'impression à tenir dans une page – dans les options de la commande mise en page), sur laquelle on aura indiqué par des cadres le découpage en feuilles. De même, il est utile de joindre un tableau, copie de la feuille « US traitées » classée par numéro d'US, qui fournit les coordonnées des US sur le diagramme.

Exportation du diagramme

Le dessin du diagramme, étant constitué d'objets vectoriels et de polices de texte, est exportable dans d'autres logiciels de dessin (*Adobe Illustrator* par exemple) ; cette exportation est possible par simple copier-coller, mais parfois avec quelques altérations. Nous conseillons la transformation préalable du diagramme en document PDF (format Acrobat) par exemple au moyen d'un utilitaire gratuit type *PDFCreator* ; il peut alors être réouvert en format vectoriel dans *Illustrator* ou en format raster dans *Photoshop*.

.2.1.5. Modification manuelle du diagramme

Outils et règles de modification manuelle du diagramme

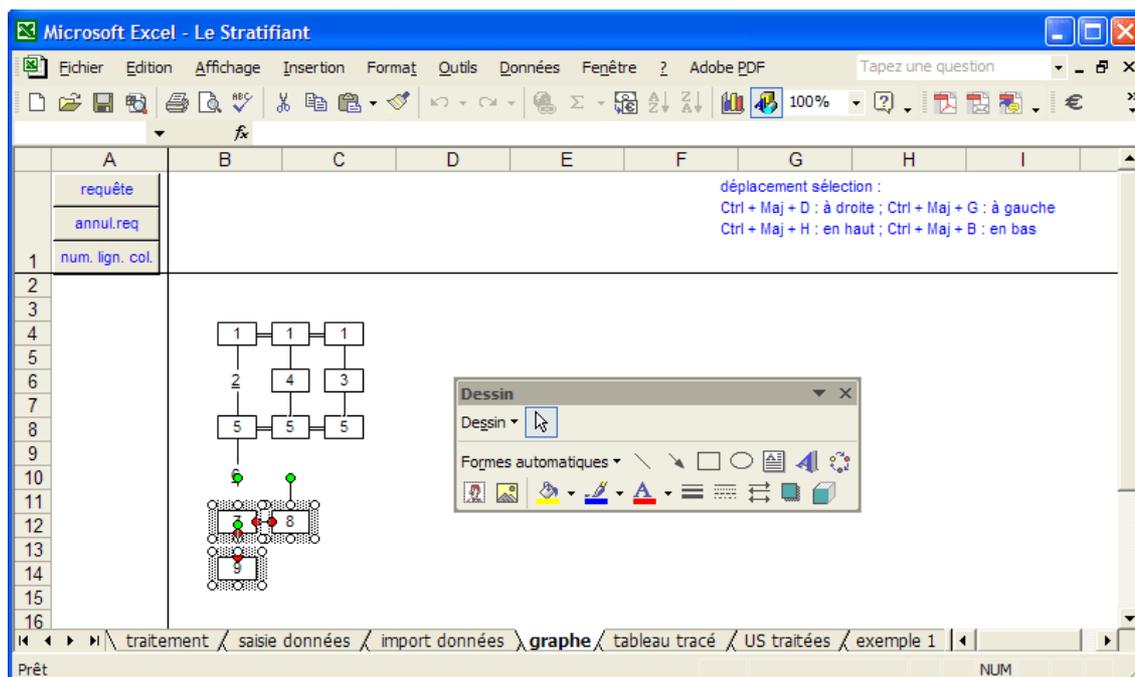
Un diagramme stratigraphique n'est pas un document unique et définitif : à la même structure stratigraphique de base peuvent correspondre plusieurs diagrammes, différemment mis en forme. C'est à l'utilisateur que revient le choix de la forme finale du ou des diagrammes visualisant et synthétisant la chronologie du site.

Les diagrammes fournis par le *Stratifiant* sont ainsi utilisables comme des documents de travail, que l'on peut modifier manuellement. En effet, ils sont formés d'objets graphiques vectoriels, accessibles, déplaçables et modifiables au moyen des commandes de dessin d'Excel.

- Cliquer sur l'onglet de la feuille « graphe » pour afficher de nouveau le diagramme

Les raccourcis clavier indiqués en haut de la feuille « graphe », en bleu, permettent de déplacer les parties sélectionnées du diagramme en fonction des écartements en hauteur et en largeur choisis pour celui-ci.

- Afficher la palette d'outils de dessin d'Excel (menu Affichage / barres d'outils / dessin) ; la barre d'outil peut être déplacée dans la fenêtre (cliquer sur l'extrémité droite et glisser)



- Avec l'outil de sélection de dessin (flèche blanche), sélectionner les deux dernières lignes du diagramme, en traçant un cadre autour ; puis les déplacer vers le bas à l'aide du raccourci clavier Ctrl + Maj + B.

Les traits verticaux de relation s'allongent automatiquement (ils sont constitués de connecteurs, c'est à dire de traits de liaison attachés aux étiquettes d'US, qui ont la propriété de conserver cette liaison lorsque la position des étiquettes est modifiée.)

En cas de déplacement latéral, les connecteurs horizontaux formant les traits de synchronisme (entre US d'identifiants différents) ou d'égalité (entre occurrences de la même US) peuvent venir se superposer aux étiquettes d'US ; il faut dans ce cas reconnecter les traits aux étiquettes manuellement pour supprimer ces superpositions¹⁵.

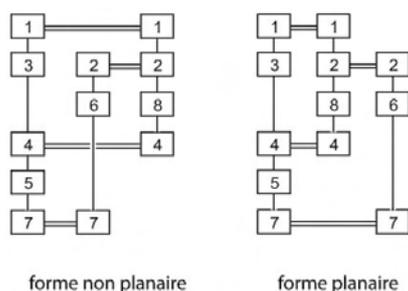
Quelques soient les modifications graphiques que l'on opère ainsi sur le diagramme, une règle de base doit bien sûr être respectée : ne pas modifier la structure stratigraphique elle-même. En pratique, il est possible de faire « coulisser » les unités le long de leur axe, mais pas de modifier leur position relative définie par les relations d'ordre.

NB : après une modification manuelle, penser à désélectionner l'outil flèche blanche (sélection d'objets graphique) de la palette de dessin avant de cliquer sur un bouton de fonction du *Stratifiant* ; sans cela le clic ne marche pas, car le bouton est alors considéré par Excel comme un objet graphique à modifier.

Amélioration de la planarité

Modifier manuellement le diagramme peut avoir pour raison d'en améliorer la planarité : c'est à dire d'éliminer des croisement entre traits de relations verticaux et horizontaux, pour une meilleure lisibilité.

15 Pour plus d'indications sur les connecteurs et leur manipulation, chercher « connecteurs » dans l'aide *Excel*



L'algorithme du *Stratifiant* contient des instructions d'amélioration de planarité, mais leur efficacité est encore limitée : le programme ne trouve pas toujours la forme de diagramme plane, ou comprenant le moins possible de recouvrements¹⁶.

Notons toutefois que la représentation ortho-linéaire du *Stratifiant* rend l'existence de croisements entre traits de relation moins gênante pour la lisibilité ; les relations n'étant jamais figurées par des lignes brisées, il est impossible de confondre visuellement un croisement de traits avec une relation d'ordre représentée par une ligne brisée (alors que le risque existe avec la représentation classique de la « *Harris Matrix* »).

Enrichissement graphique du diagramme

Outre les fonctions d'aide à la mise en phases, et de mise en paliers chronologiques et de mise en couleur des unités en fonction du résultat de requêtes (voir plus loin), les outils de dessin d'Excel sont utilisables pour ajouter manuellement au diagramme fourni par le traitement tout élément graphique (cadres, séparations horizontales, etc.) permettant d'exprimer des regroupements synthétiques d'unités (faits, séquences...).

2.2. Prise en compte des relations incertaines

Le *stratifiant* permet de traiter des relations auxquelles s'attachent une modalité d'incertitude. Les termes « incertain », « estimé », « hypothétique », « probable », seront ici considérés comme synonymes et employés pour qualifier ces relations non certaines. celles-ci font l'objet d'un traitement et d'une représentation spécifiques.

Cette possibilité ne doit pas être une incitation à enregistrer « paresseusement », sans chercher sur le terrain les indices probants permettant d'identifier des relations certaines. Il faut noter, de ce point de vue, qu'il est inutile d'enregistrer des relations incertaines contradictoires pour couvrir toutes les hypothèses (par exemple saisir à la fois les relations « A peut-être sous B » et « B peut-être sous A »). En effet dans ce cas le *Stratifiant* ne tient compte d'aucune des deux relations et les signale à l'utilisateur comme impossible à traiter en raison d'une incertitude contradictoire (voir plus loin 2.5). Si l'on veut visualiser les deux hypothèses différentes de chronologie correspondant aux deux relations incertaines ci-dessus, il faut générer: deux diagrammes distincts.

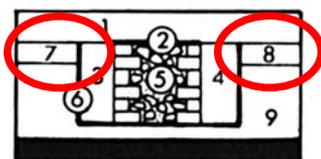
2.2.1. Traitement des synchronismes incertains

Saisie et représentation du synchronisme incertain

Dans l'exemple simple de stratification vu plus haut, les deux sols 7 et 8, de part et d'autre de la tranchée de fondation 6 et recoupés par celle-ci, sont supposé être issus de la même unité d'origine,

¹⁶ Un diagramme stratigraphique étant fondamentalement un système d'unités et relations tridimensionnel projeté sur une surface en deux dimensions, il peut ne pas avoir de forme parfaitement plane (sans aucun croisement).

et donc sont mis en synchronisme par E. Harris. Mais ce synchronisme est une extrapolation de la part du fouilleur ; il ne se situe pas au même niveau d'information que l'observation réelle d'une continuité : ces deux couches sont effet distinctes et séparées au moment de la fouille. Il n'est pas impossible que cette extrapolation soit fautive : il pouvait par exemple s'agir de deux sols distincts mais de technique et d'aspect semblable, s'appuyant sur (donc de construction postérieure à) un état précédent du mur de séparation, état précédent totalement détruit et remplacé par la fondation 5, et sa tranchée de fondation 6.



Dans des cas de ce type, lorsque le synchronisme stratigraphique est fondé sur une extrapolation et non sur une observation directe de continuité ou d'intrication, on peut choisir de l'enregistrer avec une modalité d'incertitude. Si la relation entre les unités A et B est saisie comme synchronisme incertain, A et B seront représentées comme liées dans le diagramme, mais leurs relations d'antéropostériorité avec d'autres US ne seront pas fusionnées :

- Sur la feuille de saisie des données de l'exemple 1, se place sur la ligne de la relation « 7 synchronisme avec 8 » et cliquer dans la cellule de la colonne « type » (contenant le texte « synchronisme avec »);
- cliquer sur le bouton en tête de colonne : 

La relation se modifie en « pt.être synchronisme ».

- Cliquer sur le bouton « traitement », puis, dans la feuille « traitement », sur le bouton « paramètres » ;
- dans la fenêtre de paramètres, cocher la case « traitement des données incertaines »

Le Stratifiant - paramètres

tracé du diagramme :

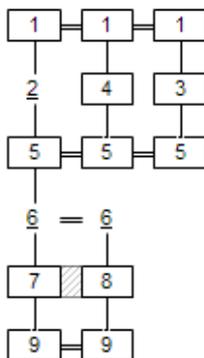
- affichage synchronismes :
 - toutes US synchrones
 - US maîtres seules
- 25 écart entre lignes
- 8 écart entre axes
- 20 largeur cadres d'US
- 60 marge
- traitement des données incertaines**
- mise en phases :
 - au plus ancien
 - au plus récent

traitement des éléments de datation :

- traitement des éléments de datation :
- 10000 borne haute de la stratification
- 2008 borne basse de la stratification
- calage diagramme :
 - sur dates plancher
 - sur dates plafond
 - tracé des paliers (dates plancher ou plafond)
- graphique des intervalles TPQ-TAQ :
 - indication TPQ TAQ saisis (non déduits)
 - 100 intervalle graduation (en années)
- édition matrice (suivi d'exécution de l'algorithme)

quitter HUE !

- cliquer sur le bouton « Hue ! » pour lancer le traitement

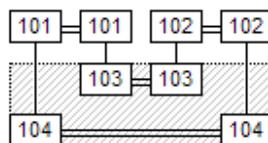


Le synchronisme incertain est exprimé par le cadre hachuré qui relie les unités 7 et 8, placée à la même hauteur sur le diagramme. Comme ce synchronisme n'est qu'incertain, les relations des unités 7 et 8 n'ont pas été fusionnées, et la règle d'élimination des relations redondantes n'a pas pris en compte le synchronisme entre 7 et 8 : les relations entre 6 et 8, et 8 et 9 sont conservées sur le diagramme.

Il faut noter que cette distinction synchronisme certain – synchronisme incertain transparait dans beaucoup de systèmes d'enregistrement qui utilisent un vocabulaire différent pour distinguer un synchronisme plus « fort » (par exemple intrication observée entre deux unités) souvent qualifié « d'équivalence », et un synchronisme plus « faible », plus hypothétique (par exemple en cas d'interruption entre deux couches dont la continuité originelle est supposée, mais non avérée).

Cas particulier : ensemble synchrone incertain sur plusieurs lignes

La représentation graphique choisie pour les synchronismes incertains (cadre hachuré limité par des pointillés joignant les US d'un même ensemble synchrone incertain), s'étend parfois sur plusieurs lignes de haut. En effet, dans certains cas, dans la représentation ortho-linéaire du diagramme adoptée par le *Stratifiant*, il n'est pas possible de placer toutes les unités d'un même ensemble synchrone probable sur une seule ligne, sous peine de les voir se chevaucher horizontalement ; comme dans l'exemple suivant (équivalent d'une « structure en H » dans la *Harris Matrix* traditionnelle) :

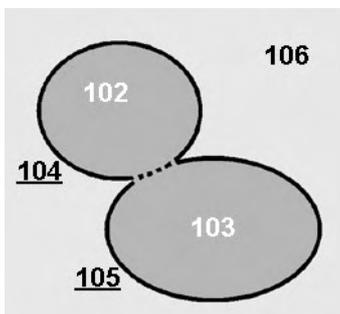


.2.2.2. Traitement des relations d'antéro-postériorité incertaines

La modalité d'incertitude peut de même caractériser des relations d'antéro-postériorité. Cette possibilité est utile lorsque, même si des indices permettent de formuler une hypothèse de succession stratigraphique, la certitude ne peut être atteinte (cas fréquent notamment en archéologie du bâti, où l'on ne peut plus se fier à la loi de la gravité pour l'interprétation chronologique des interfaces – dès lors que les bâtisseurs sont capables de défier ladite loi de la gravité, en opérant des reprises en sous-œuvre par exemple).

Prenons l'exemple de deux fosses (creusements 104 et 105) ici vues en plan, dont les remplissages (102 et 103) présentent le même aspect. Ces fosses sont creusées dans le terrain encaissant 106 et étaient recouverte par le sol actuel 101 (ôté et donc non visible sur le schéma en plan ci dessous). Elles sont en contact stratigraphique, mais de façon presque tangentielle, de sorte que, bien que le

fouilleur suppose que c'est la fosse en haut du dessin (creusement 104) qui recoupe celle du bas (remplissage 103), il n'a pas pu déterminer de façon certaine cette succession.



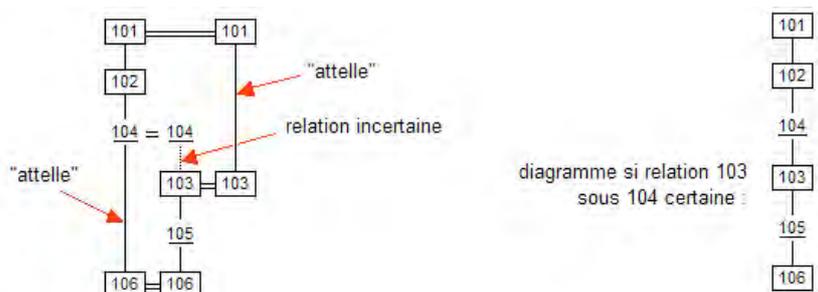
Cette situation correspond à la liste des unités et des relations ci-dessous :

traitement		données 1											le Str					
selection liste unités	unités :	identifiant	type	TPQ	TPQ estimé	TAQ	TAQ estimé	TAQ	coui.	phase déb.	phase fin	phases déduites	selection liste relations	relations :	n°	US 1	type	US 2
		101	couche													102	sous	101
		102	couche													103	sous	101
		103	couche													104	sous	102
		104	négatif													105	sous	103
		105	négatif													106	sous	104
		106	couche													106	sous	105
																103	peut-être sous	104

On remarque la relation incertaine « 103 peut-être sous 104 » en dernière ligne ; le troisième bouton de l'en tête de la colonne « type » permet d'insérer cette modalité d'incertitude dans la cellule active de la colonne « type » :

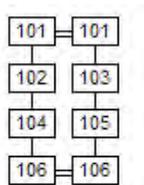


Après traitement , le diagramme obtenu est celui-ci :



La relation d'ordre incertaine « 103 peut-être sous 104 » apparaît en pointillés sur le diagramme. Pour chaque relation d'antéro-postériorité incertaine, par exception à la règle de l'élimination des relations redondantes, la relation de l'US antérieure avec sa plus ancienne postérieure certaine (ici 103 sous 101), ainsi que la relation de l'US postérieure avec sa plus récente antérieure certaine (ici 104 sur 106) sont recherchées, et sont figurées sur le diagramme (si elles existent). On garde ainsi visible le fil d'une chronologie sûre, en encadrant la relation incertaine par les plus proches relations certaines, comme des attelles encadrant un membre brisé pour soigner une fracture

Le diagramme ci-dessous est celui obtenu en ne tenant compte que des relations certaines : la relation incertaine a disparu, mais on y retrouve les relations formant « attelles » sur le diagramme précédent.



2.3. Mise en phases

Le *Stratifiant* dispose d'une aide à la mise en phases, permettant, en fonction des indications de mise en phase données par l'utilisateur au niveau de chaque US, d'étager le diagramme par grands ensembles successifs, correspondant chacun à une phase.

Pour obtenir cette mise en phases générales du diagramme, il n'est pas nécessaire que toutes les US soient préalablement attribuées à une phase : le *Stratifiant* déduit, en fonction des US mises en phases et en fonction des relations stratigraphiques, la « fourchette de phases » dans laquelle se situe chaque US non mise en phase par l'utilisateur. Cette possibilité permet, par exemple, d'effectuer du test d'hypothèses : c'est à dire, en modifiant l'attribution la mise en phase d'une US en particulier, de voir quelles sont les conséquences sur la mise en phases générale.

Attention : en l'état actuel du *Stratifiant* (septembre 2008), l'aide à la mise en phases est la plus récente fonction développée, et garde un caractère très expérimental : en effet, elle n'a pas encore été testée par des utilisateurs extérieurs. Des bogues affectant cette fonction sont donc très possibles. On trouvera plus loin (2.8.2) des indications à suivre au cas où un bogue surviendrait. Dans ce cas, il faut utiliser le *Stratifiant* sans cette option, et avertir l'auteur afin de permettre la correction du bogue et une stabilisation rapide de cette fonction.

2.3.1. Saisie des phases et mises en phase d'US

Saisie des phases

Il est nécessaire de fixer et d'indiquer préalablement au traitement le nombre de phases, leur nom, et leur succession. Ces indications doivent être saisies (ou importées depuis une base de données, voir 2.7) dans les colonnes S et T de la feuille de données.

- Cliquer sur l'onglet de la feuille de données contenant les données de notre premier exemple

traitement		exemple simple Harris													le Stratifiant - feuille de saisie de données									
selection	listes unités	unités :	identifiant	type	TPQ	TPQ	TAQ	TAQ	couf.	phases	phases	phases	selection	relations :	n°	US 1	type	US 2	phases :	ordre	TPQ	TPQ	TAQ	TAQ
					estimé	estimé				obso.	en	déduites	liste relations								début	début	début	début
			1	couche											1	2	SOUS	1	phase I	1				
			2	negatif	1636		1636				3	3			2	3	SOUS	1	phase II	2				
			3	couche	300						2	2			3	4	SOUS	1	phase III	3				
			4	couche							2	2	relation redondante		4	5	SOUS	1						
			5	couche							2	2	relation redondante		5	7	SOUS	1						
			6	negatif							2	2	relation redondante		6	8	SOUS	1						
			7	couche	1200										7	5	SOUS	2						
			8	couche											8	5	SOUS	3						
			9	couche	300						1	1			9	5	SOUS	4						
													relation redondante		10	6	SOUS	3						
															11	6	SOUS	5						
													relation redondante		12	6	SOUS	4						
															13	7	SOUS	6						
													relation redondante		14	7	SOUS	3						
															15	8	SOUS	6						
													relation redondante		16	8	SOUS	4						
															17	9	SOUS	3						
													relation redondante		18	9	SOUS	4						
															19	9	SOUS	5						
													relation redondante		20	9	SOUS	6						
															21	9	SOUS	7						
															22	9	SOUS	8						
															23	7	pt.être synchrone	8						

Colonne S (phases)	Reçoit le nom de chaque phase, qui apparaîtra sur le diagramme (il est conseillé d'utiliser une dénomination courte)
Colonne T (ordre)	La numérotation reflète la succession des phases ; on doit toujours numéroter 1 la phase la plus ancienne, 2 la phase suivante, et ainsi de suite. La numérotation doit être continue, et par ordre croissant (la phase la plus ancienne sur la première ligne).

Saisie des mises en phase des US

L'utilisateur doit affecter au moins certaines US aux phases saisies ci-dessus (NB: il doit y avoir au moins une US attribuée à chaque phase numérotée en colonne T).

Ces indications de mise en phase sont saisies grâce aux deux colonnes I et J dans la liste des US :

US n°	US 1	type	US 2	phases : ordre	TPQ	TPQ début	TAQ	TAQ début
1	2	sous	1	phase I	1			
2	3	sous	1	phase II	2			
3	4	sous	1	phase III	3			
4	5	sous	1					
5	7	sous	1					
6	8	sous	1					
7	5	sous	2					
8	5	sous	3					
9	5	sous	4					
10	6	sous	3					
11	6	sous	5					
12	6	sous	4					
13	7	sous	6					
14	7	sous	3					
15	8	sous	6					
16	8	sous	4					
17	9	sous	3					
18	9	sous	4					
19	9	sous	5					
20	9	sous	6					
21	9	sous	7					
22	9	sous	8					
23	7	pt.être synchrone	8					

Il existe deux colonnes pour la mise en phase de chaque US, car il est possible d'attribuer une US à une fourchette de phases, dans le cas où on ne sait pas à laquelle de ces phases rattacher précisément cette US (si par exemple on estime qu'une unité A peut appartenir soit à une phase soit à la phase suivante, on indique le numéro de la première phase en « phase début », et le numéro de la seconde en « phase fin »).

Colonne I (phase début)	Numéro (correspondant à la numérotation de la colonne T) de la phase la plus ancienne à laquelle peut appartenir l'US
Colonne J (phase fin)	Numéro (correspondant à la numérotation de la colonne T) de la phase la plus récente à laquelle peut appartenir l'US

Ce n'est pas le cas dans notre exemple, où toutes les US mises en phases sont attribuées précisément à une seule phase : dans ce cas on indique le numéro de cette phase à la fois dans la colonne « phase début » et dans la colonne « phase fin ».

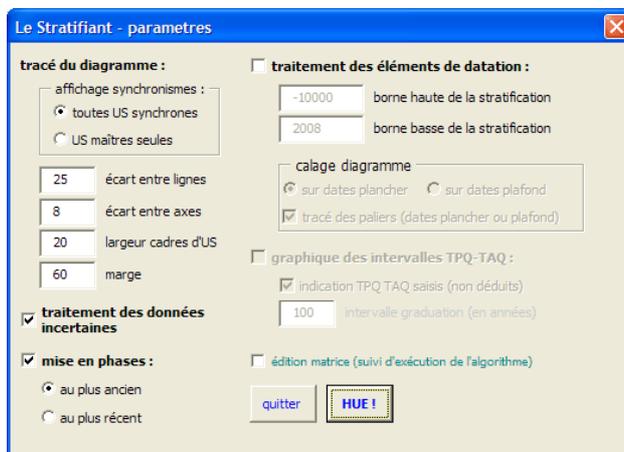
Remarquons cependant que trois unités n'ont pas été mises en phases : les sols 7 et 8, et la couche 1

.2.3.2. Diagrammes mis en phases

Diagramme mis en phases au plus ancien

- cliquer sur le bouton « traitement » pour sélectionner la feuille de données et retourner sur la feuille traitement ;

- sur la feuille traitement, cliquer sur le bouton « paramètres » pour ouvrir la fenêtre de paramètres

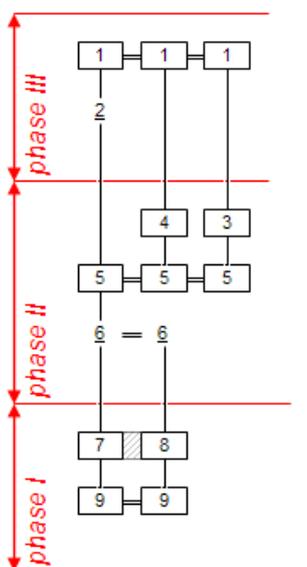


- dans la fenêtre de paramètres, cocher l'option « mise en phases » , et cocher l'option « au plus ancien »

Le *Stratifiant* effectue la mise en phases générale du diagramme, en plaçant chaque US dans la plus ancienne phase qu'il est possible de lui attribuer compte tenu des indications saisies et des relations stratigraphiques.

- Cliquer « hue ! » pour lancer le traitement

le diagramme obtenu est celui-ci :



Les limites de phases apparaissent sur le diagramme sous forme de traits horizontaux rouges ; les noms des phases sont indiquées en marge. Le diagramme est allongé, de façon à marquer les séparations de phases et à répartir les US dans les phases. Ainsi les US 2 (dérasement de mur), 4 et 3 (remblai de tranchée de fondation), précédemment sur la même ligne car sans relations stratigraphiques enregistrées entre elles, sont maintenant décalées en hauteur, l'US 2 appartenant à la dernière phase et les US 4 et 3 à la précédente.

Remarquons que les US 7 et 8, non mises en phases au départ, ont été rangées par le *Stratifiant* dans la phase I, conformément au choix de mise en phase au plus ancien et à la stratigraphie.

Mises en phases déduites par le Stratifiant

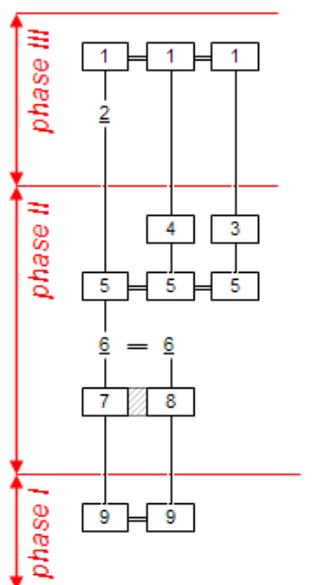
- Cliquer sur l'onglet de la feuille de données

exemple simple Harr											
C N A											
és :	identifiant	type	TPQ	TPQ estimé	TAQ estimé	TAQ	coul.	phase déb.	phase fin	phases déduites	selecti liste relat
	1	couche								(3, 3)	
	2	négatif	1636			1636		3	3	(3, 3)	
	3	couche	300					2	2	(2, 2)	
	4	couche						2	2	(2, 2)	
	5	couche						2	2	(2, 2)	
	6	négatif						2	2	(2, 2)	
	7	couche	1200							(1, 2)	
	8	couche								(1, 2)	
	9	couche	300					1	1	(1, 1)	

On observe que la colonne « phases déduites » de la liste des relations – dans laquelle l'utilisateur ne doit rien saisir – s'est automatiquement remplie. Elle contient en bleu le couple (phase début, phase fin) déduit par le *Stratifiant* pour chaque US. Sans surprise, on voit que les indications saisies ont été reprises. Mais l'on voit aussi que la couche 1, qui n'était pas mise en phase, est affectée à la phase 3 ; en effet, ne peut pas appartenir à une phase plus récente que la dernière, car elle est postérieure à des US qui sont attribuées à cette dernière phase. Quant aux couches 7 et 8, de même non mises en phase au départ, le *Stratifiant* les attribue soit à la phase 1 (phase début), soit à la phase 2 (phase fin), toujours en fonction des relations avec les US déjà phasées.

Choix de mise en phases du diagramme au plus ancien ou au plus récent

Relançons un traitement (feuille traitement, bouton « paramètres ») en choisissant cette fois l'option de mise en phases « au plus récent ». le diagramme obtenu est le suivant :



Notons que les US 7 et 8, qui, déduction faite, peuvent appartenir aux phases I ou II, sont ici placées dans la phase la plus récente qu'elles peuvent occuper, c'est à dire la phase II. Ce choix de mise en phase au plus récent donne donc une chronologie alternative.

Les diagrammes, calé au plus ancien et calé au plus récent, illustrent les deux possibilités extrêmes

de mise en phases générale, compte tenu de la stratigraphie et des indications saisies par l'utilisateur.

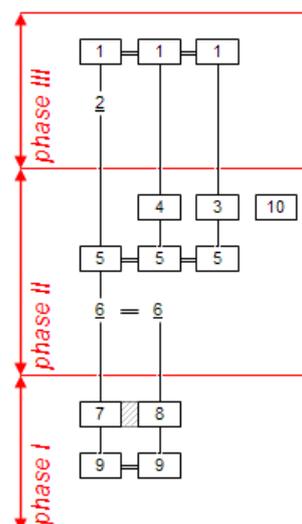
traitement des unités disjointes et ensembles isolés

Il faut noter que la fonction d'aide à la mise en phase permet d'intégrer dans une mise en phase générale des ensembles d'unités disjointes (sans liens stratigraphiques entre eux) et des unités isolées, pour lesquelles aucune relation n'a été enregistrée.

En principe, il ne peut exister d'unités stratigraphique flottant dans l'éther, sans aucun lien avec au moins le substrat géologique. En pratique cependant, des unités ou ensembles d'unités peuvent ne pas avoir de relations enregistrées avec le reste de la stratification (car l'enregistrement se limite de fait, le plus fréquemment, à la stratification anthropique) : c'est le cas par exemple entre deux sondages disjointes, ou sur des sites à « stratification discontinue » (c'est à dire : à stratification archéologique discontinue, compte non tenu des formations naturelles sous jacentes et des niveaux récents décapés sus-jacents).

Sur le diagramme ci dessous, l'unité 10 ajoutée à la liste des US de notre exemple n'a aucune relation enregistrée avec le reste de la stratification, mais est attribuée à la phase 2. Le *stratifiant*, sans faire apparaître de relations stratigraphiques qui n'existent pas, place donc cette unité dans la phase 2.

exemple simple Harris											
identifiant	type	TPQ	TPQ estimé	TAQ	TAQ estimé	TAQ	couil.	phase déb.	phase fin.	phases déduites	selection liste relations
1	couche										
2	négatif	1636				1636		3	3		
3	couche	300						2	2		
4	couche							2	2		
5	couche							2	2		
6	négatif							2	2		
7	couche	1200									
8	couche										
9	couche	300						1	1		
10	couche							2	2		



2.4. Inscription dans la chronologie quantifiée

Le *Stratifiant* permet d'inscrire la chronologie stratigraphique dans un cadre quantifié (dates planchers et dates plafonds), matérialisé par des paliers horizontaux sur le diagramme. Il permet aussi de créer un graphique de datation des US.

2.4.1 Saisie des indications de datation

Le *Stratifiant* peut prendre en compte les deux indicateurs de datation suivants :

- la **date-plancher** (ou *terminus post quem* : **TPQ**) : date avant laquelle l'US n'a pu achever de se former, fournie par le plus récent objet datable (non intrusif) dans la couche ;
- la **date-plafond** (ou *terminus ante quem* : **TAQ**) : date après laquelle l'US n'a pas pu se former, fournie par exemple par un texte datant une destruction.

Le TPQ et le TAQ d'une unité forment les bornes d'un intervalle d'imprécision, dans lequel s'inscrit la date de l'US, et plus précisément la date de la fin de la formation de cette US (car cette

US est aussi pourvue d'une durée de formation)¹⁷.

Dans le cas le plus favorable, l'unité est précisément datée : c'est à dire que l'instant final de sa formation est connu. Par exemple, les dépôts volcaniques recouvrant Pompéi et Herculanium, générés par l'éruption qui a détruit ces deux sites, historiquement et précisément datée de 79 de notre ère.

- Cliquer sur l'onglet de la feuille de saisie de données contenant les données de l'exemple 1 pour l'afficher.

Supposons que l'on dispose pour cet exemple des indications de datations suivantes :

- la date de la destruction du bâtiment auquel appartenait la fondation 5 est historiquement connue : elle a eu lieu en 1636. On peut rapporter le négatif de dérasement de mur 2 à cette destruction ; par conséquent cette unité est datable de 1636.
- le remblai de tranchée de fondation 3 contient un fragment de céramique gallo-romaine (nous faisons traverser la Manche à la stratification imaginaire de Harris), d'un type produit au IV^e siècle ; ce remblai dispose donc d'un TPQ en 300 de notre ère.
- le sol construit 7 contenait, pris dans le matériau de sol, des fragments de céramiques datables du XIII^e siècle ; soit un TPQ en 1200.
- le remblai 9 contenait, comme le remblai 3, un fragment de céramique gallo-romaine du IV^e siècle (pour corser l'affaire, ajoutons que ce fragment remonte avec celui du remblai 3 et appartenait donc au même vase) ; le remblai 9 a donc aussi un TPQ en 300.

identifiant	type	TPQ	TPQ estimé	TAQ estimé	TAQ	col.	1	2	3	4	phases
1	couche										
2	négatif	1636			1636						
3	couche	300									
4	couche										
5	couche										
6	négatif										
7	couche	1200									
8	couche										
9	couche	300									

Ces indications correspondent aux valeurs saisies dans la feuille de l'exemple 1 ; les dates-plancher sont à saisir dans la colonne D (TPQ) et les dates-plafond dans la colonne G (TAQ). Chaque date doit être saisie sous la forme d'un nombre entier correspondant à l'année¹⁸. Les dates antérieures à notre ère sont à saisir avec le signe «->» devant.

Attention : ne pas saisir « 0 » pour un TPQ ou un TAQ situé dans la première année de notre ère ; d'abord car, par convention, il n'y a pas d'année zéro¹⁹ ; et ensuite car une valeur 0 ou vide signifie pour le programme qu'il n'y a pas de date attribuée.

Notons que le négatif de destruction de mur 2, précisément daté de 1636, porte donc cette date à la fois comme TPQ et comme TAQ. En effet, dans ce cas où l'instant final de formation d'une US est

17 Les indicateurs de datation et l'inscription du temps stratigraphique dans le temps quantifié sont discutés dans le chapitre 2 (2.1.5) de la thèse.

18 Les données chiffrées de datation sont gérées en format numérique simple (et non en format date).

19 Si l'on considère le temps comme un phénomène linéaire et continu (comme les autres dimensions de l'espace, et comme c'est le cas pour toute mesure du temps dans le cadre de la physique classique), cette absence d'année zéro est illogique (et entraîne des inexactitudes dans le calcul des durées entre avant et après l'an 1). Mais notre calendrier a été créé avant que l'invention du zéro ne soit connue en Occident.

précisément daté, l'intervalle d'imprécision borné par le TPQ et le TAQ est nul (ou du moins négligeable à l'échelle du temps archéologique), et TPQ et TAQ sont donc égaux à cette date précise. Ainsi les dépôts volcaniques qui scellent le site de Pompéi ont l'an 79 à la fois comme TPQ et comme TAQ.

.2.4.2. Mise en paliers de datation du diagramme

Le *Stratifiant* effectue le report automatique des TPQ et TAQ, en fonction des relations stratigraphiques, en utilisant le fait qu'un TPQ attribué à une US est logiquement le TPQ des US postérieures (sauf si celles-ci disposent de TPQ plus récents), et inversement qu'un TAQ est aussi le TAQ des US antérieures (sauf si celles-ci disposent de TAQ plus anciens).

Ainsi, à partir de quelques éléments de datation connus, et à partir du TPQ et du TAQ « absolus » valables pour toute la stratification, une fourchette TPQ-TAQ est attribuée à chaque US enregistrée.

Ce calcul permet de recaler le diagramme en fonction de paliers horizontaux exprimant soit les TPQ, soit les TAQ.

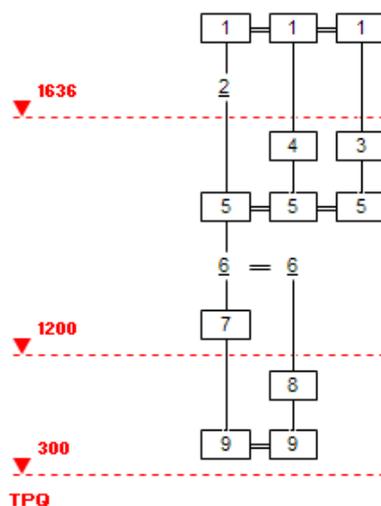
Diagramme calé sur les TPQ (au plus ancien)

- Cliquer sur le bouton « traitement » (en haut et à gauche de la feuille) pour sélectionner la feuille de données et afficher la feuille « traitement ».
- Cliquer sur le bouton « paramètres » pour afficher la feuille de paramètres,

- décocher l'option «traitement des données incertaines» (si elle était cochée)
- décocher (pour le moment) l'option « mise en phases » (si elle était cochée)
- cocher l'option « traitement des éléments de datation » ;

deux cadres deviennent actifs : « borne haute de la stratification » et « borne basse de la stratification ». En effet, afin de pouvoir fermer tous les intervalles, le *Stratifiant* demande que l'on indique un TPQ et un TAQ « absolus », c'est dire valable pour toute la stratification. Le TPQ absolu doit être choisi à une date suffisamment reculée pour qu'aucune US fouillée n'ait de chances de lui être antérieure ; quant au TAQ absolu, c'est logiquement la date de début de la fouille archéologique...

- cocher les options « calage diagramme sur dates plancher », « tracé des paliers » (ou vérifier que ces options sont déjà cochées). Décocher, ou laisser décoché, la case « tracé » dans le cadre « graphique des intervalles des TPQ-TAQ ».
- Lancer le traitement (bouton « hue ! »). Le diagramme calé sur les TPQ apparaît :



Le diagramme montre des paliers (lignes rouge pointillées) correspondant aux TPQ (indiqués en marge).

La mise en paliers se lit de la façon suivante : le premier palier situé sous une US indique le TPQ applicable à cette US. Ici, les US 8 et 9 ont 300 comme date planche ; les US 1 et 2 : 1636 ; les autres : 1200.

Remarquons que le diagramme a été créé sans tenir compte des relations incertaines (*cf.* options choisies ci-dessus) ; les unités 7 et 8 ne sont plus au même niveau car elles étaient en synchronisme incertain : la date planche de 1200 affectée à l'US 7 n'a donc pas été reportée sur l'unité 8 (elle l'aurait été si 7 et 8 avaient été enregistrées en synchronisme). L'US 8, qui n'avait pas de TPQ propre, a donc stratigraphiquement celui de l'US antérieure 9.

Notons aussi que l'US 3, qui avait un TPQ propre en 300, se trouve pourvue d'un « nouveau » TPQ en 1200 : elle est en effet postérieure à une US (la 7) qui dispose d'un TPQ à cette date. La précision de l'intervalle de datation de l'US 3 est ainsi améliorée grâce à la stratigraphie.

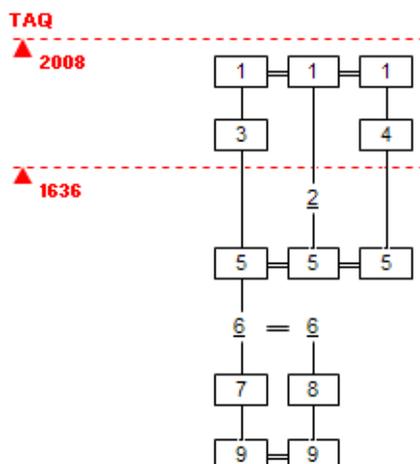
Ce rajeunissement du TPQ de l'US 3 via la stratigraphie illustre le danger qu'il y a à confondre une date-planche (fournie par exemple par du mobilier, qui peut être résiduel, remanié ou avoir eu un temps d'usage très long) avec la date de formation du dépôt lui-même.

En effet, le TPQ fourni par du matériel remanié n'est pas faux, mais limite un intervalle d'imprécision très large. Ainsi dans notre exemple fictif, le TPQ propre de la l'US 3 était donné par un tesson du IV^e siècle remanié ; il provient du même vase que celle de la couche 9, car cette dernière a été recoupée par la tranchée de fondation 6 ; du matériel provenant de 9 est alors passé en déblai, et de nouveau en remblai dans le remplissage de tranchée de fondation 3.

Cet exemple illustre un autre piège : il est dangereux de déduire la contemporanéité de formation de deux unités du fait de remontages de matériel entre ces deux unités.

Diagramme calé sur les TAQ (au plus récent)

- Sélectionner l'onglet de la feuille « traitement » pour afficher à nouveau cette feuille ; des commentaires de traitement se sont affichés dans la colonne « traitement éléments de datation ».
- modifier les paramètres (bouton « paramètres ») et cocher l'option « sur date plafond » dans le cadre « calage diagramme » ; puis relancer le traitement (« hue ! ») ; le diagramme calé sur les TAQ s'affiche :



Le diagramme est maintenant disposé de telle façon que le premier palier (ligne rouge pointillée horizontale) au-dessus d'une US indique la date-plafond applicable à cette US.

Ici, les US 1, 3 et 4 ont 2008, soit le TAQ « absolu » indiqué dans le *Stratifiant*, comme date-plafond (en effet ces unités sont stratigraphiquement les plus récentes et aucune n'est pourvue en propre d'un TAQ). Les autres US ont 1636 comme date-plafond : c'est en effet le TAQ de la plus récente (stratigraphiquement) d'entre elles (US 2).

Ces mises en paliers de chronologie quantifiée, calée sur les TPQ ou calée sur les TAQ, peuvent servir de guides à l'utilisateur pour une reprise manuelle du diagramme, afin de choisir la disposition chronologique illustrant au mieux son hypothèse ; ou bien les deux diagrammes illustrant ces deux mises en paliers peuvent être tous deux joints au rapport ou à la publication, pour donner le cadre chronologique à l'intérieur duquel peuvent prendre place des hypothèses différentes de datation. La chronologie réelle correspond en effet à une situation intermédiaire entre les deux extrêmes que sont la première disposition (calage sur les TPQ) où les unités sont placées en fonction de leur plus haute datation possible ; et la seconde (calage sur les TAQ), où elles sont placées en fonction de leur plus basse datation possible.

Dans le cas d'une modification manuelle de la disposition du diagramme, l'utilisateur, pour un diagramme calé sur les TPQ, peut modifier l'emplacement des US en hauteur et les faire « coulisser » vers le haut (sans modifier leurs positions relatives bien sûr) ; mais vers le bas il ne peut pas leur faire franchir de palier (s'il veut rester cohérent avec les éléments de datation qu'il a attribué). Inversement dans le cas d'un diagramme calé sur les TAQ, les US peuvent être déplacées vers le bas, mais vers le haut elles ne peuvent pas franchir de palier.

.2.4.3. Graphique des intervalles TPQ – TAQ

Valeurs de TPQ et TAQ recalculées par le Stratifiant : feuille des US traitées

La feuille « US Traitée », créée automatiquement lors du traitement, indique pour chaque US la fourchette TPQ-TAQ calculée par le *Stratifiant*, tenant compte des dates saisies et des relations stratigraphiques :

- Cliquer sur l'onglet de la feuille « US Traitées » pour l'afficher.

	A	B	C	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	U
1	identifiant US	indice US	ES	type unité	ESI	LignDiag	ColsDiag	Tp _q	Tp _q estimé	Ta _q estimé	Ta _q	Phase début	Phase fin	rang
2	1	1	1	couche		1	1;3	1636	0	0	2008			1
3	2	2	2	couche		3	2	1636	0	0	1636			4
4	3	3	3	couche		2	1	1200	0	0	2008			2
5	4	4	4	négatif		2	3	1200	0	0	2008			3
6	5	5	5	couche		4	1;3	1200	0	0	1636			5
7	6	6	6	négatif		5	1;2	1200	0	0	1636			6
8	7	7	7	couche		6	1	1200	0	0	1636			7
9	8	8	8	couche		6	2	300	0	0	1636			8
10	9	9	9	couche		7	1;2	300	0	0	1636			9
11														

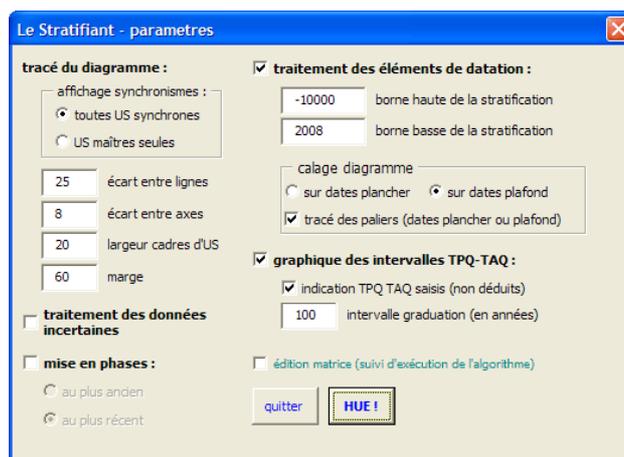
Les colonnes J et M affichent la fourchette TPQ-TAQ recalculée par le *Stratifiant* pour chaque US.

Graphique des intervalles TPQ -TAQ

En raison de l'inégalité des intervalles date-plancher – date-plafond, il n'est pas possible de représenter simultanément les TPQ et les TAQ par des paliers horizontaux sur le diagramme stratigraphique²⁰.

Pour représenter l'échelle continue du temps quantifié (compté en années), et ainsi pouvoir figurer les intervalles entre TPQ et TAQ pour chaque US, il faut recourir à une deuxième représentation : le graphique des intervalles TPQ-TAQ²¹.

- Revenir sur la feuille de traitement, et cliquer sur le bouton « paramètres » :



- Cocher l'option « graphique des intervalles TPQ - TAQ » ; si ce n'est déjà fait, cocher l'option « indication TPQ TAQ saisis » et saisir 100 comme intervalle de graduation.

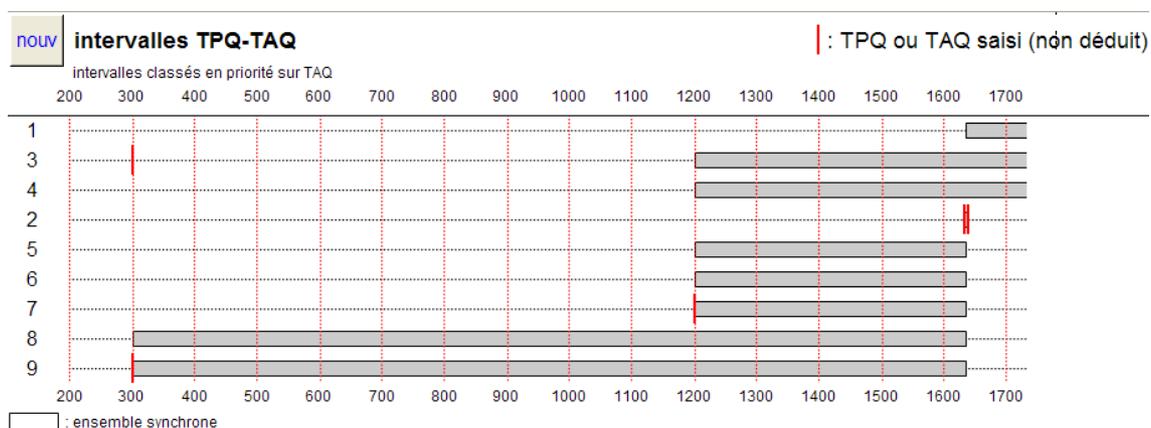
20 Fondamentalement, le diagramme stratigraphique est un graphe d'ordonnement figurant un temps « discretisé », non continu ; si l'on peut « discrétiser » des datations en les transformant en seuils (les paliers de TPQ ou TAQ), on ne peut pas assimiler la dimension verticale du diagramme à une échelle quantifiée continue du temps.

21 Dans les graphes de recherche opérationnelle destinés à modéliser les processus de production industriels, on retrouve ce couple de représentation pour figurer le temps discret des successions (graphe d'ordonnement type PERT ou MPM, dont le diagramme stratigraphique est un proche parent) et pour figurer le temps quantifié continu (diagramme de Gantt).

- cliquer « Hue ! » pour lancer le traitement ;

au terme du traitement, un nouvel onglet est visible dans le classeur : « graphique TPQ-TAQ »²² ;

- cliquer sur l'onglet « graphique TPQ-TAQ » pour afficher la feuille correspondante :



Le graphique est établi sur une échelle horizontale du temps graduée (en bas et en haut) suivant le pas choisi dans les paramètres (ici : 100 ans). La première ligne, qui porte la graduation haute, reste figée lorsque l'on fait défiler les lignes à l'écran, de façon à garder la graduation toujours visible (si il y a un grand nombre d'US).

Les limites latérales du graphique sont fixées par défaut de façon à contenir la plage de temps entre les plus ancienne et plus récente dates saisies par l'utilisateur.

Les US figurent en lignes (identifiants dans la marge gauche) ; les ensembles synchrones certains sont figurés par des cadres entourant les identifiants concernés (il n'y en a pas sur l'exemple). Les bandes grises figurent les intervalles date plancher – date plafond de chaque US, après traitement.

Les US sont classées dans l'ordre chronologique descendant (les plus récentes en haut). Le classement est effectué sur les TPQ ou sur les TAQ, en fonction du choix de calage du diagramme sur les TPQ ou les TAQ indiqué dans la fenêtre « paramètres » avant traitement.

Les traits rouges verticaux indiquent les TPQ ou TAQ saisis par l'utilisateur, c'est à dire l'état des indicateurs de datation avant traitement.

Un trait rouge « isolé », qui ne correspond pas à une extrémité d'un intervalle gris, marque une date plancher ou plafond qui a été saisie pour cette US, mais qui a été corrigée par un TPQ ou TAQ plus précis obtenu par déduction stratigraphique. C'est, comme on l'a vu plus haut, le cas de l'US 3. Le graphique illustre cette situation : le trait rouge du TPQ saisi par cette pour cette US (300) apparaît très à gauche de son intervalle TPQ TAQ déduit après traitement stratigraphique.

Concernant l'US 2 (4e ligne), on note que, bien que son intervalle TPQ-TAQ soit en principe nul (instant final de formation de l'US précisément daté en 1636) il présente quand même une certaine largeur (très réduite) sur le graphique. En effet, pour des raisons de visibilité, la largeur minimale d'affichage d'un intervalle est de 2 points d'écran.

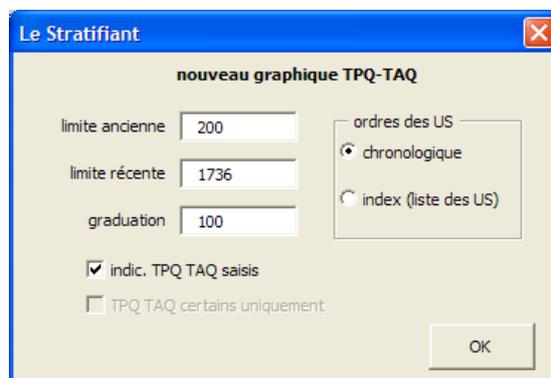
Attention ! Afin de ne pas lire faussement ce graphique, il faut insister sur le fait que l'intervalle représenté ne représente pas la durée de formation ou d'existence de l'US concernée ; c'est l'intervalle d'imprécision, qui encadre l'instant de fin de la formation de cette unité (c'est à dire un point dans le temps et non une durée). Plus l'intervalle est étroit, plus cet instant est localisé avec précision.

22 Si aucune US ne s'est vue attribuer de date plancher ou plafond, certaine ou estimée, le graphique n'est pas tracé.

Modification du graphique des intervalles TPQ – TAQ

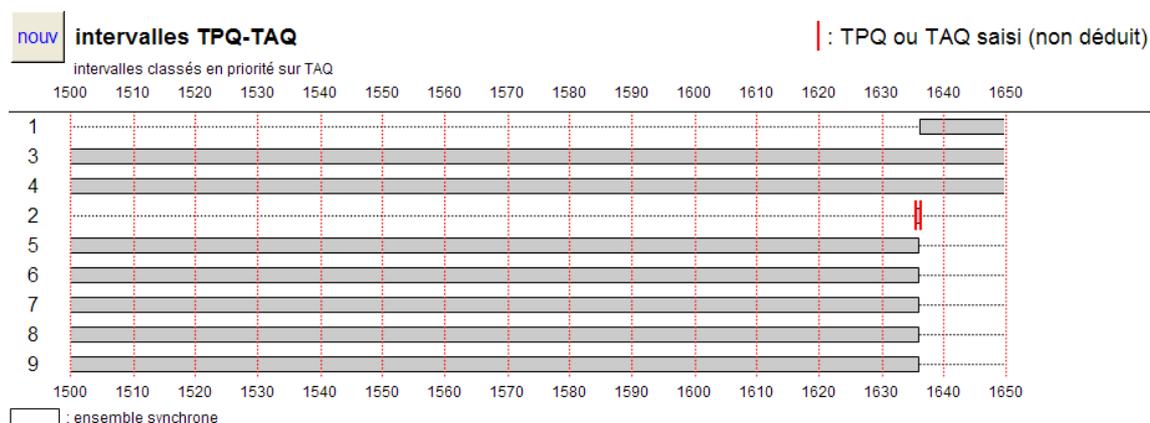
Il est possible de modifier le graphique des intervalles sans avoir à relancer l'ensemble du traitement stratigraphique, en choisissant d'autres limites pour la plage de temps représentée, un autre ordre pour les US, une autre échelle de graduation, ou en n'affichant pas les TPq ou Taq saisis.

- Sur le graphique, cliquer sur le bouton « nouv » (en haut à gauche)



On peut, par exemple, demander un nouveau graphique « zoomé » en choisissant une plage chronologique et un pas de graduation plus fins ;

- saisir 1500 dans le cadre « limite ancienne », 1650 dans le cadre « limite récente », et 10 dans le cadre « graduation » ; puis cliquer OK



Le graphique montre maintenant la plage 1500-1650, graduée tous les 10 ans.

Dans la fenêtre de définition d'un nouveau graphique (bouton « nouv »), le choix de l'option « ordre des US / index (liste des US) » permet d'obtenir un graphique reclassé non plus dans l'ordre chronologique, mais dans l'ordre numérique (ou alphabétique) des identifiants d'US. On obtient ainsi un index chronologique et graphique des US, qui peut être utile comme document de consultation et de référence, en annexe d'un rapport de fouille ou d'une publication.

Impression du graphique des intervalles TPQ – TAQ

Le graphique peut être imprimé, à l'aide des options d'impression d'*Excel*. Il est recommandé de limiter la zone d'impression à une page en largeur, et autant de pages que nécessaire en hauteur (en fonction du nombre d'US).

Par défaut, la première ligne (portant le titre et la graduation supérieure) est imprimée en tête de

toutes les pages.

.2.4.4. Traitement des datations estimées (incertaines)

Le *Stratifiant* intègre la notion d'incertitude dans le traitement des éléments de datation, sous la forme de TPQ ou TAQ « estimés » et non plus certaines. Un TPQ ou un TAQ « estimé » – le terme est ici pris comme synonyme d'incertain – a le statut d'une hypothèse, pas d'un fait établi.

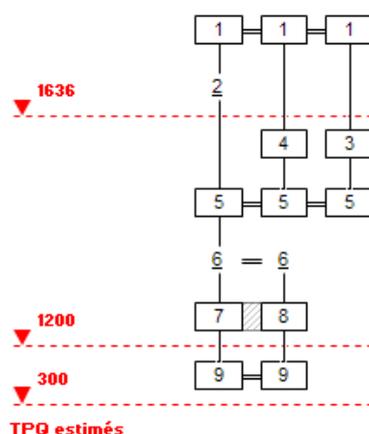
Cette notion de TPQ ou TAQ estimés, c'est à dire affectés d'une modalité d'incertitude, découle de l'existence des relations stratigraphiques incertaines : en effet, si A est peut-être postérieur à B (relation incertaine), le TPQ de B ne peut s'appliquer que de façon incertaine à A. En d'autres termes, l'incertitude de la relation entraîne le caractère incertain des éléments de datation reportés. Par conséquent, en cas de relation stratigraphique incertaine, le report logique des éléments de datation s'effectue de la façon suivante : le TPQ d'une US devient le TPQ estimé (incertain) des US postérieures incertaines ; le TAQ d'une US devient le TAQ estimé des US antérieures incertaines ; le TPQ et le TAQ d'une US deviennent les TPQ et TAQ estimés des US synchrones incertaines.

Diagramme mis en paliers avec TPQ ou TAQ estimés

C'est le cas, comme on va le voir, du synchronisme incertain que contient notre exemple :

- relancer le traitement de l'exemple 1 (bouton « paramètres » sur la feuille « traitement » pour afficher la fenêtre paramètres), avec les options « traitement des données incertaines », « traitement des éléments de datation » (en choisissant calage diagramme : sur les dates plancher), « graphique des intervalles TPQ-TAQ » (en rétablissant un pas de 100 ans pour ce dernier) :

- cliquer sur « Hue » ; le diagramme obtenu est le suivant :



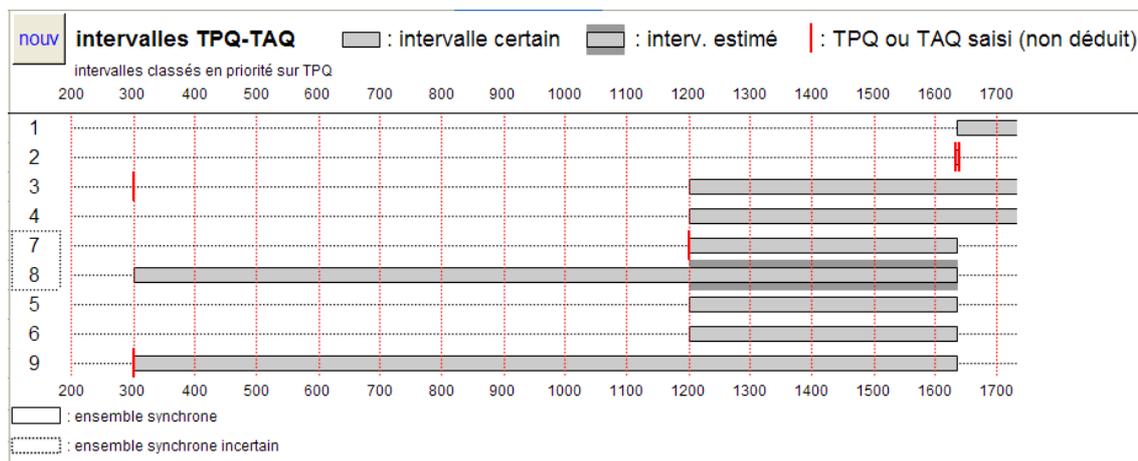
Notons que le synchronisme incertain entre 7 et 8, à nouveau figuré, a entraîné l'application du TPQ en 1200 de l'US 7 à l'US 8. Ce report cependant ne repose que sur une relation incertaine ; aussi le TPQ reporté n'est-il « qu'estimé ».

L'existence de relations incertaines amène donc une inscription dans la chronologie quantifiée elle-même en partie incertaine : les paliers de datation sont donc indiqués comme « TPQ estimés ». Le choix de prise en compte des relations incertaines entraîne automatiquement, sur le diagramme, le passage des paliers de TPQ ou TAQ en paliers de TPQ ou TAQ estimés.

Graphique des intervalles TPQ-TAQ certains et estimés

Pour avoir une vue simultanée des TPQ et TAQ, il faut recourir à la feuille « US traitées » et au graphique des intervalles TPQ – TAQ :

- cliquer sur l'onglet « graphique TPQ-TAQ » pour afficher celui-ci :



Parmi les intervalles définis par les TPQ et TAQ, certains apparaissent toujours sous la forme de bandes grises. Les intervalles estimés (incertains) apparaissent en arrière-plan, marqués par des bandes plus sombres et plus larges.

Ici, on voit un intervalle estimé, pour l'US 8. Cet intervalle incertain correspond, on l'a vu, au report du TPQ via un synchronisme incertain ; on voit effectivement, en marge, le cadre en pointillés autour des identifiants des US 7 et 8 qui indique cet ensemble synchrone incertain.

Le graphique permet ainsi de visualiser pour, chaque US, TPQ et TAQ certains et incertains, et les intervalles correspondants.

- Cliquer sur l'onglet de la feuille « US traitées » pour l'afficher :

	A	B	C	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	U
1	identifiant US	indice US	ES	type unité	ESI	LignDiag	ColsDiag	TpQ	TpQ estimé	TaQ estimé	TaQ	Phase début	Phase fin	rang
2	1	1	1	couche		1	1;3	1636	1636	2008	2008			1
3	2	2	2	négatif		2	1	1636	1636	1636	1636			2
4	3	3	3	couche		3	3	1200	1200	2008	2008			3
5	4	4	4	couche		3	2	1200	1200	2008	2008			4
6	5	5	5	couche		4	1;3	1200	1200	1636	1636			5
7	6	6	6	négatif		5	1;2	1200	1200	1636	1636			6
8	7	7	7	couche	1	6	1	1200	1200	1636	1636			7
9	8	8	8	couche	1	6	2	300	1200	1636	1636			8
10	9	9	9	couche		7	1;2	300	300	1636	1636			9

On constate que toutes les colonnes d'indicateurs de datation calculés par le *Stratifiant* (« TPQ », « TPQ estimé », « TAQ estimé » et « TAQ ») sont remplies, avec les fourchettes correspondantes.

Saisie de TPQ et TAQ estimés par l'utilisateur

Cette modalité d'incertitude affectant les TPQ et TAQ peut aussi être employée par l'utilisateur, dès la saisie. Il est en effet possible d'ajouter aux données de la liste des US des TPQ et TAQ « estimés », dans les colonnes E et F de la feuille de données.

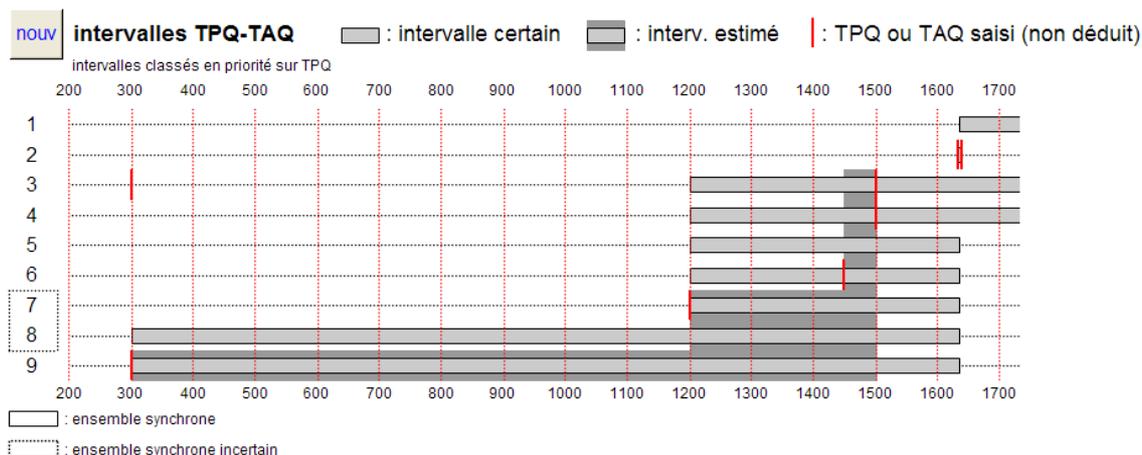
Cette possibilité de saisie de TPQ ou TAQ estimés correspond à des datations plus incertaines que des indicateurs de datation solidement établis (date-plancher donnée par la date d'émission d'une monnaie par exemple), mais que l'on peut souvent opérer, à titre provisoire, en se basant sur des estimations rapides avant traitement complet du mobilier, ou sur des considérations stylistiques ou typologiques moins assurées, voire sur le « flair » du fouilleur. La différence entre indicateurs « certains » et « estimés » peut aussi correspondre, par exemple, à celle entre le pic de plus forte probabilité fourni avec une datation 14C (TPQ incertain) et la borne ancienne de l'intervalle de probabilité à 90% (TPQ que l'on peut considérer comme certain).

	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
	C N A			exemple simple Harris							
	identifiant	type	TPQ	TPQ estimé	TAQ estimé	TAQ	coul.	phase déb.	phase fin	phases déduites	selection liste relations
1	1	couche									
2	2	négatif	1636			1636		3	3		
3	3	couche	300		1500			2	2		
4	4	couche			1500			2	2		
5	5	couche						2	2		
6	6	négatif		1450				2	2		
7	7	couche	1200								
8	8	couche									
9	9	couche	300					1	1		

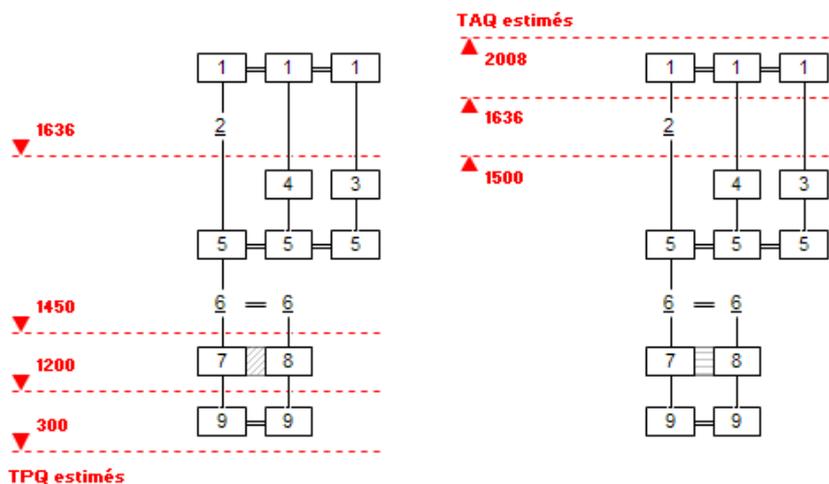
- Saisir le TPQ estimé 1450 pour l'US 6, et le TAQ estimé 1500 pour les US 3 et 4 (comme ci-dessus).

Nous avons ici estimé que le mur (US 5) a été construit entre 1450 et 1500. Nous avons donc logiquement affecté le TPQ estimé 1450 à la tranchée de fondation (US 6 : début de la séquence de construction du mur) et le TAQ estimé 1500 aux US 3 et 4 (remblaiement de la tranchée de fondation après mise en place de la maçonnerie de fondation : plus récente étape conservée de la séquence de construction du mur).

Après relance du traitement, le graphique des intervalles TPQ-TAQ et les diagrammes (calé sur les TPQ, puis sur les TAQ) obtenus sont les suivants :



les intervalles estimés, en gris plus sombre, montrent l'hypothèse chronologique qui résulte de ces nouveaux indicateurs, en gardant la vision simultanée des intervalles certains.



De même les diagrammes calés sur les TPQ et sur les TAQ montrent les nouveaux paliers estimés.

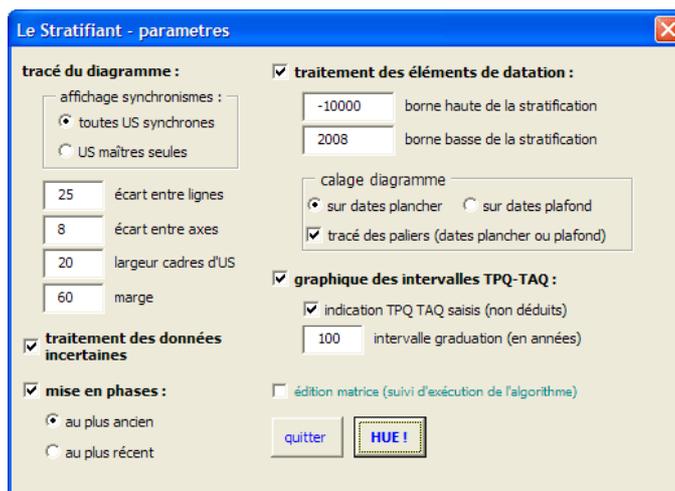
Cette possibilité de saisie de TPQ et TAQ estimés correspond à une évaluation provisoire, intuitive ou hypothétique, de la datation d'une US, que l'on peut bien souvent émettre dès le terrain ; le traitement permet de tirer et de visualiser les conséquences de cette hypothèse, confrontée à l'ensemble des autres données chronologiques.

.2.4.5. Datation des phases

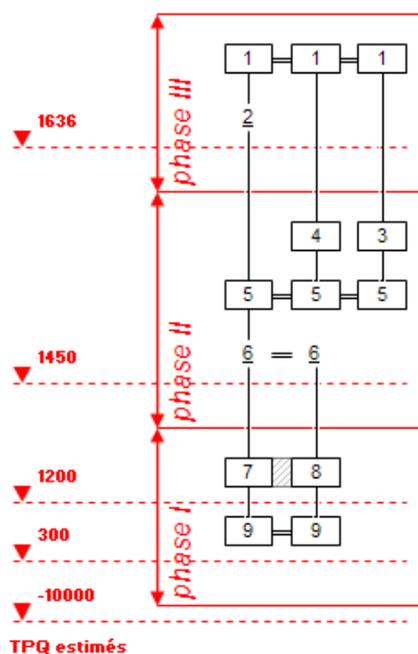
Mise en phase et traitement des TPQ et TAQ simultanés

Lorsque les options de mise en phase et de traitement des éléments de datation sont toutes deux choisies, le *Stratifiant* met en relation ces deux types d'indications chronologiques s'ajoutant aux relations stratigraphiques. L'option de mise en phase au plus ancien entraîne automatiquement celui du calage sur les TPQ, et réciproquement (et l'option de mise en phases au plus récent, celle de calage sur les TAQ, et réciproquement).

- Relancer le traitement de l'exemple 1 (bouton « paramètres » sur la feuille « traitement » pour afficher la fenêtre paramètres), en incluant l'option « mise en phases », comme ci-dessous :



Le diagramme obtenu visualise à la fois les paliers chronologiques et la mise en phase (ici calé au plus ancien) :



La lecture des paliers de datation s'applique aussi aux phases : le début d'une phase ne peut être plus ancien que la date du premier palier de TPQ situé sous cette phase. Par exemple, la phase II ne peut débuter avant 1200, et la phase III avant 1450.

Réciproquement, sur le diagramme calé au plus récent, chaque phase ne peut prendre fin après la date du premier palier de TAQ situé au dessus d'elle.

Ces TPQ et TAQ applicables aux phases ont été calculés par le *Stratifiant* à partir de la mise en phase des US et des intervalles TPQ-TAQ de chaque US.

- cliquer sur l'onglet de la feuille de données contenant l'exemple 1 pour afficher celle-ci

exemple simple Harris										le Stratifiant - feuille de saisie de données											
identifiant	type	TPQ	TPQ estimé	TAQ estimé	TAQ	couf.	phase plancher	phase plafond	phases déduites	selection liste relations	relations :	n°	US 1	type	US 2	phases :	ordre	TPQ	TPQ déduit	TAQ	TAQ déduit
1	couche								(3,3)			1	2	SOUS	1	phase I	1				
2	negatif	1636			1636		3	3	(3,3)			2	3	SOUS	1	phase II	2	1200		1636	
3	couche	300		1500			2	2	(2,2)		relation redondante	3	4	SOUS	1	phase III	3	1450		2008	
4	couche			1500			2	2	(2,2)		relation redondante	4	5	SOUS	1						
5	couche						2	2	(2,2)		relation redondante	5	7	SOUS	1						
6	negatif		1450				2	2	(2,2)			6	8	SOUS	1						
7	couche	1200							(1,2)			7	5	SOUS	2						
8	couche								(1,2)			8	5	SOUS	3						
9	couche	300					1	1	(1,1)		relation redondante	9	5	SOUS	4						
												10	6	SOUS	3						

Le TPQ de phase ainsi calculé apparaît, en bleu, dans la colonne « TPQ déduit » de la liste des phases (colonne V de la feuille de données ; l'utilisateur ne doit rien saisir dans cette colonne). Ce TPQ est la date avant laquelle ne peut se situer le début de la phase concernée. Le TAQ calculé pour chaque phase est la date en bleu dans la colonne « TAQ déduit » de la liste des phases (colonne X ; elle non plus ne doit pas être remplie par l'utilisateur). Ce TAQ donne la date avant laquelle se situe nécessairement la fin de la phase concernée.

Rappelons l'avertissement émis plus haut à propos de l'emploi des TPQ et TAQ, et insistons sur le fait que ces TPQ et TAQ de phases ne doivent pas se lire ainsi : « la phase II débute en 1200 et s'achève en 1636 » ; mais ainsi : « la phase II ne peut débuter avant 1200 (mais elle peut débuter après) et ne peut s'achever après 1636 (mais elle peut s'achever avant) ».

Le calcul s'effectue ainsi : le début d'une phase est nécessairement postérieure à la date plancher de la plus récente US de la phase précédente ; c'est donc cette dernière date-plancher qui est prise comme TPQ de la phase (si une telle date plancher ne peut être trouvée, c'est le TPQ « absolu » qui devient celui de la phase: c'est le cas de la phase n° 1, la plus ancienne). De même, la fin d'une phase est nécessairement antérieure à la date plafond de la plus ancienne US de la phase postérieure. Cette dernière date-plafond devient donc le TAQ de la phase.

Saisie et traitement de TPQ et TAQ de phases

Il est possible de saisir des dates-planchers et dates-plafond affectées directement aux phases. Ces dates sont à indiquer dans les colonnes TPQ et TAQ de la liste des phases (colonnes U et W de la feuille de données).

Dans notre exemple, nous avons considéré comme appartenant à une même phase les couches de sol construit 7 et 8 et la couche sous-jacente 9. Précisons cette interprétation : la couche 9, bien que contenant de la céramique antique, est un remblai d'exhaussement de sol (contenant du matériel gallo-romain remanié), dont la mise en place est immédiatement antérieure et liée à celle des unités 7 et 8 ; elle fait donc bien partie de la même phase. Nous estimons ici que la date plancher donnée par les tessons trouvés dans le sol 7 peut s'appliquer à l'ensemble de la phase :

le Stratifiant - feuille de saisie de données					
phases :	ordre	TPQ	TPQ déduit	TAQ	TAQ déduit
phase I	1	1200	1180		1500
phase II	2		1200		1636
phase III	3		1450		2008

- saisir 1200 comme TPQ de phase I (comme ci-dessus)

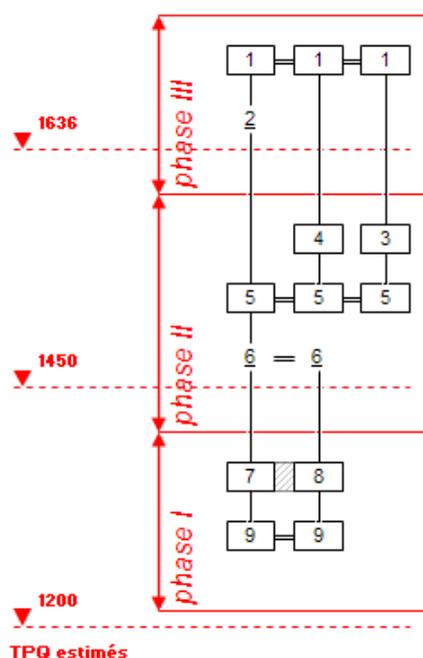
Notons qu'il n'existe pas de colonnes distinctes pour saisir des TPQ et TAQ de phases estimés ou

certain ; l'utilisateur doit donc faire attention à la règle suivante, appliquée par le *Stratifiant* : si l'option «traitement des données incertaines » est choisie dans les paramètres de traitement, les TPQ et TAQ de phases sont considérés comme estimés ; si cette option n'est pas choisie (traitement des données certaines uniquement), les TPQ et TAQ de phases sont considérés comme certains.

Les TPQ et TAQ de phases saisies par l'utilisateur sont utilisées par le *Stratifiant*, en effet-retour, pour recalculer les TPQ et TAQ des US appartenant à ces phases :

- si le TPQ d'une US est plus ancien que le TPQ de sa phase début (plus ancienne phase à laquelle l'US peut appartenir, en fonction des données de mise en phases et de la stratigraphie), alors le TPQ de l'US devient celui, plus jeune donc plus précis, de sa phase début ;
 - réciproquement, si le TAQ d'une US est plus récent que le TAQ de sa phase fin (plus récente phase à laquelle l'US peut appartenir, en fonction des indications de mise en phases et de la stratigraphie), alors le TAQ de l'US devient celui de sa phase fin.
- Relancer le traitement avec l'indication de TPQ de phase I saisie ci-dessus (bouton « traitement » pour sélectionner la feuille de données ; puis sur la feuille « traitement », bouton « paramètres » pour afficher la fenêtre paramètres ; cocher toutes options, avec choix de calage du diagramme au plus ancien

le diagramme obtenu est celui-ci :



On peut constater l'extension du TPQ en 1200 à toute la phase 1.

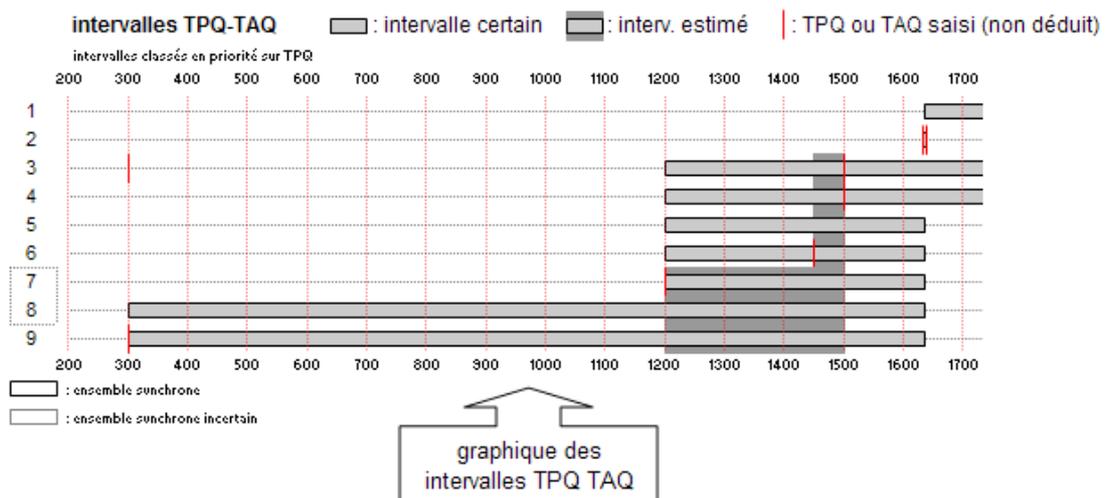
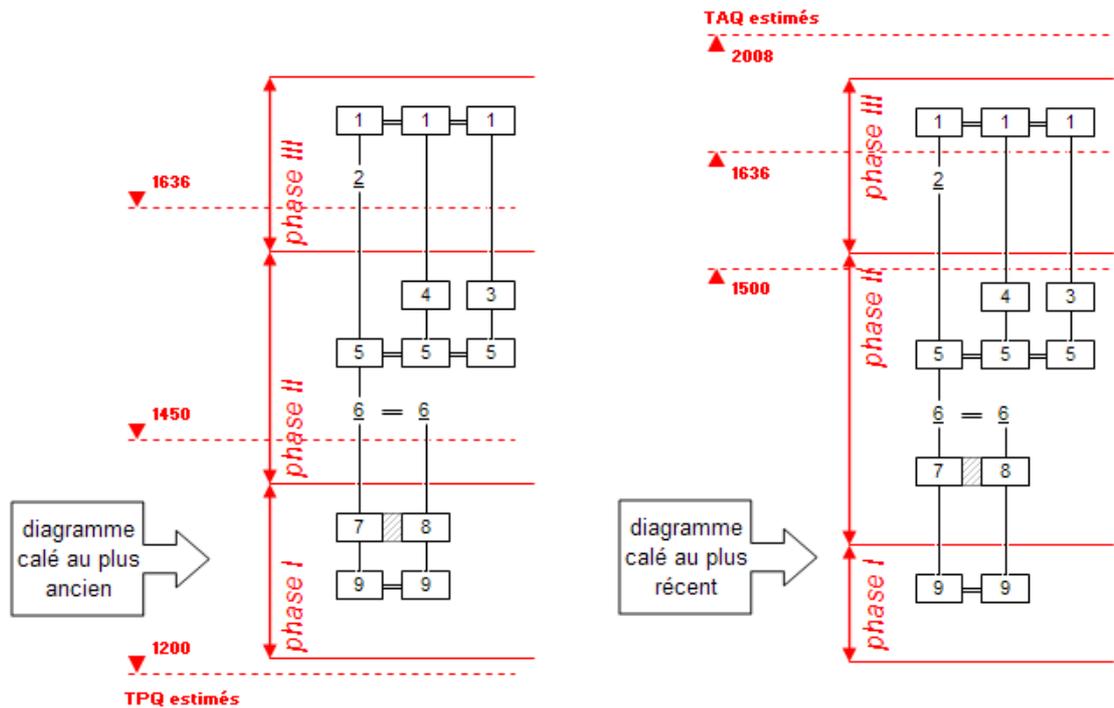
La pluralité des représentations

Il faut noter à ce stade que suivant les éléments pris en compte, de nombreux diagrammes différents sont possibles à partir de la même structure stratigraphique de base. De fait, le cadre des chronologies possibles à partir des données enregistrées est fourni non pas par un seul diagramme, mais par un ensemble de trois documents : le diagramme calé au plus ancien, le diagramme calé au plus récent, et le graphique des intervalles TPQ-TAQ.

En effet ces trois documents fournissent les situations extrêmes et les intervalles à l'intérieur

desquels se situe la chronologie que cherche à reconstituer l'archéologue. En tant que tels, ce sont des documents de travail, permettant notamment la confrontation interdisciplinaire entre les différents chercheurs travaillant sur les datations (au niveau des études typologiques de mobilier notamment).

En y intégrant le traitement d'éléments incertains et de dates estimées, ce sont aussi des documents d'aide à l'élaboration d'hypothèses, fournissant comme on l'a dit les conséquences d'estimations sur l'ensemble de la chronologie, et au vu desquels, de façon interactive, l'archéologue peut affiner ou corriger ses estimations et son modèle chronologique.



2.5. Détection des fautes et conflits logiques

L'erreur est humaine, y compris dans l'enregistrement stratigraphique. Il peut s'agir d'observations erronées, de fautes d'inattention sur les fiches papiers, ou de fautes de frappe lors de la saisie informatique. Lorsque ces erreurs entraînent des illogismes, elles sont détectées et signalées par le *Stratifiant*.

Il est fortement recommandé, dans le cas d'une fouille en cours, de procéder le plus fréquemment possible à la saisie des US et des relations, et de lancer un traitement après chaque nouvelle saisie : ainsi les éventuelles fautes logiques sont repérées sans délai et nécessitent donc la vérification d'un nombre réduit d'unités et de relations. S'il s'agit d'un problème d'observation, celui-ci a plus de chance d'être résolu, le retour sur le terrain étant parfois encore possible.

Il faut préciser que cette aide automatisée à la vérification de l'enregistrement n'est pas exhaustive : lorsqu'une observation erronée n'entraîne pas de faute logique, elle n'est pas détectable automatiquement.

2.5.1. Vérification de la saisie

Au lancement du traitement, le programme vérifie la saisie en effectuant une première détection des doublons et incohérences dans les listes des US et relations.

Ci-dessous, des données erronées ont été ajoutées à notre exemple.

A la fin de la liste des relations, on ajoute les relations : « 9 synchrones avec 8 », qui est contradictoire avec la relation saisie deux lignes plus haut « 9 sous 8 » ; « 50 sous 1 » (remarquons que l'identifiant US 50 n'existe pas dans la liste des US) ; et « 2 sous 1 », qui est la répétition de la première relation saisie.

A la fin de la liste des US, on ajoute l'US 2, de type « couche » ; notons qu'il s'agit d'un doublon : cet identifiant est déjà utilisé à la 2e ligne (en tant que négatif) :

exemple simple Harris											le Stratifiant						
identifiant	type	TPQ	TPQ estimé	TAQ	TAQ estimé	TAQ	coul.	phase déb.	phase fin	phases déduites	selection liste relations	relations :	n°	US 1	type	US 2	pl
1	couche													2	sous	1	pha
2	négatif	1636				1636		3	3					3	sous	1	pha
3	couche	300		1500				2	2					4	sous	1	pha
4	couche			1500				2	2					5	sous	1	
5	couche							2	2					7	sous	1	
6	négatif		1450					2	2					8	sous	1	
7	couche	1200												5	sous	2	
8	couche													5	sous	3	
9	couche	300						1	1					5	sous	4	
2	couche													6	sous	3	
														6	sous	5	
														6	sous	4	
														7	sous	6	
														7	sous	3	
														8	sous	6	
														8	sous	4	
														9	sous	3	
														9	sous	4	
														9	sous	5	
														9	sous	6	
														9	sous	7	
														9	sous	8	
														7	pt.être synchrone	8	
														9	synchrone avec	8	
														50	sous	1	
														2	sous	1	

Après lancement du traitement (quelque soient les options choisies), celui-ci s'interrompt et la feuille de traitement s'affiche avec des commentaires en rouge signalant des problèmes :

	A	B	C	D	E	F
1	? paramètres					le Stratifiant
5	traitement activé	normal	borne basse	2008	écart axes :	8
6	pas de stockage des relations traitées		calage sur TPQ		largeur cadres :	20
7	toutes données		tracé paliers	graph TPQ TAQ	marge :	60
8	mise en phases		100	visu tpq taq saisis		
9						
10	19/09/2008	9:37:40 PM				
11	lecture des US :					
12	DOUBLONS DANS LES IDENTIFIANTS D'US !					
13	voir feuille de données					
14						
15	INCOHERENCE(S) DANS LES RELATIONS SAISIES !					
16	voir feuille des données					
17	exécution interrompue					
18						
19						
20						
21						
22						

Comme indiqué dans les message de la feuille de traitement, des commentaires plus détaillés figurent dans la feuille de données, en regard des US et relations posant problème (les colonnes A et M sont réservées à ces commentaires éventuels, l'utilisateur ne doit rien saisir dedans) :

unités :	identifiant	type	TPQ	TPQ estimé	TAQ estimé	TAQ	coul.	phase déb.	phase fin	phases déduites	selection liste relations	relations :	n°	US 1	type	US 2
	1	couche											1	2	sous	1
DOUBLON	2	negatif	1636			1636		3	3				2	3	sous	1
DOUBLON	2	couche											3	4	sous	1
	3	couche	300		1500			2	2				4	5	sous	1
	4	couche			1500								5	7	sous	1
	5	couche						2	2				6	8	sous	1
	6	negatif		1450				2	2				7	5	sous	2
	7	couche	1200										8	5	sous	3
	8	couche											9	5	sous	4
	9	couche	300					1	1				10	6	sous	3
													11	6	sous	5
													12	6	sous	4
													13	7	sous	6
													14	7	sous	3
													15	8	sous	6
													16	8	sous	4
													17	9	sous	3
													18	9	sous	4
													19	9	sous	5
													20	9	sous	6
													21	9	sous	7
													22	9	sous	8
													23	7	pt être synchrone	8
													24	9	synchrone avec	8
													25	50	sous	1
													26	2	sous	1

Ces commentaires signalent deux sortes de problèmes : les fautes rédhibitoires, entraînant l'interruption du traitement ; et des problèmes mineurs, n'empêchant pas la poursuite du traitement.

A la suite de nos modifications, une faute majeure est signalée en rouge sur la liste des US (reclassée par ordre d'identifiants) : la présence d'un doublon (même identifiant répété sur plusieurs lignes ; ici l'US 2).

Dans la liste des relations, l'incohérence constitue aussi une faute rédhibitoire : c'est à dire les mêmes unités saisies plusieurs fois avec un type de relation différent. Ainsi la relation (9, 8), apparaît

une fois comme antériorité (« sous », ligne 22), et une nouvelle fois comme synchronisme (« synchrone avec », ligne 24). Ces relations sont signalées en rouge, avec renvoi aux autres relations prises dans une même incohérence (indiquées par les n° de ligne correspondants).

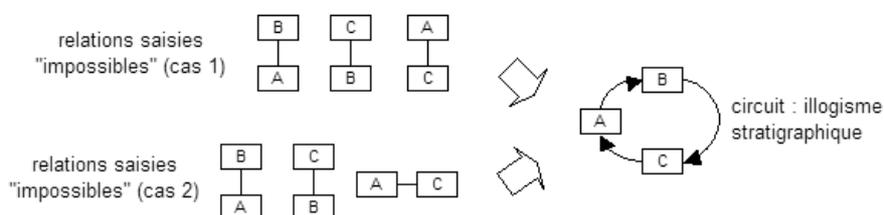
Précisons que la saisie de relations réflexives (telle que « 101 sous 101 ») est aussi considérée comme une incohérence et entraîne l'arrêt du traitement. Il faut noter que lorsque la relation réflexive est un synchronisme (par exemple « 3 synchrone avec 3 »), elle n'est pas illogique, mais elle est inutile, et l'expérience montre que ce type de saisie témoigne fréquemment d'une faute de frappe ou d'inattention ayant transformé une autre relation de synchronisme en cette relation réflexive.

Les autres commentaires dans la liste des relations signalent des problèmes plus bénins. Ainsi les répétitions (ici, la relation US2 sous US1, qui apparaît deux fois) ; ou les relations comportant un identifiant d'US non présent dans la liste des US (ici : l'identifiant 50 dans la relation à la ligne 25) ; dans ce cas, le traitement n'est pas interrompu : cette absence est signalée, et la relation n'est pas prise en compte dans le traitement.

Si l'on supprime seulement les données fautives créant des problèmes majeurs (commentaires en rouge : doublon dans la liste des US, relation contradictoire à la ligne 24) et que l'on relance le traitement, le diagramme est obtenu ; mais les indications sur la feuille de traitement indiquent des relations non prises en compte et les commentaires en bleu figurent toujours sur la feuille de données.

.2.5.2. Détection des fautes et conflits de relations stratigraphiques lors du traitement

Fautes d'enregistrement stratigraphique

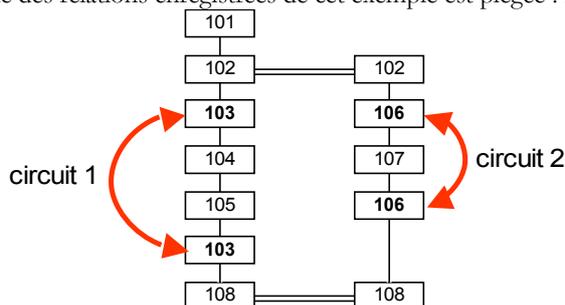


Une saisie à première vue cohérente peut néanmoins contenir des fautes logiques dues à des indications enregistrées fondamentalement contradictoires. Lors du traitement, celles-ci aboutissent à des **circuits** : c'est à dire des boucles où les US se trouvent à la fois postérieures et antérieures aux autres unités du circuit (de type : A sous B sous C sous A...). Ces circuits peuvent résulter de contradictions entre relations d'ordre (cf. cas 1 ci dessus), ou de contradictions entre relations d'ordre et synchronismes (cf. cas 2).

Des circuits vicieusement cachés dans les données peuvent facilement affecter l'enregistrement de terrain, (en particulier dans le cas d'opérations préventives où l'on enregistre un nombre important d'US et de relations par jour, lorsque manque de temps et fatigue commencent à sévir...). Il est donc important de détecter ces problèmes le plus tôt possible.

1 traitement		données 1														le Stratifiant			
2 selection liste unités	unités :	identifiant	type	TPQ	TPQ estimé	TAQ	TAQ estimé	TAQ	couil.	phase deb.	phase fin.	phases déduites	selection liste relations	relations :	n°	US 1	type	US 2	ph
3		101	couche													102	sous	101	
4		102	couche													103	sous	102	
5		103	couche													104	sous	103	
6		104	couche													105	sous	104	
7		105	couche													103	sous	105	
8		106	couche													108	sous	103	
9		107	couche													106	sous	102	
10		108	couche													107	sous	106	
11																106	sous	107	
12																			

- Cliquer sur l'onglet de la feuille de données intitulée « exemple 2 », ou saisir dans la feuille « saisie donnée » les données suivantes. La liste des relations enregistrées de cet exemple est piégée ! Elle contient deux circuits :



- Sélectionner la feuille (bouton «traitement»), puis lancer le traitement (feuille « traitement », bouton « paramètres » , puis bouton « hue » dans la fenêtre de paramètres).

Le diagramme n'est pas tracé ; le traitement s'interrompt en signalant l'existence de circuits (indications en colonne « traitement relations» de la feuille « traitement ») :

1 ? paramètres		le Stratifiant			
5	traitement activé	normal	borne basse	2008	écart axes : 8
6	pas de stockage des relations traitées	toutes données	calage sur TPQ	2008	largeur cadres : 20
7			tracé paliers	graph TPQ TAQ	marge : 60
8	mise en phases		100	visu tpq taq saisis	
9					
10	19/09/2008	10:32:04 PM			
11	lecture des US :				
12	8 US lues :				
13	8 couche(s) (US positives)				
14	0 négatif(s)				
15	0 altération(s)				
16	0 autre(s) ou non spécifiée(s)				
17	lecture des relations :				
18	9 relations lues :				
19	9 relation(s) d'ordre certain				
20	0 relation(s) de synchronisme certain				
21	0 relation(s) d'ordre incertain				
22	0 relation(s) de synchronisme incertain				
23	traitement des relations de synchronisme :				
24	2 itérations effectuées				
25	0 ensemble(s) synchrone(s)				
26	0 US synchrone(s) esclave(s)				
27	8 US active(s)				
28	0 ensemble(s) synchrone(s) incertain(s)				
29	traitement des relations d'ordre :				
30	3 itérations effectuées				
31	conflits entre relations :				
32	2 circuits				
33	5 relations contradictoires				
34	FAUTE LOGIQUE ! relations certaines contradictoires - traitement stoppé				
35	voir sur la feuille de données les US et relations à vérifier				
36					

- cliquer sur l'onglet de la feuille de données « exemple 2 » pour afficher celle-ci et visualiser les US et relations impliquées dans les circuits :

traitement		données 1														le Stratifiant			
selection liste unités	unités :	identifiant	type	TPQ	TPQ estimé	TAQ estimé	TAQ	coul.	phase déb.	phase fin	phases déduites	circuit	selection liste relations	relations :	n°	US 1	type	US 2	phase:
		101	couche												1	102	sous	101	
		102	couche												2	103	sous	102	
	US en circuit :	103	couche									2		3	104	sous	103	2	
	US en circuit :	104	couche									2		4	105	sous	104	2	
	US en circuit :	105	couche									2		5	103	sous	105	2	
	US en circuit :	106	couche									1		6	108	sous	103		
	US en circuit :	107	couche									1		7	106	sous	102		
		108	couche											8	107	sous	106	1	
														9	106	sous	107	1	

Les US et relations impliquées apparaissent en rouge, avec le numéro de circuit auxquelles elles appartiennent (les circuits sont numérotés par ordre de détection).

Pour chaque relation en contradiction, le commentaire indique les numéros de ligne des autres relations impliquées dans le même circuit.

L'utilisateur doit vérifier lui-même ces US et relations. En effet le *Stratifiant* ne peut déterminer a priori quelle relation ou US constitutive du circuit est fautive ; car on peut obtenir suivant la relation que l'on supprime dans le circuit, différentes solutions, chacune logique, mais contradictoires les unes avec les autres.

Si la vérification de l'enregistrement ne permet pas de localiser et réparer l'erreur, il n'existe que deux solutions logiques, aussi violentes l'une que l'autre, pour traiter un circuit de façon à garder une chronologie fiable : soit supprimer toutes les relations impliquées dans le circuit ; soit compacter toutes les US impliquées dans le circuit en une seule US, en remplaçant toutes les relations impliquées dans le circuit par des relations de synchronisme.

Discordances entre relations certaines et incertaines

Nous venons de voir le cas de relations certaines contradictoires, qui constitue une faute logique et se traduit par une interruption du traitement. Au cours du traitement, les relations incertaines aussi peuvent se révéler discordantes ou contradictoires entre elles et avec des relations certaines. Comme ces relations discordantes sont déclarées comme incertaines, ces discordances ne constituent pas, *stricto sensu*, une faute de logique de la part de l'utilisateur ; elles sont néanmoins signalées par le *Stratifiant*, en vue d'une éventuelle correction ou modification.

Ces cas de discordance impliquant des relations incertaines sont de trois types : les cas de **confirmation** de relations incertaines par des relations certaines, les cas **d'infirmerie**, lorsque des relations incertaines sont contredites par des relations certaines, et les cas **d'incertitude contradictoire**, lorsque des relations incertaines sont contradictoires entre elles.

Confirmation d'une relations incertaine par des relations certaines

premier cas : la confirmation ; par exemple : à un endroit donné, un contact stratigraphique peu clair a amené l'enregistrement « 2 peut-être sous 1 », mais, en d'autre endroits, les successions « 3 sous 1 » et « 2 sous 3 » ont pu être observées avec certitude :

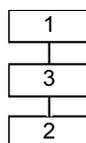
- Dans la feuille de saisie de données, saisir les US et relations suivantes :

données 1											le Str				
identifiant	type	TPQ	TPQ estimé	TAQ estimé	TAQ	coul.	phase déb.	phase fin	phases déduites	selection liste relations	relations :	n°	US 1	type	US 2
1													2	peut-être sous	1
2													3	sous	1
3													2	sous	3

La relation incertaine enregistrée «2 peut-être sous 1» est effectivement en discordance avec les deux relations suivantes «3 sous 1» et «2 sous 3» (car on déduit de ces dernières la relation certaine «2 sous 1»).

- Lancer le traitement

Le diagramme montre la succession linéaire «2 sous 3 sous 1» ; la relation incertaine «2 peut-être sous 1» a disparu. En effet cette relation a été confirmée (c'est à dire transformée en relation certaine) par la relation déduite «2 sous 1» ; et comme celle-ci est redondante, elle n'apparaît pas sur le diagramme.



Sur la feuille de traitement, il est signalé qu'une relation incertaine a été confirmée. Sur la feuille de données, les commentaires ajoutés par *le Stratifiant* indiquent la relation confirmée, et les relations « confirmantes » (d'où a été déduite la relation certaine remplaçant la relation incertaine) :

données 1											le Str	
selection liste relations	relations :	n°	US 1	type	US 2							
confirmée par relations n° 2 ; 3 ; relation redondante		1	2	peut-être sous	1							
confirme relation(s) n° 1 ;		2	3	sous	1							
confirme relation(s) n° 1 ;		3	2	sous	3							

Ce cas de discordance (qui ici n'est pas une contradiction) amène un résultat plutôt plaisant pour le fouilleur ayant enregistré la relation incertaine : son hypothèse était juste, ou du moins cohérente avec le reste de l'enregistrement.

Infirmation d'une relation incertaine par des relations certaines

deuxième cas : l'infirmerie ; une relation incertaine enregistrées entre deux US est contredite par des relations certaines enregistrées ou déduites :

- modifier la relation incertaine du précédent exemple, en l'inversant (1 peut-être sous 2) ou en la remplaçant par un synchronisme probable (2 pt.être synchrone 1) ; (rappel : si on le souhaite, on peut effacer les commentaires précédents sur la feuille de données à l'aide du raccourci clavier Ctrl + Maj + F)

Dans ce cas, la relation certaine « 2 sous 1 », logiquement déduite au cours du traitement des deux dernières relations, contredit la relation incertaine saisie en premier.

- Lancer le traitement ;

C'est le même diagramme qui apparaît. En effet le *Stratifiant* fait logiquement prévaloir la relation certaine sur la relation incertaine. Les commentaires sur la feuille de saisie de données indiquent les relations en cause dans cette infirmerie :

données 1															le Stratifia				
unités :	identifiant	type	TPQ	TPQ estimé	TAQ estimé	TAQ	cout.	phase déb.	phase fin.	phases déduites	circuit	selection liste relations	relations :	n°	US 1	type	US 2	circuit	p
US en circuit :	1										1	infirmée par relations n° 2 ; 3 ; relation neutralisée		1	2	pt.être synchrone	1	1	
US en circuit :	2										1	infirm relation n° 1 ;		2	3	sous	1	1	
US en circuit :	3										1	infirm relation n° 1 ;		3	2	sous	3	1	

On constate que la contradiction a généré un circuit, résolu par le *stratifiant* en neutralisant la relation incertaine (c'est à dire en relançant automatiquement le traitement sans tenir compte de cette relation). Le commentaire de la relation infirmée est en rouge, ainsi que les US impliquées dans le circuit ; car, s'il n'y a pas réellement de faute logique (précisément parce que la relation en cause est incertaine), il y a néanmoins une incohérence, ou au moins une divergence d'appréciation, dans l'enregistrement ; le *Stratifiant* la signale ainsi à l'utilisateur, en vue d'une correction²³.

Dans l'exemple ci dessus, une seule relation incertaine est impliquée dans le circuit : c'est donc, sans ambiguïté, cette relation qui est infirmée et indiquée comme telle. Mais il est aussi possible que plusieurs relations incertaines (et non une seule) rentrent en conflit avec une ou plusieurs relations certaines.

- Modifier les relations saisies comme suit :

n°	US 1	type	US 2
2		peut-être sous	1
3		peut-être sous	2
1		sous	3

Au moins l'une des deux premières relations incertaines est contredite par la troisième relation (certaine) ; mais on ne sait pas avec certitude si c'est la première, la seconde ou les deux relations incertaines qui sont erronées.

- Lancer le traitement

Dans ce cas le *Stratifiant* donne globalement la priorité à la relation certaine, et neutralise toutes les relations incertaines prises dans le circuit ainsi généré (c'est à dire toutes les relations incertaines potentiellement en conflit avec cette relation certaine). L'US 2 est ainsi privée de relations stratigraphiques :



Après traitement, les relations incertaines ainsi neutralisées sont indiquées comme « infirmables » (et non « infirmées ») dans la feuille de saisie des données :

circuit	selection liste relations	relations :	n°	US 1	type	US 2	circuit	p
1		infirmable par relation(s) n° 3 ; à vérifier ; relation neutralisée	1	2	peut-être sous	1	1	
1		infirmable par relation(s) n° 3 ; à vérifier ; relation neutralisée	2	3	peut-être sous	2	1	
1		infirm relation(s) n° 1 ou 2 ;	3	1	sous	3	1	

Cela signifie pratiquement que l'utilisateur peut, après vérification de l'enregistrement ou à titre de test d'hypothèse, revenir sur ce choix drastique d'élimination de toutes les relations incertaines en

23 Notons que cette correction ne doit pas se limiter à supprimer mécaniquement la relation infirmée dans le *Stratifiant* (ou dans la base de données associée au *Stratifiant*) ; il faut retourner aux documents d'enregistrement eux-mêmes, et au terrain si possible, pour s'assurer que cette correction est judicieuse.

circuit, et relancer un traitement en ne supprimant qu'une ou qu'une partie de ces relations infirmables.

Incertitude contradictoire

troisième cas : l'incertitude contradictoire ; quand des relations incertaines sont en conflit entre elles.

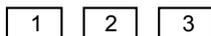
- Modifier la troisième relation saisie sur la feuille de données « 1 sous 3 » en « 1 peut-être sous 3 » :

n°	US 1	type	US 2	pt
2		peut-être sous	1	
3		peut-être sous	2	
1		peut-être sous	3	

la dernière relation est contradictoire avec les deux premières ; mais toutes étant incertaines, il n'existe plus dans ce cas de règle de priorité qui permette de trancher cette contradiction.

- Lancer le traitement :

On obtient le magnifique « diagramme » suivant, sorte de degré zéro de la stratigraphie, qui ne montre plus aucune relation entre les trois unités :



Dans ce cas en effet, toutes les relations incertaines en cause sont neutralisées (comme il n'en existe pas d'autres dans notre exemple, aucune relation n'apparaît).

selection	liste relations	relations :	n°	US 1	type	US 2	circuit	p
1		incertitude contradictoire avec relation(s) n° 2 ; 3 ; à vérifier ; relation neutralisée	1	2	peut-être sous	1	1	
1		incertitude contradictoire avec relation(s) n° 1 ; 3 ; à vérifier ; relation neutralisée	2	3	peut-être sous	2	1	
1		incertitude contradictoire avec relation(s) n° 1 ; 2 ; à vérifier ; relation neutralisée	3	1	peut-être sous	3	1	

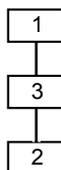
Sur la feuille de données, ces relations sont indiquées comme étant en incertitude contradictoire. Là encore l'utilisateur peut effectuer un nouveau traitement en choisissant de rétablir une partie de ces relations incertaines ; mais il est nécessaire d'en éliminer au moins une (et parfois plusieurs) pour éliminer l'incertitude contradictoire.

Combinaison de cas de discordances entre relations certaines et incertaines

Des cas de confirmation, infirmation et incertitude contradictoire peuvent affecter simultanément le même ensemble d'US et de relations. L'exemple ci-dessous présente un cas favorable où des relations certaines permettent de résoudre une incertitude contradictoire apparente, au moyen d'une infirmation et d'une confirmation (toujours à partir d'une très simple liste de trois US : 1, 2, et 3) :

n°	US 1	type	US 2	pt
2		peut-être sous	1	
1		peut-être sous	2	
3		sous	1	
2		sous	3	

Les deux premières relations incertaines sont contradictoires l'une avec l'autre ; mais les deux relations certaines suivantes confirment la première relation incertaine et infirment la seconde. Le résultat du traitement est donc le diagramme montrant la succession « 2 sous 3 sous 1 » ;



et la feuille de données porte les commentaires suivants :

selection liste relations	relations :	n°	US 1	type	US 2	ph
confirmée par relations n° 3 ; 4 ; relation redondante		1	2	peut-être sous	1	1
infirmée par relations n° 3 ; 4 ; relation neutralisée		2	1	peut-être sous	2	1
confirme relation(s) n° 1 ; infirme relation n° 2 ;		3	3	sous	1	1
confirme relation(s) n° 1 ; infirme relation n° 2 ;		4	2	sous	3	1

.2.5.3. fautes logiques affectant la mise en phases

Les indications de mise en phase données par le fouilleur peuvent se révéler contradictoires avec les relations stratigraphiques enregistrées. Ce cas de contradiction peut se ramener à l'exemple très simple suivant : si A est antérieur à B ; et si la phase début (la plus ancienne possible) attribuée à A est postérieure à la phase fin (la plus récente possible) attribuée à B.

En effet, dans ce cas, il y a contradiction entre l'ordre des unités et celui des phases (qui, rappelons-le, doit obligatoirement être indiqué par leur numérotation) :



- Dans la feuille « saisie données », effacer les données précédentes et saisir cet exemple :

és :	identifiant	type	TPQ	TPQ estimé	TAQ estimé	TAQ	couf.	phase début	phase fin	phases dédouées	selection liste relations	relations :	n°	US 1	type	US 2	phases :	ordre	TP
	A	couche						2	2					A	sous	B	phase ancienne	1	
	B	couche						1	1								phase récente	2	

- lancer le traitement (bouton « traitement » pour sélectionner la feuille de données, puis dans la feuille « traitement » bouton « paramètres » : choisir l'option « mise en phase » ; puis « Hue! »)
un message de faute s'affiche dans la feuille traitement :

paramètres			
traitement relations		traitement éléments de datation	
saisie données		traitement inactif	
traitement activé	normal	borne haute	-10000
pas de stockage des relations traitées		borne basse	2008
données certaines		calage sur TPQ	
mise en phases		tracé paliers	
		100	visu tpq taq saisis
12/09/2008		2:32:19 PM	
lecture des US :			
2 US lues :			
2 couche(s) (US positives)			
0 négatif(s)			
0 altération(s)			
0 autre(s) ou non spécifiée(s)			
lecture des relations :			
1 relations lues :			
1 relation(s) d'ordre certain			
0 relation(s) de synchronisme certain			
traitement des relations de synchronisme :			
2 itérations effectuées			
0 ensemble(s) synchrone(s)			
0 US synchrone(s) esclave(s)			
2 US active(s)			
traitement des relations d'ordre :			
1 itérations effectuées			
mise en phases :			
2 phases lue			
FAUTES LOGIQUES DE MISE EN PHASE			
succession des phases contradictoire avec les relations stratigraphiques :			
voir sur la feuille de données les US dont la mise en phase est fautive ;			

Dans une telle situation, le *Stratifiant* signale la contradiction et interrompt le traitement ; à charge pour l'utilisateur de vérifier sa mise en phase (les mises en phase d'US impliquées dans la ou les contradiction sont mises en rouge sur la feuille de données), et de la corriger.

traitement		données 1														le Stratifiant - feuille				
selection liste unités		unités :	identifiant	type	TPQ	TPQ estimé	TAQ estimé	TAQ	cout	phase	phase	phases	selection liste relations	relations :	n°	US 1	type	US 2	phases :	statut
		mise en phase contradictoire avec la stratigraphie :	A	couche						2	-2	(2, 1)			1	A	sous	B	phase ancienne	1
		mise en phase contradictoire avec la stratigraphie :	B	couche						1	1	(2, 1)							phase récente	2

2.5.4. Détection des fautes et conflits de datation

Contradictions de datation des US

Le traitement des TPQ et TAQ attribués aux unités stratigraphiques peut révéler des contradictions. Par exemple, le TAQ d'une US est plus ancien que le TPQ attribué à une US stratigraphiquement antérieure. *Le Stratifiant* détecte de telles contradictions :

- Cliquer sur l'onglet de la feuille de données du premier exemple ; effacer les relations ajoutées précédemment pour tester la vérification des données saisies (cf. plus haut 2.5.1)
- Modifier le TAQ estimé de l'US 3 : saisir 1000 à la place de 1500 ;

Ce faisant, on introduit une faute logique de datation, mais qui n'est pas évidente immédiatement : en effet cette date plafond paraît cohérente avec la date plancher (300) enregistrée pour la même couche. Mais elle est, en fait, contradictoire avec les TPQ plus récents d'unités antérieures.

	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
	C N A			exemple simpl							
identifiant	type	TPQ	TPQ estimé	TAQ estimé	TAQ	cou.	phase déb.	phase fin	phases déduites		select liste reli
1	couche										
2	négatif	1636			1636		3	3			
3	couche	300		1000			2	2			
4	couche			1500			2	2			
5	couche						2	2			
6	négatif		1450				2	2			
7	couche	1200									
8	couche										
9	couche	300					1	1			

- lancer le traitement (bouton « traitement » pour sélectionner la feuille de données, puis dans la feuille « traitement » bouton « paramètres » : choisir les options «traitement des données incertaines» et « traitement des éléments de datation » ; puis « Hue! »)

Le traitement s'interrompt avant la réalisation du diagramme et signale l'existence de fautes logiques de datation (colonne « traitement des éléments de datation » de la feuille « traitement ») :

? paramètres		le Stratifiant			
traitement relations		traitement éléments de datation		graphiques	
exemple simple Harris		traitement activé		affichage ES complets	
exemple 1		borne haute	-10000	écart ligne :	25
traitement activé	normal	borne basse	2008	écart axes :	8
pas de stockage des relations traitées		calage sur TPQ		largeur cadres :	20
toutes données		tracé paliers	graph TPQ TAQ	marge :	60
mise en phases		100	visu tpq taq saisis		
Excel 10.0		Windows (32-bit) NT 5.01			
21/09/2008		12:32:10 PM		12:32:11 PM	
lecture des US :		4 TPQ certain(s) lu(s)			
9 US lues :		1 TPQ estimé(s) lu(s)			
7 couche(s) (US positives)		2 TAQ estimé(s) lu(s)			
2 négatif(s)		1 TAQ certain(s) lu(s)			
0 altération(s)		0 ensemble(s) synchrone(s) traité(s)			
0 autre(s) ou non spécifiée(s)		1 ens. synchr. incertain(s) traité(s)			
lecture des relations :		report des TPQ effectué			
23 relations lues :		report des TAQ effectué			
22 relation(s) d'ordre certain		FAUTES LOGIQUES DE DATATION !			
0 relation(s) de synchronisme certain		voir sur feuille de données les éléments à vérifier			
0 relation(s) d'ordre incertain					
1 relation(s) de synchronisme incertain					
traitement des relations de synchronisme :					
2 itérations effectuées					
0 ensemble(s) synchrone(s)					
0 US synchrone(s) esclave(s)					
9 US active(s)					
1 ensemble(s) synchrone(s) incertain(s)					
traitement des relations d'ordre :					
2 itérations effectuées					
mise en phases :					
3 phases lue					

- Cliquer sur l'onglet de la feuille de données « exemple 1 » pour afficher celle-ci :

selection liste unités	unités :	identifiant	type	TPQ	TPQ estimé	TAQ estimé	TAQ	coui.	phase déb.	phase fin	phases déduites	list
		1	couche									
		2	négatif	1636			1636		3	3		
	TAQ estimé enregistré antérieur au TPQ déduit ou enregistré 1450 ;	3	couche	300		1000			2	2		
		4	couche			1500			2	2		
		5	couche						2	2		
	TPQ estimé enregistré postérieur au TAQ déduit ou enregistré 1000 ;	6	négatif		1450				2	2		
	TPQ enregistré postérieur au TAQ déduit ou enregistré 1000 ;	7	couche	1200								
)		8	couche									
		9	couche	300					1	1		

Les éléments de datation enregistrés contradictoires sont signalés et indiqués en rouge ; ils sont à vérifier, éventuellement à éliminer, par l'utilisateur.

La date plafond estimée 1000 est contradictoire à la fois avec le TPQ estimé en 1450 de l'US antérieure 6, et avec le TPQ en 1200 de l'US antérieure 7.

Notons qu'à la différence des relations stratigraphiques, il n'existe pas de règle de priorité aux TPQ ou TAQ certains en cas de contradiction entre éléments de datation certains et incertains ; dans tous les cas de contradiction entre TPQ et TAQ (certains ou incertains), le traitement est interrompu.

Nous avons en effet considéré, s'agissant de datation quantifiée, impliquant souvent les contributions de plusieurs spécialistes différents, qu'une contradiction (y compris avec un élément hypothétique) renvoie à un débat scientifique et interdisciplinaire, qui ne doit pas être esquivé ou remplacé par l'utilisation de la machine. En revanche, il est possible d'illustrer chacune des hypothèses contradictoires par une mise en paliers chronologiques du diagramme et par un graphique de datation (en relançant le traitement ou en copiant la feuille des données, avec un jeu d'indicateurs chronologiques différent à chaque fois), comme support de ce débat.

- Effacer la date-plafond 1000 et rétablir le précédent TAQ estimé en 1500

Contradictions de datation des phases

Nous avons vu qu'il est possible d'affecter des TPQ et TAQ spécifiquement aux phases (cf. plus haut 2.4.5). Des contradictions peuvent aussi affecter ces TPQ et TAQ de phases, soit entre eux, soit avec les TPQ et TAQ d'US affectées à ces phases.

- Cliquer sur l'onglet de la feuille « exemple 1 » pour afficher celle-ci

ratissant - feuille de saisie de données					
phases :	US	TPQ	TPQ déduit	TAQ	TAQ déduit
phase I	1	1200			
phase II	2			1000	
phase III	3				

- saisir pour la phase 2 le TAQ 1000 (contradictoire avec le TPQ en 1200 de la phase antérieure)
- lancer le traitement (bouton « traitement » pour sélectionner la feuille de données, puis dans la feuille « traitement » bouton « paramètres » : choisir les options « mise en phases » et « traitement des éléments de datation » ; puis « Hue! »)

le traitement s'interrompt avant l'obtention du diagramme, un message de faute s'affiche dans la feuille « traitement » :

? paramètres		le Stratifiant			
traitement relations		traitement éléments de datation		graphiques	
exemple simple Harris		traitement activé		affichage ES complets	
exemple 1		borne haute	-10000	écart ligne :	25
traitement activé	normal	borne basse	2008	écart axes :	8
pas de stockage des relations traitées		calage sur TPQ		largeur cadres :	20
toutes données		tracé paliers	graph TPQ TAQ	marge :	60
mise en phases		100	visu tpq taq saisis		
Excel 10.0	Windows (32-bit) NT 5.01				
23/09/2008	9:06:29 AM		9:06:29 AM		
lecture des US :		4 TPQ certain(s) lu(s)			
9 US lues :		1 TPQ estimé(s) lu(s)			
7 couche(s) (US positives)		2 TAQ estimé(s) lu(s)			
2 négatif(s)		1 TAQ certain(s) lu(s)			
0 altération(s)		0 ensemble(s) synchrone(s) traité(s)			
0 autre(s) ou non spécifiée(s)		1 ens. synchr. incertain(s) traité(s)			
lecture des relations :		report des TPQ effectué			
23 relations lues :		report des TAQ effectué			
22 relation(s) d'ordre certain		FAUTES LOGIQUES DE DATATION DE PHASES!			
0 relation(s) de synchronisme certain		voir sur feuille de données			
0 relation(s) d'ordre incertain					
1 relation(s) de synchronisme incertain					
traitement des relations de synchronisme :					
2 itérations effectuées					
0 ensemble(s) synchrone(s)					
0 US synchrone(s) esclave(s)					
9 US active(s)					
1 ensemble(s) synchrone(s) incertain(s)					
traitement des relations d'ordre :					
2 itérations effectuées					
mise en phases :					
3 phases lue					

sur la feuille de données, les TPQ et TAQ fautifs sont mis en rouge dans la liste des phases :

ratifiant ___ - feuille de saisie de données				
phases :	ordre	TPQ	TPQ déduit	TAQ déduit
phase I	1	1200		
phase II	2			1000
phase III	3			
FAUTE LOGIQUE !				
TPQ et TAQ de phases contradictoires				
(TPQ-TAQ fautifs en rouge)				

la saisie d'un TPQ ou d'un TAQ de phase peut, comme on l'a dit, aussi rentrer en conflit avec les TPQ ou TAQ des US :

- dans la feuille de données, effacer le TPQ 1200 (phase 1) et remplacer le TAQ 1000 par 500 (phase 2)
- lancer le traitement (bouton « traitement » pour sélectionner la feuille de données, puis dans la feuille « traitement » bouton « paramètres » : choisir les options « mise en phases » et « traitement des éléments de datation » ; puis « Hue! »)

Le traitement s'interrompt, avec le même message sur la feuille traitement ; sur la feuille de données, les TPQ et TAQ contradictoires entre US et phases sont mis en rouge, dans la liste des US et dans celle des phases :

1		2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25		
traitement		exemple simple Harris																						le Stratifiant		- feuille de saisie de données	
selection liste unités	unités :	identifiant	type	TPQ	TPQ estimé	TAQ	TAQ estimé	coul	phases	phases déduites	selection liste relations	relations :	n°	US 1	type	US 2	phases :	TPQ	TPQ dédut	TAQ	TAQ dédut						
		1	couche							(3, 3)			1	2	sous	1	phase I	1	-10000	500	500						
		2	négatif	1636		1636		3	3	(3, 3)			2	3	sous	1	phase II	2	-10000	500	500						
		3	couche	300		1500		2	2	(2, 2)			3	4	sous	1	phase III	3	-10000	500	2008						
		4	couche			1500		2	2	(2, 2)		relation redondante	4	5	sous	1						FAUTE LOGIQUE !					
		5	couche					9	2	(2, 2)		relation redondante	5	7	sous	1						TPQ ou TAQ de phases contradictoires avec TPQ ou TAQ d'US					
	TPQ estimé contradictoire avec TAQ de phase	6	négatif		1450			2	2	(2, 2)		relation redondante	6	8	sous	1						(TPQ-TAQ fautifs en rouge)					
	TPQ contradictoire avec TAQ de phase	7	couche	1200				4		(1, 2)			7	5	sous	2											
		8	couche					4		(1, 2)			8	5	sous	3											
		9	couche	300					1	(1, 1)			9	5	sous	4											
												relation redondante	10	6	sous	3											
												relation redondante	11	6	sous	5											
												relation redondante	12	6	sous	4											
												relation redondante	13	7	sous	6											
												relation redondante	14	7	sous	3											
												relation redondante	15	8	sous	6											
												relation redondante	16	8	sous	4											
												relation redondante	17	9	sous	3											
												relation redondante	18	9	sous	4											
												relation redondante	19	9	sous	5											
												relation redondante	20	9	sous	6											
												relation redondante	21	9	sous	7											
												relation redondante	22	9	sous	8											
												relation redondante	23	7	pt.être synchrone	8											

2.6. Visualisation d'US spécifiques (mise en couleurs)

2.6.1. Saisie des couleurs et légendes sur la feuille mise en couleur :

Il est possible de faire apparaître sur le diagramme des unités préalablement choisies, au moyen d'une mise en couleurs spécifiques.

Choix des couleurs

- Cliquer sur l'onglet de la feuille « mise en couleurs » pour afficher celle-ci :

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	actualiser	code couleur	R	V	B	id US blanc	légende	réinitialiser
2	1	1	255	0	0			
3	2	2	0	255	0			
4	3	3	0	0	255	x		
5	4	4	255	255	0			
6	5	5	0	255	255			
7	6	6	255	0	255			
8	7	7	255	255	255			
9	8	8	200	200	200			
10	9	9	150	150	150	x		
11	10	10	100	100	100	x		
12	11	11	0	0	0	x		
13		12						

La feuille est destinée à choisir les nuances de couleurs correspondant aux codes dans la colonne « code couleur » (colonne B : cette colonne ne doit pas être détruite, déplacée ou modifiée par l'utilisateur).

Pour chaque code de couleur, et donc dans chaque ligne de la feuille « mise en couleur », on peut choisir la nuance correspondante en saisissant ses valeurs R (rouge), V (vert) ou B (bleu) dans les colonnes intitulées « R » (colonne C de la feuille), « V » (colonne D) et « B » (colonne E).

Rappelons que le système de couleurs RVB (RGB en anglais, pour Red, Green, Blue) permet la reconstitution d'un grand nombre de couleurs (en principe, plus de 16 millions) par synthèse additive des 3 couleurs fondamentales rouge, vert et bleu, chacune codée sur 255 valeurs. Ainsi les valeurs R = 255, V = 0, B = 0 donneront un rouge pur ; les valeurs R = 255, V = 255, B = 0 donneront un jaune pur (car en synthèse additive – c'est à dire « par transparence » – le jaune

s'obtient par superposition du rouge et du vert) ; si les valeurs RVB sont égales, on obtient des nuances de gris, depuis le blanc (255, 255, 255) jusqu'au noir (0, 0, 0).

La feuille « mise en couleurs » comprend quelques lignes déjà remplies, avec des valeurs RVB²⁴

La colonne « id.US blanc » (colonne F) permet de mettre en blanc l'identifiant de l'US, afin de rendre celui-ci plus lisible si la couleur choisie pour l'étiquette est foncée. Il suffit de cocher par un « x » (ou n'importe quel autre caractère) ; si, pour la ligne d'une couleur, la cellule de cette colonne n'est pas vide, l'identifiant d'US apparaîtra en blanc sur fond de cette couleur.

La colonne « légende » (colonne G) est destinée à recevoir une légende pour la couleur de la ligne correspondante. Ces légendes apparaîtront sur le diagramme. Pour des raisons de place sur le diagramme, il vaut mieux se limiter à des légendes courtes (par exemple : « remblais » ou « sols construits »)

Une fois les valeurs R (rouge), V (vert) ou B (bleu) indiquées ou modifiées, et la colonne de mise du texte en blanc éventuellement cochée, le bouton « actualiser » (en haut à gauche) permet de visualiser chaque couleur par un cadre coloré en tête de chaque ligne (il faut qu'au moins une des trois valeurs RVB ait été remplie sur la ligne pour que le cadre de couleur correspondant s'affiche).

Le bouton « réinitialiser » (en haut à droite) permet de régénérer tous les cadres colorés. Ce bouton est à utiliser si un ou plusieurs cadres colorés ont été supprimés accidentellement, et si un message d'erreur apparaît à l'utilisation du bouton « actualiser »

Sur notre exemple, nous allons affecter une couleur spécifique aux sols construits, et une autre aux maçonneries de mur :

- pour la couleur code 4 (jaune), saisir la légende « sol construit » ; et pour la couleur code 9 (gris), saisir la légende « mur » :

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	actualiser	code couleur	R	V	B	id.US blanc	légende	réinitialiser
2	1	1	255	0	0			
3	2	2	0	255	0			
4	3	3	0	0	255	x		
5	4	4	255	255	0		sol construit	
6	5	5	0	255	255			
7	6	6	255	0	255			
8	7	7	255	255	255			
9	8	8	200	200	200			
10	9	9	150	150	150	x	mur	
11	10	10	100	100	100	x		
12	11	11	0	0	0	x		
13		12						

Affectation des couleurs aux US

La liste des US dans la feuille de données comprend une colonne intitulée « coul. » (colonne H), dans laquelle on doit saisir le code numérique correspondant à la couleur choisie pour l'US. La lecture de cette colonne par le *Stratifiant* entraîne la mise en couleur des US correspondantes sur le diagramme.

Cette fonction de mise en couleur est principalement destinée à la visualisation de requêtes effectuées depuis une base de données d'enregistrement (cf. partie suivante 2.7), mais elle est aussi possible en utilisation autonome du *stratifiant*, en saisissant manuellement les codes de couleur dans la liste des US :

24 Pour plus de détails sur les couleurs RVB, voir par exemple : <http://www.apprendre-en-ligne.net/crypto/images/RVB.html>

- Saisir le code couleur 4 dans la colonne « coul. » pour les lignes des US 7 et 8 (sol construit, recoupé par la tranchée de fondation 6), et le code 9 pour la ligne de l'US 5 (maçonnerie de fondation du mur) :

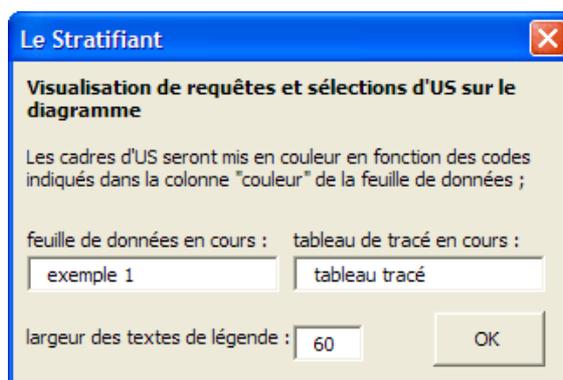
exemple simple Ha											
	C	N	A								
identifiant	type	TPQ	TPQ estimé	TAQ estimé	TAQ	coul.	phase déb.	phase fin	phases déduites	selection liste relations	
1	couche										
2	négatif	1636			1636		3	3			
3	couche	300		1500			2	2			
4	couche			1500			2	2			
5	couche					9	2	2			
6	négatif		1450				2	2			
7	couche	1200				4					
8	couche					4					
9	couche	300					1	1			

.2.6.2. Visualisation sur le diagramme

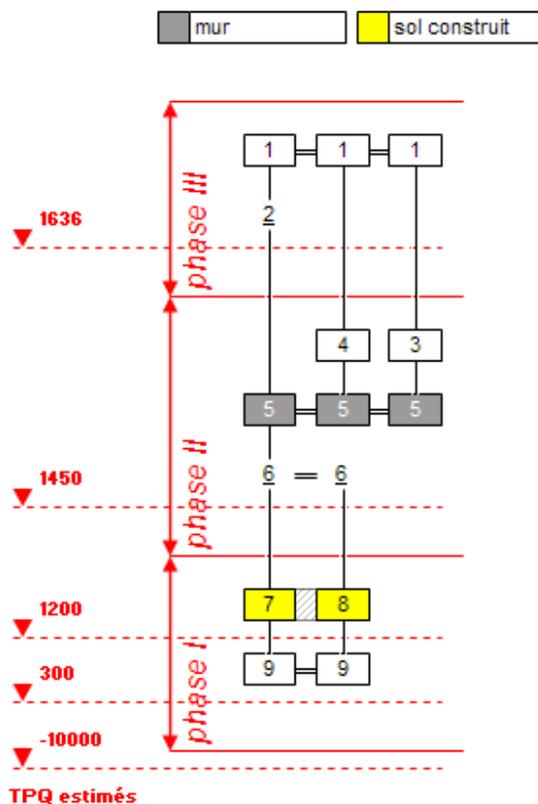
- Une fois la mise en couleurs des US sélectionnée comme indiqué ci-dessus, relancer le traitement de l'exemple 1 (bouton « traitement » pour sélectionner la feuille de données, puis dans la feuille « traitement » bouton « paramètres » : puis « Hue! »)
- une fois le diagramme créé, dans la feuille « graphe » qui contient celui-ci, cliquer sur le bouton « requête » (en haut à gauche) ;

une fenêtre de paramètres apparaît. Elle affiche des cadres pour le choix de la feuille de données et le tableau de tracé (feuille créée lors du traitement contenant des indications techniques relatives au diagramme), et pour la largeur des textes de légende.

Les indications de feuille de données et de tableau de tracé ne sont normalement pas à modifier. En revanche, la largeur des textes de légendes est modifiable si les cadres contenant les légendes apparaissent trop courts ou trop longs sur le diagramme.



- cliquer « OK »



Le diagramme mis en couleur s'affiche, avec sa légende.

Si aucune légende n'a été indiquée pour une couleur dans la feuille de données, mais que des US ont été codées avec cette couleur, ces US sont bien mises en couleur mais la légende de la couleur ne comprend aucun texte. Si une légende a été indiquée pour une couleur, mais qu'aucune US n'est codée avec cette couleur, la légende n'apparaît pas sur le diagramme.

Pour rendre au diagramme sa candeur liliale d'origine, cliquer sur le bouton « annul. req. » en haut à gauche ; les couleurs des étiquettes et la légende s'effacent. Cette commande ne supprime pas le codage de couleur des US, qui reste disponible pour un nouvel affichage (bouton « requête »).

NB : en cas de modification manuelle de la position des étiquettes d'US sur le diagramme, cette fonction de visualisation des US sélectionnées reste opérationnelle (en effet les étiquettes d'US ne sont pas repérées par leur position mais par un identifiant que leur donne le programme lors de leur création). Cependant, si des étiquettes d'US ont été détruites ou créées manuellement, la mise en couleur ne pourra plus fonctionner correctement.

2.7. Liaison avec une base de données d'enregistrement

Le *Stratifiant* peut être utilisé de façon autonome ; mais il est conçu pour être associé à un système informatisé d'enregistrement de terrain, formant ainsi un système d'information stratigraphique (SIS). Rappelons que cette appellation de « système d'information stratigraphique » signifie ici la possibilité d'une utilisation « dynamique » du diagramme stratigraphique, au moyen des fonctions suivantes :

- l'obtention directe du diagramme à partir des données saisies dans la base de données (nul besoin alors de ressaisir ou de copier-coller les listes des US et des relations dans le *Stratifiant*) ;

- la visualisation sur le diagramme du résultat de requêtes effectuées dans la base de données, grâce à la fonction de mise en couleurs exposée au chapitre précédent.

L'application de gestion de données de fouille *Stratibase* (présentée dans les chapitres 3 et 4 du présent volume) a été spécialement développée pour constituer un exemple de structure de base de données compatible avec le *Stratifiant* et créer avec ce dernier un SIS expérimental. Mais le *Stratifiant* peut se montrer infidèle : *Stratibase* n'est pas destinée à rester son unique partenaire. Le *Stratifiant* est en effet conçu comme un module pouvant s'adapter à différentes bases de données d'enregistrement de terrain. Associer le *Stratifiant* à une base de données d'enregistrement nécessite que cette base ait une structure relationnelle, capable d'exporter au moins deux tables distinctes : la liste des unités désignées par un identifiant, et la liste des relations (c'est à dire la liste de tous les couples d'unités en relation) (cf partie 1 de la thèse, 4.2.2.). L'adaptation nécessite éventuellement quelques ajouts ou modifications sur la base (scripts de création de fichier d'exportation...). Actuellement, outre *Stratibase*, le *Stratifiant* fonctionne avec *bdB* (système d'enregistrement informatisé des fouilles du Mont Beuvray), et le système d'enregistrement informatisé du service archéologique départemental d'Indre et Loire. L'adaptation à d'autres systèmes est à l'étude (système ARSOL du Laboratoire Archéologie et Territoires – Tours ; système SIGREM développé pour la ville de Reims).

.2.7.1. Initialisation de la liaison avec le *Stratifiant*

La liaison repose sur un simple export-import de données via des fichiers d'échanges. Suivant les capacités d'exportation de la base de données liée, ces fichiers sont au format *Dbase* (suffixe *Windows* « *.dbf* ») ou *Excel* (suffixe « *.xls* »). Ils sont générés par la base de données, puis ils sont ouverts et lus par le *Stratifiant*²⁵.

- Cliquer sur l'onglet de la feuille « import données »

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	
1	traitement	paramètres import	import	données importées																			le Stratifiant - feuille d'importation de données				
2	selection liste unités	unités :	identifiant	type	TPQ	TPQ estime	TAQ	TAQ estime	TAQ	coul	phase	phase débutes	selection liste relations	relations :	n°	US 1	type	US 2	phases	TPQ	TPQ début	TAQ	TAQ début	emplacement fichiers d'échange :			
3																											ExportUS.xls
4																											ExportRelations.xls
5																											ExportSynchros.xls
6																											ExportLegendRequete.xls
7																											ExportPhases.xls
8																											
9																											
10																											
11																											
12																											
13																											
14																											

Cette feuille est destinée à recueillir les listes d'US et de relations importées depuis la base de données. Elle ressemble à la feuille de saisie de données, mais elle ne comporte pas les boutons d'aide à la saisie. En revanche, elle comprend à droite (colonnes Y-Z), une zone « emplacement fichiers d'échange » ; et en haut et à gauche, deux boutons supplémentaires : « paramètres import » et « import »

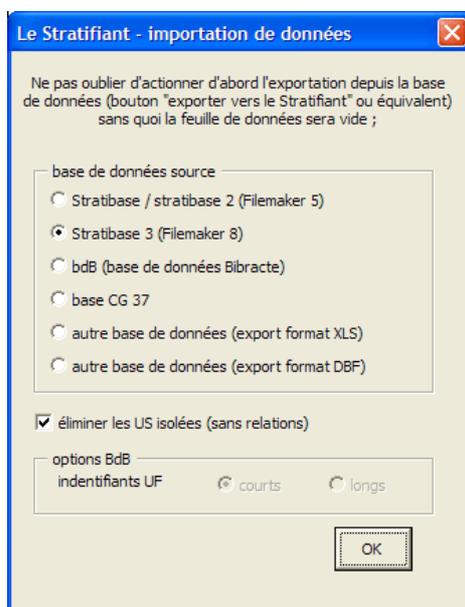
Choix de la base source de données

- cliquer sur le bouton « paramètres import » :

La fenêtre de choix de source de données s'affiche. Sont actuellement disponibles, outre les précédentes versions de *Stratibase* (jointe au DEA, sous *Filemaker* 5), et l'actuelle version de *Stratibase* (version 3, sous *Filemaker* 8, présentée ci-après), les bases déjà citées *bdB* (Bibracte) et du service archéologique départemental d'Indre et Loire (CG37). Les deux dernières options de source de données permettent de choisir une autre base de données, à condition que celle ci puisse exporter

²⁵ *Stratibase* utilise cinq fichiers : *ExportRelations*, *ExportUS*, *ExportSynchros*, *ExportLegendRequete*, *ExportPhases* ; mais ce nombre peut être variable suivant la base de données ; par exemple la liaison avec *bdB* utilise – pour l'instant – les deux premiers seulement

les fichiers nécessaires, soit en format *XLS* (*Excel*), soit en format *DBF* (*Dbase*) (voir ci dessous les spécifications de ces fichiers).



- Choisir la source de données voulue

Les noms des fichiers d'exportation correspondant à la source de données choisie s'affichent dans la zone «emplacement fichiers d'échange » (colonne Y).

L'importation comporte comme option générique (quelle que soit la source de données choisie) la possibilité d'éliminer les unités pour lesquelles aucune relation n'est précisée (option conseillée, car elle diminue le temps de traitement).

Si bdB (base Bibracte) a été choisie comme source, une option spécifique est disponible : le choix entre les identifiants courts ou longs (les identifiants longs comprennent l'année et le chantier, en plus du numéro d'UF²⁶, mais prennent plus de place sur le diagramme).

- Cliquer sur « OK » pour sauvegarder le choix et fermer la fenêtre

Ces choix sont conservés, jusqu'à ce que l'utilisateur les modifie (après avoir cliqué à nouveau sur le bouton « paramètres import »).

Indication des adresses des fichiers à importer

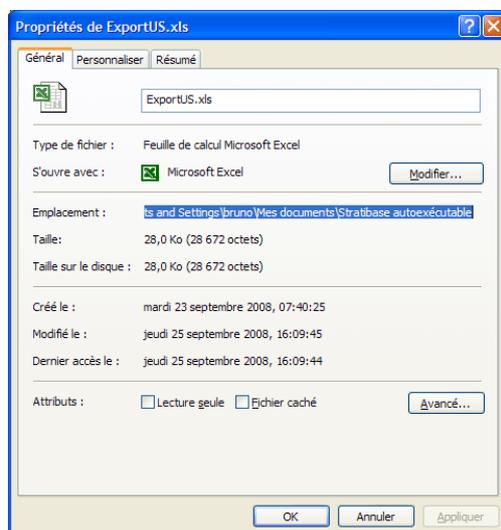
Les noms des fichiers de données à importer apparaissent automatiquement en fonction de la source de données choisie, dans la zone «emplacement fichiers d'échange » (colonne Y). Il est nécessaire d'indiquer l'emplacement de ces fichiers, en face de leurs noms, dans la colonne Z (si l'écran de l'ordinateur ne couvre pas un champ assez large, il peut être nécessaire de faire défiler vers la droite la fenêtre *Excel* pour accéder à la zone «emplacement fichiers d'échange»).

Procédure sous *Windows* :

- à l'aide de l'explorateur *Windows*, aller dans le dossier contenant les fichiers de données à importer, générés par la base de données (pour *Stratibase* et *bdb*, il s'agit du dossier qui contient la base de données)

²⁶ À Bibracte, l'unité stratigraphique est appelée « UF » (unité de fouille)

- cliquer bouton droit sur le fichier « ExportUS.xls », puis choisir « propriétés » dans le menu contextuel ;
- copier le contenu de la ligne « emplacement » (bien balayer à la souris jusqu'au bout de la ligne, qui peut ne pas être visible)



- coller ce contenu dans la zone « emplacement fichiers d'échange », dans les cellules suivant les noms de fichiers : Z3 à Z7 pour Stratibase, Z3 et Z4 pour bdB, Z3-Z6 pour la base CG37, Z3-Z5 pour les autres.

V	W	X	Y	Z	AA	A
le Stratifiant			- feuille d'importation de données			
TPQ déduit	TAQ	TAQ déduit	emplacement fichiers d'échange :			
			ExportUS.xls	C:\Documents and Settings\bruno\Mes		
			ExportRelations.xls	C:\Documents and Settings\bruno\Mes		
			ExportSynchros.xls	C:\Documents and Settings\bruno\Mes		
			ExportLegendRequete.xls	C:\Documents and Settings\bruno\Mes		
			ExportPhases.xls	C:\Documents and Settings\bruno\Mes		

Il est nécessaire de répéter cette manœuvre après tout déplacement du dossier contenant les fichiers de données à importer.

Importation des données de la base dans le Stratifiant

L'exportation est lancée depuis la base de données source. Avec *Stratibase* et *bdB* (qui disposent de procédures spécifiques pour gérer cette exportation) il est possible d'exporter une sélection d'US, de façon à réaliser des diagrammes partiels (concernant seulement un secteur ou une structure par exemple)²⁷.

- Pour *Stratibase* ou *bdB* : cliquer sur le bouton d'exportation vers le *Stratifiant* sur le formulaire « US » (*Stratibase*) ou l'écran « liste UF » (*BdB*)

²⁷ pour des raisons techniques, l'ensemble complet des relations stratigraphiques est importé dans tous les cas ; mais en cas de sélection d'US, seules les relations stratigraphiques entre US sélectionnées seront prises en compte pour établir le diagramme ; les relations entre US sélectionnées et non sélectionnées ne seront pas prises en compte.

- Une fois l'exportation lancée depuis la base de données, ouvrir le *Stratifiant* (si pas déjà fait) et afficher la feuille « import données » ;
- après s'être assuré que les paramètres d'importation ont été correctement choisis et que les emplacements des fichiers de données à importer sont corrects, cliquer sur le bouton « import »

Les données sélectionnées dans la base sont importées dans le *Stratifiant* (l'opération peut prendre quelques secondes) : la liste des unités (éventuellement pourvues de dates plancher et plafond, si celles-ci ont été saisies dans la base de données), la liste des relations, ainsi la liste des phases (si une mise en phases des unités a été saisie dans la base de données)²⁸ apparaissent, prêtes à être traitées²⁹. La suite du traitement s'opère comme pour les données saisies manuellement.

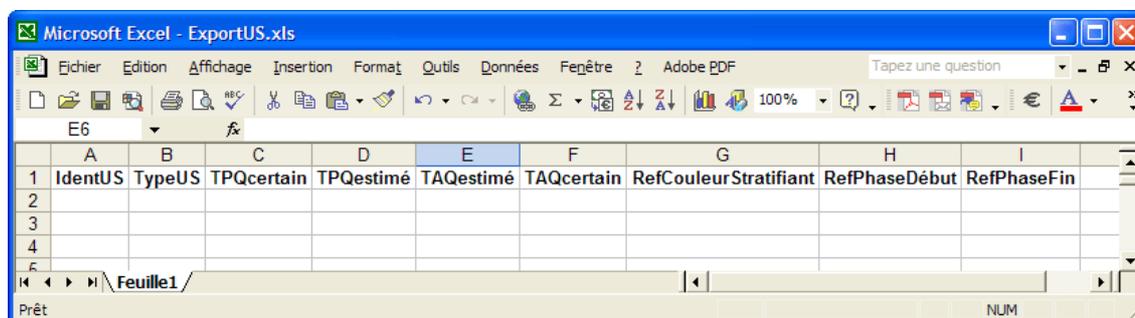
Attention : si l'on clique une deuxième fois sur le bouton « Import BdB » ou « import Stratibase », la feuille de données est vidée ; en effet, en fin de procédure d'importation, les fichiers de transfert sont vidés, afin que d'anciennes données ne se confondent pas avec les données à jour lors de l'importation suivante. Pour réimporter les US et relations, il faut actionner à nouveau la commande d'exportation depuis *Stratibase* ou *bdB*.

L'importation des données et la relance du traitement est à effectuer aussi souvent qu'on le souhaite, dès lors que l'enregistrement a été modifié sur la base de données (saisie de nouvelles unités, relations ou indicateurs de datation). Rappelons qu'en cas d'utilisation réelle sur le terrain, il est vivement conseillé de ne pas laisser s'accumuler de trop grandes quantités de données nouvellement enregistrées avant de procéder à l'importation des données et la mise à jour du diagramme ; en cas d'erreur logique signalée par Le *Stratifiant*, si celle-ci ne porte ainsi que sur un petit nombre de données saisies depuis le dernier traitement, la vérification et la correction de l'enregistrement en sont facilitées.

.2.7.2. Liaison avec des bases de données autres que Stratibase ou BdB

Pour utiliser le *Stratifiant* avec une base de données d'enregistrement, cette base de données doit être capable d'exporter les données à traiter sous forme de trois fichiers au format XLS, ou DBF .

Le premier fichier, qui doit obligatoirement se nommer ExportUS.xls ou ExportUS.dbf (suivant le format d'exportation choisi), contient les unités stratigraphiques.



	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	IdentUS	TypeUS	TPQcertain	TPQestimé	TAQestimé	TAQcertain	RefCouleurStratifiant	RefPhaseDébut	RefPhaseFin
2									
3									
4									
5									
6									

28 Option disponible, pour l'instant (septembre 2008) uniquement avec *Stratibase*.

29 Stratibase permet d'enregistrer directement les relations d'ordre et d'équivalence en précisant une modalité de certitude ou d'incertitude. Pour BdB, les relations d'appui, de recoupement, de remplissage sont converties en l'unique sorte de relation logique d'ordre stratigraphique « A sous B » ; la relation « identique » est convertie en sa valeur logique d'équivalence stratigraphique, notée « A synchrones avec B ». Mais la relation indiquée dans BdB comme « équivalent » est traduite par le Stratifiant comme un synchronisme non certain (« pt.être synchrones ») car cette relation s'applique à des cas où l'on a seulement la présomption d'une continuité entre les couches concernées, sans en avoir la preuve matériellement conservée et observable (cf. exemple 2 de l'annexe 1 sur les relations stratigraphiques du guide BdB). Pour BdB toujours, les relations d'inclusion entre unités « englobantes » et unités « englobées » ne sont (pour l'instant) pas prises en compte sur le diagramme stratigraphique.

La première ligne contient obligatoirement les noms des champs. Les noms en eux-mêmes n'ont pas d'importance, mais ils doivent obligatoirement correspondre aux informations suivantes :

colonne A (format texte)	identifiant de l'US. C'est le seul champ qui doit être obligatoirement rempli. Tous les autres peuvent à la limite rester vides.
colonne B (format texte)	type d'US : couche, négatif, altération. L'orthographe est à respecter strictement, sans espace au début ou à la fin. Comme pour une saisie manuelle, si le champ est vide, le Stratifiant attribue automatiquement la mise en forme du type « couche ».
colonnes C à F (format numérique entier)	indications éventuelles de dates plancher et plafond, certaines et estimées.
Colonne G (format numérique entier)	code de couleur éventuellement attribué à l'unité.
Colonnes H et I (format numérique entier)	numéros de phases début et fin attribuées à l'US

Le deuxième fichier doit obligatoirement se nommer ExportRelations.xls ou ExportRelations.dbf. Il contient les relations d'antéro-postériorité.

	A	B	C
1	Usantérieure	Uspostérieure	RelationIncertaine
2	1004	1003	
3	1007	1004	?
4	1006	1007	
5	1003	1005	?
6	1004	1001	
7	1006	1001	

les noms de champs (en-têtes de colonnes) n'ont pas d'importance en eux-mêmes (la première ligne peut même rester vide). La structure de ce fichier est très simple :

colonne 1 (format texte)	l'identifiant de l'unité antérieure
colonne 2 (format texte)	l'identifiant de l'unité postérieure
colonne 3 (format texte)	Relation incertaine ; si le champ est vide, la relation est importée comme certaine. Si le champ est renseigné avec « ? » (point d'interrogation, sans espace avant ni après), la relation est importée comme incertaine

Le troisième fichier doit obligatoirement se nommer ExportSynchronos.xls ou ExportSynchronos.dbf ; il contient les relations de synchronisme et est très semblable au second :

colonne 1 (format texte)	l'identifiant de la première unité synchrone
colonne 2 (format texte)	l'identifiant de la deuxième unité synchrone
colonne 3 (format texte)	si le champ est vide, la relation est importée comme certaine. Si le champ est renseigné avec « ? » (point d'interrogation, sans espace avant ni après), la relation est importée comme incertaine

Il est nécessaire de créer une procédure d'exportation dans la base de données source, pour sélectionner les informations et les répartir dans trois tables, puis exporter ces tables dans l'un des deux formats indiqués ci-dessus.

Il est judicieux de prévoir dans la base de données un script et/ou un bouton cliquable pour enregistrer et actionner en tant que de besoin cette procédure ; car il faut l'actionner pour chaque

nouveau traitement avec le *Stratifiant*. En effet ce dernier efface les informations sur les fichiers exportés après les avoir lus (pour éviter les confusions entre états successifs de données importées).

La création de cette procédure ne devrait pas poser de problèmes si la base de données est réellement relationnelle, c'est à dire si les relations stratigraphiques sont gérées par des liens dans la base, sans que les unités et les relations soient entassés sur la même table³⁰.

.2.7.4. Importation du résultat de requêtes effectuées depuis la base de données

Des codes de couleur peuvent être affectés aux US dans la base de données source (si celle-ci dispose des champs correspondants sur la table des US ; ce qui est le cas de *Stratibase* et de *bdB*), en fonction de requêtes effectuées sur les unités (portant par exemple sur la nature de l'unité, le mobilier contenu, etc.).

Les codes attribués en fonction de ces requêtes sont importés dans le *Stratifiant*, dans la colonne «coul.» de la liste des US.

Avec la base de données *Stratibase* (version 3), la légende de chaque couleur est saisie dans la base de données et importée. Actuellement, pour les autres bases de données, seuls les codes de couleur sont importés ; la légende de chaque couleur utilisée est ensuite à saisir dans la feuille «mise en couleurs» du *Stratifiant*, sur la ligne du code couleur concerné (cf ci-dessus 2.6.1)

Une fois l'importation des codes de couleur effectuée, la mise en couleur sur le diagramme s'opère comme indiqué plus haut (cf. 2.6. « visualisation d'US spécifiques (mise en couleur) »).

2.8. indications particulières

.2.8.1. Spécificités de l'utilisation avec Macintosh

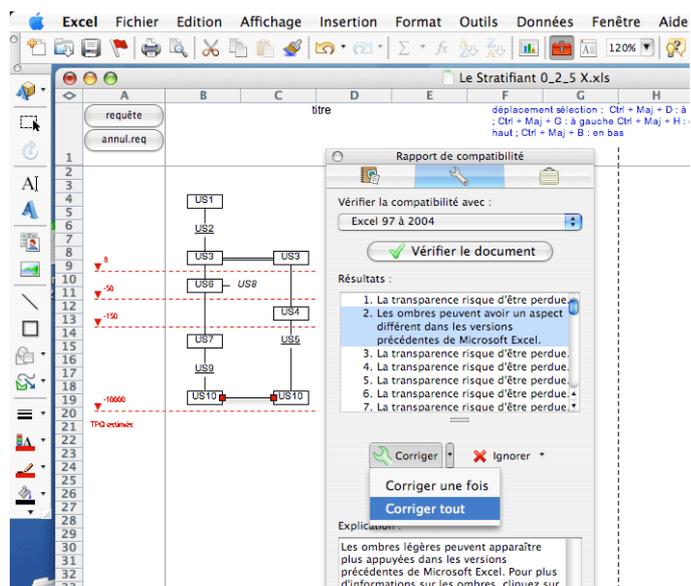
L'application le *Stratifiant* peut être utilisée avec Excel pour Macintosh. Mais cette possibilité est actuellement limitée à deux versions d'Excel sous Mac : Excel X (2001) et Excel 2004. D'autre part, Il faut signaler que l'exécution du traitement est nettement plus lente avec un Mac³¹.

Une précaution d'utilisation particulière est à signaler concernant Excel 2004 (Mac) : sous cette version, les traits d'égalité entre US sur le diagramme se transforment en traits à ombre diffuse. Pour retrouver l'aspect du trait d'égalité (double ligne), une fois le diagramme généré, procéder de la façon suivante :

- utiliser le rapport de compatibilité (menu Outils) ; dans la liste « résultats », cliquer sur la première modification d'ombre signalée (« les ombres peuvent avoir un aspect différent... »)

30 Cf partie 1 de la thèse, 4.2.2

31 alors que le *VBA* – langage de programmation d'Excel (et d'une façon générale des applications *Microsoft*) dans lequel est écrit le *Stratifiant* – est directement lié à *Windows*, il est seulement encapsulé dans *Excel* sous *Mac*, et doit être interprété par le système.



- cliquer sur la petite flèche noire à droite du bouton « corriger » et choisir « corriger tout »

Une autre méthode, plus fastidieuse, consiste à sélectionner chaque trait d'égalité, puis à modifier l'aspect de l'ombre avec la palette de mise en forme, en réglant le paramètre « douceur de l'ombre » à 0 points³².

.2.8.2. Que faire en cas de bogue ?

Même si de nombreux bogues ont déjà été détectés et corrigés, le *Stratifiant* est une application encore peu diffusée et utilisée, qui peut donc être affectée par des bogues ou des problèmes de fonctionnement non encore détectés (particulièrement concernant les fonctions les plus récemment développées).

L'utilisateur doit donc être prêt à affronter d'éventuels problèmes de fonctionnement ; mais ce faisant, il assume le rôle d'un courageux pilote d'essais contribuant à la mise au point de l'application³³ ! D'une façon générale, en cas de problème, il est important de conserver le fichier *Excel* avec ses données en l'état, et de prendre contact avec l'auteur de l'application pour lui communiquer ce fichier, afin que le problème puisse être analysé et (si tout va bien) corrigé.

Cependant, il est quelquefois nécessaire de procéder d'abord à des manœuvres de déblocage de l'application *Excel* et du langage *VBA* qu'elle contient.

Déblocage ou interruption d'un traitement en cours

Premier cas : l'application s'est mise à tourner en boucle infinie, ou bien l'on souhaite interrompre un traitement en cours :

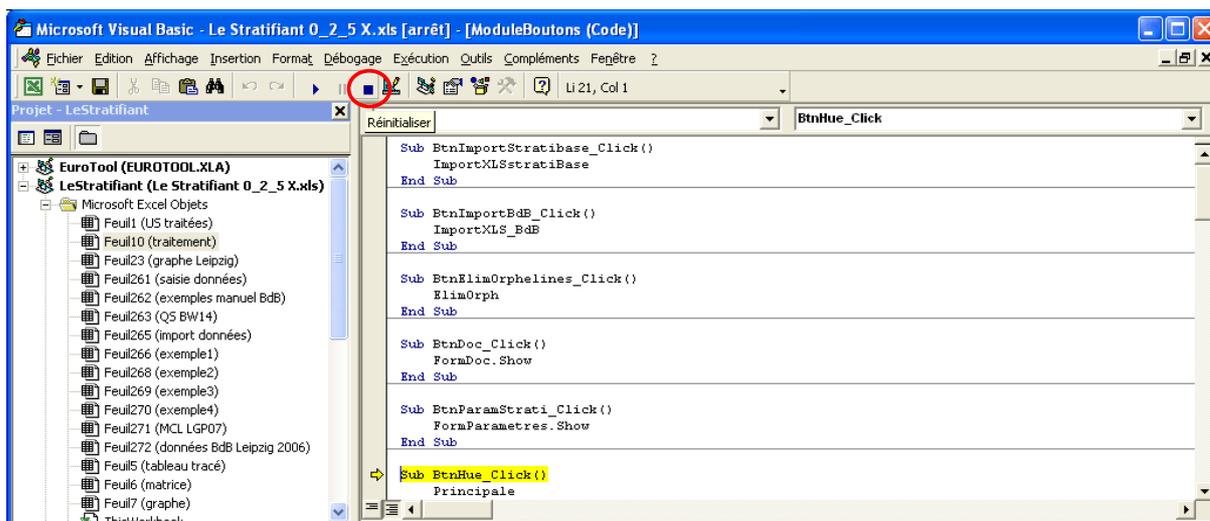
- au clavier, appuyez simultanément sur les touches Ctrl et Pause ; la fenêtre suivante s'affiche :

32 ce paramètre n'est pas compris dans les propriétés d'objets graphiques contrôlables à l'aide de code *VBA*, ce qui rend nécessaire la correction par l'utilisateur en fin de traitement.

33 Que les lesdits courageux pilotes d'essais se rassurent, l'auteur a fixé un chiffre raisonnable de 7% de pertes humaines tolérables pour la mise au point du *Stratifiant* !



- cliquer sur « débogage » ; l'écran de programmation VBA s'affiche :



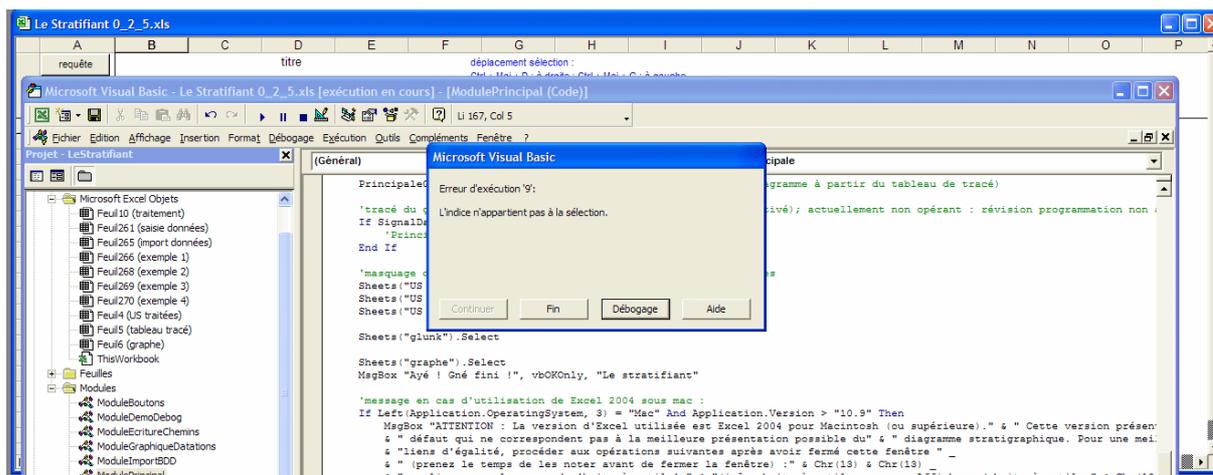
- cliquer sur le bouton de réinitialisation de la barre d'outil de VBA (petit carré bleu, dans le cercle rouge ci-dessus), pour débloquer l'application ; puis fermer la fenêtre de programmation (croix dans le carré rouge en haut à droite de la fenêtre).

Arrivé à ce stade, il est possible de sauver et fermer normalement le classeur *Excel*.

Rappelons que des temps de traitement supérieurs à 10 ou 15 minutes sont normaux à partir de plusieurs centaines d'US traitées ; et que d'autre part, selon les réglages de l'ordinateur, l'affichage peut disparaître partiellement ou totalement jusqu'à achèvement du traitement. Un temps de traitement long et un affichage « gelé » ou absent durant le traitement ne signifient donc pas nécessairement qu'il y ait un problème et qu'il faille interrompre le traitement.

Procédure en cas d'arrêt anormal du traitement, avec message d'erreur du système

Deuxième cas : arrêt anormal et message d'erreur système. Le traitement s'est interrompu de lui-même, laissant la place à une fenêtre de message d'erreur de VBA, portant des indications obscures, dans le style de celle-ci :



dans ce cas : procéder comme dans le cas d'une interruption volontaire du traitement exposé ci dessus :

- cliquer sur « débogage » dans la fenêtre de message ; puis cliquer sur le bouton de réinitialisation de la barre d'outils de VBA (petit carré bleu) ; puis fermer la fenêtre VBA, puis le classeur Excel.

Résultat anormal du traitement

Troisième cas : résultat anormal. L'application s'exécute sans problèmes apparents ni message d'erreur, mais le diagramme obtenu est incomplet ou aberrant.

Dans ce cas, pas de déblocage ni de manoeuvre spéciale à effectuer : conserver le classeur en l'état pour le communiquer à l'auteur afin d'analyse et débogage, en indiquant en quoi le résultat pose problème.

contact en cas de problèmes :

Bruno Desachy :

bruno.desachy@free.fr adresse périmée

ou bruno.desachy@univ-paris1.fr

3. base de données Stratibase : mode d'emploi

Stratibase est une application de système de gestion de bases de données relationnelle (développée sur le logiciel *FileMaker* version 8), destinée à l'enregistrement et à la gestion des données d'une fouille stratigraphique. Cette application est jointe au présent volume (sur CDRom). Comme indiqué dans la présentation générale, le système présenté ici est une version « générique » : c'est à dire réduite à ses constituants fondamentaux.

En effet, *Stratibase* n'est présentée ici que comme un complément du Stratifiant, pour illustrer les possibilités de communication de ce dernier avec une base de données d'enregistrement, et les fonctions qui en découlent (création de diagrammes à partir des données de la base, illustration sur le diagramme du résultat de requêtes effectuées dans la base).

D'autre part, la définition précise d'un système d'information archéologique dépendant à notre avis du terrain à traiter et de l'équipe de recherche qui l'utilise, l'emploi opérationnel de *Stratibase* suppose de toute façon de développer et de faire évoluer les éléments de base ici proposés. La version générique ici présentée est donc susceptible d'être déclinée et démultipliée (champs, tables, écrans supplémentaires...) pour répondre aux besoins d'une utilisation opérationnelle. Ainsi, dans l'utilisation réelle de *Stratibase* sur le site du Mont Saint-Syméon en Syrie (cf chapitre 4), certains aspects sont différents de ceux présentés ici (et cette application est d'ailleurs en cours d'évolution).

Indépendamment du logiciel-support *Filemaker* (qui n'est ni libre ni gratuit), l'application propre *Stratibase* est, comme indiqué dans la présentation générale, libre et gratuite. L'application peut donc être copiée, utilisée, modifiée ou utilisée pour des développements spécifiques. Le logiciel support *Filemaker* est nécessaire pour exécuter et pour pouvoir modifier *Stratibase*. Cependant, une version auto-exécutable est jointe, ne nécessitant pas l'installation de *Filemaker*. Cette version auto-exécutable n'est pas modifiable, et ne peut fonctionner en réseau (limites imposées par *Filemaker*).

Bien que peu développée, la présente version générique de *Stratibase* inclut les relations archéologiques essentielles entre les trois entités majeures : contextes, documents produits par l'archéologue, et éléments recueillis. *Stratibase* est cependant orientée vers la fouille stratigraphique en aire ouverte (l'échelle retenue pour l'entité « contexte » étant l'unité stratigraphique), et donc peu adaptée dans sa structure à d'autres approches.

Le mode d'emploi présente ci-dessous les fonctions liées à ces trois entités majeures, après quelques indications d'installation (3.1). En premier lieu, l'existence d'un «thésaurus» intégré à la base permet de créer un vocabulaire d'enregistrement propre, de le faire éventuellement évoluer et d'en garder la

trace (3.2) ; l'enregistrement des US et relations stratigraphique est ensuite présenté (3.3) puis celui de la documentation de fouille (3.4), et enfin celui des éléments matériels recueillis (« mobilier et matériaux naturels et de nature biologique » suivant la définition réglementaire) (3.5). *Stratibase* inclut dans cette version générique simplifiée une fonction de suivi des mouvements et étapes de traitement des éléments matériels recueillis³⁴. Enfin, est joint le modèle de données de la base (3.6).

Signalons enfin que dans un souci d'allègement et de simplicité, il est fait au maximum appel aux fonctions et commandes du logiciel-support : nous n'avons pas cherché à remplacer ou à dissimuler l'environnement de travail de *Filemaker*. Les boutons et scripts créés dans *Stratibase* ne concernent que les fonctions propres à cette application. Par conséquent, pour les opérations générales de manipulation de base de données (création de fiche, tri, requêtes, etc.), ce sont les commandes *Filemaker* qu'il faut utiliser (ce qui suppose une connaissance de base de ces commandes ; mode d'emploi et documentation de *Filemaker* sont téléchargeables gratuitement sur le site de *Filemaker* : <http://www.filemaker.fr/support/product/documentation.html>).

3.1. installation et démarrage

Application normale (nécessite Filemaker)

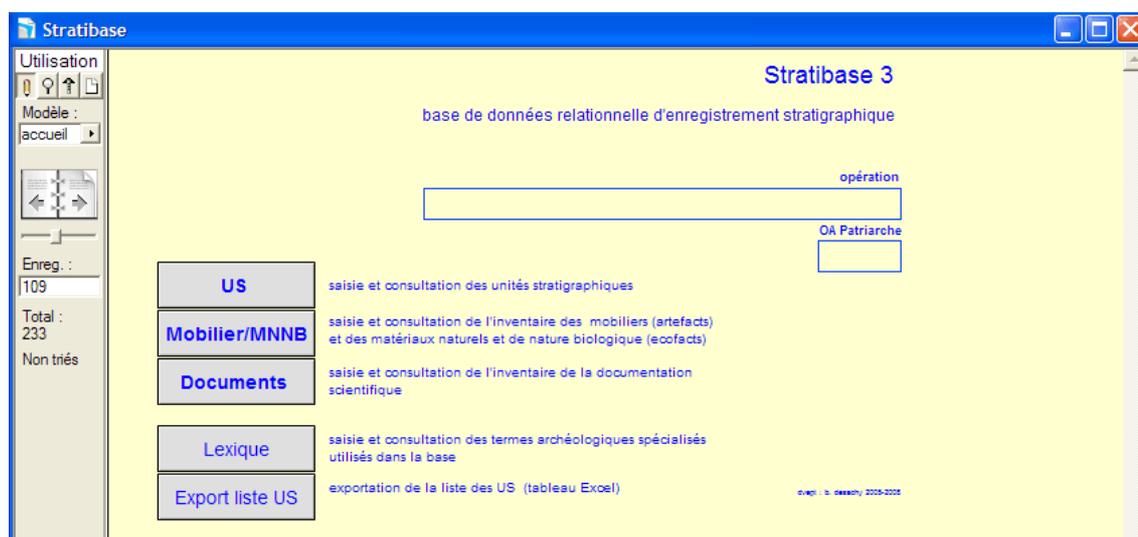
- Copier depuis le CD ou télécharger le fichier *Filemaker*, nommé « *Stratibase.fp7* ».

Pour être ouvert et utilisé, ce fichier nécessite de disposer du logiciel *Filemaker* version 8 ou supérieure (attention : la version 7 ne suffit pas, car les onglets dans les formulaires ne sont pas reconnus par cette version). Après copie depuis un CD, il peut être nécessaire de décocher la case « lecture seule » (dans les propriétés du fichier).

L'application n'est pas protégée ; il est donc possible, si l'utilisateur le souhaite, d'effectuer des modifications et développements (ajouts ou retraites de rubriques, tables, liens, formulaires, scripts, etc.) : voir plus loin 3.6 la structure actuelle de *Stratibase*.

- Ouvrir le fichier

l'écran d'accueil s'affiche.



Deux rubriques à remplir sont visibles sur l'écran d'accueil :

³⁴ En revanche, cette version générique nécessite le développement de fonction d'identification des propriétaires pour gérer les procédures réglementaires actuellement en vigueur en France.

- « opération » : la désignation de l'opération archéologique, objet du fichier Stratibase en cours
- « OA Patriarche » : le code officiel de l'opération (en France);

Les trois premiers boutons permettent d'accéder aux trois principaux formulaires. Le bouton « lexique » affiche le thésaurus, pour consultation ou modification (voir ci-dessous).

Quant au bouton « Export liste US» , il génère un tableau *Excel* contenant les indications relatives aux US (avec la liste des US antérieures, postérieures et synchrones ajoutées directement dans des colonnes de ce tableau), à titre d'exemple de procédure permettant de générer des tableaux numériques destinés à l'exportation

Application auto-exécutable

Les utilisateurs ne disposant pas de Filemaker peuvent recourir à l'application auto-exécutable. Celle ci contient toutes les fonctionnalités de Stratibase exposées ci-après. Cependant, il n'est pas possible de modifier l'application elle-même. Une autre limite est que l'application auto-exécutable ne peut pas fonctionner en réseau.

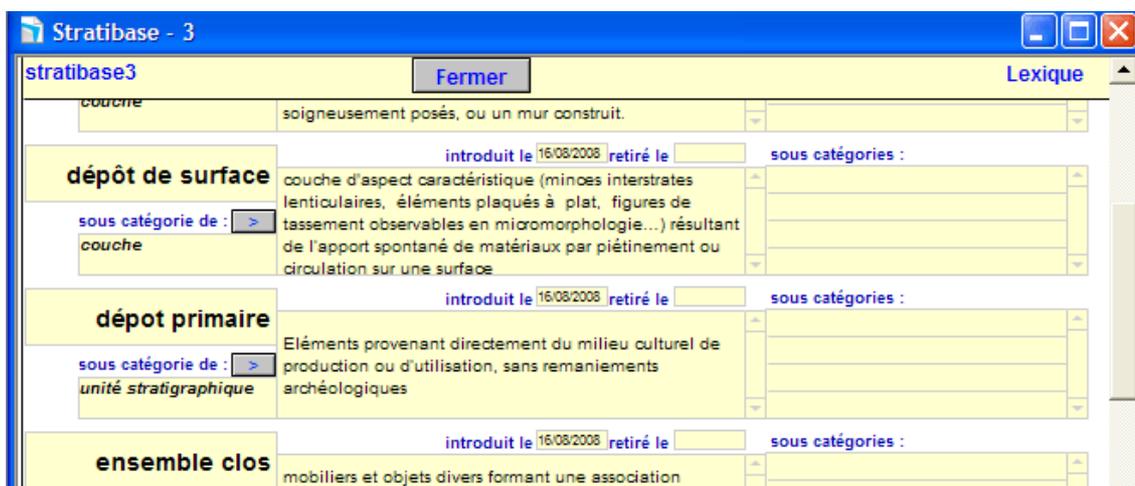
- Ouvrir le dossier « Stratibase Exécutable » ; puis dans ce dossier, double-cliquer sur le fichier « Stratibase Exécutable.exe »

Le même écran d'accueil s'affiche.

3.2 Lexique

Les fouilleurs utilisent des termes de vocabulaire spécialisé pour qualifier les unités stratigraphique et les éléments matériels recueillis. Des lexiques divers ont ainsi été développés par différentes équipes, en fonction des problématiques de recherches, des aires chrono-culturelles étudiées, et des traditions propres à ces équipes.

Stratibase comprend donc une table spéciale pour lister les termes spécialisés mobilisés dans les interprétations et description, que l'on peut utiliser en particulier dans les listes déroulantes de mots-clés. Le lexique est accessible au cours de l'utilisation (saisie et consultation), au moyen d'un bouton présent sur la plupart des écrans.



Le lexique comprend l'appellation et la définition du terme, ainsi que le terme générique auquel il se rattache (on peut ainsi gérer des vocabulaires hiérarchisés). Il est évolutif (de nouveaux termes peuvent être saisis) et constitue ainsi une mémoire de l'évolution du « langage documentaire » utilisé

dans la base, au moyen de la date d'introduction de chaque terme, et de la date de fin d'usage de ce terme. En effet, si l'usage d'un terme est abandonné et remplacé par un autre jugé plus adéquat, cette date de fin d'usage signale que ce terme est obsolète et n'est plus à utiliser dans les nouveaux enregistrements (mais sa définition est toujours conservée et accessible).

3.3 Enregistrement des US et des relations

L'écran de saisie et consultation des US est accessible depuis l'écran d'accueil par le bouton « US ». Il comporte une série de rubriques générales et trois onglets spécialisés : « description interprétation datation », « stratigraphie », et « mobilier MNNB ». Les deux premiers sont décrits ci-dessous ; l'onglet « mobilier MNNB » est décrit avec l'enregistrement des mobiliers et matériaux naturels et de nature biologique (4.5).

3.3.1. Indications générales

en tête du formulaire, comme sur les autres écrans de Stratibase, un bouton permet de retourner à l'accueil et un autre d'appeler le thesaurus (« lexique »).

La partie supérieure de la fiche contient les rubriques destinées aux indications générales ; de gauche à droite :

- identifiant de l'US attribué par le fouilleur
- secteur : indication de localisation à l'intérieur de la fouille, ici réduite à une seule rubrique, qu'il est envisageable de démultiplier sur les chantiers subdivisés de façon plus complexe (hiérarchie de zones, secteurs, aires, sondages, etc.)
- type US : indication du type de l'US (couche, négatif ou altération)
- date : date de l'ouverture de la fiche (automatiquement attribuée lors de la création de la fiche, mais modifiable manuellement ensuite) ;

- rempli par : nom de l'opérateur ayant effectué la saisie

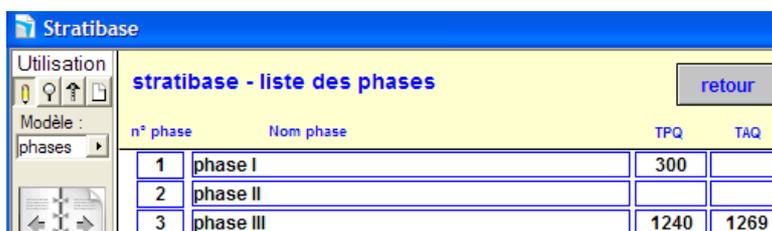
.3.3.2. colonne de droite : indications complémentaires ou postérieures à la fouille

Indication de mise en séquence et de mise en phase

Séquence : La rubrique « séquence » peut être renseignée par saisie directe au clavier ou par choix dans une liste déroulante (flèche à droite). Chaque nouvelle désignation de séquence saisie s'ajoute automatiquement à la liste déroulante. La séquence correspond en principe à un regroupement chronologique d'US successives, relatives à la même action ou au même événement.

Mise en phases : les indications de mise en phase sont conçues en vue de leur traitement à l'aide du *Stratifiant*. La phase correspond, en principe, à un regroupement de séquences. Chaque phase gérée par *Stratibase* et le *Stratifiant* désigne une tranche chronologique qui porte sur l'ensemble de la stratification traitée ; il ne peut pas y avoir deux phases parallèles au même moment.

Le bouton « liste phases » permet d'accéder à la liste des phases, à remplir par l'utilisateur. Cette liste comprend un numéro, obligatoire, qui doit respecter la succession chronologique des phases définies par l'utilisateur (n° 1 : phase la plus ancienne ; n° 2 : phase suivante ; etc.). La liste comprend trois autres champs : le nom de la phase (désignation choisie par le fouilleur, par exemple « phase IIb » ou « état ancien ») ; et, facultativement : l'indication d'une date plancher attribuée au début de la phase (la phase ne peut débuter avant cette date), et /ou d'une date plafond attribuée à la fin de la phase (la phase ne peut s'achever après cette date).



n° phase	Nom phase	TPQ	TAQ
1	phase I	300	
2	phase II		
3	phase III	1240	1269

La liste des phases comporte en en-tête un bouton « retour » qui permet de revenir à la fiche d'US.

La mise en phase de l'US est indiquée à l'aide de deux rubriques : « phase début » et « phase fin ». La « phase fin » est la plus ancienne phase à laquelle l'US peut être attribuée. La « phase début » est la plus récente phase à laquelle l'US peut être attribuée. Ce dédoublement correspond aux fonctionnalités de mise en phase du *Stratifiant*, qui admettent les unités non situées précisément dans une phase, mais situées seulement dans une fourchette de phases ; ainsi dans le cas d'une US qui peut appartenir soit à la phase 2, soit à la phase 3, on indique la phase 2 comme phase début, et la phase 3 comme phase fin. Dans le cas d'une US précisément attribuée à une phase, c'est cette phase qu'il faut saisir à la fois comme phase début et phase fin.

La saisie des phases dans ces deux rubriques s'effectue par choix dans une liste déroulante reliée à la liste des phases (flèche à gauche).

Dans cette version générique de la base de données, il n'existe pas d'autres niveaux de regroupements d'US structurels ou chronologiques ; ceux-ci (faits, structures, périodes, etc.) peuvent être ajoutés et développés de besoin sous forme de rubriques et même de tables liées spécifiques.

liste des documents

Liste déroulante des documents qui renseignent l'US. Si il s'agit d'un document numérique, une

vignette du document apparaît. L'identifiant du document (attribué par l'utilisateur – cf. plus loin 4.4) apparaît en haut à droite. Le bouton sous l'identifiant permet d'accéder directement à la fiche du document. « L'ascenseur » à droite de la liste permet de faire défiler celle-ci si nécessaire.

L'indexation des US se fait depuis l'écran de saisie et consultation des documents (cf. plus loin 3.4).

autres observations

Cette rubrique est destinée à recueillir des observations de « méta enregistrement », portant sur le fouille et l'enregistrement et non sur le terrain lui-même : c'est à dire sur les conditions de fouille (degré de finesse par exemple), procédures spéciales éventuellement mises en place, etc.

exportation et requête dans le stratifiant

Le bouton « toutes US » permet d'exporter l'ensemble de l'enregistrement stratigraphique, afin d'obtenir un diagramme complet. Une fois le bouton actionné, ouvrir le Stratifiant (si ce n'est pas déjà fait) et opérer depuis le Stratifiant comme indiqué dans le mode d'emploi de ce dernier (cf. plus haut 2.7.1). Attention : pour que la liaison soit opérationnelle, l'adresse des fichiers d'exportation doit au préalable être indiquée dans le Stratifiant (cf 2.7.1).

Le bouton « US Sélection » exporte seulement les US en cours, après avoir opéré une requête pour sélectionner ces US. Cela permet de générer des diagrammes partiels dans le stratifiant, sur ces seules US sélectionnées. La procédure est ensuite semblable à celle de l'exportation de toutes les US.

Le cadre « visu requêtes dans le Stratifiant » permet, après sélection d'une catégorie d'US à illustrer avec une couleur particulière dans le diagramme, de choisir un code de couleur (flèche) ; la légende correspondant à ce code de couleur peut être modifiée (ou créée) dans le cadre « légende ». le bouton « valider » permet d'affecter ce code et cette légende à toutes les US en cours (sélectionnées après une requête). La répétition de cette manoeuvre (requête + affectation d'un code couleur aux US sélectionnées) permet de créer plusieurs catégories d'US de couleur différentes sur le diagramme.

Lors de l'exportation dans le Stratifiant (bouton « toutes US » ou « US Sélection »), couleurs et légendes sont transférées avec les unités et relations, et peuvent ensuite être affichées sur le diagramme. La définition des couleurs correspondant aux codes s'effectue depuis le Stratifiant (cf. plus haut 2.6)

.3.3.3. onglet « description interprétation datation »

la partie centrale est occupée par 3 onglets : « description interprétation datation », « stratigraphie », et « mobilier MNNB ». Le premier de ces onglets est destiné à l'interprétation et à la description générale de l'unité.

The screenshot shows the Stratibase software interface for entering data for a stratigraphic unit (US 1004). The main window is titled "Stratibase : Unités Stratigraphiques". The interface is divided into several sections:

- Navigation and Search:** Includes "Utilisation" (Accueil, Lexique), "Modèle" (ModUSte), and search filters for "Secteur" (US), "typeUS" (couche), and "fondation galerie Est du cloître (côté préau)".
- Unit Identification:** "US 1004", "Date" (25/07/2008), and "Rempli par" (BD).
- Description and Interpretation:**
 - description interprétation datation:** "couche construite ; paroi/mur".
 - injecteurs mot clés (nature et interprétation):** Two dropdown menus for "nature" and "interprétation", each with a "V" button.
 - interprétation résumée (50 caractères max.):** "fondation galerie Est du cloître (côté préau)".
 - interprétation et description de l'US (texte libre):** A large text area containing a detailed description of the masonry and its location.
- Dating Indicators:**
 - instant de fin de formation de l'US:** TPQ (date plancher) 1240, date plancher estimée 1289, date plafond estimée 1793, TAQ (date plafond).
 - origine (instant début formation) de l'US:** date au plus ancien 1240, date estimée, date au plus récent 1289.
 - durée de formation de l'US:** durée minimum, durée estimée, durée maximum 1.
- Comments and Observations:**
 - commentaires datation de l'US:** "cloître construit entre 1240 et 1289 (d'après estimations des historiens et historiens de l'art) ; temps de construction des vestiges observés rapide (maçonnerie d'un seul tenant, même mortier)".
 - documents:** Includes "photo 1" and "coupe 1".
 - Autres observ. (type de fouille, etc.):** A text area for additional observations.
 - visu requête dans le Stratifiant:** "couleur" (5), "legende" (maçonnerie), and a "valider" button.
 - exporter dans le Stratifiant:** "toutes US" and "US sélection".

mots clé « caractères de l'US (nature et interprétation) »

Deux injecteurs de mots-clé (« nature » et « interprétation ») permettent d'attribuer à l'unité des termes descriptifs définis, à fixer par l'utilisateur, mais qui doivent être indiqués et explicités dans le lexique (cf. 4.2). Ces injecteurs se présentent sous forme de listes déroulantes, modifiables. La liste « nature » renvoie au processus de formation de l'unité, et la liste « interprétation » à son interprétation culturelle et historique³⁵. Une fois le mot clé choisi sur la liste, le bouton « V » (valider) permet de l'injecter dans le cadre « mots-clés » à droite (celui-ci est modifiable en saisie directe, en particulier pour effacer un mot clé en cas de fausse manoeuvre). Plusieurs mots clés peuvent ainsi être choisis et ajoutés.

Rubrique « interprétation résumée »

Comme indiqué sur la rubrique, il s'agit de donner une interprétation courte de l'unité, qui apparaît ensuite dans la partie supérieure de la fiche, quel que soit l'onglet ouvert.

Rubrique interprétation et description de l'US

Rubrique destinée à recevoir les observations et interprétations concernant l'unité, de façon plus détaillée que par l'attribution des mots clés.

C'est – là encore – une rubrique générique, susceptible d'évoluer et d'être divisée en champs plus spécialisés ; dans cette perspective, des protocoles descriptifs et interprétatifs plus précis adaptés à des types d'unités différents peuvent être développés et faire l'objet de champs, voire de tables spécifiques liées à la table des US (concernant par exemple les sédiments meubles, les restes osseux

³⁵ Cette distinction, que nous trouvons pratique à certains égards (cf. première partie de la thèse, 2.1.2), n'est pas obligatoire et l'on peut envisager de fusionner ces deux listes en une seule, ou d'en faire une liste de mots clé à deux niveaux.

et unités constitutives de sépultures, les unités construites d'archéologie du bâti, etc.).

L'ordre des termes - interprétation avant description - n'est pas dû au hasard : le parti pris sous-jacent est d'éviter de se limiter à une description « neutre » (détail de la couleur, de la granulométrie, etc.) sans signification, mais de chercher relier la description à l'interprétation (la première argumentant la seconde).

indicateurs et estimations de datation quantifiée

Ces indicateurs et estimations de temps quantifié se réfèrent à l'inscription dans le temps absolu des unités et relations stratigraphiques discutée dans la première partie de la thèse (2.1.5). Pour l'instant, seuls les indicateurs TPQ et TAQ (certains et estimés) sont traités par le Stratifiant (et sont donc exportés vers le Stratifiant) ; voir plus haut 2.4.

Ne pas remplir les cadres pour lesquels on a pas d'indication ; pour des durées inférieures à 1 an, indiquer « 0 » ; en revanche, concernant les TPQ, TAQ, et indicateurs de date de début de formation de l'US ne pas saisir « 0 » si la date est la première année de notre ère, mais « 1 ».

.3.3.4. Onglet « stratigraphie »

The screenshot shows the Stratibase software interface for unit 1004. The main window is titled 'Stratibase : Unités Stratigraphiques'. The interface is divided into several sections:

- Header:** 'Stratibase : Unités Stratigraphiques' with a search bar for 'US 1004' and 'couche'.
- Navigation:** 'Utilisation' menu with 'Accueil' and 'Lexique' options.
- Unit Information:** 'Séquence' dropdown set to 'mur 1004', 'Date' set to '25/07/2008', and 'Rempli par' set to 'BD'.
- Stratigraphie Tab:**
 - Unités postérieures:** A table listing units 1028, 1073, 1074, 1086, 1093, and 1217 with their descriptions and relationships to unit 1004.
 - Unités synchrones (saisies):** A table listing unit 1027 with its description 'fondation galerie nord' and relationship 'harpage'.
 - Unités antérieures:** A table listing unit 1124 with its description 'tranchée de fondation' and relationship 'remplissage'.
- Documents:** A section for 'documents' with 'photo 1' and 'coupe 1' thumbnails.
- Other Observations:** A section for 'Autres observ. (type de fouille, etc.)'.
- Visualisation:** A section for 'visu requête dans le Stratifiant' with a 'couleur' dropdown set to '5' and a 'legende' set to 'maçonnerie'.
- Exportation:** A section for 'exporter dans le Stratifiant' with buttons for 'toutes US' and 'US sélection'.

La figure ci-dessous précise la saisie des relations stratigraphiques.

l'enregistrement des relations :

l'exemple est ici celui d'une relation d'antériorité (US postérieures, cadre du haut). L'enregistrement des relations de postériorité (US antérieures, cadres du bas) et des synchronismes (cadre de droite) suit les mêmes principes.

1 cliquer sur la flèche pour afficher la liste des US enregistrées ; puis cliquer sur l'US postérieure à saisir ;

2 choisir la nature de la relation en cliquant sur la flèche puis sur la liste déroulante (voir thesaurus pour la définition des termes)

3 si la relation est incertaine, cocher la case

4 pour formuler des observations portant spécifiquement sur la relation, cliquer sur ce bouton : une fenêtre sur la relation s'affiche avec une rubrique de commentaires ;

5 en cas d'erreur, pour supprimer la relation, cliquer sur la croix rouge afin de sélectionner la ligne ; puis touche "suppr" au clavier ; (seule la relation est détruite, pas la fiche de l'US liée - ici 109)

chaque nouvelle relation est à saisir dans la ligne d'attente (dernière ligne, vide, de la liste) ;

une fois l'US choisie, l'identifiant et l'interprétation résumée de cette US postérieure s'affichent automatiquement ;

si des commentaires ont été formulés pour cette relation, des petits caractères apparaissent ici. Pour les consulter, cliquer sur le bouton "> obs" ;

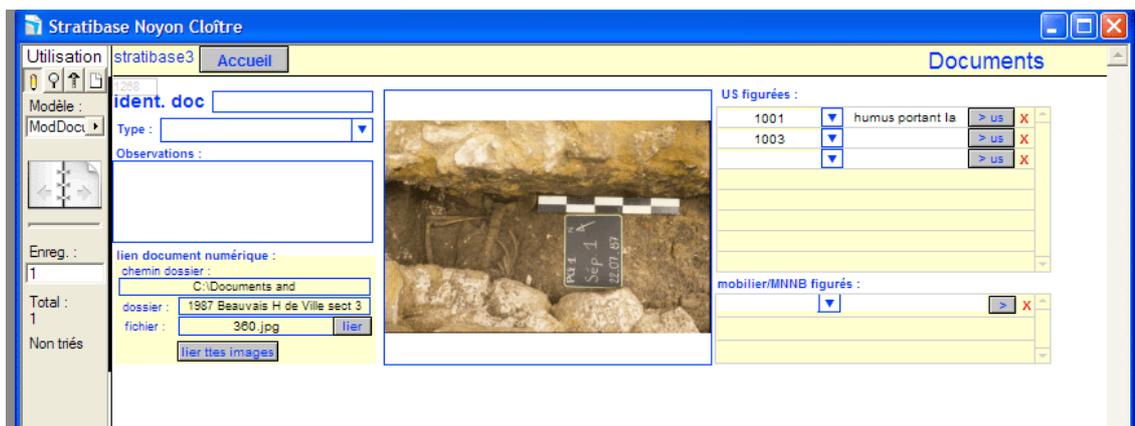
ce bouton permet d'accéder directement à la fiche de l'US postérieure (sur laquelle la relation réciproque s'affiche automatiquement) ;

Le bouton « obs » dans les listes des relations permet d'accéder à un écran particulier, qui peut recevoir des précisions concernant cette relation : observations complémentaires, et concernant les relations d'antéro-postériorité, et affectation d'une durée ;



3.4. enregistrement des documents

Les fiches des documents sont accessibles depuis la liste des documents sur la fiche d'US ou depuis l'écran d'accueil.



rubrique identifiant document

rubrique destinée à recueillir l'identifiant du document attribué suivant les conventions propres à l'équipe et à l'opération (la clé primaire permettant les liens avec les autres tables de la base est, comme pour les US, un champ numérique distinct géré par le système et inaccessible à l'utilisateur).

rubrique type de document

Dans cette version générique, la liste déroulante de cette rubrique n'est pas reliée à une liste prédéfinie. Une telle liste prédéfinie peut être établie, par exemple en référence au cadre réglementaire d'inventaire de la documentation scientifique des opérations archéologiques.

Rubrique observations

Comme son titre l'indique...

Lien avec document numérique

la première rubrique est destinée à recueillir le chemin du dossier contenant le document à afficher, la seconde le nom du dossier contenant ce document, et la troisième le nom du fichier avec son extension (par exemple image.jpg).

Une fois ces trois indications remplies, le bouton « lier » permet de créer un lien vers le document et de le visualiser dans le cadre central (mais il s'agit seulement d'un lien dynamique, le document numérique n'est pas inséré dans la base de données ; la banque d'image et de document numériques utilisée par les archéologues, son emplacement et sa structure, restent donc distincts de Stratibase proprement dit).

Le contenu de la première rubrique (chemin de dossier) peut être sélectionné sur liste déroulante ; la liste déroulante se complète automatiquement à chaque nouvel ajout d'un chemin différent. Cette possibilité permet une plus grande mobilité de la base *Stratibase* (sur clé US par exemple), en facilitant le rétablissement de la liaison avec une ou plusieurs banques d'images et de documents numériques (stockées sur serveur ou disque dur amovible par exemple).

Le bouton « lier ttes images » permet, après avoir modifié les adresses de l'ensemble des documents numériques (ou d'un ensemble sélectionné sur requête de documents numériques), de rétablir en bloc tous les liens (par exemple après avoir modifié le chemin du dossier pour ce connecter à un autre emplacement de la banque d'images et de documents numériques).

Image (cadre central)

Le cadre central reçoit l'image numérique du document (si celui-ci a été numérisé). Cliquer au centre du cadre permet d'afficher cette image agrandie. Le bouton « retour » sous l'image agrandie permet de retourner au formulaire.

Liste « US figurées »

La liste (table externe) permet de lier le document aux unités stratigraphiques, au moyen de la liste déroulante des US (flèche bleue). Le bouton « >US » permet, pour chaque US liée, d'accéder directement à la fiche de cette US.

Liste « mobilier MNNB figurés »

Rappelons que les éléments matériels recueillis sont réglementairement du « mobilier » (artefacts) ou des « matériaux naturels et de nature biologiques ». La liste (table externe) « mobilier MNNB

figurés » permet de lier le document à ces éléments matériels, au moyen de la liste déroulante (flèche bleue). Le bouton « > » permet, pour chaque élément recueilli lié, d'accéder directement à sa fiche.

3.5. Enregistrement du mobilier et des matériaux naturels et de nature biologique

L'appellation réglementaire « mobiliers et matériaux naturels et de nature biologique (MNNB) » recouvre l'ensemble des éléments matériels recueillis sur le terrain, destinés à l'étude et /ou à la conservation.

3.5.1. onglet « mobilier MNNB » de l'écran « unités stratigraphiques »

The screenshot shows the Stratibase software interface for unit 1108. The main window is titled 'Stratibase : Unités Stratigraphiques'. The 'mobilier/ MNNB' tab is active. The table below shows the collected elements:

n°	objet	lot	type	nature	prélév.	description résumée	valider :
1	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	MNNB	os humain	<input type="checkbox"/>	crâne (en place mais séparé du reste du corps par la tranchée 1090)	V 1108-1 X
2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	MNNB	os humain	<input type="checkbox"/>	jambes et pieds (correspondent au crâne 1108-1)	V 1108-2 X
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>		V X

Contexte des éléments recueillis :
 mots clé : restes humains en connexion ; occupation funéraire ; ensemble clos ; dépôt primaire ;
 caractères US :
 observations : inhumation (dépôt primaire)

Liste des éléments matériels recueillis

Le premier enregistrement des mobiliers, ou la consultation de la liste des mobiliers par US, peut s'effectuer depuis l'onglet « mobilier MNNB » de l'écran « unités stratigraphiques ».

la partie supérieure de l'onglet est occupé par la liste des éléments recueillis dans cette unité. Ceux-ci sont numérotés par ordre d'enregistrement, à l'intérieur de l'US. Pour créer un nouvel enregistrement d'élément recueilli, saisir, dans la ligne d'attente de la liste, de droite à gauche :

- le numéro attribué à l'élément
- le caractère de celui-ci en tant que lot (ensemble de faune ou de tessons céramiques par exemple) ou élément individuel
- le « type » et la « nature » de cet élément ; le type renvoie ici à une catégorie fonctionnelle (récipients, par exemple) et la nature au matériau (céramique par exemple). Des listes déroulantes modifiables permettent de créer et utiliser des catégories prédéfinies. Il appartient à l'équipe utilisatrice de fixer des catégories adaptées permettant une bonne

gestion du matériel ; là encore ces catégories doivent être définies dans le lexique. (Signalons que la définition de ces catégories devra tenir compte de deux points : la nécessité réglementaire de préciser si l'élément enregistré est un « mobilier » (artefact) ou un « MNNB » (ecofact) d'une part, et la compatibilité à prévoir avec la future normalisation minimale des inventaires d'opération archéologique, actuellement à l'étude au ministère de la Culture, d'autre part).

- une case à cocher, si l'élément enregistré est un prélèvement pour étude (sédimentologie, micromorphologie, études paléoenvironnementales, etc.) ;
- une description résumée

le bouton « V » (valider) en bout de ligne permet de valider l'identifiant de l'élément (US + numéro d'élément) qui s'affiche sous le bouton.

Le bouton « > » permet d'accéder directement à l'écran des éléments recueillis.

Contexte des éléments matériels recueillis

La partie inférieure de l'onglet, sous la liste des éléments recueillis, est destinée à noter les indications concernant l'ensemble formé par ces éléments, du point de vue de l'information contextuelle.

Un injecteur de mots-clé permet d'ajouter aux mots-clés de l'US des termes définis relatifs à la « valeur contextuelle » de l'ensemble (par exemple « ensemble clos », « dépôt primaire », etc.). Comme pour les autres mots-clés, la liste est modifiable en fonction du vocabulaire choisi par chaque équipe ; et les termes doivent être définis dans le thesaurus.

Une rubrique libre « observations » permet de détailler les observations relatives au contexte des éléments recueillis.

3.3.2. Formulaire « éléments recueillis »

The screenshot shows the Stratibase software interface for the 'Éléments recueillis' form. The form is titled 'Stratibase : Éléments recueillis' and includes the following elements:

- Utilisation:** Accueil, Lexique
- Modèle:** mobilier
- 1108-1:** objet (checked), lot, prélèvement (checked)
- type:** MNNB
- nature:** os humain
- description résumée:** crâne (en place mais séparé du reste du corps par la tranchée 1090)
- US:** 1108
- élément radié:** (checkbox)
- observations - identification:** même individu que le lot d'ossements 1108-2
- quantification:** nbre. fragments, poids (gramme)
- datation:** TPQ élément
- étapes de traitement:**

début	fin	étape	lieu dépôt	
15/12/1995		réenfouissement	cloître cathédrale	> X
15/10/1994	01/09/1995	étude	CRA Valbonne	> X
02/07/1993	15/10/1994	stockage	dépôt de fouille Noyon	> X
01/07/1993	01/07/1993	isolation terrain		> X
- photo 1:** (checkbox)

Le formulaire des éléments matériels recueillis (mobilier et matériaux de nature naturelle et biologique) est accessible depuis la liste des éléments recueillis sur l'onglet « mobiliers MNNB » de la fiche d'US ou depuis l'écran d'accueil. Rappelons que, juridiquement, le « mobilier » désigne les artefacts et les « matériaux naturels et de nature biologique » (MNNB), tout le reste (arrêté interministériel du 16 septembre 2004).

Le formulaire ne comporte que peu d'indications. Dans cette version générique de *Stratibase* en effet, la description des éléments recueillis est réduite à sa plus simple expression ; en fonction des

conditions archéologiques du site traité (type de culture matérielle, aire chrono-culturelle, type d'études effectuées...), le formulaire est à enrichir avec de nouvelles rubriques, voire à démultiplier en plusieurs formulaires ou tables spécialisés. Le principe est ici de matérialiser les liens indispensables de la gestion des éléments matériels recueillis avec les autres aspects de l'enregistrement.

Indications générales

Les rubriques visibles et accessibles depuis l'onglet « mobilier MNNB » du formulaire d'US (« type », « nature », « description résumée », « prélèvement », « objet /lot ») sont commentées avec cet onglet (cf. ci-dessus)

les autres rubriques descriptives de l'élément enregistré sont les suivantes :

- Rubrique observations – identification : rubrique « générique », comme son nom l'indique...
- Quantification : ici, toujours de façon générique, seul le poids et le nombre de fragments (ou d'éléments individuels dans le cas d'un lot) ont été retenus (car ils peuvent s'appliquer quelque soit la catégorie d'éléments recueillis) ; des quantifications plus spécialisées (NMI par exemple) peuvent être prévues.
- TPQ mobilier : date avant laquelle l'objet n'a pu exister ou être fabriqué (lorsque cet objet a pu être daté) ; les remarques éventuelles sur la durée d'usage, ou le caractère résiduel ou remanié de cet objet sont à formuler dans la rubrique « observations - identification »

à droite, apparaissent l'identifiant de l'US accompagné d'un bouton (« > ») permettant d'accéder directement à la fiche de cette US ; et la liste des documents liés à l'élément recueilli, dont les caractéristiques et l'utilisation sont semblables à la liste des documents sur la fiche de l'US (cf. 4.3.2).

Traitement et suivi des éléments recueillis

La liste « étapes de traitement » permet de suivre les traitements et mouvements des éléments matériels recueillis.

Chaque étape est définie par une date de début et une date de fin. La liste est classée par ordre inverse de date de début ; ainsi la première étape visible dans la liste est la plus récente, qui donne la situation actuelle de l'élément enregistré.

Le type d'étape doit être précisé (par exemple : étude, stockage, etc.), au moyen d'une liste déroulante modifiable (à définir par l'équipe utilisatrice)

le lieu où se trouve l'élément au cours de cette étape doit ensuite être précisé (par exemple : tel laboratoire pour étude, tel dépôt de fouille en stockage...) ; un transfert de l'élément matériel enregistré (changement de lieu, provisoire ou définitif) doit, dans la logique de « traçabilité » de cette liste, entraîner un changement d'étape (chacune ne correspondant qu'à un seul lieu).

Le bouton fléché (« > ») en bout de ligne de la liste sert à accéder à une fiche d'étape, très sommaire dans cette définition générique ; une seule rubrique n'est pas visible sur la liste du formulaire de l'élément matériel : « observations », qui permet d'ajouter des commentaires ou précisions.



Sur la fiche d'étape, le bouton fléché (« > ») jouxtant l'identifiant de l'élément matériel (à droite) permet de revenir sur le formulaire de ce dernier.

Radiation d'un enregistrement d'élément recueilli

The screenshot shows the Stratibase software interface for editing element 1108-1. The window title is 'Stratibase : Éléments recueillis'. The main form contains the following sections:

- Identification:** '1108-1' (with a right arrow), 'objet' (checked), 'lot' (unchecked), 'MNNB' (type), 'os humain' (nature), and 'crâne (en place mais séparé du reste du corps par la tranchée 1090)' (description résumée). A 'US 1108' field with a right arrow is also present.
- Quantification:** 'nbre. fragments' and 'poids (gramme)' fields.
- Datation:** 'TPQ élément' field.
- Observations - identification:** A text box containing 'même individu que le lot d'ossements 1108-2'.
- Étapes de traitement:** A table with columns 'début', 'fin', 'étape', and 'lieu dépôt'. Each row has a right arrow and an 'X' button.

début	fin	étape	lieu dépôt
15/12/1995		réenfouissement	cloître cathédrale
15/10/1994	01/09/1995	étude	CRA Valbonne
02/07/1993	15/10/1994	stockage	dépôt de fouille Noyon
01/07/1993	01/07/1993	isolation terrain	

Il faut signaler que la dernière des étapes de traitement d'un élément matériel enregistré peut correspondre à sa destruction : par exemple un prélèvement ayant fait l'objet d'une étude destructive. Dans ce cas, sur le formulaire de l'élément matériel enregistré, la case « élément radié » (sous l'identifiant, en haut et à gauche) est à cocher.

De même, les cas de mutation dans l'inventaire des éléments recueillis sont à noter en tant qu'étapes de traitement des éléments concernés. Par exemple un amas métallique oxydé, primitivement enregistré comme un seul élément, qui devient plusieurs outils en fer distincts après radiographie et traitement ; ou à l'inverse, plusieurs fragments enregistrés distinctement qui après traitement, sont remontés pour faire partie du même objet. Dans le premier exemple, la dernière étape relative au premier enregistrement doit indiquer cette subdivision et sa cause, et renvoyer aux nouveaux enregistrements créés pour ces outils devenus distinctement identifiables ; le premier enregistrement lui-même est radié (l'amas oxydé a cessé d'exister en tant que tel). Dans le deuxième exemple, un nouvel enregistrement est créé pour l'objet remonté, et la dernière étape de chacun des enregistrements des fragments y renvoie ; ces enregistrements de fragments précédant le remontage sont eux aussi radiés.

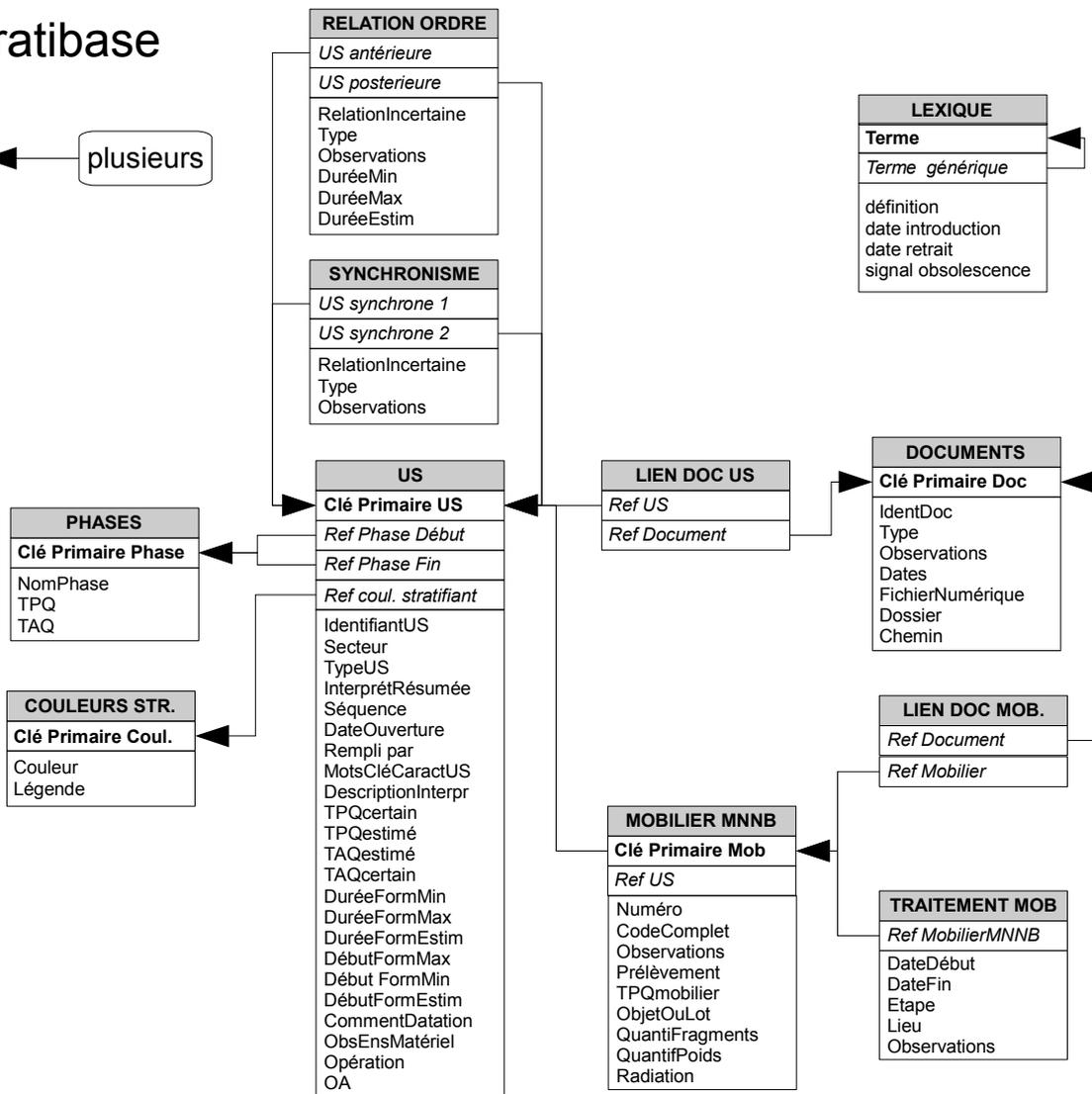
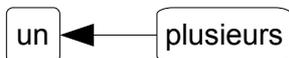
Bien évidemment, la radiation d'un enregistrement (cochage de la rubrique correspondante, création d'une dernière étape expliquant la raison de cette radiation) ne doit surtout pas s'accompagner de la destruction de cet enregistrement dans la base de données.

3.6. Modèle de données

Le schéma des tables et relations de Stratibase figure ci-dessous.

Stratibase

2008



4. expérimentations en cours – premier bilan

4.1. Les essais en cours : vers des outils opérationnels

4.1.1 L'état actuel : une phase expérimentale en cours

Première diffusion de l'application Le Stratifiant

Depuis sa version 0.1, jointe au mémoire de DEA soutenu en septembre 2005, le stratifiant a fait l'objet d'une diffusion relativement réduite, mais ouverte. En effet l'application et sa documentation ont été communiquées à tous les chercheurs qui en ont fait la demande, soit une quarantaine environ de copies du programme diffusées, dans ses version 0.1 puis 0.2 (à partir de 2007). Le nombre de retours d'information, et c'est normal, a été bien moindre ; toutes les personnes ainsi destinataires de l'application n'ont pas nécessairement donné suite et ne l'ont pas utilisé ; et sur les utilisateurs véritables, beaucoup n'ont sans doute pas eu le temps ou la volonté de reprendre contact pour donner leur appréciation.

Néanmoins, de cette première diffusion assez spontanée et peu organisée, des contacts précieux ont émergés. Tout d'abord plusieurs utilisateurs ont pris la peine de tenir l'auteur au courant, et de d'apporter des critiques et retours parfois très détaillés, qui ont été d'un apport essentiel dans l'évolution de le débogage de l'application ; qu'ils en soient ici très chaleureusement remerciés. Le tableau ci-dessous recense ces expérimentations connues de l'auteur, qui ont eu lieu dans divers cadres institutionnels (INRAP, collectivités, université...)

<i>Dates experimentation</i>	<i>Version Stratifiant</i>	<i>Lieu / opération</i>	<i>« pilotes d'essais » (utilisateurs / correspondants)</i>	<i>Type d'opération / données</i>	<i>Intégration dans un système d'information</i>
2006-2007	0.1	Nîmes (rue Jean Jaurès)	Eric Plassot (INRAP)	Fouilles urbaines	
2006-2007	0.1 puis 0.2	Villeneuve d'Ascq (la Haute Borne)	Carole et Pascal Querel (INRAP – UMR Halma)	Grand décapage – réseaux de fossés	Utilisation expérimentale avec Stratibase
2006-2008	0.1 puis 0.2	Le Grand Pressigny et Chinon	Marie Christine Lacroix (CG 37)	Sites très stratifié, archéologie du bâti	Utilisation avec base de données d'enregistrement sous <i>Filemaker</i>

<i>Dates experimentation</i>	<i>Version Stratifiant</i>	<i>Lieu / opération</i>	<i>« pilotes d'essais » (utilisateurs / correspondants)</i>	<i>Type d'opération / données</i>	<i>Intégration dans un système d'information</i>
2006-2008	0.1 puis 0.2	Bibracte	Raphaël Moreau, Anne Chaillou (Bibracte), Gille Hamm (UMR 5594)	Oppidum (tests d'utilisation sur données archivées)	Intégration dans le système bdB
2007	0.2	Noyon	Hélène Dulauroy-Lynch (service archéologique Noyon)	Diagnostics urbains	
2007	0.2	Nice (ancienne cathédrale)	Fabien Blanc (INRAP)	Archéologie du bâti	
2007- 2008	0.2	Metz (ZAC Amphi)	Franck Gama, Émilie Fiabane (INRAP)	Fouilles urbaines	Utilisation avec base de données d'enregistrement sous <i>Access</i>
2008	0.2	Bourges	Emilie Roux (service archéologique municipal)	Tests d'utilisation	Utilisation expérimentale avec Stratibase
Été 2008	0.2	Reims	Dominique Pargny (université de Reims)	Fouilles urbaines (données anciennes)	Intégration dans le système SIGREM ³⁶ (export depuis application GISSAR)
Été 2008	0.2	Paimpont	Nicolas Girault (doctorant Paris 1)	site de production de fer ; milieu forestier	Utilisation avec base de données d'enregistrement sous <i>Filemaker</i>

Des essais suivis (fiches ci-jointes)

Parmi ces expérimentations, certaines se sont développées sous forme de collaborations suivies et construites, avec des échanges réguliers, et font l'objet d'une présentation plus détaillée, sous formes de fiches auxquelles sont jointes des exemples de diagrammes obtenus.

C'est le cas de l'utilisation déjà opérationnelle du *Stratifiant* dans le cadre du Service archéologique départemental d'Indre et Loire (SADIL) (*cf.* 4.3) ; ainsi que du projet d'intégration du *Stratifiant* dans le système d'information archéologique du Centre de recherches européen Bibracte, projet qui a donné lieu à des premiers essais réalisés sur les données conservées dans la base de données du Centre (base *bdB*) (*cf.* 4.4).

Parallèlement, l'auteur a mené directement des essais sur des données réelles. Deux d'entre eux sont présentés ci-après (4.2) : le « rétro-enregistrement » de données stratigraphiques déjà préalablement traitées (provenant du site du cloître de la cathédrale de Noyon – Oise) ; et une expérience d'utilisation réelle, en fouille, dans le cadre de la mission archéologique franco-syrienne (sous la direction de Jean-Luc Biscop) sur le site du Qalat Semaan (Syrie - monastère du Mont Saint-Syméon) .

Signalons, d'un point de vue pratique, que la grande taille de certains des diagrammes figurés ci-après les rend peu lisibles une fois réduits au format réglementaire 21 x 29,7 ; dans ce cas, un extrait

36 Projet SIGREM : mise en place d'un système d'information à l'échelle du patrimoine archéologique de la ville de Reims (Marne) associant système d'information géographique, bases de données documentaires (incluant l'archivage des données de fouille) et outils de modélisation ; projet dans le cadre d'un contrat de plan Etat-Région, en partenariat entre la ville de Reims, l'Université de Reims (EA 2616 et 2076) , le service régional de l'archéologie de Champagne-Ardennes et l'INRAP.

à plus grande échelle est aussi joint. Ces diagrammes sont par ailleurs disponibles sur le CD (format PDF Acrobat) ; ils peuvent être consultés à l'écran, et imprimés à l'échelle souhaitée (toutefois leur impression à une échelle de lecture confortable nécessite de les diviser en morceaux, ou d'utiliser un traceur à grande largeur de papier).

Précisons enfin que quelques documents d'accompagnement éclairent, pour la plupart des exemples, le contexte des données traitées. Toutefois cette présentation de résultats d'essais n'a aucune vocation à fournir les résultats archéologiques ou chronologiques des fouilles concernées, en particulier dans le cas où les données proviennent d'opérations dirigées ou effectuées par d'autres archéologues que l'auteur ; il n'est, en effet, pas question de « doublooner », devancer ou déflorer tout ou partie des résultats scientifiques que ces archéologues élaborent dans le cadre des rapports et des publications. Il ne s'agit ici que d'exemples concrets d'obtention de diagrammes stratigraphiques.

.4.1.2. Un premier bilan d'ensemble

Il est important de souligner que cette phase d'essais ne peut être considérée comme achevée. En effet, seules les versions 0.1 puis 0.2 ont été essayées et critiquées par les « pilotes d'essais » extérieurs. La version 0.3 jointe au présent travail de thèse (dont le premier développement n'a été achevé qu'au mois d'août 2008), si elle tient compte des retours d'expérience des versions précédentes, n'a pas encore fait l'objet de tels essais au moment où ces lignes sont écrites (septembre 2008). Les nouvelles fonctions qui la caractérisent sont donc encore à tester en conditions réelles. D'autre part, plusieurs expérimentations ont tout juste démarré au cours de l'été 2008 (voir tableau ci-dessus), et le présent bilan n'a pu tenir compte de leurs retours. Enfin, quelques projets de collaboration ont donné lieu à des contacts suivis, mais ne sont aujourd'hui pas encore concrétisés (intégration du *Stratifiant* dans le système ARSOL du laboratoire « Archéologie et Territoires » de Tours en particulier).

Néanmoins, des éléments de bilan, principalement issus des retours fournis par nos collègues mentionnés sur le tableau ci-dessus, peuvent d'ores et déjà être tirés.

Les points forts

Du point de vue des avancées qu'apporte le *Stratifiant*, plusieurs points forts se dessinent :

- le principe même d'une aide automatisée à la création de diagrammes stratigraphiques apparaît comme un besoin ressenti comme crucial, compte tenu du coût en temps de leur réalisation manuelle ; de ce point de vue le *Stratifiant* a cessé d'être seulement un prototype et une solution virtuelle, pour entrer dans la réalité opérationnelle. Bien que porteur encore d'imperfections, bogues et lacunes, il s'est avéré capable de produire simplement et relativement rapidement des diagrammes stratigraphiques sur des ensembles étendus de données réelles (l'essai le plus étendu concernait une stratification de 2500 US environ – enregistrée sur le chantier de la Come Chaudron à Bibracte – ayant nécessité 56 minutes de traitement) ;
- l'option de fond privilégiant l'information et l'intervention de l'utilisateur, en particulier la recherche de l'information la plus complète possible sur l'état de l'enregistrement et la localisation précise des éventuels fautes et conflits logiques, correspond aussi à un besoin unanimement exprimé. De fait, le premier apport du *Stratifiant* en utilisation réelle est d'assurer un contrôle de cohérence de l'enregistrement ;
- le choix technique d'implémenter le *Stratifiant* sur un logiciel courant déjà présent sur la

plupart des ordinateurs (actuellement, *Excel*) apparaît validé. Il a, en effet, permis une installation simple et sans problème, et une utilisation immédiate, sur différents types d'équipement informatiques. Les liaisons avec des bases de données, si elles ont nécessité des choix méthodologiques de traduction de relations en fonction des modalités logiques traitées par le *Stratifiant*, n'ont soulevé aucune difficulté technique.

Les critiques

Des critiques portant sur les défauts et lacunes de l'application ont évidemment aussi été émises.

Tout d'abord, de nombreux bogues ont été rencontrés et signalés ; il s'agit de dysfonctions qui affectent l'application au niveau de son fonctionnement (« plantages » du programme) et au niveau des résultats (représentation graphique défectueuse ou incomplète). Ces bogues sont eux-mêmes de plusieurs natures : simples (et stupides) fautes d'écriture dans le code du programme ; ou plus profondément, carences dans l'algorithme. Tous les bogues connus et signalés (au mois d'août 2008) ont été corrigés (soit une centaine environ à travers les différentes versions, depuis le prototype de 2005). Mais de nouveaux bogues vont certainement apparaître, particulièrement sur les nouvelles fonctions de la version 0.3. En effet, le nombre et l'importance des bogues signalés sur les fonctions les plus anciennement implémentées sur les versions 0.1 et 0.2 diminuent : ces fonctions, après avoir beaucoup sollicité les nerfs des pilotes d'essais (en particulier la gestion des synchronismes incertains), tendent aujourd'hui à une relative stabilité. Néanmoins, le *Stratifiant* est encore, en l'état actuel, une version « bêta » (comme l'indique le « 0 » initial de son numéro de version).

Il faut ensuite mentionner brièvement les critiques déjà (au moins partiellement) résolues, en ce sens que le développement ultérieur de l'application a apporté une réponse ou comblé le manque signalé. C'est le cas de la gestion des synchronismes incertains, que n'assurait pas la toute première version 0.1 ; ainsi que de l'aide à la mise en phase (une utilisation « détournée » de la fonction de mise en paliers chronologiques avait été mise en œuvre par certains utilisateurs pour effectuer des mises en phases avec les versions 0.1 et 0.2), et de l'extension de la gamme utilisable pour la mise en couleurs, qui figurent dans dans la version 0.3.

Certaines autres critiques portent sur des choix fondamentaux du *Stratifiant* : la principale porte sur le type de représentation graphique, quelques utilisateurs préférant la représentation à lignes brisées de la *Harris Matrix* traditionnelle. Il n'est pas prévu néanmoins de faire évoluer le *Stratifiant* dans ce sens ; ces critiques sont parfaitement légitimes, mais l'auteur tient à ses choix. Comme on l'a dit plus haut, le *Stratifiant* matérialise en effet, un certain nombre de choix ; et, par conséquent, il ne prétend nullement à un quelconque monopole. La solution est donc, dans ce cas, le recours à une autre application.

Des discussions, qui ne sont pas exactement des critiques, ont porté sur l'utilisation des modalités d'incertitude des relations, et des règles d'élimination des redondantes ; certains utilisateurs n'emploient que les synchronismes incertains (même quand le synchronisme paraît certain) car ils tiennent à voir figurer distinctement, dans tous les cas, toutes les relations d'antéro-postériorité des US synchrones. D'autres, à l'inverse, excluent l'utilisation des relations d'ordre incertaines.

Enfin, et principalement, deux critiques portant sur des problèmes et lacunes encore non résolues, constituent autant de perspectives de développement :

- la gestion des regroupements des unités stratigraphiques (en faits, séquences, etc.) est unanimement réclamée, afin de pouvoir créer des diagrammes de synthèse. Cela permettrait sur le fond de mieux accompagner le travail de synthèse des données et de la chronologie du site. D'autre part, du point de vue pratique, un diagramme de synthèse

renvoyant à plusieurs diagrammes sectoriels de détail permettrait, sans perte d'information, de parer au problème de l'impression et de la manipulation des « draps de lits » que constituent les diagrammes complets de grande taille, de plusieurs centaines, voire plusieurs milliers d'US (la consultation desdits diagrammes de grande taille s'effectuant d'ailleurs déjà, dans le cadre de nos premiers essais, plutôt à l'écran que sur papier).

- Les fonctions actuelles de SIS (communication entre bases de données et le Stratifiant) sont jugées trop limitées : la possibilité d'une liaison en retour (accéder directement à l'enregistrement d'une US par clic depuis le diagramme par exemple) est ainsi largement demandée par les premiers utilisateurs.

4.2. essais menés par l'auteur

.4.2.1. Essai sur des données de la fouille du cloître de la cathédrale de Noyon (Oise)

Cette expérimentation porte sur les données d'une fouille limitée réalisée en 1993 et 1994 dans le cloître de la cathédrale de Noyon (Oise), par le Service archéologique municipal (fouille dirigée par l'auteur), qui a fait l'objet d'un rapport réalisé en 1995 et déposé au Service régional de l'archéologie.

Cet ensemble de données d'importance limitée (233 US enregistrées), mais provenant d'un terrain densément stratifié et illustrant des cas de figure divers, constituait une série de référence pratique pour tester les différentes fonctions de la dernière version du *Stratifiant*, ainsi que sa liaison avec *Stratibase*. Les données extraites du rapport (US et relations) ont été réenregistrées sous *Stratibase*³⁷, puis traitées à l'aide du *Stratifiant*. Ces tests « alpha » (c'est à dire préalable à la phase de tests « bêta », qui voit l'application livrée aux utilisateurs) de la version 0.3 du Stratifiant ne sont pas encore achevés à l'heure où sont écrites ces lignes.

Néanmoins, les premiers résultats (essais de diagrammes « nu », mise en paliers chronologiques et en phases, mise en couleurs des US, graphique des intervalles TPQ-TAQ...) figurent ci-joint, après la fiche de présentation de l'opération et quelques documents complémentaires qui en éclairent le contexte. Un tableau des US permet de rentrer plus en détail dans l'information fournie par le diagramme.

Tableau des US traitées

Le tableau ci-dessous des unités stratigraphiques enregistrées (classé dans l'ordre des identifiants d'US) comporte des informations enregistrées, saisies dans *Stratibase* (colonnes blanches), et des indications issues du traitement à l'aide du *Stratifiant* (colonnes grises).

Les 6 premières colonnes grises (colonnes 3 à 8) donnent les coordonnées lignes et colonnes des US sur les diagrammes ; diag. 1 : diagramme « nu » (fig. 7,8) ; diag. 2 : diagramme mis en paliers et phases, calé au plus ancien (fig.9,10) ; diag. 3 : diagramme mis en paliers et phases, calé au plus récent (fig.11,12)

³⁷ L'inventaire des US réalisé en 1995 sous Excel version (régulièrement réarchivé depuis sur des supports numériques successifs) a pu être réouvert et importé sans problème dans *Stratibase*.

US	type	ligne diag. 1	col. diag 1	ligne diag. 2	col. diag 2	ligne diag. 3	col. diag 3	interprétation résumée	TPQ	TPQ estimé	TAQ estimé	TAQ	TPQ déduit	TPQ estim. déduit	TAQ estim. déduit	TAQ déduit	phase début	phase fin	phases déduites	
1001	altération	1	1;40	1	1;39	2	1;39	terre végétale de l'actuel jardin du cloître	1811			1993	1919	1919	1993	1993	8	8	(8, 8)	
1002	couche	2	14	3	23	4	23	remplissage de fosse	1914			1993	1914	1919	1993	1993	8	8	(8, 8)	
1003	négatif	3	14	4	23	5	23	fosse : sondage Monuments Historiques ?	1811			1993	1811	1919	1993	1993	8	8	(8, 8)	
1004	couche	33	3;83	49	3;79	51	3;79	fondation galerie Est du cloître (côté préau)		1240	1269	1793	1240	1240	1269	1269	3	3	(3, 3)	
1005	couche	2	13	3	22	4	22	rampe d'accès à la rue Corbault	1811			1993	1811	1919	1993	1993	8	8	(8, 8)	
1006	couche	3	13	4	22	5	22	rampe d'accès à la rue Corbault	1811			1993	1811	1919	1993	1993	8	8	(8, 8)	
1007	altération	6	13	6	22	7	22	sol végétal	1811			1993	1811	1919	1993	1993	8	8	(8, 8)	
1008	couche	7	12;27	24	21;31	27	21;31	remblai de tranchée de récupération	1811			1811	1811	1811	1811	1811	5	5	(5, 5)	
1009	couche	2	38	8	37	10	37	remblai de sépulture désaffectée	1919			1919	1919	1919	1919	1919	7	7	(7, 7)	
1010	couche	13	37;39	28	36;38	31	36;38	destruction galeries du cloître	1811			1811	1811	1811	1811	1811	5	5	(5, 5)	
1011	couche	5	24;26	11	28;30	14	28;30	remblai de sépulture	1914			1918	1914	1914	1918	1918	7	7	(7, 7)	
1012	couche	2	19	2	15	3	15	inhumation de chien	1919			1993	1919	1919	1993	1993	8	8	(8, 8)	
1013	couche	2	7	2	10	3	8	remblai de tranchée	1811			1993	1811	1919	1993	1993	6	8	(8, 8)	
1014	négatif	4	5;78	5	8;74	6	6;74	tranchée récente	1811			1993	1811	1919	1993	1993	6	8	(8, 8)	
1015	couche	2	9	8	4	10	4	remplissage de fosse de sépulture désaffectée	1919			1919	1919	1919	1919	1919	7	7	(7, 7)	
1016	négatif	5	9;16	13	4;13	13	4;13	fosse de sépulture	1914			1918	1914	1914	1918	1918	7	7	(7, 7)	
1017	négatif	5	38;75	12	37;78	13	37;78	fosse de sépulture	1914			1918	1914	1914	1918	1918	7	7	(7, 7)	
1018	couche	2	40	8	39	10	39	remblai de sépulture désaffectée	1919			1919	1919	1919	1919	1919	7	7	(7, 7)	
1019	négatif	6	40;76	13	39;76	14	39;76	fosse de sépulture	1914			1918	1914	1914	1918	1918	7	7	(7, 7)	
1020	couche	2	20	8	17	10	17	remblai de sépulture désaffectée	1919			1919	1919	1919	1919	1919	7	7	(7, 7)	
1021	négatif	5	20	12	17	13	17	fosse de sépulture	1914			1918	1914	1914	1918	1918	7	7	(7, 7)	
1022	couche	2	23	8	20	10	20	remblai de sépulture désaffectée	1919			1919	1919	1919	1919	1919	7	7	(7, 7)	
1023	couche	5	23	12	20	13	20	cercueil	1914			1918	1914	1914	1918	1918	7	7	(7, 7)	
1024	couche	2	22	8	19	10	19	remblai de sépulture désaffectée	1919			1919	1919	1919	1919	1919	7	7	(7, 7)	
1025	négatif	5	22	12	19	13	19	fosse de sépulture	1914			1918	1914	1914	1918	1918	7	7	(7, 7)	
1026	couche	17	37;40	33	36;39	35	36;39	soubassement sol des galeries du cloître	1240			1811	1240	1240	1811	1811	3	4	(4, 4)	
1027	couche	33	84	49	80	51	80	fondation galerie nord (coté préau)	1240			1269	1240	1240	1269	1269	3	3	(3, 3)	
1028	couche	6	38;39	21	37;38	27	37;38	destruction récupération des galeries du cloître	1811			1811	1811	1811	1811	1811	5	5	(5, 5)	
1029	couche	3	20	11	17	12	17	cercueil	1914			1918	1914	1914	1918	1918	7	7	(7, 7)	
1030	couche	2	21	8	18	10	18	ossements en dépôt secondaire	1919			1919	1919	1919	1919	1919	7	7	(7, 7)	
1031	couche	3	38	11	37	12	37	restes d'inhumation en place	1914			1918	1914	1914	1918	1918	7	7	(7, 7)	
1032	couche	2	12	8	21	10	21	remblai de sépulture désaffectée	1919			1919	1919	1919	1919	1919	7	7	(7, 7)	
1033	couche	2	15;18	2	16;25	3	16;25	inhumation de chien	1919			1993	1919	1919	1993	1993	8	8	(8, 8)	
1034	couche	3	40	11	39	12	39	cercueil	1914			1918	1914	1914	1918	1918	7	7	(7, 7)	
1035	couche	3	9	11	4	12	4	corps	1914			1918	1914	1914	1918	1918	7	7	(7, 7)	
1036	couche	3	12	11	21	12	21	cercueil	1914			1918	1914	1914	1918	1918	7	7	(7, 7)	
1037	négatif	6	12	12	21	13	21	fosse de sépulture	1914			1918	1914	1914	1918	1918	7	7	(7, 7)	
1038	couche	3	22	11	19	12	19	cercueil	1914			1918	1914	1914	1918	1918	7	7	(7, 7)	
1039	couche	6	26	12	30	15	30	cercueil	1914			1918	1914	1914	1918	1918	7	7	(7, 7)	
1040	couche	6	27	12	31	15	31	corps	1914			1919	1914	1914	1918	1918	7	7	(7, 7)	
1041	couche	3	23	11	20	12	20	cercueil	1914			1918	1914	1914	1918	1918	7	7	(7, 7)	
1042	couche	2	33	11	12	12	12	remblai de fosse		1914	1918			1811	1914	1918	1993	7	7	(7, 7)
1043	couche	6	20;23	15	17;20	18	17;20	remblai de tranchée	1811			1919	1811	1811	1918	1918	6	6	(6, 6)	
1044	négatif	12	20;29	19	17;26	22	17;26	tranchée	1811			1919	1811	1811	1918	1918	6	6	(6, 6)	
1045	couche	6	16;18	15	13;15	18	13;15	remblai tranchée XIXe	1811			1919	1811	1811	1918	1918	6	6	(6, 6)	
1046	couche	7	74;75	21	76;78	27	76;78	remblai de tranchée de récupération	1811			1811	1811	1811	1811	1811	5	5	(5, 5)	
1047	couche	7	76;78	21	73;74	27	73;74	remblai de tranchée de récupération	1811			1811	1811	1811	1811	1811	5	5	(5, 5)	
1048	couche	13	15;16	27	24;25	30	24;25	destruction galeries du cloître	1811			1811	1811	1811	1811	1811	5	5	(5, 5)	
1049	couche	3	5	3	8	4	6	remblai de tranchée	1811			1993	1811	1919	1993	1993	8	8	(8, 8)	
1050	couche	3	18;19	8	15;16	10	15;16	remblai de sépulture désaffectée	1919			1919	1919	1919	1919	1919	7	7	(7, 7)	
1051	négatif	5	18	11	15	12	15	fosse de sépulture	1914			1918	1914	1914	1918	1918	7	7	(7, 7)	
1052	couche	6	24	12	28	15	28	cercueil	1914			1918	1914	1914	1918	1918	7	7	(7, 7)	
1053	couche	6	25	12	29	15	29	corps	1914			1919	1914	1914	1918	1918	7	7	(7, 7)	
1054	couche	2	5	2	8	3	6	remblai de tranchée	1811			1993	1811	1919	1993	1993	8	8	(8, 8)	

US	type	ligne diag. 1	col. diag 1	ligne diag. 2	col. diag 2	ligne diag. 3	col. diag 3	interprétation résumée	TPQ	TPQ estimé	TAQ estimé	TAQ	TPQ déduit	TPQ estim. déduit	TAQ estim. déduit	TAQ déduit	phase début	phase fin	phases déduites
1057	couche	8	16	16	13	19	13	ossements en dépôt secondaire	1811			1919	1811	1811	1918	1918	6	6	(6, 6)
1058	couche	3	6	3	9	4	7		1811			1993	1811	1919	1993	1993	8	8	(8, 8)
1059	négatif	4	79	5	75	6	75	tranchée	1811			1993	1811	1919	1993	1993	8	8	(8, 8)
1060	couche	2	28	9	32	12	32	impact d'obus	1914			1918	1914	1918	1918	1918	7	7	(7, 7)
1061	négatif	8	24;26	13	28;30	16	28;30	fosse de sépulture	1914			1918	1914	1914	1918	1918	7	7	(7, 7)
1062	couche	10	24;28	27	28;32	30	28;32	remblai de démolition	1811			1811	1811	1811	1811	1811	5	5	(5, 5)
1063	couche	2	24	9	28	12	28	impact d'obus ?	1914	1918		1918	1918	1918	1918	1918	7	7	(7, 7)
1064	couche	13	20;24	28	26;28	31	26;28	remblai de démolition	1811			1811	1811	1811	1811	1811	5	5	(5, 5)
1065	négatif	3	24	10	28	13	28	impact d'obus ?	1918			1918	1918	1918	1918	1918	7	7	(7, 7)
1066	couche	8	20	16	17	19	17	ossements en dépôt secondaire	1811			1919	1811	1811	1918	1918	6	6	(6, 6)
1067	couche	6	15	16	25	8	25	traces d'arbuste	1811			1993	1811	1811	1993	1993	6	8	(6, 8)
1068	couche	3	28	10	32	13	32	impact d'obus ?	1914	1918		1918	1914	1918	1918	1918	7	7	(7, 7)
1069	couche	5	4;5	11	6;8	10	5;6	remblai de sépulture désaffectée ?	1700	1914	1919	1993	1700	1914	1919	1993	7	7	(7, 7)
1070	négatif	6	4	12	6	11	5	fosse de sépulture		1914	1919	1993	1240	1914	1919	1993	7	7	(7, 7)
1071	couche	16	20;70	32	26;67	33	26;67	circulation	1240			1811	1240	1240	1811	1811	3	5	(4, 5)
1072	couche	8	27	25	31	28	31	remblai de démolition	1811			1811	1811	1811	1811	1811	5	5	(5, 5)
1073	couche	12	79;80	45	72;74	47	72;74	remblai de tranchée de fondation de 1004	1240			1269	1240	1240	1269	1269	3	3	(3, 3)
1074	couche	12	73;76	44	70;76	46	70;76	remblai de tranchée de fondation	1240			1269	1240	1240	1269	1269	3	3	(3, 3)
1075	couche	6	19	15	16	18	16	remblai de tranchée	1811			1919	1811	1811	1918	1918	6	6	(6, 6)
1076	couche	19	34;41	35	33;40	37	33;40	soubassement sol des galeries du cloître	1240			1811	1240	1240	1811	1811	3	5	(4, 4)
1077	couche	3	15	15	25	7	25	traces d'arbustes	300			1993	1811	1811	1993	1993	6	8	(6, 8)
1078	couche	18	4;67	34	4;64	36	4;64	soubassement sol des galeries du cloître	1240			1811	1240	1240	1811	1811	3	4	(4, 4)
1079	couche	20	38	36	37	38	37	remblai de sépulture	1240			1793	1240	1240	1793	1793	4	4	(4, 4)
1080	couche	24	41;43	40	40;42	42	40;42	cercueil	1240			1793	1240	1240	1793	1793	4	4	(4, 4)
1081	couche	26	11;70	54	10;67	56	10;67	caveau	200			1793	200	300	1269	1793	2	2	(2, 2)
1082	couche	18	70	53	67	55	67	corps				200	300	1269	1793	1793	2	2	(2, 2)
1083	couche	17	70	52	67	54	67	remblai de sépulture	200			1793	200	300	1269	1793	2	2	(2, 2)
1084	couche	6	9	15	4	14	4	traces d'arbuste	1811			1919	1811	1811	1918	1918	6	8	(6, 7)
1085	couche	7	9	16	4	15	4	traces d'arbustes	1811			1919	1811	1811	1918	1918	6	8	(6, 7)
1086	couche	30	3;81	48	3;78	50	3;78	remblai de tranchée de fondation	1240			1269	1240	1240	1269	1269	3	3	(3, 3)
1087	couche	18	68	34	65	36	65	soubassement sol des galeries du cloître	1240			1811	1240	1240	1811	1811	3	4	(3, 4)
1088	couche	2	11	15	5	7	10	traces d'arbustes	300			1993	1240	1811	1993	1993	6	8	(6, 8)
1089	couche	21	48	37	47	39	47	remblai de sépulture	300			1793	300	1240	1793	1793	4	4	(4, 4)
1090	négatif	11	16;37	18	13;36	21	13;36	tranchée	1811			1919	1811	1811	1918	1918	6	6	(6, 6)
1091	couche	12	30	19	27	22	27					1811	1811	1918	1918				(6, 6)
1092	couche	22	41	38	40	40	40		1240			1793	1240	1240	1793	1793			(4, 4)
1093	couche	12	77	44	77	46	77	remblai de tranchée de fondation	1240			1269	1240	1240	1269	1269	3	3	(3, 3)
1094	couche	20	13	36	12	38	12	remblai de sépulture	1240			1793	1240	1240	1793	1793	4	4	(4, 4)
1095	couche	19	11;12	35	10;11	38	10;11	remblai de sépulture	1240			1793	1240	1240	1793	1793	4	4	(4, 4)
1096	couche	19	4	35	4	38	4	remblai de sépulture	1240			1793	1240	1240	1793	1793	4	4	(4, 4)
1097	couche	19	54	35	50	38	50	remblai de sépulture	1240			1793	1240	1240	1793	1793	4	4	(4, 4)
1098	couche	20	46	36	45	38	45	remblai de sépulture	1240			1793	1240	1240	1793	1793	4	4	(4, 4)
1099	couche	19	61	35	57	38	57	remblai de sépulture	1240			1793	1240	1240	1793	1793	4	4	(4, 4)
1100	couche	19	57	35	53	38	53	remblai de sépulture	1240			1793	1240	1240	1793	1793	4	4	(4, 4)
1101	couche	22	43	38	42	40	42	remblai de sépulture	1240			1793	1240	1240	1793	1793	4	4	(4, 4)
1102	couche	21	13;34	37	12;33	39	12;33	trace de cercueil	1240			1793	1240	1240	1793	1793	4	4	(4, 4)
1103	couche	32	14;71	56	13;68	58	13;68	sarcophage	200			1793	300	300	1269	1793	2	2	(2, 2)
1104	couche	24	44	40	43	42	43	cercueil	1240			1793	1240	1240	1793	1793	4	4	(4, 4)
1105	couche	20	34	36	33	38	33	remblai de sépulture	1240			1793	1240	1240	1793	1793	4	4	(4, 4)
1106	couche	21	35	37	34	39	34	cercueil	1240			1793	1240	1240	1793	1793	4	4	(4, 4)
1107	couche	20	11	36	10	39	10	corps	1240			1793	1240	1240	1793	1793	4	4	(4, 4)
1108	couche	21	36	37	35	39	35	sépulture (corps)		1240		1793	1240	1240	1793	1793	4	4	(4, 4)
1109	couche	24	45	40	44	42	44	corps	1240			1793	1240	1240	1793	1793	4	4	(4, 4)
1111	couche	19	64	35	60	38	60	remblai de sépulture	1240			1793	1240	1240	1793	1793	4	4	(4, 4)
1112	couche	19	63	35	59	38	59	remblai de sépulture	1240			1793	1240	1240	1793	1793	4	4	(4, 4)
1113	couche	31	9;51	59	8;64	61	8;64	construction maçonnerie	300			1269	300	300	1269	1269	1	1	(1, 1)
1114	couche	22	46	38	45	40	45	corps	1240			1793	1240	1240	1793	1793	4	4	(4, 4)
1115	couche	19	59	35	55	38	55	remblai de sépulture	1240			1793	1240	1240	1793	1793	4	4	(4, 4)

US	type	ligne diag. 1	col. diag 1	ligne diag. 2	col. diag 2	ligne diag. 3	col. diag 3	interprétation résumée	TPQ	TPQ estimé	TAQ estimé	TAQ	TPQ déduit	TPQ estim. déduit	TAQ estim. déduit	TAQ déduit	phase début	phase fin	phases déduites
1116	couche	19	55	35	51	38	51	remblai de sépulture	1240			1793	1240	1240	1793	1793	4	4	(4, 4)
1117	couche	19	9	35	8	38	8	remblai de sépulture	1240			1793	1240	1240	1793	1793	4	4	(4, 4)
1118	couche	20	61	36	57	39	57	sépulture (corps)	1240			1793	1240	1240	1793	1793	4	4	(4, 4)
1119	couche	20	9	36	8	39	8	corps	1240			1793	1240	1240	1793	1793	4	4	(4, 4)
1120	couche	20	55	36	51	39	51	corps	1240			1793	1240	1240	1793	1793	4	4	(4, 4)
1121	couche	19	49	35	48	38	48	remblai de sépulture	1240			1793	1240	1240	1793	1793	4	4	(4, 4)
1122	couche	20	59	36	55	39	55	corps	1240			1793	1240	1240	1793	1793	4	4	(4, 4)
1123	couche	15	15;71	31	24;68	32	24;68	vestige de sol de la galerie est	1240			1811	1240	1240	1811	1811	3	5	(4, 5)
1124	négatif	34	3;5	50	3;5	52	3;5	tranchée de fondation de la galerie est (fondation 1004)	1240			1269	1240	1240	1269	1269	3	3	(3, 3)
1125	couche	35	4	59	4	61	4	terres noires	300			1269	300	300	1269	1269	1	1	(1, 1)
1126	négatif	36	4	60	4	62	4	fosse	300			1269	300	300	1269	1269	1	1	(1, 1)
1127	couche	1	83	44	79	46	79	remblai de tranchée de fondation	1240			1793	1240	1240	1269	1793	3	3	(3, 3)
1128	négatif	20	49;50	36	48;49	39	48;49	fosse de sépulture	1240			1793	1240	1240	1793	1793	4	4	(4, 4)
1129	négatif	34	7	50	6	52	6	tranchée de fondation	1240			1269	1240	1240	1269	1269	3	3	(3, 3)
1130	couche	10	82	45	71	47	71	remblai de tranchée de fondation	1240			1269	1240	1240	1269	1269	3	3	(3, 3)
1131	couche	14	29	22	11	24	11	amas de blocs	1811			1811	1811	1811	1811	1811	5	6	(5, 6)
1132	couche	13	29;33	21	11;17	23	11;17	sédiment dans l'amas de blocs	1811			1811	1811	1811	1811	1811	5	6	(5, 6)
1133	négatif	17	29;34	23	11;33	25	11;33	fosse contenant l'amas de blocs	1811			1811	1811	1811	1811	1811	5	6	(5, 6)
1134	couche	3	11	16	5	8	10	traces d'arbustes	300			1993	1240	1811	1993	1993	6	8	(6, 8)
1135	négatif	3	33	15	12	14	12	fosse	1240			1993	1811	1811	1918	1993	6	8	(6, 7)
1143	couche	20	62	36	58	39	58	cercueil	1240			1793	1240	1240	1793	1793	4	4	(4, 4)
1145	couche	18	69	34	66	36	66	soubassement de sol	1240			1811	1240	1240	1811	1811			(1, 6)
1146	couche	22	47	38	46	40	46	cercueil	1240			1793	1240	1240	1793	1793	4	4	(4, 4)
1147	couche	20	10	36	9	39	9	cercueil	1240			1793	1240	1240	1793	1793	4	4	(4, 4)
1148	couche	20	56	36	52	39	52	cercueil	1240			1793	1240	1240	1793	1793	4	4	(4, 4)
1149	couche	20	60	36	56	39	56	cercueil	1240			1793	1240	1240	1793	1793	4	4	(4, 4)
1151	couche	21	9	37	8	40	8	remblai de sépulture	1240			1793	1240	1240	1793	1793	4	4	(4, 4)
1155	couche	24	46	40	45	42	45	remblai de sépulture	1240			1793	1240	1240	1793	1793	4	4	(4, 4)
1156	couche	35	1;3	59	1;3	63	1;3	terres noires	300			1240	300	300	1240	1240	1	1	(1, 1)
1157	couche	19	58	35	54	38	54	terres noires	1240			1793	1240	1240	1793	1793			(1, 4)
1158	couche	35	5	59	5	63	5	terres noires	300			1240	300	300	1240	1240	1	1	(1, 1)
1159	couche	22	42	38	41	40	41	remblai de sépulture	1240			1793	1240	1240	1793	1793	4	4	(4, 4)
1160	couche	29	14	55	13	57	13	remblai de sépulture	200			1793	300	300	1269	1793	2	2	(2, 2)
1161	négatif	34	14	57	13	59	13	fosse de sépulture	200			1793	300	300	1269	1793	2	2	(2, 2)
1162	négatif	28	13;14	41	12;13	43	12;13	fosse de sépulture	1240			1793	1240	1240	1793	1793	4	4	(4, 4)
1163	couche	23	13;16	39	12;15	41	12;15	cercueil	1240			1793	1240	1240	1793	1793	4	4	(4, 4)
1164	couche	23	17	39	16	41	16	corps	1240			1793	1240	1240	1793	1793	4	4	(4, 4)
1165	couche	21	39	37	38	39	38	remblai de sépulture	1240			1793	1240	1240	1793	1793	4	4	(4, 4)
1166	couche	22	9	38	8	41	8	corps	1240			1793	1240	1240	1793	1793	4	4	(4, 4)
1167	couche	22	10	38	9	41	9	cercueil	1240			1793	1240	1240	1793	1793	4	4	(4, 4)
1168	couche	27	13	40	12	42	12	corps	1240			1793	1240	1240	1793	1793	4	4	(4, 4)
1169	couche	22	13	38	12	40	12	remblai de sépulture	1240			1793	1240	1240	1793	1793	4	4	(4, 4)
1170	couche	20	57	36	53	39	53	corps	1240			1793	1240	1240	1793	1793	4	4	(4, 4)
1171	couche	20	58	36	54	39	54	cercueil	1240			1793	1240	1240	1793	1793	4	4	(4, 4)
1172	couche	25	46	41	45	43	45	corps	1240			1793	1240	1240	1793	1793	4	4	(4, 4)
1173	couche	25	47	41	46	43	46	cercueil	1240			1793	1240	1240	1793	1793	4	4	(4, 4)
1174	couche	37	4;41	63	4;40	66	4;40	remparage	300			1240	300	300	1240	1240	1	1	(1, 1)
1175	couche	22	16	38	15	40	15	remblai de sépulture	1240			1793	1240	1240	1793	1793	4	4	(4, 4)
1177	couche	2	1;3	30	1;3	27	1;3	gravats	1811			1811	1811	1811	1811	1811	1	5	(4, 5)
1178	couche	35	9;59	61	8;65	64	8;65	remparage	300			1240	300	300	1240	1240	1	1	(1, 1)
1179	couche	19	51	44	64	46	64	remparage	300			1269	1240	1240	1269	1269	3	3	(3, 3)
1180	couche	24	9	40	8	43	8	corps	1240			1793	1240	1240	1793	1793	4	4	(4, 4)
1181	couche	24	10	40	9	43	9	cercueil	1240			1793	1240	1240	1793	1793	4	4	(4, 4)
1182	couche	23	9	39	8	42	8	remblai de sépulture	1240			1793	1240	1240	1793	1793	4	4	(4, 4)
1183	couche	36	1	60	1	64	1	remparage	300			1240	300	300	1240	1240	1	1	(1, 1)
1184	couche	38	4	64	4	67	4	remparage	300			1240	300	300	1240	1240	1	1	(1, 1)
1185	couche	36	9	62	8	65	8	remparage	300			1240	300	300	1240	1240	1	1	(1, 1)
1186	couche	39	4	65	4	68	4	remparage	300			1240	300	300	1240	1240	1	1	(1, 1)
1187	couche	37	1;2	61	1;2	65	1;2	terres noires	300			1240	300	300	1240	1240	1	1	(1, 1)
1188	couche	39	5	65	5	68	5	terres noires	300			1240	300	300	1240	1240			(1, 4)
1191	couche	40	4;9	66	4;8	69	4;8	remparage	300			1240	300	300	1240	1240	1	1	(1, 1)
1193	couche	35	60	61	66	64	66	remparage	300			1240	300	300	1240	1240	1	1	(1, 1)
1194	négatif	21	11	37	10	40	10	fosse de sépulture	1240			1793	1240	1240	1793	1793	4	4	(4, 4)
1195	négatif	25	4	41	4	44	4	fosse de sépulture	1240			1793	1240	1240	1793	1793	4	4	(4, 4)
1196	négatif	21	54	37	50	40	50	fosse de sépulture	1240			1793	1240	1240	1793	1793	4	4	(4, 4)
1197	couche	16	71	52	68	54	68	remblai de sépulture				300	300	1269	1811	2	2	(2, 2)	
1198	couche	38	1	62	1	66	1	remparage	300			1240	300	300	1240	1240	1	1	(1, 1)
1199	couche	38	2	62	2	66	2	remparage	300			1240	300	300	1240	1240	1	1	(1, 1)

US	type	ligne diag. 1	col. diag 1	ligne diag. 2	col. diag 2	ligne diag. 3	col. diag 3	interprétation résumée	TPQ	TPQ estimé	TAQ estimé	TAQ	TPQ déduit	TPQ estim. déduit	TAQ estim. déduit	TAQ déduit	phase début	phase fin	phases déduites
1201	négatif	20	63	36	59	39	59	fosse de sépulture	1240			1793	1240	1240	1793	1793	4	4	(4, 4)
1202	négatif	34	9	60	8	63	8	tranchée de fondation	300			1240	300	300	1240	1240	1	1	(1, 1)
1203	négatif	9	12;82	26	21;72	29	21;72	tranchée de récupération	1811			1811	1811	1811	1811	1811	5	5	(5, 5)
1204	négatif	11	76;79	22	73;75	28	73;75	tranchée de récupération	1811			1811	1811	1811	1811	1811	5	5	(5, 5)
1205	négatif	21	57	37	53	40	53	fosse de sépulture	1240			1793	1240	1240	1793	1793	4	4	(4, 4)
1206	négatif	34	8	50	7	52	7	tranchée de fondation	1240			1793	1240	1240	1269	1269	3	3	(3, 3)
1207	négatif	24	39;40	40	38;39	42	38;39	fosse de sépulture	1240			1793	1240	1240	1793	1793	4	4	(4, 4)
1208	négatif	28	15	41	14	43	14	fosse de sépulture	1240			1793	1240	1240	1793	1793	4	4	(4, 4)
1209	négatif	25	41	41	40	43	40	fosse de sépulture	1240			1793	1240	1240	1793	1793	4	4	(4, 4)
1210	négatif	27	38	42	37	44	37	fosse de sépulture	1240			1793	1240	1240	1793	1793	4	4	(4, 4)
1211	négatif	27	46	42	45	44	45	fosse de sépulture	1240			1793	1240	1240	1793	1793	4	4	(4, 4)
1212	négatif	25	43	41	42	43	42	fosse de sépulture	1240			1793	1240	1240	1793	1793	4	4	(4, 4)
1213	négatif	22	52	47	65	49	65	tranchée de fondation	1240			1269	1240	1240	1269	1269	3	3	(3, 3)
1214	couche	21	52	46	65	48	65	fondation	1240			1269	1240	1240	1269	1269	3	3	(3, 3)
1215	couche	20	51;52	45	64;65	47	64;65	mur	1240			1269	1240	1240	1269	1269	3	3	(3, 3)
1216	négatif	10	74;81	22	76;78	28	76;78	tranchée de destruction				1240	1811	1811	1811	1811	5	5	(5, 5)
1217	négatif	10	39;73	27	38;70	30	38;70	tranchée de destruction				1240	1811	1811	1811	1811	5	5	(5, 5)
1218	négatif	21	59	37	55	40	55	fosse de sépulture				300	1240	1793	1793	1793	4	4	(4, 4)
1219	couche	23	18	39	17	41	17	cercueil				1240	1240	1793	1793	1793	4	4	(4, 4)
1220	négatif	21	61	37	57	40	57	fosse de sépulture				1793	-10000	1240	1793	1793	4	4	(4, 4)
1221	négatif	21	55	37	51	40	51	fosse de sépulture				1793	300	1240	1793	1793	4	4	(4, 4)
1222	négatif	25	9	41	8	44	8	fosse de sépulture				1793	300	1240	1793	1793	4	4	(4, 4)
1223	couche	19	65	35	61	38	61	remblai de fosse de sépulture		1793		-10000	1240	1793	1811	1811	4	4	(4, 4)
1224	couche	19	66	35	62	38	62	remblai de fosse de sépulture		1793		-10000	1240	1793	1811	1811	4	4	(4, 4)
1225	couche	19	67	35	63	38	63	remblai de fosse de sépulture		1793		-10000	1240	1793	1811	1811	4	4	(4, 4)
1226	négatif	20	64	36	60	39	60	fosse de sépulture				1793	-10000	1240	1793	1793	4	4	(4, 4)
1227	couche	20	12	36	11	39	11	cercueil				1793	-10000	1240	1793	1793	4	4	(4, 4)
1228	couche	20	53	45	66	47	66	mur		1240	1269	1240	1240	1269	1269	3	3	(3, 3)	
1229	couche	23	39	39	38	41	38	cercueil				1793	1240	1240	1793	1793	4	4	(4, 4)
1230	couche	23	48	39	47	41	47	corps				1793	300	1240	1793	1793	4	4	(4, 4)
1231	couche	10	16	17	13	20	13	circulation	1811			1919	1811	1811	1918	1918	6	6	(6, 6)
1232	couche	10	20	17	17	20	17	circulation	1811			1919	1811	1811	1918	1918	6	6	(6, 6)

Fiche, documents joints et diagrammes

Opération : Noyon (Oise), Cloître de la cathédrale ; responsable d'opération : Bruno Desachy
Type d'opération : évaluation archéologique préalable à un projet de remise en valeur du cloître de la cathédrale de Noyon ; méthode de fouille : aire ouverte limitée (environ 100 m ²) implantée à l'angle des galeries nord et est (détruites en 1811) méthode d'enregistrement par fiches d'US (environ 233) ; enregistrement graphique : plan, coupes stratigraphiques coupes cumulatives et réelles ;
type de terrain : stratification dense continue
Données archéologiques générales : 8 phases ont été reconnues la phase la plus ancienne (I) atteinte par la fouille est marquée par des dépôts contenant du matériel gallo-romain, sous l'emplacement de la galerie est du cloître. L'aspect, l'altitude et l'épaisseur de ces couches (recoupées notamment par les sépultures canoniales), formées d'argile issue de la destruction de parois en terre et de matériaux de démolition, permet de les interpréter comme le sommet du talus interne au rempart romain du Bas-Empire (lequel passe sous la sacristie que longe la galerie est du cloître). De l'autre coté de la fondation du mur bahut de la galerie, côté préau, des terres noires contenant du matériel du Haut Moyen Âge ont été très partiellement reconnues en bord de fouille. Un TPQ de 300 a été fixé pour cette phase, compte tenu du mobilier céramique du IV ^e s. retrouvé dans les couches les plus anciennes reconnues La phase suivante (II) est marquée par deux sépultures anciennes antérieure à la construction du cloître gothique . La phase III est celle de la construction des galeries est et nord du cloître (fondation du mur bahut, traces de sol), construction que les historiens et historiens d'art situent entre 1240 et 1269 (dates retenues dans l'essai comme TPQ et TAQ de cette phase) La phase IV rassemble les sépultures qui témoignent de l'utilisation du cloître comme espace funéraire du XIII ^e au XVIII ^e s.

La période révolutionnaire puis le 1er Empire voient le changement de fonction des bâtiments claustraux puis la destruction des galeries nord et est en 1811 (phase V)

La phase VI comprend les divers travaux (y compris les premiers travaux de restauration de la cathédrale) qui ont lieu dans le cloître transformé en jardin, de 1811 à 1914.

Durant la première guerre mondiale, Noyon est occupé et le cloître est utilisé comme cimetière militaire allemand (phase VII), de 1914 jusqu'en 1919 (désaffectation et transfert du cimetière militaire)

Enfin les traces les plus récentes du XXe siècle sont réunies dans la phase VIII

Dates d'essai : Dates opération terrain : deux campagnes de 4 semaines : juillet 1993 et juillet 1994

« Pilote d'essai » : Bruno Desachy

Version du Stratifiant utilisée : 0.3

Intégration dans un système d'information : utilisation avec Stratibase

Commentaires sur l'expérience et les résultats :

réenregistrement des unités et relations sous *Stratibase*

création du diagramme avec fonctions de mise en palier chronologique, mise en phases et mise en couleurs ; traitement des TPQ et TAQ de phases (cf ci-dessus)

Références : Desachy 1995 : *études préalables à la mise en valeur du « pôle patrimonial » de Noyon (Oise) – fouilles archéologiques d'évaluation dans le cloître de la cathédrale* ; rapport de fouilles ; septembre 1995 ; déposé au service régional archéologique de Picardie

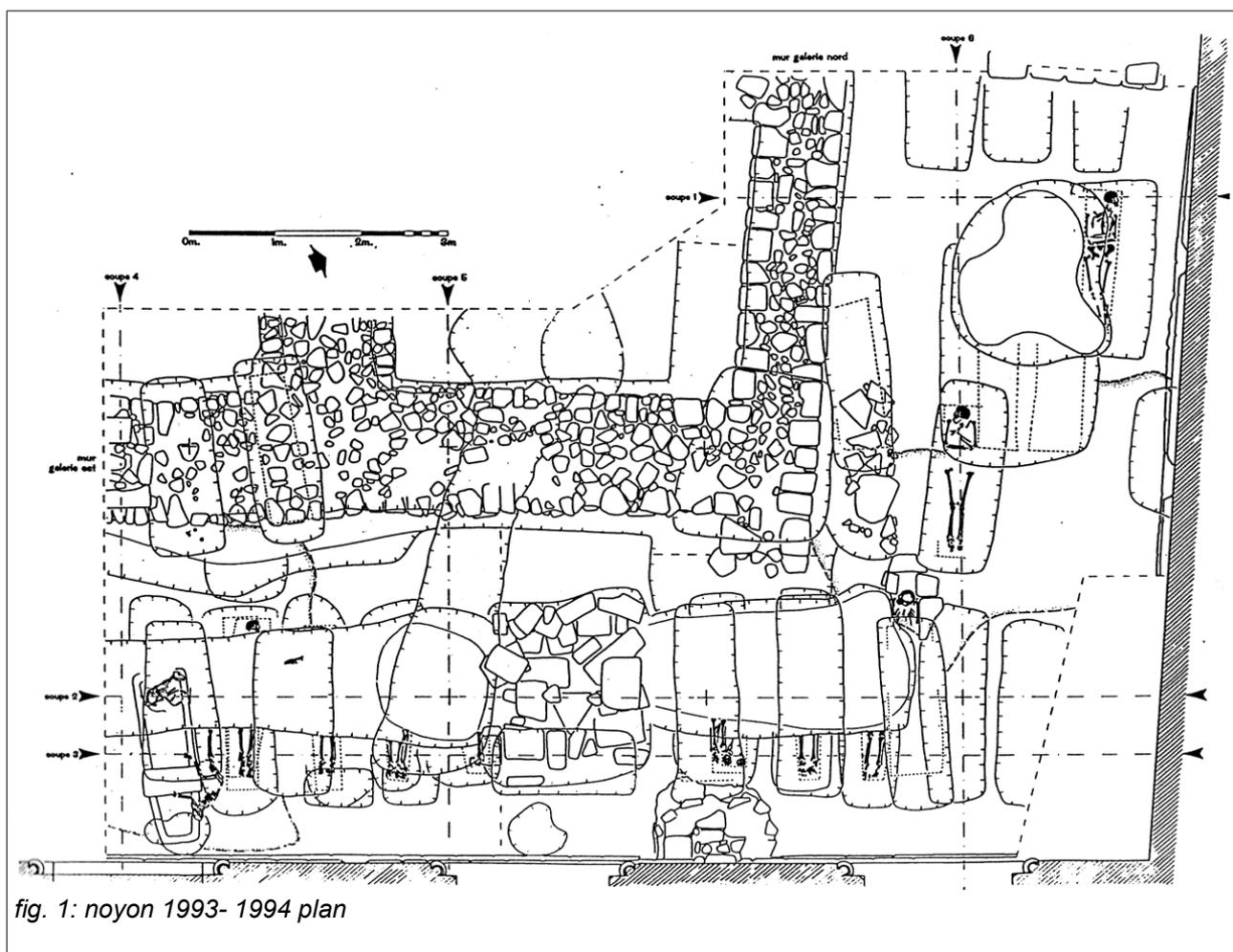


fig. 1: noyon 1993- 1994 plan

Cloître de la cathédrale de Noyon (Oise) - 1993

Localisation de la fouille à l'angle Nord-Est du cloître (angle des galeries Nord et Est arasées) ; au second plan la galerie Ouest conservée et le bas-côté nord de la cathédrale



fig. 2: Noyon 1993 - cloître de la cathédrale



fig. 3: Noyon 1993 vue générale de la fouille (vue de l'Est)



fig. 4: Noyon 1993 - coupe Sud en bord de fouille

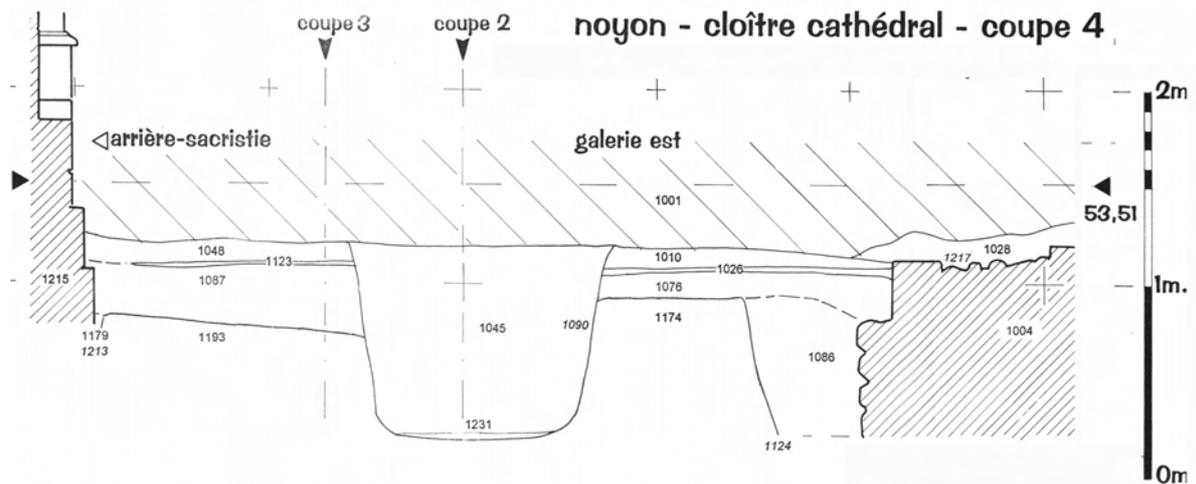


fig. 5: Noyon 1993 - extrait coupe cumulative 4 (Est vers la gauche)

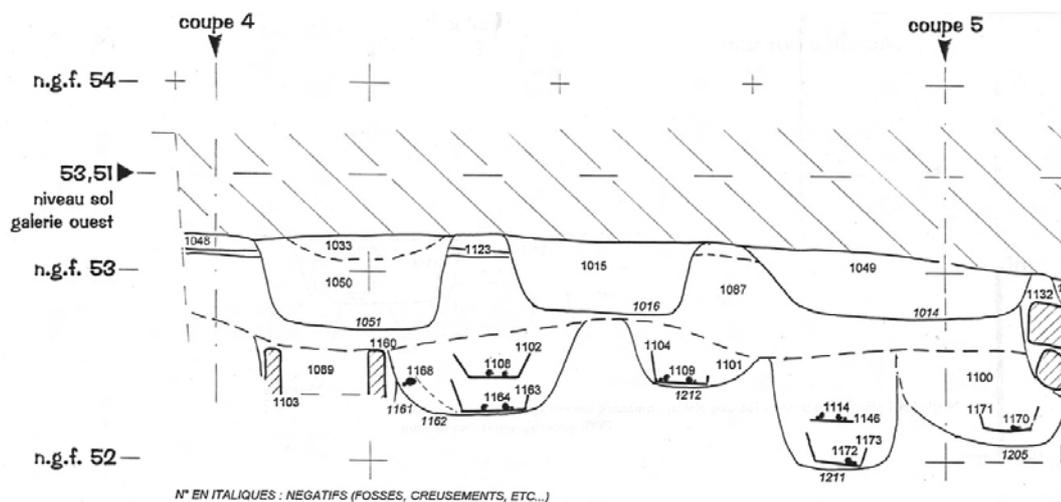


fig. 6: Noyon 1993 - 1994 extrait coupe cumulative 3 (Nord vers la gauche)

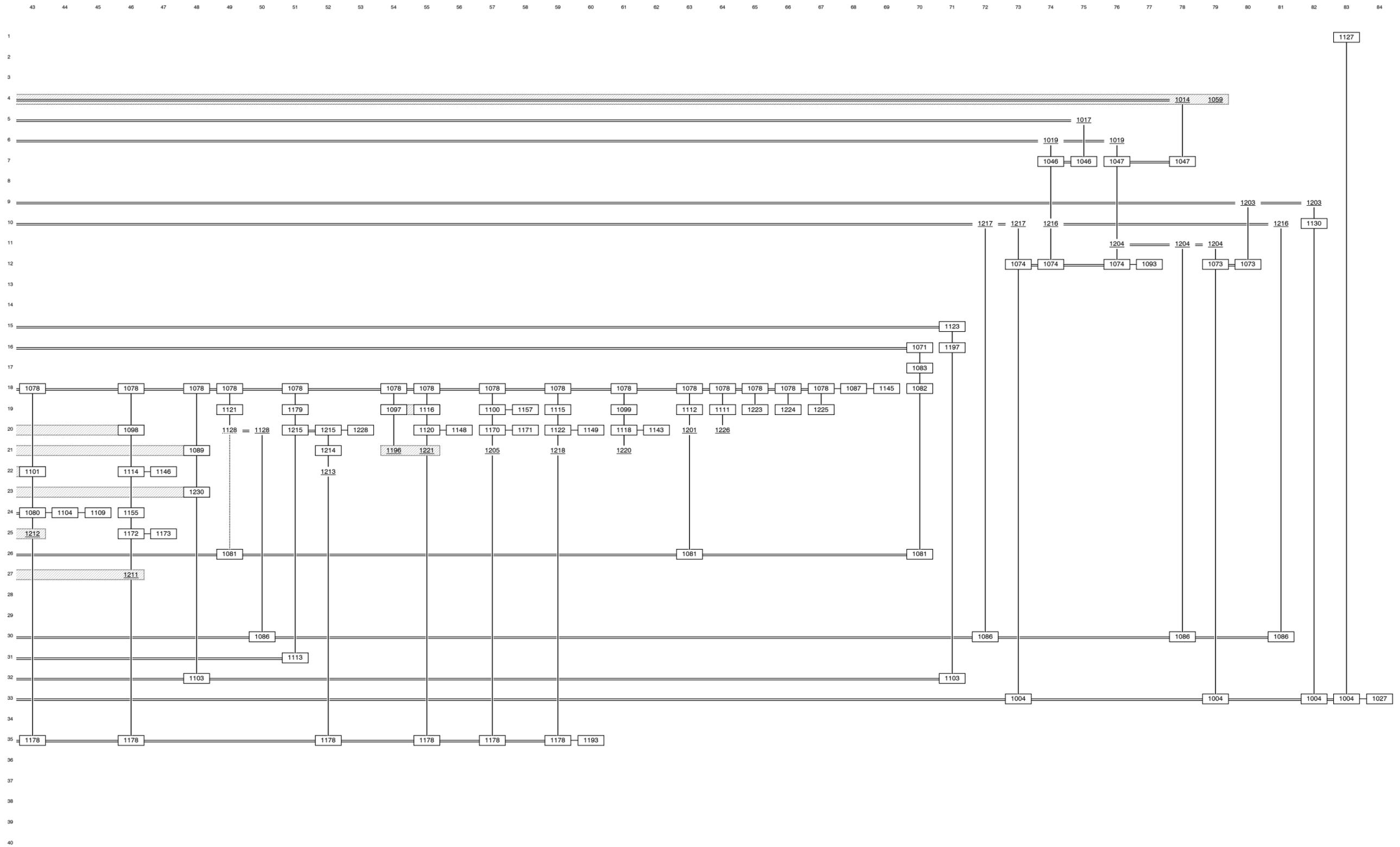


fig. 8 Noyon cloître de la cathédrale - diagramme nu (suite)

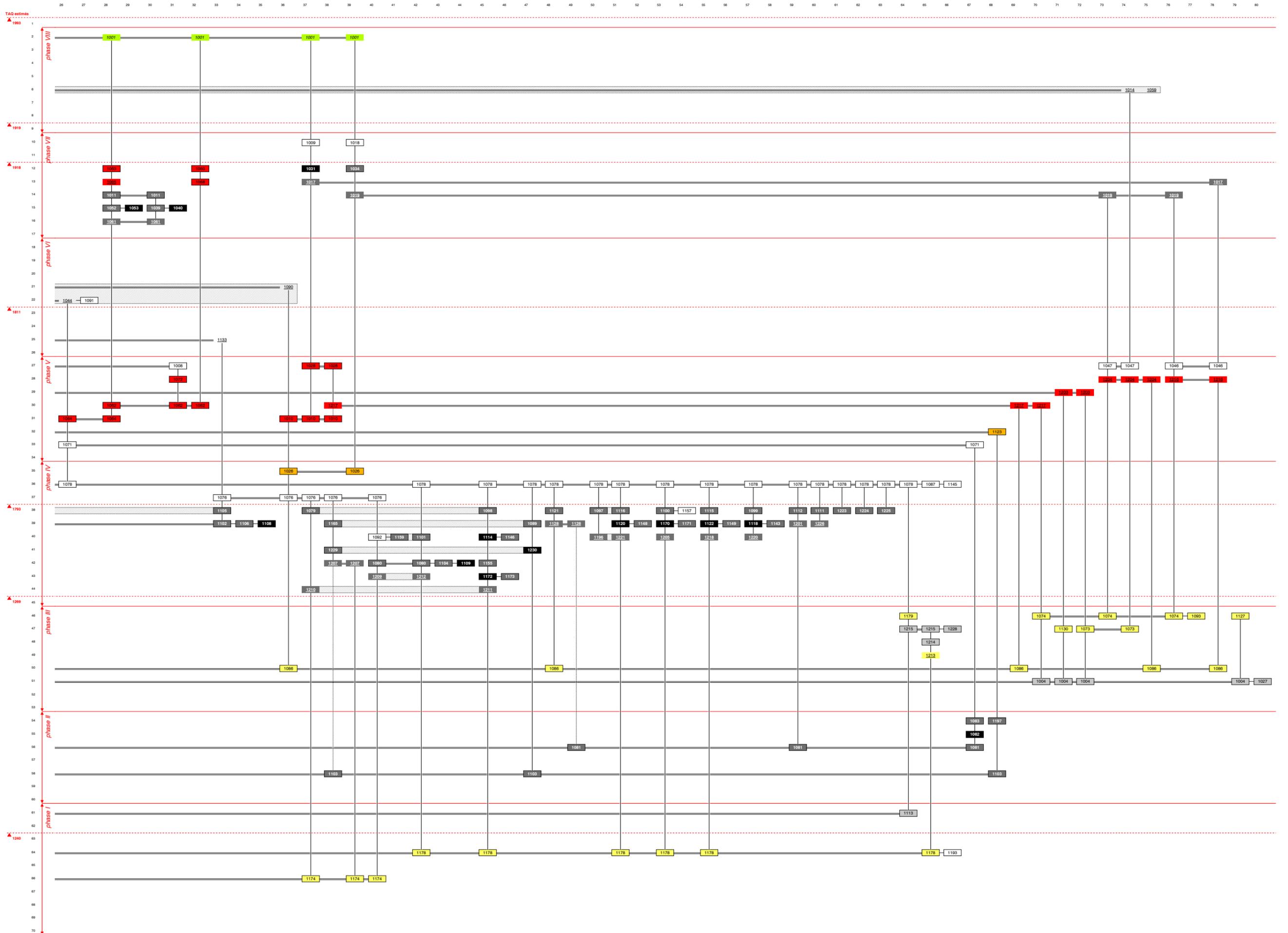


fig 12 -Noyon - diagramme mis en phases et en paliers calé au plus récent (suite)

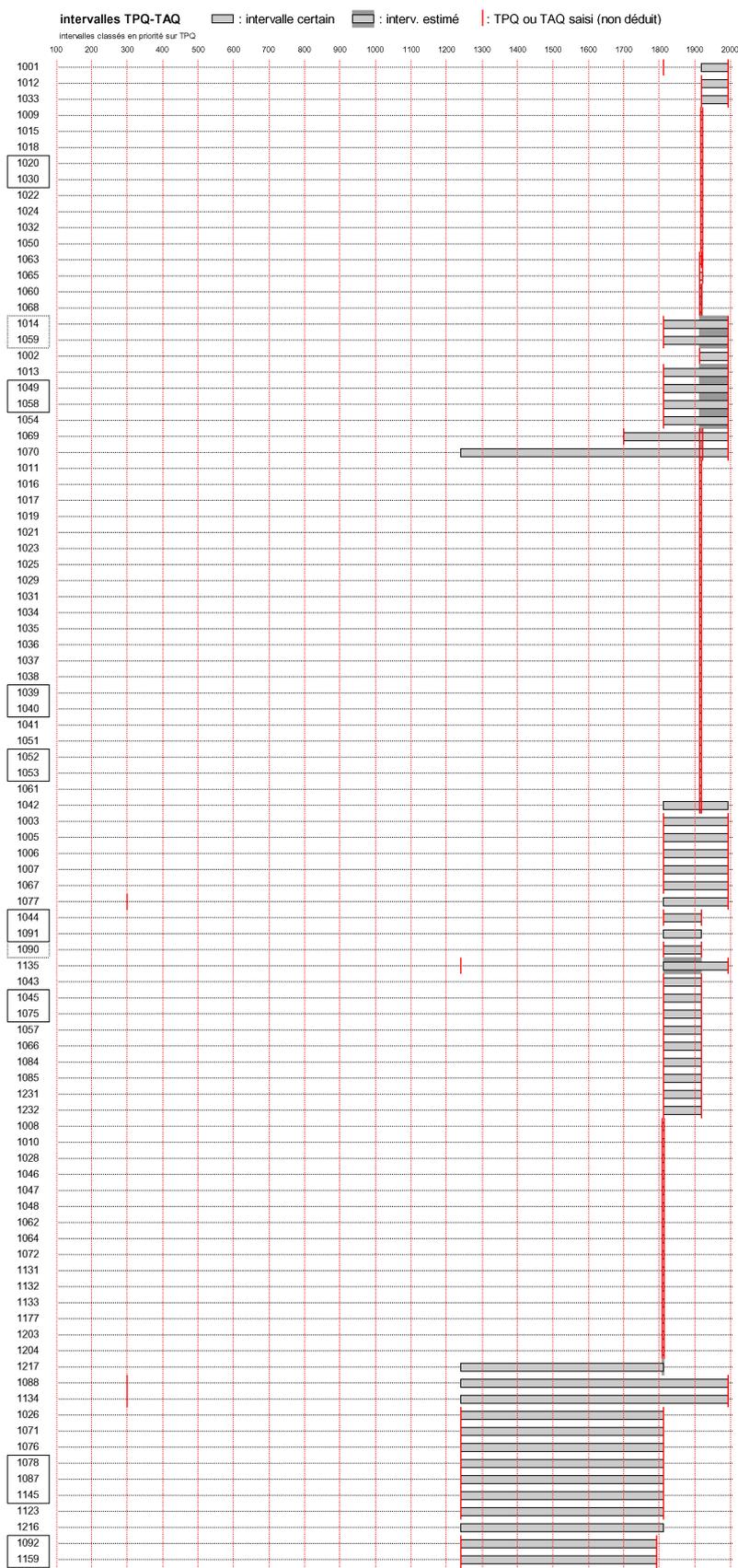


fig. 13: Noyon cloître de la cathédrale - graphique des intervalles TPQ - TAQ (détail)

.4.2.2 essais d'enregistrement de terrain – monastère Saint-Syméon (Syrie) secteur BW 14*Fiche, documents joints et diagrammes*

Opération : mission archéologique Qalaat Seman (Mont Saint-Syméon) (Syrie) (chef de mission : Jean-Luc Biscop)
Type d'opération : fouille du secteur « BW 14 » (espace résiduel de construction entre des contreforts à l'extrémité ouest de la basilique ouest du monastère Saint-Syméon (VI ^e siècle) méthode de fouille : sondage limité, observations de bâti méthode d'enregistrement par fiches d'US (30 US)
type de terrain : stratification continue (espace construit formant un bassin sédimentaire artificiel)
Données archéologiques générales : l'enregistrement a porté sur des éléments construits et des dépôts archéologiques du VI ^e au XI ^e s.
Dates d'essai : Dates opération terrain : juillet 2007
« Pilote d'essai » : Bruno Desachy
Version du Stratifiant utilisée : 0.2
Intégration dans un système d'information : utilisation avec Stratibase
Commentaires sur l'expérience et les résultats : enregistrement direct sur Stratibase ; obtention du diagramme au fur et à mesure de la fouille ; diagramme final (pour rapport) repris manuellement avec ajout d'indications de séquences et phases.
Références : Biscop Jean Luc (sous la direction de) : monastère du Mont Saint-Syméon ; rapport de mission 2007.

Le monastère Saint Syméon (Google Earth) ; encadré :
l'extrémité de la basilique ouest (secteur BW 14) :



fig. 14: Qalaat Seman - vue aérienne

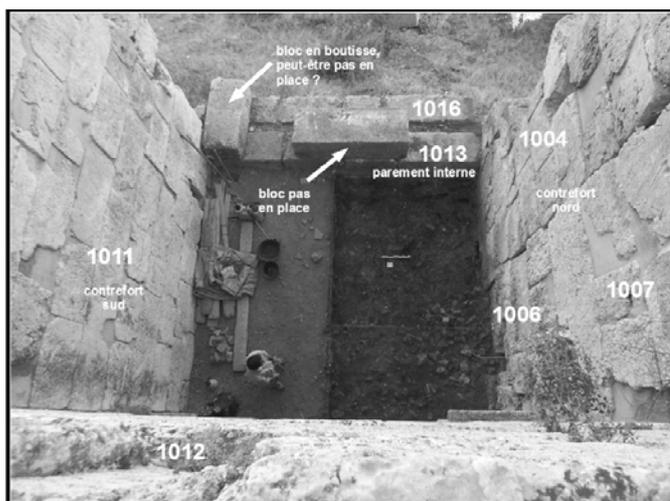


fig. 15: secteur BW 14 (espace entre contreforts de la basilique ouest)



fig. 16: Qalaat Semaan 2007 - ouverture sondage secteur BW 14

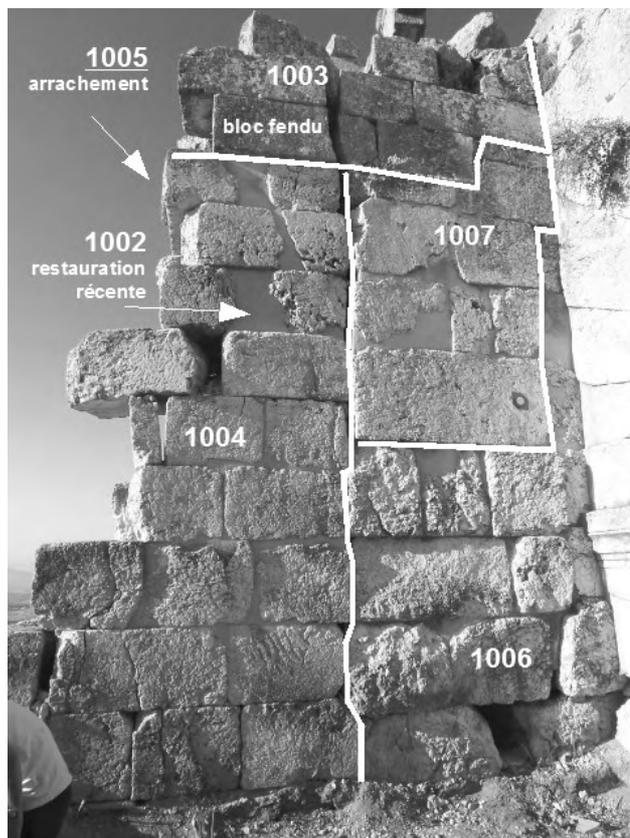
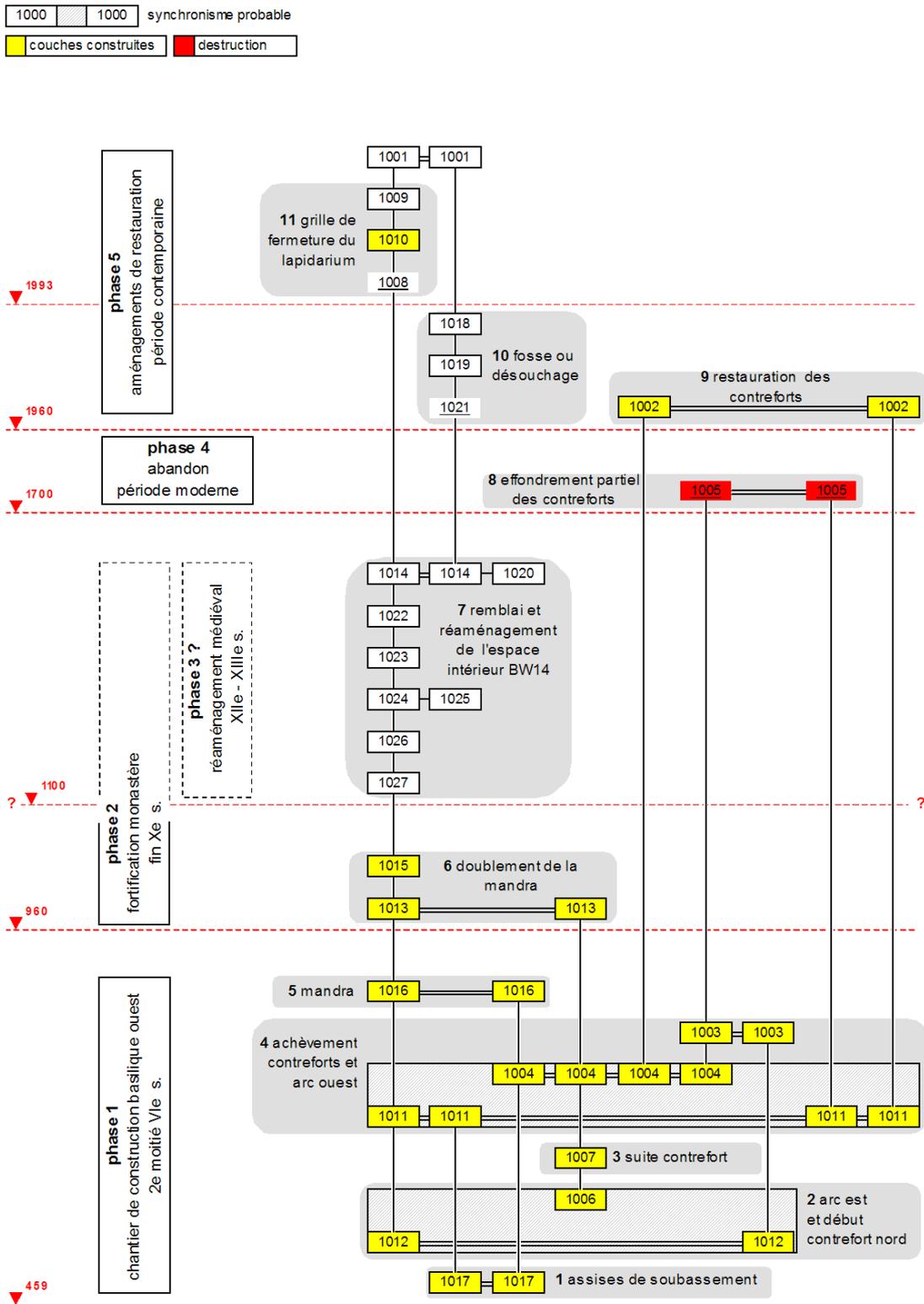


fig. 17: Qalaat Semaan 2007 - secteur BW 14 - observations sur un contrefort



fig. 18: Qalaat Semaan 2007 - secteur BW14

Qal'at Sem'an - 2007 - chronologie du secteur BW14



TPQ estimés
 fig. 19: Qalaat Seman 2007 - secteur BW 14 - diagramme

4.3. Expérimentation sur des opérations du Service archéologique d'Indre et Loire

.4.3.1. le contexte : l'utilisation opérationnelle du *Stratifiant*

Le service archéologique départemental d'Indre et Loire : présentation (par Bruno Dufaÿ) :

Le Service archéologique départemental d'Indre-et-Loire (SADIL) a vu le jour en janvier 2005. Après avoir obtenu en mai 2005 l'agrément du Ministère de la Culture nécessaire à la conduite de fouilles, le service s'est progressivement constitué à partir de juillet 2005.

Rattaché à la Direction de la Culture et des Sports, le SADIL a pour mission principale de réaliser les opérations et études préalables aux aménagements dont le Conseil Général est maître d'ouvrage, dans le cadre préventif et parfois programmé. Sont concernés le secteur des infrastructures routières (boulevard périphérique de Tours, déviation de Ligueil...) et celui des monuments et musées départementaux (châteaux du Grand-Pressigny, Chinon et Loches, prieuré Saint-Cosme).

Le Conseil Général a ensuite rapidement élargi cette mission aux ZAC les plus importantes. Le service se compose de cinq agents titulaires dont une documentaliste, une secrétaire et trois archéologues (chef de service, Bruno Dufaÿ, archéologues responsables des secteurs routes et monuments, respectivement Matthieu Gaultier et Marie-Christine Lacroix). Pour la réalisation des opérations sur les ZAC, quatre agents contractuels ont été engagés en janvier 2007 pour une période de deux ans renouvelable (Pierre Papin, Bénédicte Quillec, Samuel Riou, Guilhem de Mauraige). D'autres contractuels viennent compléter les équipes en tant que de besoins.

*La mise la mise en service du *Stratifiant**

Depuis 2006, les versions successives du prototype du *Stratifiant* (d'abord la version 0.1, objet du mémoire de DEA de B. Desachy (2005), puis à partir de 2007 la version 0.2 permettant le traitement des synchronismes incertains) ont été essayées lors de plusieurs opérations sur les sites du château du Grand-Pressigny et du château de Chinon, par l'archéologue médiéviste Marie-Christine Lacroix (responsable d'opération au SADIL, attachée de conservation du patrimoine), ainsi devenue le principal « pilote d'essai » du *Stratifiant*.

Les retours d'expériences détaillés fournis par Marie-Christine Lacroix tout au long de cette expérience ont été essentiels dans le débogage et le développement de l'application. Réciproquement, si l'archéologue a du affronter les aléas de mise au point d'un prototype au départ non testé sur des données réelles, ce prototype est devenu plus efficient, et tend aujourd'hui à être utilisable en routine (ce qui ne signifie évidemment pas qu'il soit exempt d'imperfections ni que son développement soit terminé). Actuellement trois opérations dont les diagrammes stratigraphiques ont été réalisés avec l'aide du *stratifiant* ont été menées à bien. Les diagrammes réalisés avec le *Stratifiant* figurent dans les RFO (rapports finaux d'opération) déposés au service régional de l'archéologie de la région Centre. (références dans les fiches ci-après).

*L'intégration du *stratifiant* dans le système d'information archéologique du service*

Le SADIL utilise un système d'enregistrement de terrain informatisé, sous la forme d'une application de bases de données relationnelles développée (sous *Filemaker*), en réseau local, par Matthieu Gaultier. Cette base constitue l'élément documentaire central d'un système d'information archéologique qui inclut aussi l'utilisation d'un SIG, et depuis 2006, celle du *Stratifiant*.

La mise en place de la liaison avec le Stratifiant n'a pas posé de problème particulier. La base comporte une gestion relationnelle des unités et interfaces stratigraphiques enregistrées, qui lui permet, avec de minimes modifications (ajout d'une procédure d'exportation de fichiers), de générer les données nécessaires au traitement avec le Stratifiant. Celles-ci sont récupérées dans le Stratifiant, manœuvre effectuée dans un premier temps par copier-coller ; puis à l'aide d'une procédure automatisée de lecture et d'importation des données des fichiers générés par la base (comme avec *Stratibase*).

Du point de vue méthodologique, la principale question qui s'est posée concernait le traitement des synchronismes. Le souhait de l'archéologue « pilote d'essai » (M.C. Lacroix) a été très clair : relier les US enregistrées comme synchrones et les placer au même niveau dans le diagramme, mais ne pas fusionner leurs relations d'antéro-postériorité avec d'autres US. Par conséquent, tous les synchronismes enregistrés sont systématiquement traités comme des synchronismes incertains : la modalité de synchronisme certain n'est pas utilisée. En revanche les deux modalités d'antéro-postériorité certaine et incertaine sont distinguées lors de l'enregistrement et utilisées.

.4.3.2. Le Grand-Pressigny, Cour d'honneur du château

Fiche, documents joints et diagrammes

<p>Opération : Le Grand-Pressigny (Indre et Loire), le château, cour d'honneur, (n° de site SRA 37 113 014 AH, n° d'opération SADIL : CGP05) ; responsable d'opération : Marie-Christine Lacroix</p>
<p>Type d'opération : opération archéologique préventive préalable à la construction du nouveau musée de préhistoire, comportant fouille et étude de bâti (équipe de deux à cinq personnes) ; méthode de fouille : aire ouverte, sondages ponctuels et étude de bâti ; méthode d'enregistrement par fiches d'US ou UA (environ 200), coupes cumulatives, plans triangulés ;</p>
<p>type de terrain : stratification dense continue d'épaisseur moyenne (50 cm à 2 m) et bâti en élévation ;</p>
<p>Données archéologiques générales (par Marie-Christine Lacroix) : Le secteur étudié se localise dans l'actuelle cour d'honneur, à une vingtaine de mètres au sud du donjon du XIIe siècle attribué à Guillaume Ier de Pressigny (tour maîtresse chemisée d'une enceinte flanquée de tours). 6 phases ont été reconnues : Phase I : Autour des années 1150, conjointement, ou peu de temps après l'édification de cette forteresse, la protection est encore renforcée. Au sud-ouest, barrant l'éperon rocheux, un fossé large d'une dizaine de mètres est creusé. Au sud-est, il vient buter contre la courtine ceignant le site. A l'autre extrémité, l'articulation avec la courtine (son tracé n'a été que partiellement reconnu sur 5 m) demeure confuse mais c'est certainement dans cette zone que s'effectuait le franchissement du fossé, par un pont, dont une pile maçonnée a été mise au jour. Phase II : Au XIIIe siècle, les parois du fossé sont revêtues de murs (escarpe et contrescarpe) et il est flanqué d'un bâtiment à son extrémité ouest, dont l'une des pièces est encore visible dans les caves actuelles. Cette pièce, voûtée en plein-cintre, forme le sous-sol de ce bâtiment. Sa façade, percée d'une baie géminée et d'une porte ouvre sur le fossé. Une tour d'escalier octogonale munie d'une archère conduisait au rez-de-chaussée, dans une vaste salle voûtée (près de 100 m²) et dotée d'une cheminée. Cette salle était de plain-pied avec le niveau de la cour. Vers le sud (actuelle cour des communs), le bâtiment semble se prolonger d'au moins deux pièces, appuyées sur la courtine. Il est probable que ce rez-de-chaussée était surmonté d'un étage. Par sa situation et ses dimensions, ce bâtiment a vraisemblablement abrité la « grande salle », lieu d'exercice du pouvoir seigneurial. Phase III : Le bâtiment principal est ensuite agrandi de deux ou trois travées vers l'ouest, communiquant dans la pièce adjacente par une petite porte couverte d'un arc clavé. En dépit d'une situation plutôt exposée en cas d'attaque du château (en l'état actuel des connaissances), les traces ténues de décor peint et la finesse des ogives reposant sur des culots sculptés (animal fantastique, masque grimaçant, anges ?) confèrent à cette pièce une fonction distinctive, probablement une chapelle. Phase IV : C'est au XVIe siècle, sous l'impulsion d'Honorat de Savoie-Villars que le secteur subit de profondes modifications. Le fossé transversal reçoit une voûte et devient une cave permettant l'agrandissement de la cour d'honneur désormais séparée de la cour des communs par une longue galerie sur portique. De nouveaux logis sont construits intégrant les bâtiments plus anciens et harmonisant la façade</p>

sur la douve élargie. Leurs sols sont couverts d'un dallage de pierres et d'ardoise. La fonction précise de chaque pièce est difficile à établir mais les équipements mis au jour dans la grande salle voûtée médiévale (création de nouvelles cheminées, évier bas, système d'évacuation d'eau vers les douves) témoignent de son rôle de cuisine.

Phase V : à l'époque moderne, le logis subi quelques modifications mineures. Les sols sont partiellement repris, la petite porte de la chapelle est transformée en placard, une nouvelle baie est percée. Un pont dormant franchi les douves, munies de nouveaux murs de contrescarpes.

Phase VI : au cours du XIXe siècle, le logis est peu à peu ruiné et sans doute utilisé comme carrière de pierres. La propriété du château est morcelée entre des particuliers et la gendarmerie qui s'installe notamment dans la galerie.

Dates d'essai : Dates opération terrain : octobre 2005-février 2006 ; Utilisation du *Stratifiant* juste après la phase terrain ;

« **Pilote d'essai** » : Marie-Christine Lacroix ; mclacroix@cg37.fr

Version du Stratifiant utilisée : 0.1

Intégration dans un système d'information : voir ci-dessus

Commentaires sur l'expérience et les résultats :

Utilisation du *stratifiant* avec reprise manuelle (ajout de cadres de séquences) utilisation de la fonction de mise en paliers chronologiques pour effectuer la mise en phases (fonction de mise en phases non encore disponible sur la version utilisée) ; mise en couleurs par phases ; le diagramme est joint au rapport d'opération.

Références : Lacroix 2006 : Lacroix Marie-Christine, *Le Grand-Pressigny, château - cour d'honneur*, rapport d'opération archéologique déposé au SRA Centre, Orléans, décembre 2006.

Figure 29 : vues générales



Photo 9 : vue d'ensemble prise de la tour Vironne à la fin de l'opération. A droite, la zone non fouillée a déjà été explorée lors de l'étanchéification des caves en 1996.

Photo 10 : vue d'ensemble prise de la tour Vironne à la fin de l'opération. Au centre, le massif rectangulaire dans la zone non fouillée correspond à l'emplacement de la tour d'angle octogonale abritant l'escalier d'accès au fossé transformé en caves à la Renaissance (phase IV).



Photo 11 : vue d'ensemble des secteurs II et III séparés par le mur nord de la pièce A. Au premier plan en bas, le dallage, l'évier bas et le caniveau de la phase IV.

fig. 20: vues générales : château du Grand Pressigny (document SADIL - extrait de Lacroix 2006)

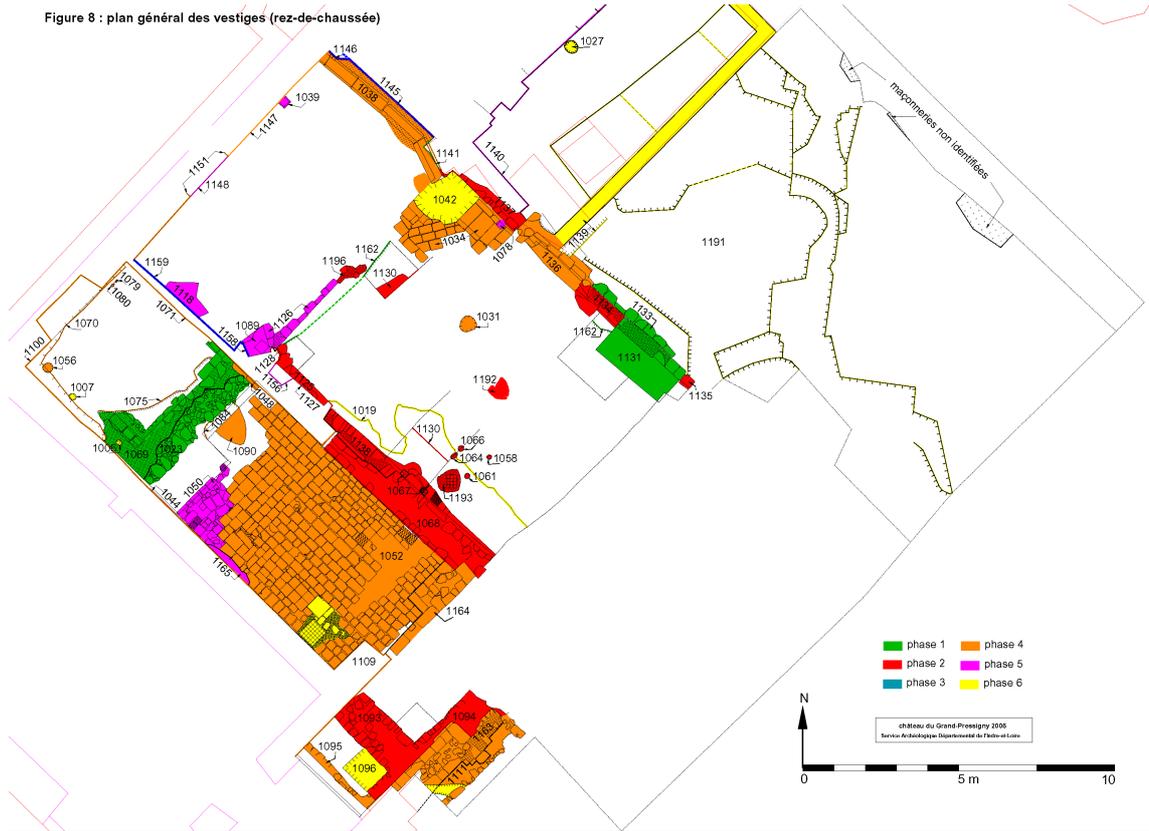


fig. 21: Le Grand Pressigny : plan (extrait de Lacroix 2006)

Figure 12 : secteur II, élévation du mur sud des pièces A et E

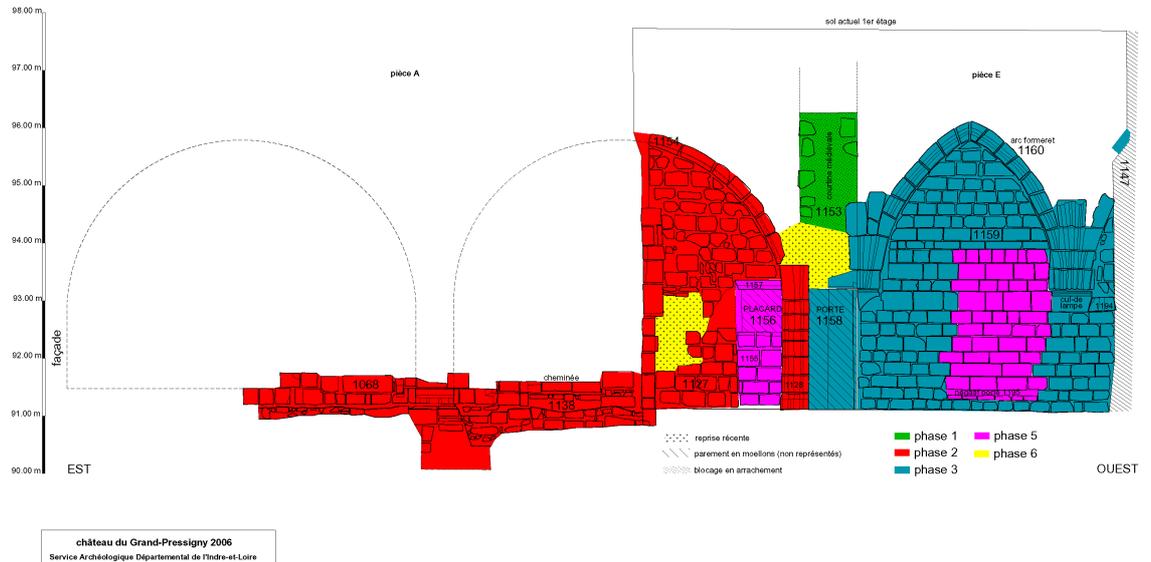


fig. 22: Le Grand Pressigny : archéologie du bâti (élévation mur Sud - extrait de Lacroix 2006)

Figure 13 : secteur II, élévation du mur nord des pièces E et A

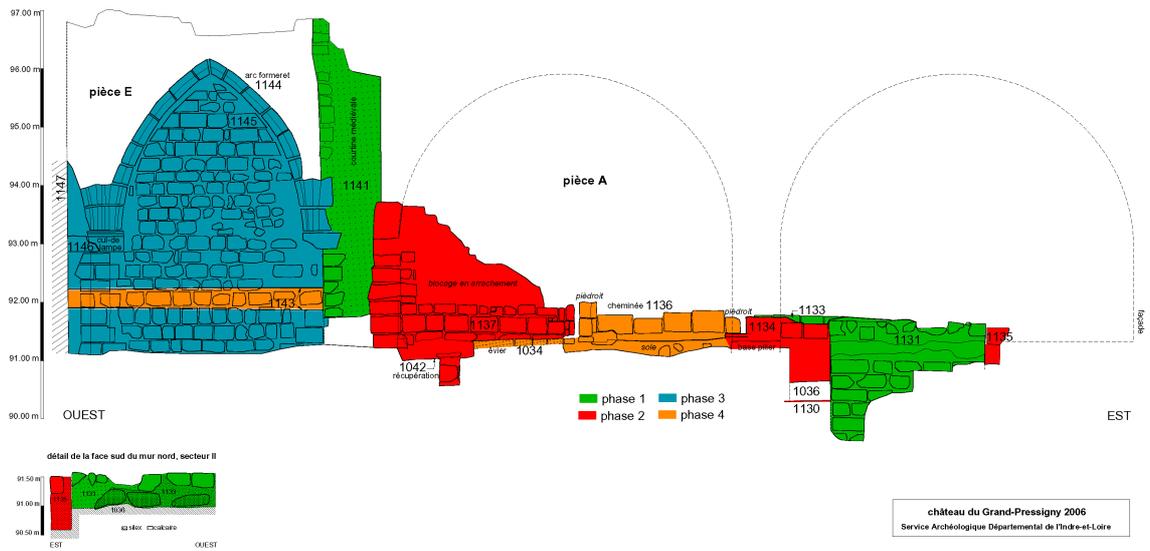


fig. 23: Le Grand Pressigny : archéologie du bâti (élévation mur Nord - extrait de Lacroix 2006)

Figure 14 : secteur II, élévation du mur ouest de la pièce E (état phase IV)



fig. 24: Le Grand Pressigny : archéologie du bâti (élévation mur Ouest - extrait de Lacroix 2006)

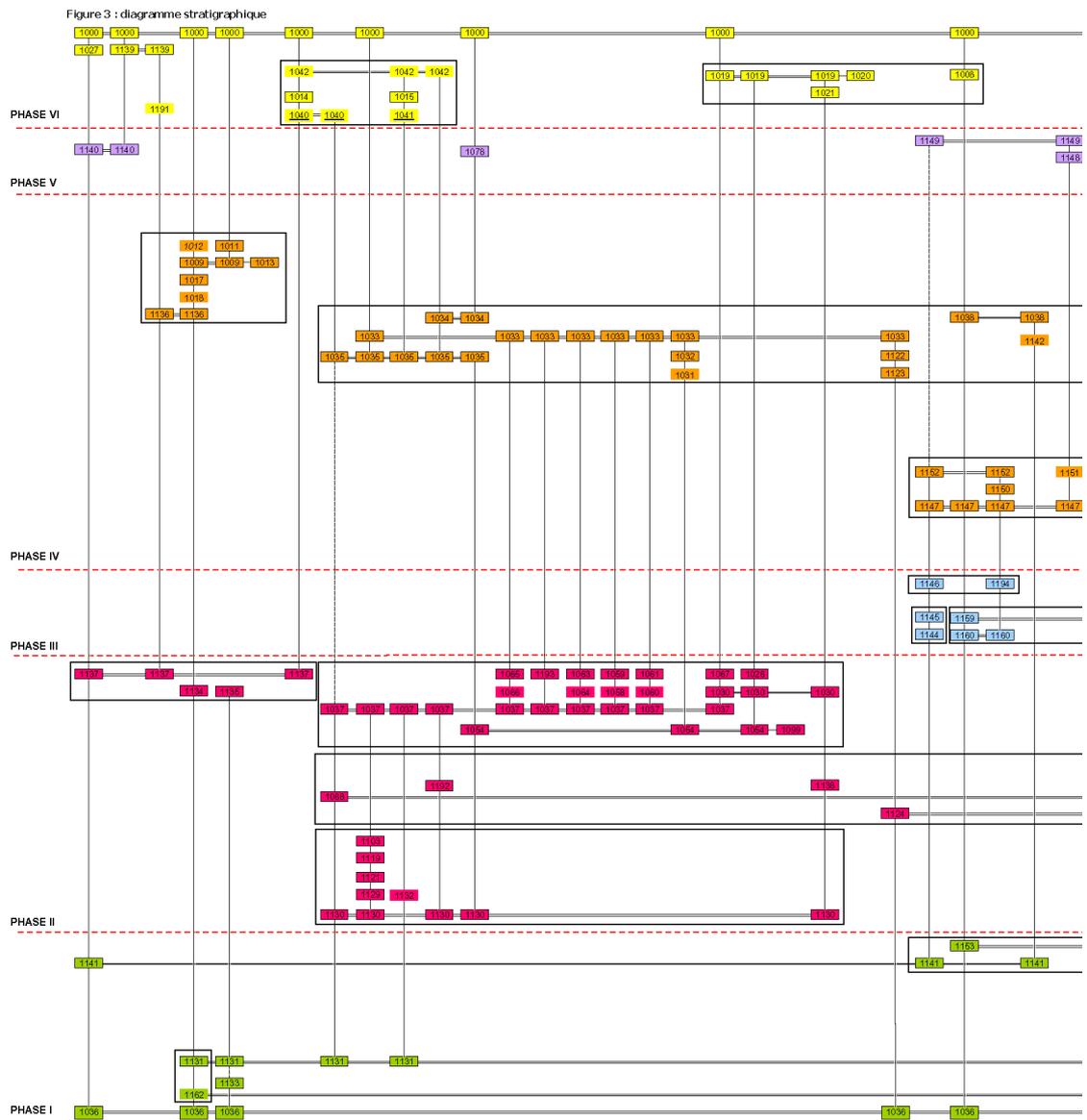


fig. 25: Le Grand Pressigny : diagramme (détail) ; réalisation : Marie-Christine Lacroix (utilisation du Stratifiant avec reprise manuelle) ; extrait de Lacroix 2006

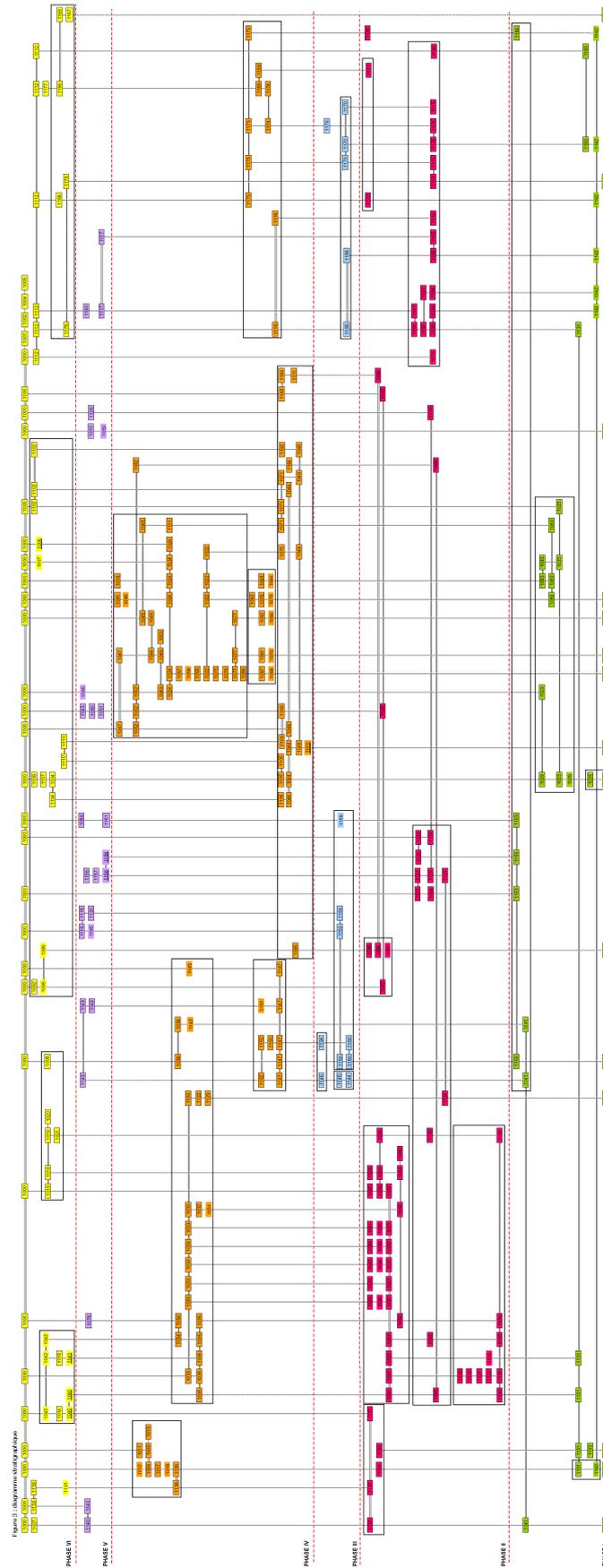


fig. 26: Le Grand Pressigny : diagramme (Lacroix 2006)

.4.3.3. Château de Chinon, Maison Fauvel (fort Saint-Georges, porte des Champs)*Fiche, documents joints et diagrammes*

<p>Opération : Chinon (Indre et Loire), fort Saint-Georges (n° de site SRA 37 072 012 AH) ; responsable d'opération : Bruno Dufaÿ</p>
<p>Type d'opération : fouille d'un terrain de 350 m² situé dans le secteur de la « porte des Champs » du château de Chinon. méthode de fouille : aire ouverte, sondages ponctuels et étude de bâti ; méthode d'enregistrement par fiches d'US ou UA (environ 50) ; utilisation d'un système d'information géographique ;</p>
<p>type de terrain : stratification continue peu dense (épaisseur de stratification : 2 à 50 cm) et bâti ;</p>
<p>Données archéologiques générales : (par Bruno Dufaÿ) La fouille d'un terrain de 350 m² situé à l'angle nord-ouest du fort Saint-Georges, a permis de mieux comprendre ce secteur de la fortification, et surtout de proposer une restitution de ce qui a dû constituer, du 13e au 17e siècle, l'accès principal de la forteresse : la « porte des Champs ». Cette restitution a été facilitée par quelques représentations iconographiques des 18-19e siècles et des devis de réparation du 17e siècle. Ces documents toutefois renvoient à un état de la porte déjà largement ruiné. La première phase est constituée par quelques lambeaux de maçonneries appartenant sans doute à une tour à talus angevin construite à l'angle nord-ouest du fort. Il est tentant de rattacher cette tour à la phase de renforcement des défenses identifiée au fort Saint-Georges pour les années 1190-1204. Plus généralement, de telles tours à talus angevin ont été construites à cette période le long des courtines nord et est du château (notamment la tour du Moulin). Il s'agissait en somme de compléter le flanquement des parties de la forteresse les plus vulnérables, c'est-à-dire celles qui ne donnaient pas sur l'à-pic vers la ville et la rivière. Cela s'inscrit dans le phénomène de généralisation des enceintes flanquées, qui fut largement l'œuvre des Plantagenêts. Malgré cela, la forteresse fut prise en 1205 par les armées capétiennes. Il s'ensuivit des remaniements importants : à l'ouest, renforcement de la mise en défense par la construction de la tour du Coudray, à l'est modification de l'accès à la forteresse, qui fut rapproché du château principale (château du Milieu). En effet, il semble bien que, dans la deuxième moitié du 12e siècle, l'accès se faisait par l'intermédiaire du fort Saint-Georges, depuis son angle sud-est. Celui-ci fut condamné, et à sa place une porte à deux tours circulaires fut construite à l'angle nord-ouest du fort, à la place de la tour d'angle plantagenêt. Cette porte était en outre protégée par une tour équivalente construite à l'angle nord-est du château du Milieu (tour de l'Echaugnette). Il s'agissait alors d'une simple porte en plein-cintre. Sans doute dans le courant du 14e siècle, un avant-corps avec pont-levis fut ajouté. A une date inconnue mais antérieure à 1622, la tour occidentale de la porte s'effondra dans la douve séparant le fort Saint-Georges du château du Milieu. A ce moment, un nouveau pont dormant fut établi, désaxé vers la tour subsistante. C'est dans cet état que nous le présentent les documents figurés en notre possession. Dans la première moitié du 18e siècle enfin, le fossé fut comblé et tout dispositif défensif disparut en avant de la porte.</p>
<p>Dates d'essai : Dates opération terrain : juin-juillet 2006 ; Utilisation du <i>Stratifiant</i> juste après la phase terrain ;</p>
<p>« Pilote d'essai » : Marie-Christine Lacroix ; mclacroix@cg37.fr</p>
<p>Version du Stratifiant utilisée : 0.1</p>
<p>Intégration dans un système d'information : voir ci-dessus</p>
<p>Commentaires sur l'expérience et les résultats : Utilisation du <i>stratifiant</i> avec reprise manuelle (ajout de cadres de phases en couleurs) (fonction de mise en phases non encore disponible sur la version utilisée) ; le diagramme est joint au rapport d'opération.</p>
<p>Références : Dufaÿ dir. 2006 : Dufaÿ Bruno, Lacroix Marie-Christine, Scheffer Marie-Eve, <i>Forteresse de Chinon (37), la porte des champs sous la maison Fauvel</i>, rapport d'opération déposé au SRA Centre, Orléans, novembre 2006.</p>

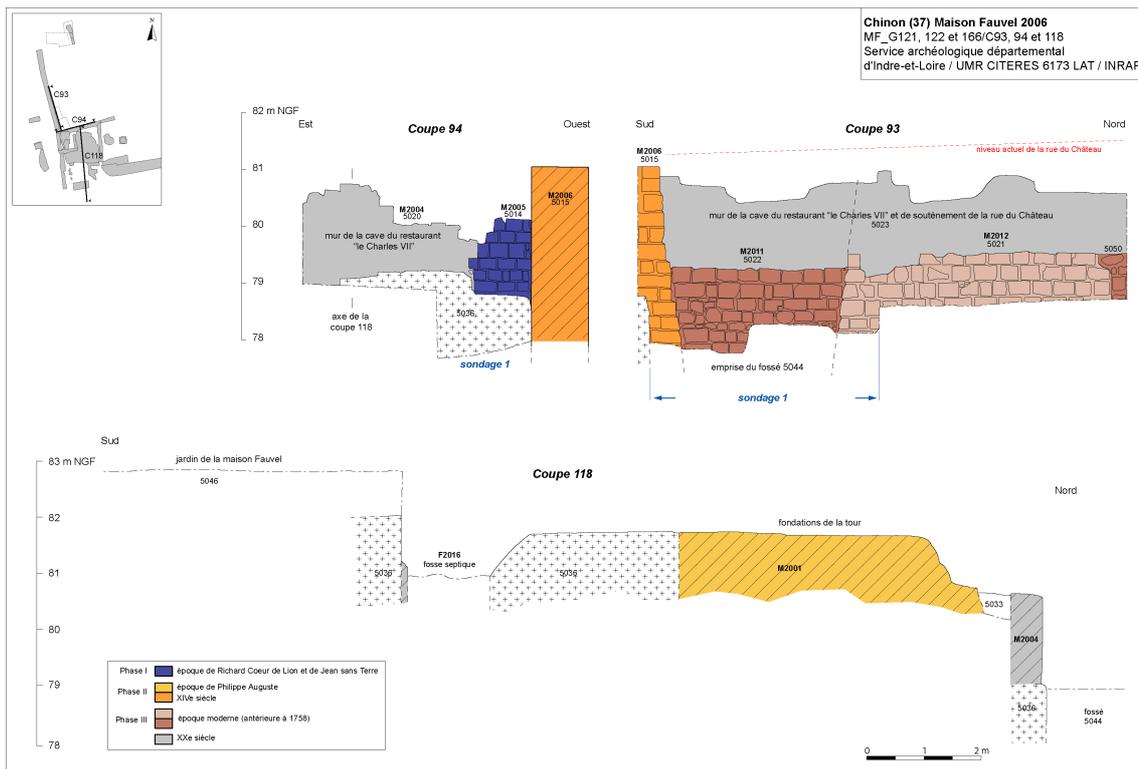


Fig. 12 - Coupes générales C93, C94 et C118, phasées

fig. 27: Château de Chinon, Maison Fauvel, coupes (extrait de Dufaÿ dir.2006)

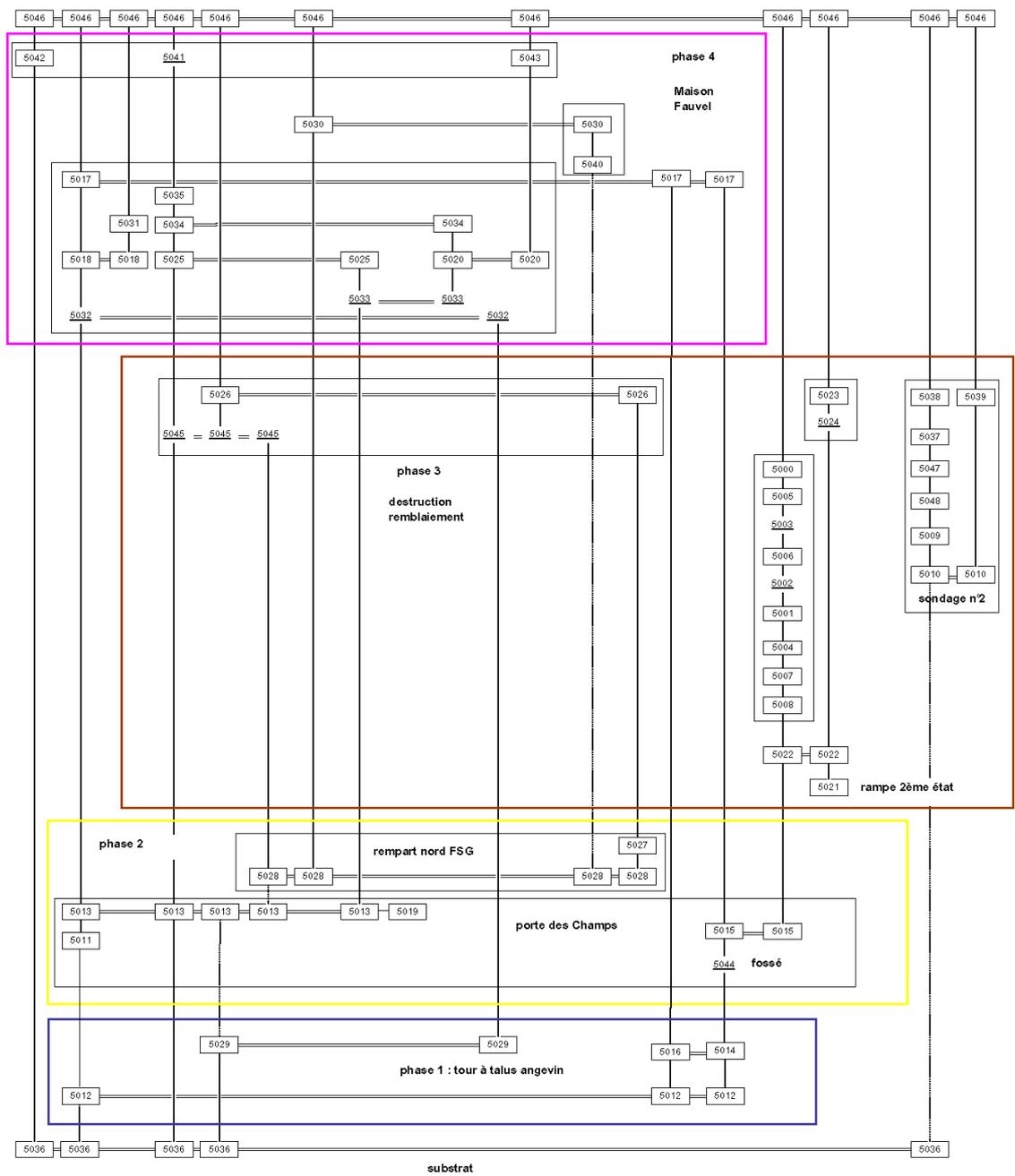


Fig. 10 - diagramme stratigraphique

fig. 28: château de Chinon, Maison Fauvel, diagramme stratigraphique (utilisation du Stratifiant et reprise manuelle) ; extrait de Dufaÿ dir. 2006

.4.3.4. Château de Chinon, douve du Coudray

Fiche, documents joints et diagrammes

<p>Opération : Chinon (Indre et Loire), château, douve du Coudray (n° de site SRA 37 072 012 AH) ; responsable d'opération : Bruno Dufaÿ</p>
<p>Type d'opération : opération archéologique sur le front nord de la douve du Coudray, menée conjointement à l'aménagement d'une nouvelle entrée des visiteurs méthode de fouille : surveillance de terrassement et étude de bâti méthode d'enregistrement par fiches d'US ou UA (environ 45) ; relevés des coupes, profils et maçonneries, plans triangulés, utilisation d'un système d'information géographique pour géo-référencement et nivellement des plans</p>
<p>type de terrain : épais remblais de fossé, bâti ;</p>
<p>Données archéologiques générales : (par M.C. Lacroix et B. Dufaÿ) L'opération archéologique a permis de mieux comprendre la chronologie du front nord de la douve du Coudray. Contrairement à l'extrémité sud, restée ouverte après le creusement de la douve, le front nord a toujours été soigneusement fortifié. Son tracé est peut-être d'origine antique : vestige du castrum cité par Grégoire de Tours ? A l'époque médiévale, une courtine primitive reliait château du Milieu et fort du Coudray. Contrairement à la chronologie traditionnellement admise, un fossé sépare déjà les deux ensembles, bien avant les grands travaux philippiens. L'escarpe du fort du Coudray est revêtue et une tour ronde flanque l'angle nord-est. Le creusement de la douve permet d'extraire de la millarge, en carrière ouverte et en galeries, sous la courtine nord. C'est probablement au cours du XIIIe siècle que le front nord est doté d'une nouvelle courtine est-ouest, juchée sur le rocher naturel. Elle est flanquée intérieurement d'un petit avant-corps et dotée d'un chemin de ronde à son sommet. La face externe est renforcée par un imposant massif taluté à contreforts, fermant les boyaux d'extraction. Toujours accessibles par la douve, la galerie principale et son diverticule sont éclairés de baies et constituent un poste d'observation à la base de la forteresse. Dans le dernier quart du XVe siècle, la construction de la tour d'Argenton modifie considérablement le secteur. La courtine primitive est presque entièrement détruite et un profond fossé défend l'extérieur de la forteresse. Peu après, un souterrain est aménagé, ouvrant dans la contrescarpe du fossé. Il permet de passer sous le terrain nord pour rejoindre, peut-être, la propriété du Roberdeau. Ce domaine est historiquement attesté dès 1431 et le roi Charles VII y fait bâtir un « ostel » vers 1432. En passant par le fossé externe, un escalier permettait de rejoindre une poterne débouchant dans le boyau principal, sous la courtine nord. A la sortie sud, un autre escalier desservait la douve du Coudray. Postérieurs à la tour d'Argenton, ces aménagements ne sont pas chronologiquement compatibles avec la légende de Charles VII rejoignant Agnès Sorel dans la propriété du Roberdeau. Cependant, les éléments mobiliers mis au jour (verre et céramique) ne sont pas non plus contradictoires. Ils indiquent une datation comprise entre la fin du XIVe et le début du XVIe siècle. Il pourrait donc être intéressant de revoir attentivement la chronologie usuellement admise pour la tour d'Argenton, fondée sur des interprétations historiques. D'après Jean Mesqui, une datation de la première moitié du XVe siècle serait plausible. Bien d'autres questions ont été soulevées lors de l'opération archéologique mais dépassaient son cadre. Plusieurs relations stratigraphiques majeures n'ont pu être établies avec certitude, les maçonneries étant totalement inaccessibles. Ainsi, sur la face interne de la douve, la fonction et l'articulation du massif d'angle nord-est avec l'escarpe est et la courtine nord restent énigmatiques. L'hypothèse d'une galerie de circulation entre la tour d'Argenton et le logis du prieuré sur le château du Milieu reste également à vérifier. Prochainement, des observations archéologiques devraient permettre d'affiner ces problématiques. Parmi d'autres zones, le quart nord-ouest du château du Milieu doit faire l'objet d'une fouille préventive, dans le cadre de travaux de réseaux.</p>
<p>Dates d'essai : Dates opération terrain : novembre 2006 – février 2007 ; Utilisation du <i>Stratifiant</i> juste après la phase terrain (mars 2008)</p>
<p>« Pilote d'essai » : Marie-Christine Lacroix ; mclacroix@cg37.fr</p>
<p>Version du Stratifiant utilisée : 0.2</p>

Intégration dans un système d'information : voir ci-dessus

Commentaires sur l'expérience et les résultats :

Utilisation du *stratifiant* avec synchronismes incertains ; utilisation de la fonction de mise en paliers chronologiques pour effectuer la mise en phases (fonction de mise en phases non encore disponible sur la version utilisée) ; mise en couleurs par phases ; le diagramme est joint au rapport d'opération.

Références : rapport en cours de finalisation (août 2008), sous la direction de Bruno Dufaÿ

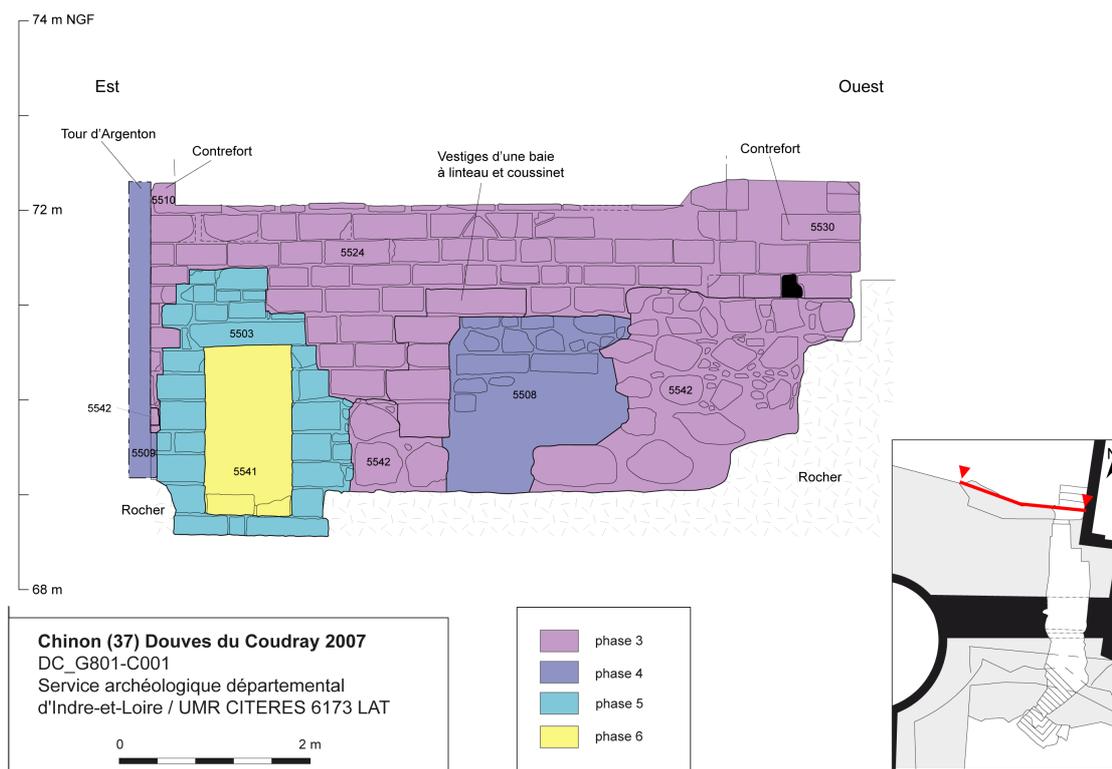


fig. 1: château de Chinon, douve du Coudray (extrait du rapport en cours – Dufaÿ dir.)

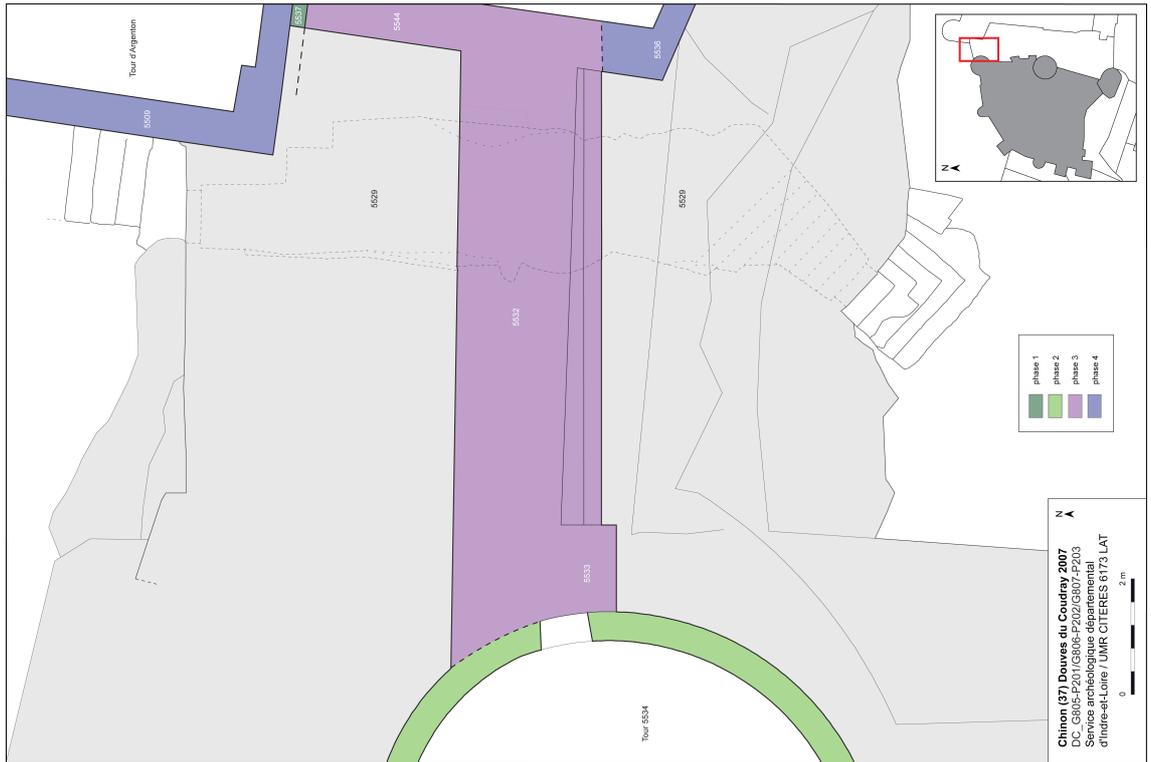


fig. 30: château de Chinon, douve du Coudray - plan (extrait du rapport en cours - Dufay dir.)

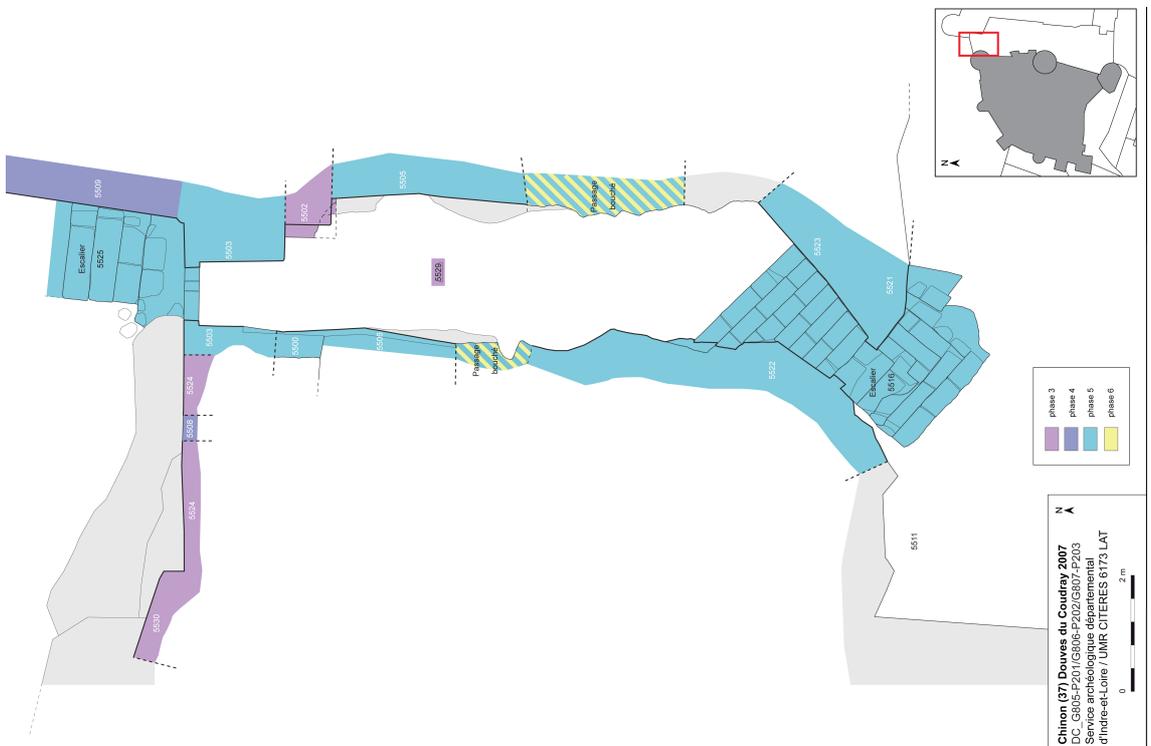


fig. 31: château de Chinon, douve du Coudray - détail (extrait du rapport en cours - Dufay dir.)



Photo 13 - vue externe de la courtine 5532, tour 5534 à droite et arrachement du contrefort 5530

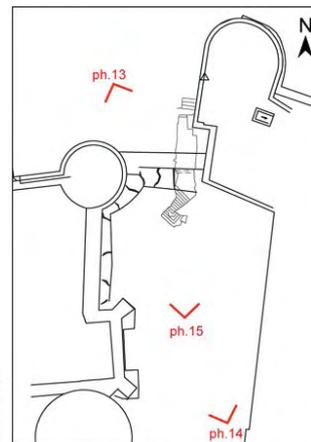


Photo 14 - vue d'ensemble de la douve avant travaux



Photo 15 - face interne du front nord

fig. 32: château de Chinon, douve du Coudray, vues générales (extrait du rapport en cours - Dufaÿ dir.)

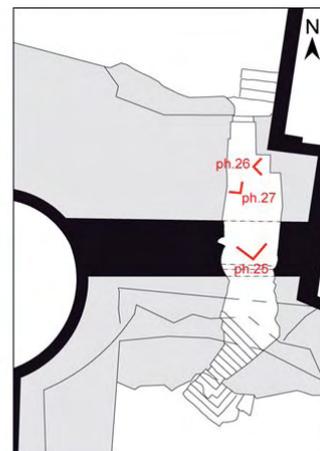
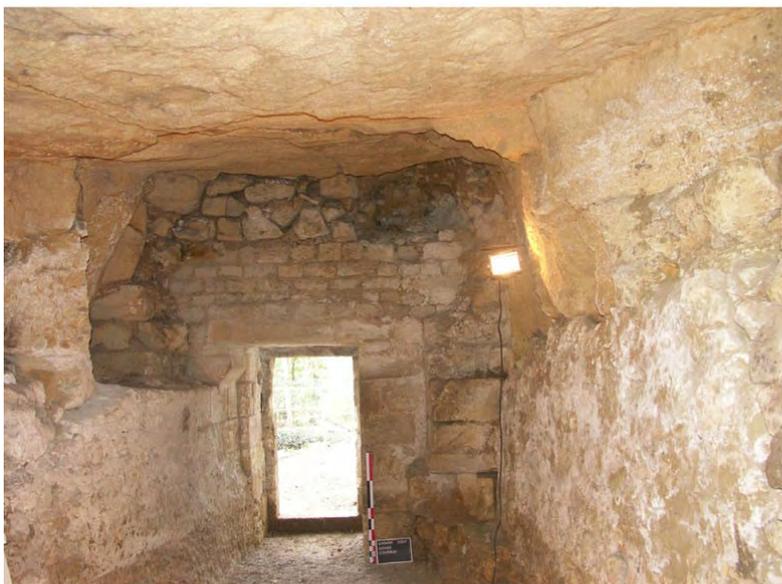


Photo 25 - intérieur du boyau 5529
au débouché de l'entrée nord



Photo 26 - détail de
la face ouest
du mur 5502



Photo 27 - arrachement du mur 5500,
mur 5506 et piédroit ouest de la porte 5503

fig. 33: château de Chinon, douve du Coudray (extrait du rapport en cours - Dufaÿ dir.)

4.4. Expérimentation au centre archéologique européen de Bibracte

.4.4.1 Le contexte : L'intégration du Stratifiant dans le système d'information archéologique de Bibracte

Le site et le centre archéologique

Le site de Bibracte, sur le Mont Beuvray, en Bourgogne, était le principal oppidum du peuple gaulois des Eduens. En l'état actuel des recherches, l'oppidum semble fondé à la fin du II^e siècle avant notre ère. Durant la guerre des Gaules, Bibracte apparaît comme un centre politique, qui voit la désignation de Vercingétorix comme chef de la rébellion contre les Romains en 52 av J.C., puis le séjour de César après sa victoire sur cette rébellion. Les fouilles donnent l'image complémentaire d'un centre économique d'échanges et de production, avec notamment un important artisanat du métal. Pendant le demi-siècle qui suit la conquête, le site continue de se développer et témoigne de l'acculturation des élites éduennes, qui adoptent les techniques de construction et les manières d'habiter romaines. Cependant, au début de notre ère, la fondation d'un nouveau chef lieu de la cité des Eduens, Augustodunum (Autun), liée à la réorganisation administrative et politique de l'ancienne Gaule chevelue sous le règne d'Auguste, entraîne la quasi-désertion de l'ancien centre. Au delà du premier quart du premier siècle, il ne demeure sur le Mont Beuvray qu'une occupation et une activité culturelle réduites. Le site cesse définitivement d'être une agglomération, mais c'est un lieu de foire cité au XIII^e siècle, et un couvent franciscain s'y installe au XV^e siècle.

Les recherches archéologiques sur le Mont Beuvray débutent sous le second Empire, menées par un négociant d'Autun, érudit et intéressé par l'Histoire, Jacques-Gabriel Bulliot. À partir de 1867, il est subventionné par Napoléon III ; ce dernier encourage en effet les fouilles sur les sites de la guerre des Gaules, par intérêt personnel (il publie en 1865 une *Histoire de Jules César*), et par souci politique de favoriser une identité nationale française remontant aux Gaulois (c'est-à-dire antérieure à la royauté et à ses origines mérovingiennes)(cf partie I, 1.2.3). Les recherches se poursuivent après la fin de l'Empire ; Bulliot est relayé par son neveu, l'archéologue Joseph Déchelette (dont la vocation est née à Bibracte), qui dirige les fouilles jusqu'en 1907.



fig. 2: le centre de recherche de Bibracte (Glux-en-Glennes)

Plus de trois quarts de siècle après, les recherches reprennent sur le site, à l'initiative de François Mitterrand. Un vaste programme de recherche débute en 1984, qui voit le lancement de nouvelles fouilles menées par plusieurs équipes européennes, l'acquisition du site, puis, en 1995, la construction et l'ouverture d'un musée (au pied du site) et d'un centre de recherche (à Glux-en-Glenne, à 4 km du site). Ce programme et ces équipements sont gérés par un organisme doté

depuis 2007 du statut d'établissement public de coopération culturelle (EPCC) : le centre archéologique européen Bibracte.

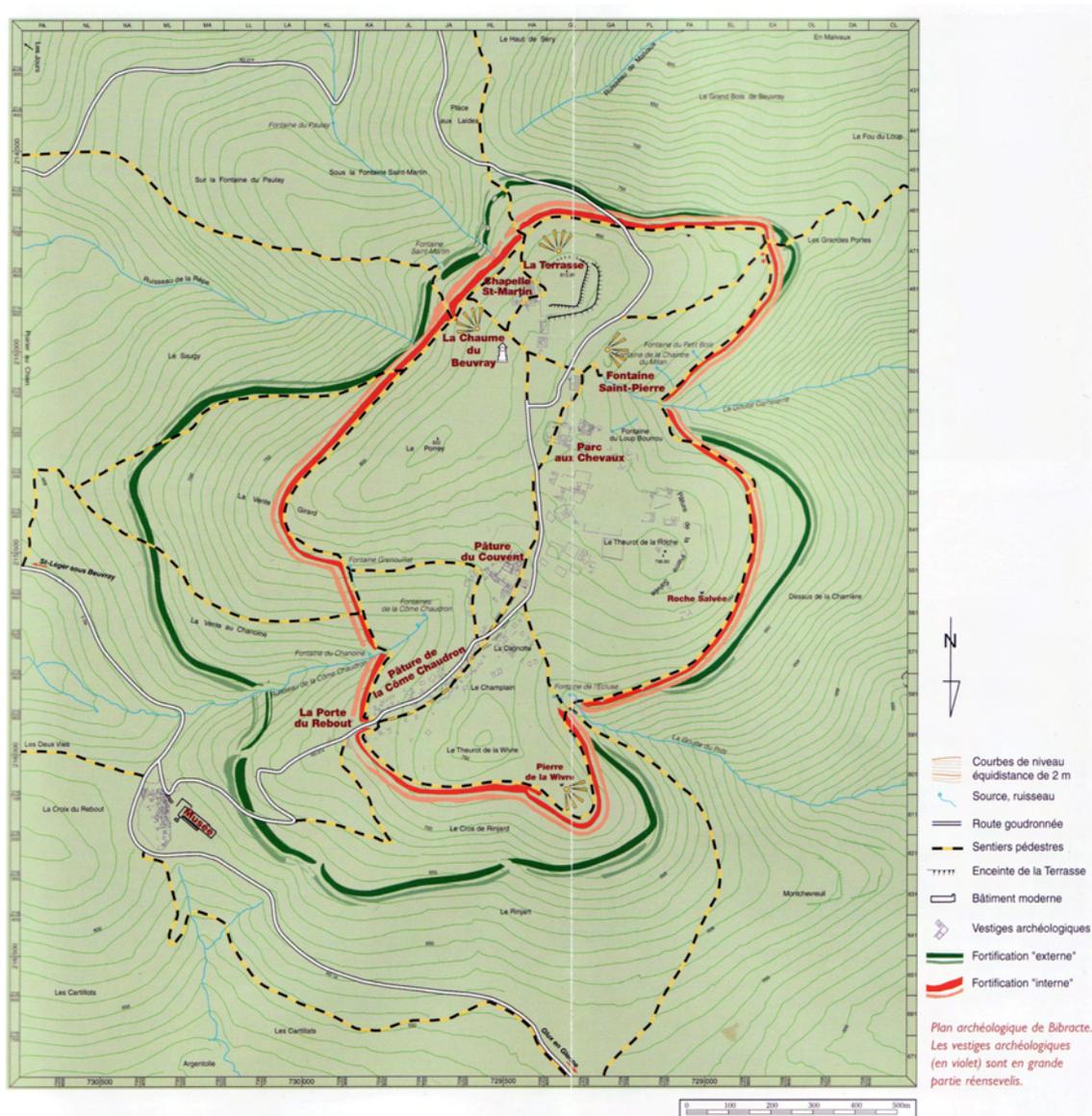


fig. 3: plan du site de Bibracte (Mont Beuvray) (extrait de Bibracte, guide de visite 2006)

Le traitement des données stratigraphiques à Bibracte : enjeux et projet

L'oppidum de Bibracte est un site urbain, avec une stratification anthropique continue et dense dans sa partie centrale. Le système d'enregistrement adopté a comme échelle principale d'analyse l'UF (unité de fouille, c'est à dire l'unité stratigraphique) ; des regroupements structurels d'unités peuvent être gérées au moyen « d'unités englobantes » (correspondant à la notion de « fait » fréquemment utilisée dans d'autres équipes). Ce système d'enregistrement est commun au programme de recherche sur le site et est donc utilisé par une dizaine d'équipes de fouille différentes. Il est en partie informatisé sous forme d'une base de données relationnelle développée sous *FileMaker* par Anne Chaillou et Raphaël Moreau. Cette base de données, appelée *bdB* (= base de données Beuvray), a été mise en place en 1997, et fait depuis l'objet d'une évolution constante en fonction des besoins et de l'avancement du programme de recherches. Elle comprenait en 2006

15110 fiches d'unités de fouille, enregistrées avec leurs relations.

Il s'agit donc d'un énorme gisement d'information stratigraphique, dont l'exploitation constitue un enjeu majeur. Des diagrammes stratigraphiques ont été réalisés, mais, conformes en cela à une situation générale, de façon limitée et ponctuelle ; de sorte que le potentiel d'information liée à la chronologie relative issu des fouilles reste actuellement sous-exploité. Un outil de traitement systématique et rapide des données stratigraphiques permettrait aux chercheurs de mieux valoriser leur enregistrement stratigraphique (au niveau de chaque équipe), et faciliterait le travail de corrélation et de mise en phases générale (au niveau de l'ensemble du site et du programme).

Dans cette perspective, des essais d'utilisation du Stratifiant, en liaison avec la base *bdB* ont débuté en 2007. Pour 2008, à titre expérimental, un classeur Excel contenant le Stratifiant (dans sa pré-version 0.2.9) a été joint à chaque base *bdB* mise à disposition des équipes de fouille, avec un mode d'emploi rapide et des procédures permettant de générer le diagramme stratigraphique, créer des paliers de datation, et effectuer des mises en couleur. Une présentation de l'application a été effectuée en juin 2008 aux chercheurs présents (Thomas Pertlwieser, Béatrice Cauuet, Gilles Hamm), et a permis de recueillir leur premières remarques et critiques.

À l'heure où le présent travail doit être rendu, les retours d'expérience de cette première « phase bêta » (essais par les utilisateurs) ne sont pas encore traités ; toutefois deux chercheurs ont déjà, à leur initiative, manifesté le souhait de poursuivre cette expérimentation : Gilles Hamm (UMR 5594) qui a entrepris le dépouillement des données stratigraphiques du secteur de la Côme Chaudron, et Rosa Roncador (université de Bologne), assistante du prof. Daniele Vitali, qui travaille sur le dépouillement des données de la fouille du secteur du Parc aux Chevaux.

Parallèlement, avec l'aide de l'équipe de Bibracte, nous avons procédé directement à des essais (présentés ci après) sur les données de la base *bdB*. Il est important de préciser que nous avons traité les données enregistrées dans les bases *bdB* du seul point de vue de la construction du diagramme, et sur la seule base de la saisie brute des identifiants d'UF et des relations ; c'est à dire sans prendre en compte le contexte et la signification proprement archéologique de l'enregistrement (contexte et signification pour lesquels l'auteur de ces lignes qui a opéré ces traitements est d'ailleurs largement incompetent). Cette approche, sur le plan de la connaissance archéologique, n'a donc aucun intérêt ; et les documents obtenus ne sont que des exercices d'essai, qui ne préjugent en rien des résultats scientifiques et chronologiques que les chercheurs ont établi ou vont établir sur la base de données stratigraphiques reprises et vérifiées (et non pas brutes de saisie comme dans nos expérimentations), en y intégrant l'ensemble des observations, études et interprétations qui font partie de leur démarche scientifique. Par contre, sur le plan technique de la mise au point de l'outil, ces essais ont constitué un banc d'essai très intéressant par la quantité et la variété des données, auquel doit beaucoup l'actuelle version 0.3 du *Stratifiant*.

L'intégration du Stratifiant dans le système bdB

Des procédures de liaison permettant d'utiliser le *Stratifiant* comme module de traitement des données enregistrées dans *bdB* ont été développées (par Raphaël Moreau et Bruno Desachy). La base *bdB* disposant d'une vraie gestion relationnelle des unités stratigraphiques, elle est d'entrée de jeu apte à assurer des fonctions de système d'information stratigraphique. La solution rustique mais robuste d'un import export de fichier (adoptée par ailleurs avec *Stratibase* et d'autres bases de données) ayant par ailleurs été retenue, les aspects techniques n'ont pas posé de problème.

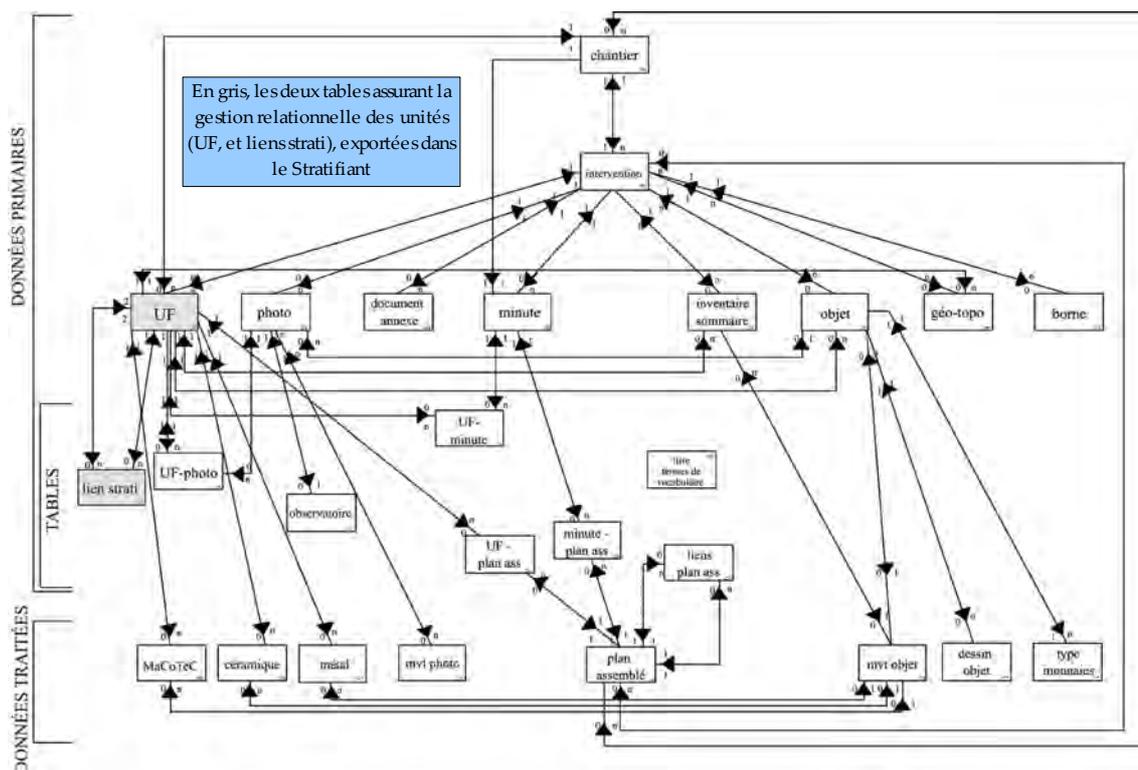


fig. 4: modèle de données de la base bdB (Chaillou, Moreau, Guichard 2008)

Là encore, l'aspect essentiel de l'adaptation du *Stratifiant* à *bdB* a été méthodologique. Le *Stratifiant* gère 4 modalités logiques de relations de chronologie relative : l'ordre certain (« sous »)³⁸, l'ordre incertain (« peut-être sous »); le synchronisme certain (« synchrone ») et le synchronisme incertain (« peut-être »). Il est nécessaire de définir sans ambiguïtés la correspondance entre cette modalité logique, et la description enregistrée de la nature physique de la relation (recoupement, superposition, intrication, etc.). Cette correspondance est facilitée par l'existence d'un vocabulaire défini pour décrire physiquement les relations observées sur le terrain. Un tel vocabulaire existe dans *BdB*, et nourrit la liste déroulante permettant de caractériser chaque relation enregistrée.

Le tableau de correspondance établi, après discussion avec les membres de l'équipe de Bibracte (Anne Chaillou, Raphaël Moreau, Pascal Paris) est le suivant :

Nature relation bdB	Modalité relation Le Stratifiant	commentaire
A sert d'appui à B	A sous B	Relation d'ordre certain
A est rempli par B	A sous B	Relation d'ordre certain
A est recoupé par B	A sous B	Relation d'ordre certain
A remplit B	B sous A	Relation d'ordre certain
A s'appuie contre B	B sous A	Relation d'ordre certain
A recoupe B	B sous A	Relation d'ordre certain
A identique à B	A synchrone avec B	Relation de synchronisme certain
A en équivalence avec B	A peut-être synchrone avec B	Relation de synchronisme incertain
A relation incertaine avec B		Non prise en compte par Le Stratifiant

Les six types de contact physiques « traduisibles » en relation d'ordre certain ne posent pas de

³⁸ Rappelons que le terme « sous » tel qu'utilisé dans le *Stratifiant* est synonyme de « avant » : il a une signification « topologique » (de relation d'ordre : antérieur à) et non topographique ou physique (il ne se limite pas aux relations physiques de simple superposition).

problème particulier ; toutefois le cas de relation incertaine (sans précision) prévu dans *bdB* n'est pas traité (pour le moment) par le *Stratifiant* : celui-ci a besoin qu'un sens de relation soit précisé avec la modalité d'incertitude.

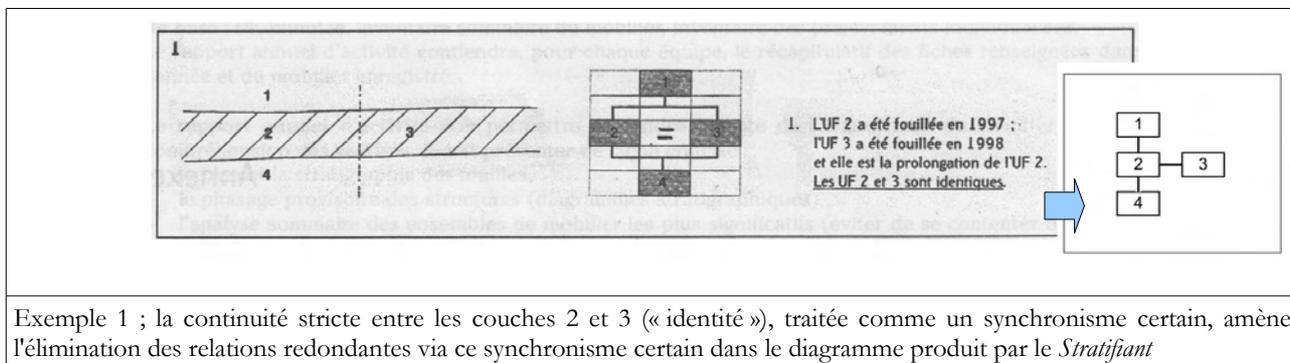
Quant aux synchronismes, l'enregistrement beuvraysien suit la distinction habituelle entre un synchronisme « fort », ou « identité » (continuité réellement observée entre deux unités numérotées distinctement pour diverses raisons y compris techniques, mais qui en forment une seule étape stratigraphique) et un synchronisme plus « faible », ou « équivalence » (mise en corrélation de deux unités dont on suppose qu'elle formait une même unité à l'origine, mais entre lesquelles il n'y a plus de continuité observables : par exemple vestiges de sols recoupés, de part et d'autre d'un mur plus récent). L'identité est traitée comme synchronisme certain, et l'équivalence comme synchronisme incertain.

Les unités englobantes ne sont actuellement pas traitées ; ce traitement est lié à des fonctions de gestion de regroupement d'US qui ne sont pas encore développées sur le *Stratifiant*.

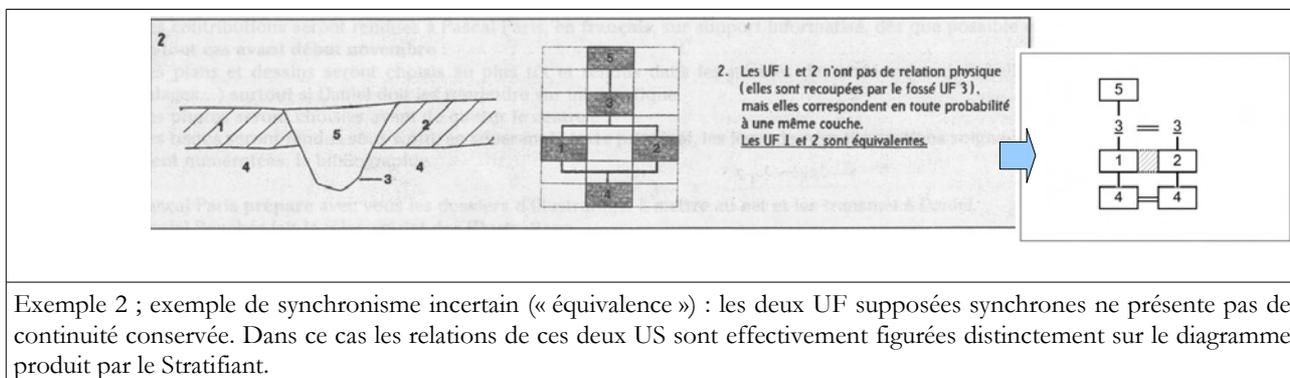
La conversion des relations physiques enregistrées en relations logiques suivant les modalités du *Stratifiant* est effectuée automatiquement lors de la procédure d'exportation des données.

.4.4.2 Traitement des exemples du manuel d'enregistrement de Bibracte

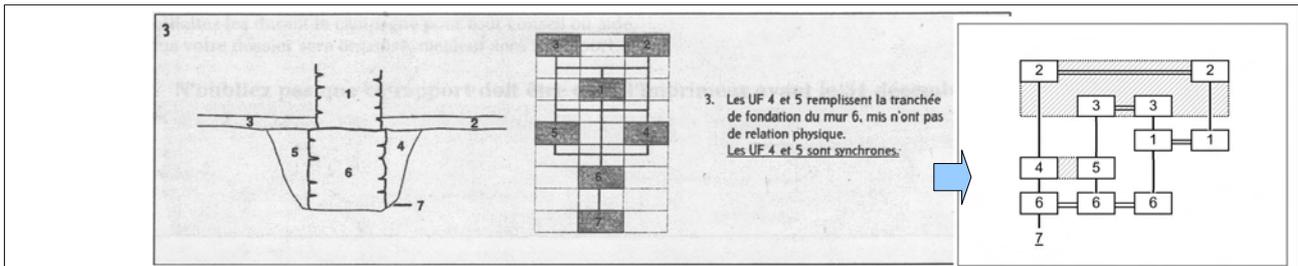
Le manuel d'utilisation du système d'enregistrement des données de fouille de Bibracte (Bibracte 2004, p.25-28) propose une série d'exemples de diagramme, illustrant différents cas de figure d'UF et de relations. Ces mêmes exemples sont ci-dessous traités avec le *Stratifiant*.



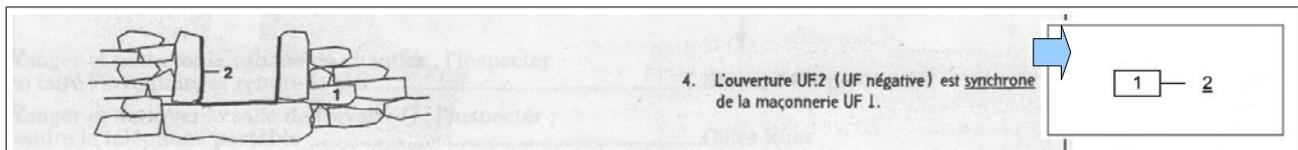
Exemple 1 ; la continuité stricte entre les couches 2 et 3 (« identité »), traitée comme un synchronisme certain, amène l'élimination des relations redondantes via ce synchronisme certain dans le diagramme produit par le *Stratifiant*



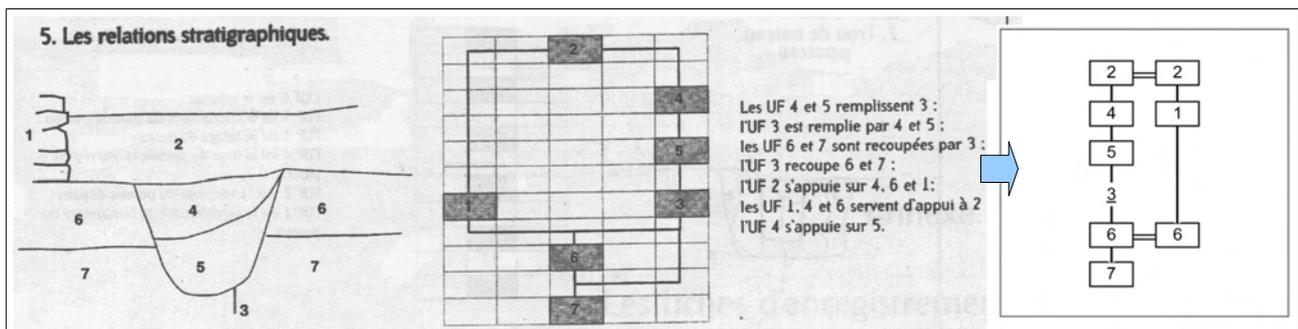
Exemple 2 ; exemple de synchronisme incertain (« équivalence ») : les deux UF supposées synchrones ne présente pas de continuité conservée. Dans ce cas les relations de ces deux US sont effectivement figurées distinctement sur le diagramme produit par le *Stratifiant*.



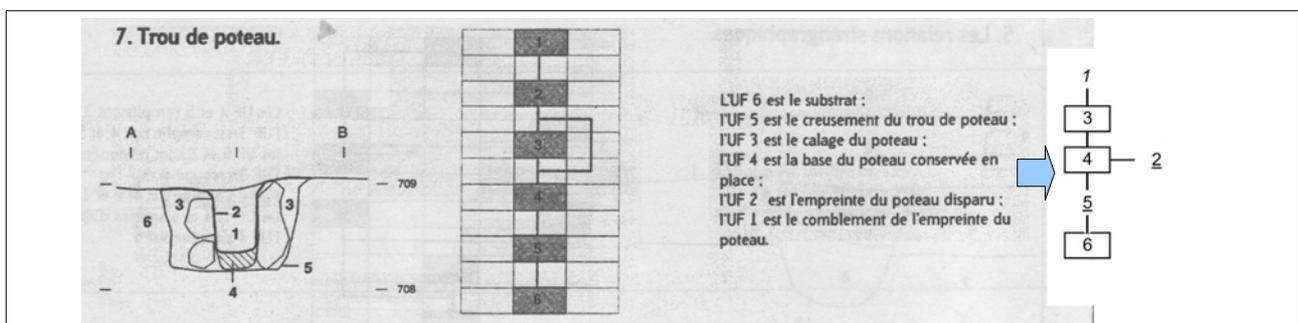
Exemple 3 : « synchronisme » (UF supposées déposées en même temps), de même traité comme synchronisme incertain dans le *Stratifiant* ;



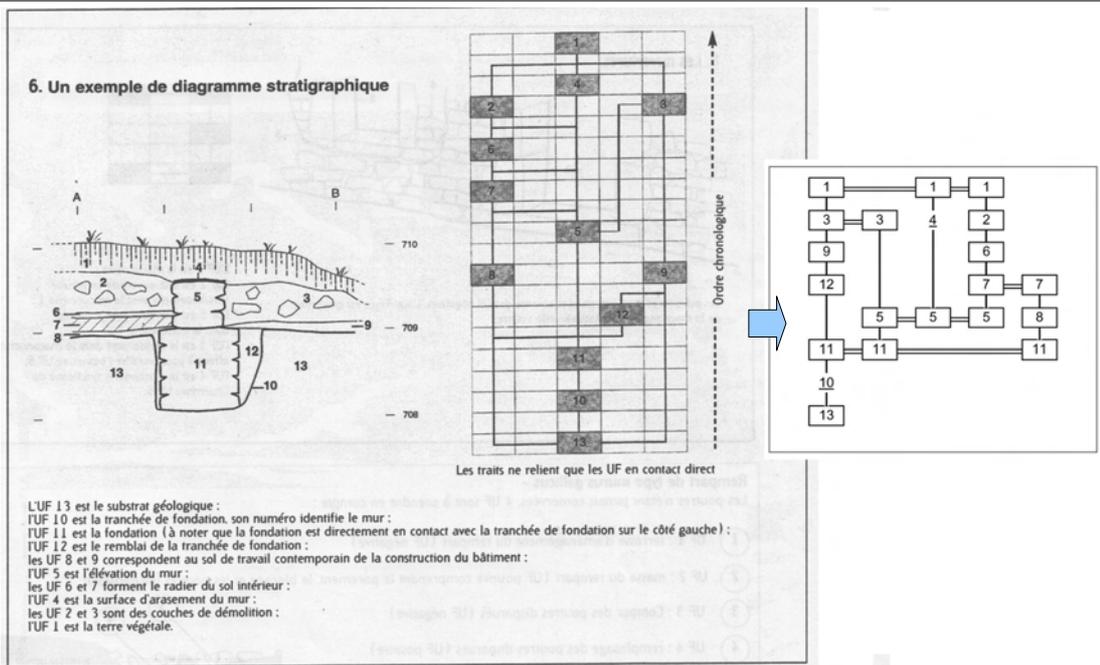
exemple 4 : baie dans un mur ; ce cas particulier d'UF est assimilé à un « négatif », mais ce n'est pas une trace d'érosion (en fait, il s'agit d'une interface simple, distinguée en fonction de l'analyse architecturale) ; la relation est à traiter comme un synchronisme certain avec le mur (dont l'UF 2 n'est qu'une limite).



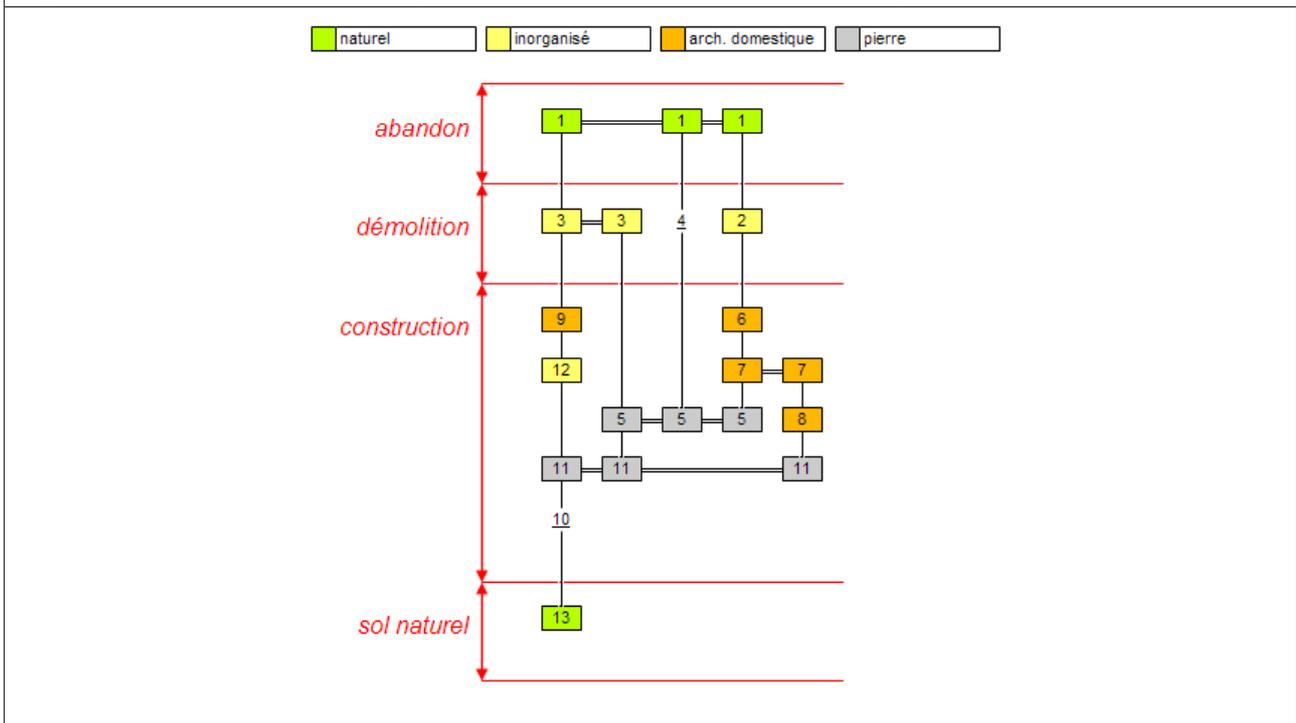
Exemple 5 : succession simple (mais pas linéaire) ; toutes les relations redondantes sont éliminées par le *Stratifiant* ;

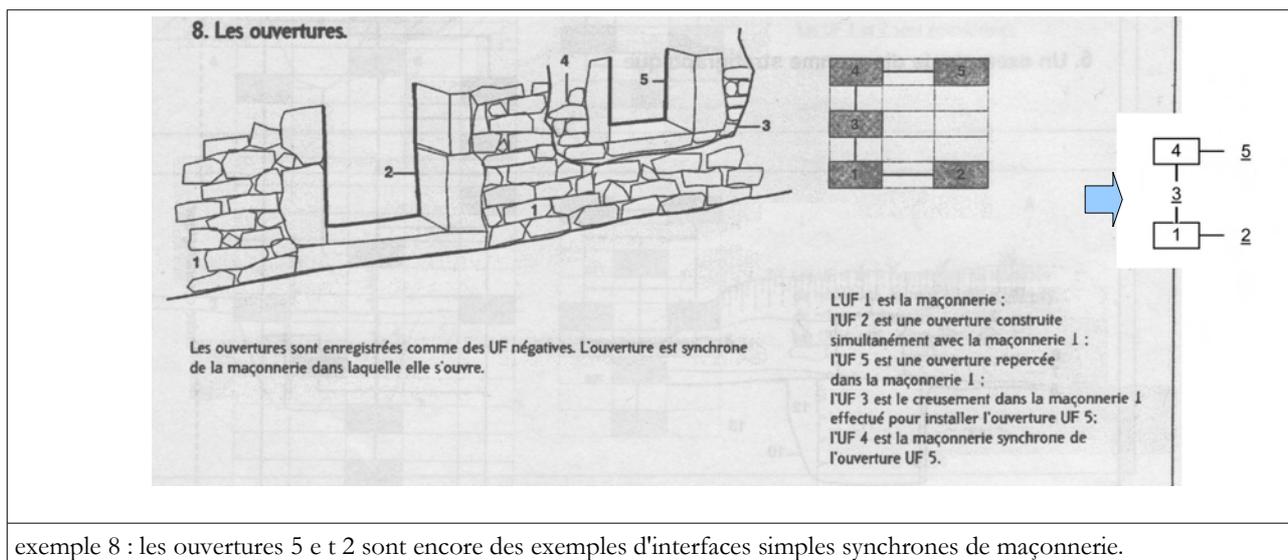


exemple 7 : trou de poteau ; une double particularité est à noter : d'abord, l'empreinte du poteau (UF 2) n'est pas exactement un négatif marquant un creusement ou une érosion ; c'est, comme la baie de l'exemple 4, une interface simple, donc à traiter comme synchrones du reste conservé du poteau (UF 4). D'autre part, l'unité 1 a ici été considérée comme exemple d'unité d'altération (numéro en italiques sans cadre dans le diagramme fourni par le *Stratifiant*)



exemple 6 : stratification plus développée ; ci dessus le diagramme « nu » obtenu avec le *Stratifiant* ; ci dessous le même diagramme avec traitement de mise en phase et mise en couleur en fonction de l'interprétation des UF ;





.4.4.3. Essai sur les données du secteur « Les Barlots »

Fiche, documents joints et diagrammes

<p>Opération : Équipe / programme sous la coordination scientifique du professeur Otto H Urban (institut de préhistoire et de protohistoire de l'université de Vienne) ; chantier de fouille dirigé par Thomas Pertlwieser ; opération située à proximité de la porte du Rebut (porte nord-est de l'oppidum) ; phasage provisoire (Urban, Pertlwieser, 2007) : phase A : période de fonctionnement de la fortification externe de l'oppidum ; une voie d'accès monte depuis le nord vers ce rempart et le traverse au niveau de la porte A4. Intramuros, cette voie suit une plate forme artificielle, le long de laquelle sont installées quelques constructions de type atelier. Phase B : édification de la fortification interne avec la porte du Rebut phase C : transformations de la porte du Rebut phase D : installation des tombes en face de la fortification externe abandonnée phase E : installation d'une petite fortification (par des troupes romaines ?) dans le secteur entre les deux lignes de remparts. Construction d'une palissade au sommet de la terrasse avec détournement de la voie d'accès. (guerre des Gaules ?) Phase F : abandon de la petite fortification et réorganisation du secteur avec des aménagements artisanaux céramique campagne 2007 : La Tène D2 ; fosse 503 clairement augustéenne.</p>
<p>Type d'opération : programme d'étude des fortifications (action 1.2 du triennal 2006-2008) ; 11 sondages opérés entre 2003 et 2007</p>
<p>type de terrain : peu densément stratifié</p>
<p>Dates d'essai : Dates opération terrain : 2003-2005 ; Utilisation du <i>Stratifiant</i> en essai sur les données enregistrées : septembre 2008</p>
<p>« Pilote d'essai » utilisation du stratifiant : bruno desachy</p>
<p>Version du Stratifiant utilisée : 0.2 puis 0.3</p>
<p>Intégration dans un système d'information : bdB</p>

Commentaires sur l'expérience et les résultats :

premier essai sur les données conservées dans la base bdB ; avec mise en phases et mise en couleur (en fonction des phases et des interprétations saisies pour les UF à partir du thesaurus de bdB).

Statistiques (résultats cumulés : les chiffres de 2004 correspondent à l'enregistrement de 2003 + 2004, ceux de 2005 à l'enregistrement cumulé des 3 premières années, et ainsi de suite) :

année	nbre UF	nbre UF interprétées	nbre relations	nbre UF en relation	nombre d'Uf sans relations	nbre relations valides	nbre relations infirmables	nbre relations fautives	nbre doublons UF
2003	43	42	84	43	0	50	0	34	0
2004	86	84	167	85	1	101	6	60	0
2005	186	162	389	165	21	314	6	69	0
2006	230	163	542	209	21	461	8	73	0
2007	313	244	708	292	21	625	8	75	0

année	taux de relations valides	taux de relations non fautives (y compris infirmables)	taux d'UF en relation	taux d'UF interprétés
2003	60%	60%	100%	98%
2004	60%	64%	99%	98%
2005	81%	82%	89%	87%
2006	85%	87%	91%	71%
2007	88%	89%	93%	78%

L'essai a révélé un circuit (contradiction logique) sur 34 UF dans l'enregistrement de la première année de fouilles (2003) ; il s'agit très vraisemblablement d'une erreur bénigne (faute de frappe à la saisie d'une relation...) que les chercheurs pourront corriger ; mais ce problème « plombe » les statistiques de la première année, avec seulement 60 % seulement de relations valides en 2003.

La cohérence logique de l'enregistrement est cependant globalement très bonne (environ 10% de relations non valides au total) ; et surtout elle est en progression, avec des taux d'erreur qui baissent avec l'accroissement du nombre d'UF enregistrées.

Sans qu'il soit du tout question ici de porter un jugement scientifique de qualité (ce qui n'est absolument pas le but ni le rôle de ce type d'essai, et ne relève en aucun cas de notre compétence), remarquons néanmoins, d'un strict point de vue technique, que cette progression du taux de validité logique est la marque d'un enregistrement rigoureux ; en effet, lorsque la conduite de fouille et d'enregistrement a tendance à être peu soigneuse, c'est l'inverse qui se produit : le taux d'erreur monte avec l'augmentation du nombre d'unités et relations enregistrées.

Ces premiers résultats d'essai sont provisoires et restent à discuter avec les fouilleurs

Références :

Urban, Pertlwieser, 2007 : Urban (Otto), Pertlwieser (Thomas), -fortification située en contrebas de la porte du Rebout au lieu-dit "Les Barlots"-, rapport d'activité 2007, dans Guichard, dir. 2007, p. 68-83

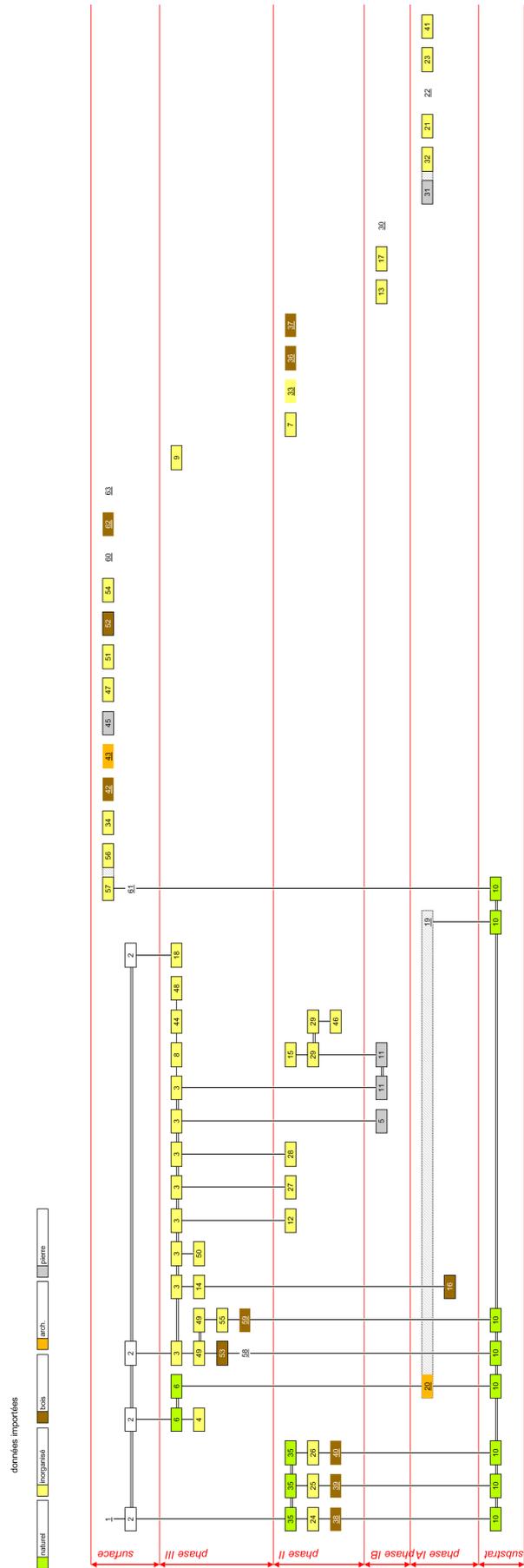


fig. 38: Les Barlots - diagramme (enregistrement 2003)

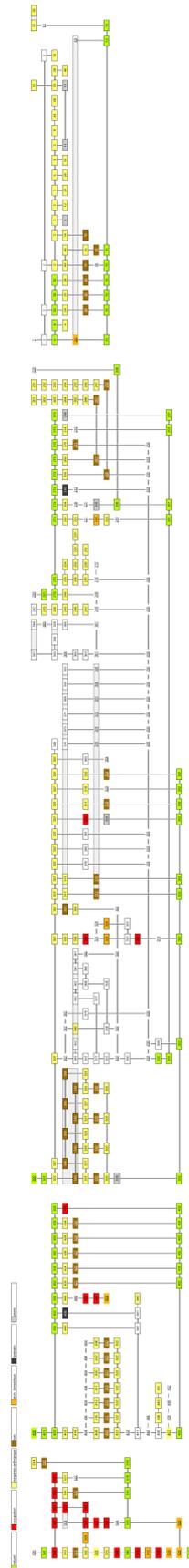


fig. 39: Les Barlots
- diagramme
général

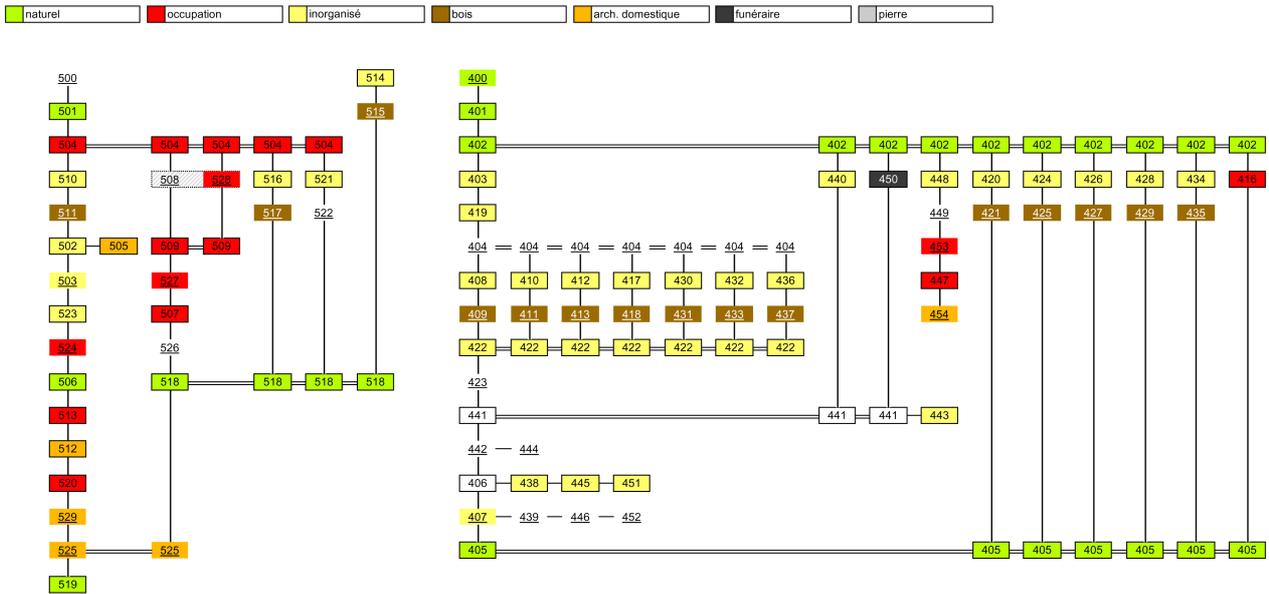


fig. 40: Les Barlots - diagramme (détail)

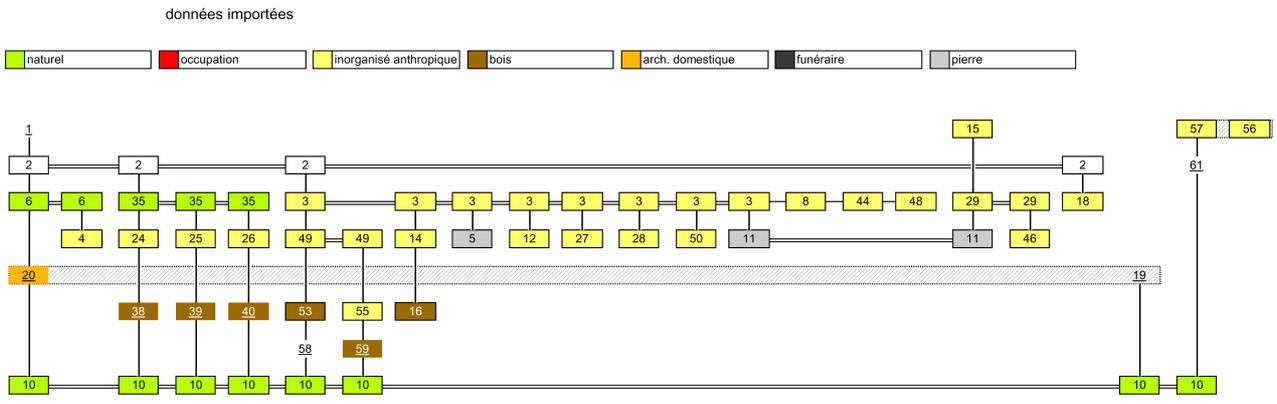


fig. 41: Les Barlots - diagramme (détail)

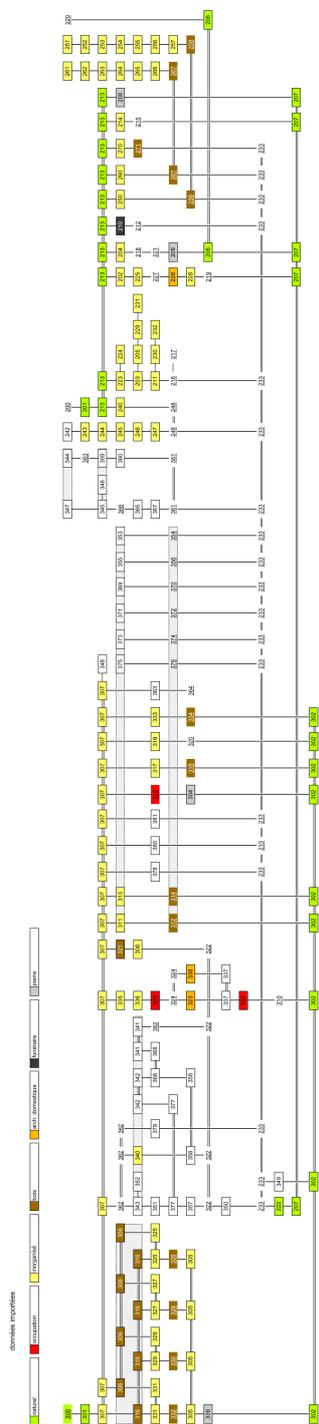


fig. 42: Les Barlots - diagramme (détail)

Table des figures

<i>fig. 1: noyon 1993- 1994 plan.....</i>	<i>97</i>
<i>fig. 2: Noyon 1993 - cloître de la cathédrale.....</i>	<i>98</i>
<i>fig. 3: Noyon 1993 vue générale de la fouille (vue de l'Est).....</i>	<i>98</i>
<i>fig. 4: Noyon 1993 - coupe Sud en bord de fouille.....</i>	<i>99</i>
<i>fig. 5: Noyon 1993 - extrait coupe cumulative 4 (Est vers la gauche).....</i>	<i>99</i>
<i>fig. 6: Noyon 1993 - 1994 extrait coupe cumulative 3 (Nord vers la gauche).....</i>	<i>99</i>
<i>fig. 7: Noyon cloître de la cathédrale - diagramme nu - détail.....</i>	<i>100</i>
<i>fig. 8: Noyon cloître de la cathédrale - diagramme nu.....</i>	<i>101</i>
<i>fig. 9: Noyon cloître de la cathédrale - diagramme avec mise en phases et en paliers chronologiques, calé au plus ancien (détail).....</i>	<i>102</i>
<i>fig. 10: Noyon - diagramme calé au plus ancien.....</i>	<i>103</i>
<i>fig. 11: Noyon, cloître de la cathédrale - diagramme calé au plus récent (détail).....</i>	<i>104</i>
<i>fig. 12: Noyon cloître de la cathédrale - diagramme calé au plus récent.....</i>	<i>105</i>
<i>fig. 13: Noyon cloître de la cathédrale - graphique des intervalles TPQ - TAQ (détail).....</i>	<i>106</i>
<i>fig. 14: Qalaat Seman - vue aérienne.....</i>	<i>107</i>
<i>fig. 15: secteur BW 14 (espace entre contreforts de la basilique ouest).....</i>	<i>107</i>
<i>fig. 16: Qalaat Semaan 2007 - ouverture sondage secteur BW 14.....</i>	<i>108</i>
<i>fig. 17: Qalaat Seman 2007 - secteur BW 14 - observations sur un contrefort.....</i>	<i>108</i>
<i>fig. 18: Qalaat Seman 2007 - secteur BW14.....</i>	<i>108</i>
<i>fig. 19: Qalaat Seman 2007 - secteur BW 14 - diagramme.....</i>	<i>109</i>
<i>fig. 20: vues générales : château du Grand Pressigny (document SADIL - extrait de Lacroix 2006).....</i>	<i>113</i>
<i>fig. 21: Le Grand Pressigny : plan (extrait de Lacroix 2006).....</i>	<i>114</i>
<i>fig. 22: Le Grand Pressigny : archéologie du bâti (élévation mur Sud - extrait de Lacroix 2006).....</i>	<i>114</i>
<i>fig. 23: Le Grand Pressigny : archéologie du bâti (élévation mur Nord - extrait de Lacroix 2006).....</i>	<i>115</i>
<i>fig. 24: Le Grand Pressigny : archéologie du bâti (élévation mur Ouest - extrait de Lacroix 2006).....</i>	<i>115</i>
<i>fig. 25: Le Grand Pressigny : diagramme (détail) ; réalisation : Marie-Christine Lacroix (utilisation du Stratifiant avec reprise manuelle) ; extrait de Lacroix 2006.....</i>	<i>116</i>
<i>fig. 26: Le Grand Pressigny : diagramme (Lacroix 2006).....</i>	<i>117</i>
<i>fig. 27: Château de Chinon, Maison Fauvel, coupes (extrait de Dufaÿ dir.2006).....</i>	<i>119</i>
<i>fig. 28: château de Chinon, Maison Fauvel, diagramme stratigraphique (utilisation du Stratifiant et reprise manuelle) ; extrait de Dufaÿ dir. 2006.....</i>	<i>120</i>
<i>fig. 29: château de Chinon, douve du Coudray (extrait du rapport en cours – Dufaÿ dir.).....</i>	<i>122</i>
<i>fig. 30: château de Chinon, douve du Coudray - plan (extrait du rapport en cours - Dufaÿ dir.).....</i>	<i>123</i>
<i>fig. 31: château de Chinon, douve du Coudray - détail (extrait du rapport en cours - Dufaÿ dir.).....</i>	<i>123</i>
<i>fig. 32: château de Chinon, douve du Coudray, vues générales (extrait du rapport en cours - Dufaÿ dir.) .</i>	<i>124</i>
<i>fig. 33: château de Chinon, douve du Coudray (extrait du rapport en cours - Dufaÿ dir.).....</i>	<i>125</i>
<i>fig. 34: château de Chinon, douve du Coudray : diagramme (extrait du rapport en cours - Dufaÿ dir.).....</i>	<i>126</i>

<i>fig. 35: le centre de recherche de Bibracte (Glux-en-Glennes).....</i>	<i>127</i>
<i>fig. 36: plan du site de Bibracte (Mont Beuvray).....</i>	<i>128</i>
<i>fig. 37: modèle de données de la base bdB (Chaillou, Moreau, Guichard 2008).....</i>	<i>130</i>
<i>fig. 38: Les Barlots - diagramme (enregistrement 2003).....</i>	<i>136</i>
<i>fig. 39: Les Barlots - diagramme général.....</i>	<i>137</i>
<i>fig. 40: Les Barlots - diagramme (détail).....</i>	<i>138</i>
<i>fig. 41: Les Barlots - diagramme (détail).....</i>	<i>138</i>
<i>fig. 42: Les Barlots - diagramme (détail).....</i>	<i>139</i>

Table des matières de la partie 2

1. Avertissement / présentation générale.....	2
<i>Stratibase et le Stratifiant : une contribution au sein d'une nécessaire diversité des systèmes d'information archéologiques.....</i>	3
<i>Travailler avec « l'informatique de ce matin » et non « l'informatique de demain » : des choix d'implémentation pragmatiques.....</i>	4
<i>Le choix de l'ouverture.....</i>	5
<i>Du prototype à l'outil opérationnel : une expérimentation en cours.....</i>	6
2. Module de traitement des données stratigraphiques « le Stratifiant » : mode d'emploi	7
2.1. Obtention d'un diagramme stratigraphique simple.....	8
2.1.1. Installation et démarrage.....	8
2.1.2. Saisie des données.....	8
<i>Saisie des unités stratigraphiques.....</i>	10
<i>Saisie des relations</i>	12
2.1.3. Création automatique du diagramme.....	13
<i>Lancement et exécution du traitement.....</i>	14
<i>Remarques sur la forme du diagramme obtenu.....</i>	15
<i>Indications de traitement.....</i>	17
2.1.4. Sauvegarde, impression et exportation du diagramme.....	20
<i>Sauvegarde de versions successives d'un diagramme</i>	20
<i>Impression du diagramme</i>	20
<i>Exportation du diagramme</i>	21
2.1.5. Modification manuelle du diagramme	21
<i>Outils et règles de modification manuelle du diagramme</i>	21
<i>Amélioration de la planarité</i>	22
<i>Enrichissement graphique du diagramme.....</i>	23
2.2. Prise en compte des relations incertaines.....	23
2.2.1. Traitement des synchronismes incertains	23
<i>Saisie et représentation du synchronisme incertain.....</i>	23
<i>Cas particulier : ensemble synchrone incertain sur plusieurs lignes.....</i>	25
2.2.2. Traitement des relations d'antéro-postériorité incertaines.....	25
2.3. Mise en phases.....	27
2.3.1. Saisie des phases et mises en phase d'US.....	27
<i>Saisie des phases.....</i>	27
<i>Saisie des mises en phase des US.....</i>	28
2.3.2. Diagrammes mis en phases.....	28
<i>Diagramme mis en phases au plus ancien.....</i>	28

<i>Mises en phases déduites par le Stratifiant</i>	30
<i>Choix de mise en phases du diagramme au plus ancien ou au plus récent</i>	30
<i>traitement des unités disjointes et ensembles isolés</i>	31
2.4. Inscription dans la chronologie quantifiée.....	31
2.4.1 Saisie des indications de datation.....	31
2.4.2. Mise en paliers de datation du diagramme.....	33
<i>Diagramme calé sur les TPQ (au plus ancien)</i>	33
<i>Diagramme calé sur les TAQ (au plus récent)</i>	35
2.4.3. Graphique des intervalles TPQ – TAQ.....	36
<i>Valeurs de TPQ et TAQ recalculées par le Stratifiant : feuille des US traitées</i>	36
<i>Graphique des intervalles TPQ -TAQ</i>	36
<i>Modification du graphique des intervalles TPQ – TAQ</i>	38
<i>Impression du graphique des intervalles TPQ – TAQ</i>	38
2.4.4. Traitement des datations estimées (incertaines).....	39
<i>Diagramme mis en paliers avec TPQ ou TAQ estimés</i>	39
<i>Graphique des intervalles TPQ-TAQ certains et estimés</i>	40
<i>Saisie de TPQ et TAQ estimés par l'utilisateur</i>	41
2.4.5. Datation des phases.....	42
<i>Mise en phase et traitement des TPQ et TAQ simultanés</i>	42
<i>Saisie et traitement de TPQ et TAQ de phases</i>	44
<i>La pluralité des représentations</i>	45
2.5. Détection des fautes et conflits logiques.....	47
2.5.1. Vérification de la saisie.....	47
2.5.2. Détection des fautes et conflits de relations stratigraphiques lors du traitement.....	49
<i>Fautes d'enregistrement stratigraphique</i>	49
<i>Discordances entre relations certaines et incertaines</i>	51
<i>Confirmation d'une relations incertaine par des relations certaines</i>	51
<i>Infirmité d'une relation incertaine par des relations certaines</i>	52
<i>Incertitude contradictoire</i>	54
<i>Combinaison de cas de discordances entre relations certaines et incertaines</i>	54
2.5.3. fautes logiques affectant la mise en phases.....	55
2.5.4. Détection des fautes et conflits de datation.....	56
<i>Contradictions de datation des US</i>	56
<i>Contradictions de datation des phases</i>	58
2.6. Visualisation d'US spécifiques (mise en couleurs).....	60
2.6.1. Saisie des couleurs et légendes sur la feuille mise en couleur :.....	60
<i>Choix des couleurs</i>	60
<i>Affectation des couleurs aux US</i>	61
2.6.2. Visualisation sur le diagramme.....	62
2.7. Liaison avec une base de données d'enregistrement.....	63
2.7.1. Initialisation de la liaison avec le Stratifiant	64
<i>Choix de la base source de données</i>	64
<i>Indication des adresses des fichiers à importer</i>	65
<i>Importation des données de la base dans le Stratifiant</i>	66
2.7.2. Liaison avec des bases de données autres que Stratibase ou BdB.....	67
2.7.4. Importation du résultat de requêtes effectuées depuis la base de données	69
2.8. indications particulières.....	69
2.8.1. Spécificités de l'utilisation avec Macintosh.....	69
2.8.2. Que faire en cas de bogue ?	70

<i>Déblocage ou interruption d'un traitement en cours</i>	70
<i>Procédure en cas d'arrêt anormal du traitement, avec message d'erreur du système</i>	71
<i>Résultat anormal du traitement</i>	72
<i>contact en cas de problèmes :</i>	72
3. base de données Stratibase : mode d'emploi.....	73
3.1. installation et démarrage.....	74
<i>Application normale (nécessite Filemaker)</i>	74
<i>Application auto-exécutable</i>	75
3.2 Lexique.....	75
3.3 Enregistrement des US et des relations	76
3.3.1. Indications générales.....	76
3.3.2. colonne de droite : indication complémentaires ou postérieures à la fouille.....	77
<i>Indication de mise en séquence et de mise en phase</i>	77
<i>liste des documents</i>	77
<i>autres observations</i>	78
<i>exportation et requête dans le stratifiant</i>	78
3.3.3. onglet « description interprétation datation ».....	78
<i>mots clé « caractères de l'US (nature et interprétation) »</i>	79
<i>Rubrique « interprétation résumée »</i>	79
<i>Rubrique interprétation et description de l'US</i>	79
<i>indicateurs et estimations de datation quantifiée</i>	80
3.3.4. Onglet « stratigraphie »	80
3.4. enregistrement des documents.....	81
<i>rubrique identifiant document</i>	82
<i>rubrique type de document</i>	82
<i>Rubrique observations</i>	82
<i>Lien avec document numérique</i>	82
<i>Image (cadre central)</i>	82
<i>Liste « US figurées »</i>	82
<i>Liste « mobilier MNNB figurés »</i>	82
3.5. Enregistrement du mobilier et des matériaux naturels et de nature biologique.....	83
3.5.1. onglet « mobilier MNNB » de l'écran « unités stratigraphiques ».....	83
<i>Liste des éléments matériels recueillis</i>	83
<i>Contexte des éléments matériels recueillis</i>	84
3.5.2. Formulaire « éléments recueillis ».....	84
<i>Indications générales</i>	85
<i>Traitement et suivi des éléments recueillis</i>	85
<i>Radiation d'un enregistrement d'élément recueilli</i>	86
3.6. Modèle de données.....	86
4. expérimentations en cours – premier bilan.....	88
4.1. Les essais en cours : vers des outils opérationnels.....	88
4.1.1 L'état actuel : une phase expérimentale en cours.....	88
<i>Première diffusion de l'application Le Stratifiant</i>	88
<i>Des essais suivis (fiches ci-jointes)</i>	89
4.1.2. Un premier bilan d'ensemble.....	90
<i>Les points forts</i>	90
<i>Les critiques</i>	91

4.2. essais menés par l'auteur	92
4.2.1. Essai sur des données de la fouille du cloître de la cathédrale de Noyon (Oise).....	92
<i>Tableau des US traitées</i>	92
<i>Fiche, documents joints et diagrammes</i>	96
4.2.2 essais d'enregistrement de terrain – monastère Saint-Syméon (Syrie) secteur BW 14.....	107
<i>Fiche, documents joints et diagrammes</i>	107
4.3. Expérimentation sur des opérations du service archéologique d'Indre et Loire.....	110
4.3.1. le contexte : l'utilisation opérationnelle du Stratifiant	110
<i>Le service archéologique départemental d'Indre et Loire : présentation (par Bruno Dufaÿ) :</i>	110
<i>La mise la mise en service du Stratifiant</i>	110
<i>L'intégration du stratifiant dans le système d'information archéologique du service</i>	110
4.3.2. Le Grand-Pressigny, Cour d'honneur du château.....	111
<i>Fiche, documents joints et diagrammes</i>	111
4.3.3. Château de Chinon, Maison Fauvel (fort Saint-Georges, porte des Champs).....	118
<i>Fiche, documents joints et diagrammes</i>	118
4.3.4. Château de Chinon, douve du Coudray.....	121
<i>Fiche, documents joints et diagrammes</i>	121
4.4. Expérimentation au centre archéologique européen de Bibracte.....	127
4.4.1 Le contexte : L'intégration du Stratifiant dans le système d'information archéologique de Bibracte	127
<i>Le site et le centre archéologique</i>	127
<i>Le traitement des données stratigraphiques à Bibracte : enjeux et projet</i>	128
<i>L'intégration du Stratifiant dans le système bdB</i>	129
4.4.2 Traitement des exemples du manuel d'enregistrement de Bibracte.....	131
4.4.3. Essai sur les données du secteur « Les Barlots ».....	134
<i>Fiche, documents joints et diagrammes</i>	134
Table des figures.....	140
Table des matières de la partie 2.....	142