

UNIVERSITÉ de PROVENCE

UMR ADEF

THÈSE

pour l'obtention du Diplôme de
DOCTEUR DE L'UNIVERSITÉ de PROVENCE
spécialité

SCIENCES DE L'ÉDUCATION

présentée et soutenue publiquement le 14 novembre 2008 par

Jean-Louis IMBERT

**L'INTÉGRATION DES TICE DANS LES PRATIQUES
MATHÉMATIQUES À L'ÉCOLE PRIMAIRE**

Membres du Jury

Mme Teresa ASSUDE	Professeur Université de Provence	Directrice de Thèse
M. Éric BRUILLARD	Professeur UMR STEF ENS Cachan, INRP	Rapporteur
Mme Ghislaine GUEUDET	Maître de Conférences IUFM de Bretagne	
M. Jean RAVESTEIN	Professeur Université de Provence	
M. Luc TROUCHE	Professeur INRP	Rapporteur

« Si l'on veut apprendre quelque chose, il faut d'abord y trouver un sens. »

Seymour PAPERT Jaillissement de l'esprit p. 84

Remerciements

Je remercie Teresa ASSUDE pour avoir accepté de suivre mon travail, pour avoir pris en compte mes orientations, su les exploiter, pour sa confiance et ses conseils, pour sa qualité relationnelle.

Merci aux cinq enseignants qui m'ont ouvert leur classe, aux Inspecteurs de l'Éducation Nationale, Conseillers pédagogiques et animateurs informatiques qui ont bien voulu me répondre, aux auteurs des manuels qui ont accepté mes questions et consacré du temps pour y répondre. Merci à tous ceux qui ont pris le temps de répondre à mes questionnaires.

Merci à Cathy qui m'a soutenu dans les moments de doute, pour toutes les aides qu'elle m'a apportées dans le quotidien et pour ses nombreuses relectures. Merci aussi pour ses questions pertinentes qui m'ont fait avancer.

Merci aux collègues de l'équipe des formateurs de mathématiques des Professeurs des Écoles de l'IUFM Midi-Pyrénées qui m'ont soutenu, m'ont simplifié la tâche et encouragé à avancer quand il fallait tout mener de front.

Merci à tous ceux de la COPIRELEM qui par leur investissement dans la formation des formateurs, à travers colloques et séminaires, m'ont permis d'approcher les questions de la didactique des mathématiques.

Cette thèse a été soutenue par l'INRP qui m'a attribué une décharge horaire de service en 2007-2008. Ces moyens constituent une aide appréciable dans la phase finale.

Sommaire général

Introduction

- 1 État des lieux local des usages des TICE dans les pratiques enseignantes à l'école primaire 4
- 2 Démarche générale de la recherche22

Première partie : Les influences externes

- 1 Méthodologie générale de ce chapitre.....24
- 2 Cadre théorique.....26
- 3 Des pratiques sous influence.....39
- 4 Conclusion62

Deuxième partie : Les influences internes

A. *Le pôle théorique*

- 1 cadre théorique64
- 2 Problématique et question de recherche107
- 3 Méthodologie de la deuxième partie109

B. *Les pratiques des cinq enseignants*

- Introduction méthodologique à l'analyse des séances..... 114

a) Séances de Fanny

- 1 Introduction à l'analyse des séances conduites par Fanny 116
- 2 Les séances..... 117
- 3 Éléments d'apprentissage de l'enseignante Fanny..... 139

b) Séances de Matthieu

- 1 Les séances conduites par Matthieu..... 144
- 2 Les séances de calcul mental..... 144
- 3 Introduction à l'analyse des séances de géométrie 175
- 4 Les séances “triangles isocèles”..... 175
- 5 Introduction à l'analyse des séances de géométrie sur l'objet parallélogramme..... 202
- 6 Les séances “parallélogrammes”..... 202
- 7 Introduction à l'analyse des séances « Organisation et représentation des données numériques » 225
- 8 La séance “données numériques”..... 226

c) Séances de Coralie

- 1 Les séances conduites par Coralie..... 247
- 2 La séance “Masses”..... 248
- 3 Les séances “calcul”..... 273
- 4 Les séances “calcul en arbre”..... 286
- 5 Les séances “CM2”..... 311

d) Séances de Pascal

- 1 Les séances conduites par Pascal..... 320
- 2 La séquence “Apprenti Géomètre”..... 323

3 La séance “droites perpendiculaires”	323
4 La séance “quadrilatères”	339
5 La séance “trapèzes”	355
6 La séance “reproduction-description”	363
7 La séance “Diagonales”	369
8 La séance “Émission-réception”	373
9 Les séances “Déclic”	383

e) Séances de Noémie

1 Les séances conduites par Noémie	398
2 Les séances “Train”	400
3 Deuxième séquence : un problème de recherche autour de l'activité “Que voir”	423

C. L'Auto-apprentissage chez les cinq enseignants

Éléments pour identifier l'auto-apprentissage des enseignants dans les moments d'introduction des TICE.....	443
1 Méthodologie pour l'étude des éléments d'apprentissage.....	443
2 Les éléments d'auto-apprentissage de chaque enseignant.....	446
3 Comparaison entre les enseignants.....	461
4 Conclusion de la comparaison.....	469
5 Conclusion à propos des contraintes internes à l'intégration des TICE en mathématique. .	474

Conclusion

1 Conclusion	480
2 En forme de bilan.....	485

BIBLIOGRAPHIE.....	486
--------------------	-----

Introduction

Tout le monde s'accorde à considérer que l'informatique a bouleversé les pratiques sociales dans la plupart des pays de notre planète en un demi-siècle. La “cyberplanète” s'est développée en créant espoirs et craintes avec la numérisation galopante de toutes les données associées aux hommes et l'utilisation des technologies multimédia dans tous les domaines d'activité.

Il y a quelques années, moins d'un demi-siècle, nous sommes partis de l'informatique, néologisme inventé en 1962 par DREYFUS¹, issu de la contraction de INFORmation et AutoMATIQUE, comme étant la « *science du traitement rationnel, notamment par machines automatiques, de l'information considérée comme le support des connaissances humaines et des communications dans les domaines techniques, économiques et sociaux*² ». Aujourd'hui nous utilisons ses applications, Technologies de l'Information et de la Communication pour l'Enseignement (TICE), dans les classes de beaucoup d'écoles du monde.

C'est cette histoire que nous parcourons en quelques mots.

Avant d'être un objet de transformation de la société, l'informatique va trouver sa place comme outil de gestion des entreprises.

La naissance de l'industrie informatique peut être datée du début des années 1950 avec la commercialisation du premier ordinateur “UNIVAC 1”³. La découverte des transistors (1947) et la création des micro-processeurs (1958) vont favoriser le développement d'outils contenant des systèmes informatiques, ce qui ouvre la porte à « L'informatisation de la société⁴ ». Le multimédia se développe à partir des années 1980 comme produit de consommation.

L'association de la technologie du traitement des données, du développement d'une économie de gestion des informations et de la communication va favoriser le développement

1 http://fr.wikipedia.org/wiki/Philippe_Dreyfus

2 Trésor de la Langue française

3 The **UNIVAC I** (*UNIV*ersal *Auto*matic *Computer I*) was the first commercial computer made in the United States - *source en.wikipedia.org*

4 En référence au titre du livre de NORA S. et MINC A. 1981, Ed. Du Phénix

d'une société où les techniques numériques seront omniprésentes.

Les exemples de l'omniprésence de l'informatique se trouvent dans tous les domaines de la vie professionnelle, sociale et privée, dans les domaines de la santé, de la culture et de l'enseignement : les banques gèrent nos revenus et des robots pilotent des ateliers de production de voiture, certaines de nos protestations s'expriment sous la forme de pétitions sur le web et nos achats se font par carte bleue, visa,..., nos maisons sont chauffées par des programmes qui adaptent notre confort à nos désirs et notre courrier a pris une forme numérique comme nos photographies, notre santé a été encartée "vitale" et les opérations chirurgicales se font à distance, nous pouvons acheter nos spectacles sur Internet ou les regarder sur nos ordinateurs et faire une partie de "GO" avec une personne qui se trouve à l'autre bout du monde, les musiques ont changé de support (du vinyle au lecteur mp3), enfin les technologies numériques de calcul ont souvent remplacé le calcul posé et tous les enseignants disposent d'un courrier électronique professionnel mis à leur disposition par leur administration.

Notre société de consommation a donc besoin de sujets capables d'utiliser ces produits, ces services qui jalonnent voire organisent leur quotidien. Le nombre d'études de l'INSEE⁵, du CREDOC⁶,... sur le comportement des français vis-à-vis des TIC⁷ montre l'importance qu'accordent les décideurs à l'évolution de nos pratiques. Le MEDEF⁸ souligne dans un rapport de janvier 2008 intitulé « *Faire de la France un leader de l'économie numérique* » que cela représente un « *marché global de 2600 milliards d'euros* » avec « *un fort potentiel d'emplois* » et aujourd'hui « *805000 salariés* » et préconise cinq axes de propositions dont « *renforcer les usages* » et « *préparer l'avenir* »⁹.

Les limites entre l'éducation et la formation risquent d'être redéfinies par l'introduction de la formation personnalisée et l'apparition de nouveaux acteurs dans le marché de l'éducation¹⁰. L'école, comme institution au service de la société, joue son rôle d'éducation à

5 Institut National de la Statistique et des Études Économiques

6 Centre de Recherche pour l'Étude et l'Observation des Conditions de Vie, est un organisme d'études et de recherche au service des acteurs de la vie économique et sociale

7 Technologies de l'Information et de la Communication

8 Mouvement des Entreprises de France : organisation patronale

9 dont développer « le rôle des TIC dans la formation »

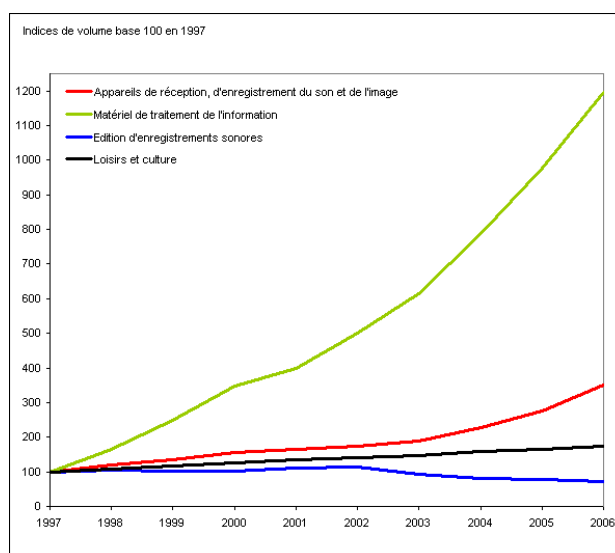
10 Extrait du rapport n° 2002-035 de l'Inspection Générale au Ministre de l'Éducation Nationale sur « L'école et les réseaux numériques » : « *Des acteurs anciens, éditeurs de logiciels éducatifs, bien que soutenus par le ministère, peinent à s'affirmer, voire disparaissent. D'autres acteurs naturels, les enseignants, qui depuis toujours produisaient, aujourd'hui publient et diffusent sur la toile, en général gratuitement. Les éditeurs de manuels scolaires, depuis toujours présents à travers leurs livres, se préparent à investir le domaine de la vente des ressources en ligne. Enfin, de nouveaux acteurs, plus ou moins connus, parfois inattendus, se*

la connaissance de ces technologies en tant qu'outils ou objets d'étude, rôle qu'elle va devoir renforcer.

Cette volonté de réussir l'intégration des TIC dans les usages s'exprime dans les textes produits par les gouvernements successifs depuis 1978 avec le plan « 10 000 micros » dans les lycées ou avec le plan JOSPIN (1997) dont un des trois grands axes retenus était « Équiper et connecter tous les établissements d'enseignement » pour préparer l'entrée de la France dans la société de l'information sous la forme d'un Programme d'Action Gouvernemental pour la Société de l'Information (PAGSI).

On la trouve aussi dans le rapport des Inspecteurs Généraux de juin 2006¹¹ qui rappelle que « les programmes stipulent : *“l'enseignement des mathématiques doit intégrer et exploiter les possibilités apportées par les technologies de l'information et de la communication...”* » mais constate aussi le décalage qui existe entre les pratiques sociales et les pratiques de classes « *Le recours à l'informatique relève de l'exceptionnel [...] Les ordinateurs de fond de classe souvent présents sont vraiment peu utilisés pendant les temps dédiés aux mathématiques* ».

Ce décalage est d'autant plus surprenant que l'étude de l'INSEE (2007) montre une évolution constante du taux d'équipement des ménages en matériel informatique, comme le montre le graphique ci-dessous ou seul la vente des CD enregistrés est en baisse depuis 2002.



proposent aujourd'hui de pénétrer ce qui peut devenir un vaste « marché » de l'éducation. On pouvait lire dans le supplément multimédia d'un grand journal en septembre 2001 cette phrase provocatrice : “education.com contre education.fr, la bataille de la marchandisation de l'école est ouverte” »

11 Accessible à l'adresse : <http://media.education.gouv.fr/file/46/0/3460.pdf> page 57.

Ce décalage entre des pratiques d'usage des TIC dans tous les domaines de la vie et celles de l'école est un sujet qui ne trouve pas de réponse simple.

L'enseignant se partage entre l'attendu de la société et la marchandisation qui va en être faite, entre ses représentations sur l'écriture avec ses règles, sa grammaire et les nouvelles techniques d'écriture (SMS), entre l'objet virtuel et l'objet papier...

Dans ce contexte les chercheurs en didactique sont très sollicités pour l'étude des influences, des évolutions,... dans le domaine des technologies numériques : sur le serveur des thèses en ligne à la date de février 2008, sur 119 thèses ou HDR en sciences de l'éducation, on ne trouve pas moins de 44 thèses qui font référence aux TICE.

La didactique des mathématiques n'échappe pas à ce questionnement, de nombreux laboratoires conduisent des recherches autour de l'usage des TICE. S'il existe d'autres cadres de pensée (psychologie, sociologie, philosophie, technologie,...) qui permettraient d'aborder cette question, c'est dans celui de la didactique des mathématiques que nous interrogerons les pratiques observables à l'école primaire.

Notre recherche a pour point de départ le constat que les TICE sont peu utilisées pour l'apprentissage des mathématiques à l'école primaire.

Ce constat étant issu de notre expérience professionnelle de formateur IUFM en mathématiques et en TICE, nous avons voulu le valider par une enquête descriptive auprès de dix-sept enseignants portant sur les pratiques déclarées intégrant des TICE dans toutes les disciplines, pendant 5 semaines. Puis nous l'avons renforcé en le croisant avec les études réalisées par différents organismes nationaux, européens et internationaux pour lui donner une dimension plus générale.

Nous allons donc maintenant présenter l'état des lieux des usages des TICE dans les pratiques enseignantes à l'école primaire, que nous avons dressé pour valider notre constat.

1 État des lieux local des usages des TICE dans les pratiques enseignantes à l'école primaire

Pour confirmer ce constat général dans le but de répondre à la question « Quelles sont les pratiques déclarées des enseignants de l'école primaire liées à l'usage des TICE en mathématique ? » nous avons construit comme outil de validation la structure d'une base de données portant sur un grand nombre de filtres dont nous justifierons l'usage par la suite.

1.1 Dispositif de recueil des informations sur les pratiques déclarées

1.1.1 Les éléments constitutifs de l'enquête

L'échantillon étudié était composé de dix-sept classes de la Grande Section au CM2 et de classes multi-niveaux de cycle 3, représentant un effectif de 443 élèves sur les 20000 que compte le département des Hautes-Pyrénées.

Le dispositif a consisté à recueillir des fiches de description de séances où les TICE sont utilisées. La sélection de la population étudiée a pris en compte plusieurs aspects :

- répartition zone rurale, zone urbaine et zone péri-urbaine ;
- équipement informatique en réseau, en poste isolé dans et hors de la salle de classe ;
- possibilité de remplir le questionnaire sur un site Web¹² ;
- participation de tous les enseignants dans une école ;
- engagement de répondre au questionnaire pendant 5 semaines.

Le choix de l'utilisation d'Internet nécessitait que l'enseignant puisse se connecter au site de recueil de données à partir de l'école ou de son domicile. En faisant ce choix d'utilisation d'Internet, nous pensions nous adresser à des enseignants qui ont une connaissance minimale de l'outil informatique. La présentation dans les écoles, d'environ quinze minutes, d'une simulation de connexion pour compléter la fiche descriptive, lorsque les enseignants l'ont demandée, montre effectivement qu'ils n'ont pas de problème majeur de maîtrise de l'outil informatique pour remplir cette tâche.

La contrainte dans le choix de la population étudiée (tous les enseignants dans chaque école) était liée à la croyance qu'une implication collective inciterait à plus d'authenticité dans

¹² <http://imbert.jl.free.fr/enquete/>

les réponses, plus de mobilisation (référence des membres comme appartenant au groupe des enseignants de l'école) et, par conséquent, moins d'abandon.

Par ailleurs, la durée de la période de relevé des données a été une contrainte importante du dispositif qui a limité le nombre de participants. Mais elle a probablement retenu ceux qui trouvaient notre projet intéressant. Enfin, la répétition a probablement permis de familiariser les enseignants avec un questionnaire qu'ils ont rempli plus « automatiquement ».

1.1.2 Le dispositif de recueil de données

1.1.3 généralités et forme de l'enquête

La structure du questionnaire et son contenu répondent à une volonté de ne pas laisser apparents les objectifs du recueil de données :

- obtenir des indicateurs sur les conditions et contraintes d'utilisation des TICE dans l'activité de classe,
- identifier des différences entre ce qui est dit sur “les usages déclarés” en mathématique et dans les autres disciplines,
- identifier « leur usage en mathématique » sans dévoiler qu'il s'agissait du point principal de notre observation.

Le recueil des données a été effectué pendant la période du 03 mars 2005 au 8 avril 2005 sur un site personnel¹³ avec un accès protégé par un code utilisateur et un mot de passe.

Le choix de la durée du recueil des données correspond à deux critères :

- le choix d'une période suffisamment longue entre deux vacances scolaires pour avoir une continuité d'habitude
- la crainte qu'une période plus longue ne provoque un abandon de la saisie des informations au quotidien et donc une perte de fiabilité des données recueillies.

Le choix d'un questionnaire numérisé constitue à la fois une contrainte et deux atouts pour le recueil de données :

- une contrainte liée à l'accès Internet mais aucun des enseignants contactés n'a formulé de réticence sur ce point. Cela n'exclut pas que ceux qui n'ont pas donné suite à notre demande, aient renoncé pour cette raison.

13 <http://imbert.jl.free.fr/>

- un premier atout, parce qu'il est relativement simple d'accès, rapidement rempli, en lien avec les TICE : le questionnaire est dans un premier temps une curiosité.
- un deuxième atout, parce qu'il simplifie le traitement des données puisqu'il est géré sous la forme d'une base de données MySql¹⁴.

14 © 1995-2006 MySQL AB. MySql est un système de gestion de bases de données, « Structured query language (SQL), langage structuré de requêtes, est un langage informatique destiné à interroger ou à manipuler une base de données relationnelle » d'après <http://fr.wikipedia.org/wiki/MySQL>

Après une première connexion où l'enseignant devait décrire sa classe et son équipement (copie d'écran n°1), il pouvait accéder directement au masque de saisie de l'enquête (copie d'écran n°2).

Description de votre école/classe

Pour remplir l'enquête allez être renvoyé à la page précédente après validation

Ville : Code Postal :

Nom de l'école :

Votre Nom ou pseudo :

Votre mail :

Ancienneté dans le métier :

Nombre d'élèves en : Petite Section : Moyenne Section : Grande Section :

CP : CE1 : CE2 : CM1 : CM2 :

Nombre d'ordinateur(s) disponible(s) : Dans la classe : En Salle informatique :

Système d'exploitation :

Tous les champs doivent être remplis

(copie d'écran n°1)

Enquête préliminaire Eval_1

Date (JJ/MM/AAAA) : Heure (HH:MM) : Durée (HH:MM) :

Nombre d'élèves participants : Activité décloisonnée : (une fiche par enseignant et par groupe)

Adultes : Enseignant : Aide éducateur : Les deux : Elève(s) seul(s) :

Parents d'élèves, autres :

Discipline :

Tâche : Autres :

Objectifs :

Est-ce un complément des activités "papier/crayon" : oui non Si oui :

Fonction principale de la personne présente :

Attitude de l'élève : Autres :

Logiciel utilisé :

Activité conduite en parallèle par les autres élèves : Autres :

(copie d'écran n°2)

1.1 Résultats et analyse des fiches saisies

1.1.1 Les filtres de repérage de l'usage des TICE

L'organisation du questionnaire est une tentative pour organiser plusieurs séries d'interrogations qui vont servir de filtres pour repérer les usages déclarés des TICE. Nous utilisons le terme de filtre, synonyme de critère, par analogie avec, d'une part, les filtres optiques qui ne laissent passer qu'une partie du flux lumineux que l'on souhaite utiliser, étudier, au risque de le déformer et, d'autre part, avec les filtres informatiques qui sont capables de traiter un ensemble de données pour en extraire un sous-ensemble d'informations plus pertinentes.

Il nous a semblé que ce questionnaire ne pouvait intégrer que des éléments déclaratifs, c'est-à-dire sans démarche complémentaire de réflexion, sur la pratique déclarée. En effet, si les enseignants avaient dû consacrer trop de temps à remplir la fiche, nous pensons que cela les aurait probablement découragés sur la longueur du temps de l'enquête, cinq semaines, et aurait provoqué des abandons.

Cette contrainte nous a fait privilégier deux orientations de questions : l'une portant sur les éléments externes que les enseignants pouvaient déclarer rapidement, l'autre sur les éléments dont les enseignants sont censés disposer pour organiser la préparation de la séance.

Enfin, nous avons fermé le questionnaire pour éviter des réponses trop ambiguës, ou difficilement classables. De plus, nous pensions que la rédaction même d'un texte court était une contrainte trop forte. Nous en avons eu confirmation dans le dépouillement, en constatant que les réponses demandant une rédaction même sommaire, parce que ne faisant pas partie d'un choix multiple, ne sont que moyennement renseignées.

Par exemple, à la question simplifiée "type de tâche de l'élève" les enseignants pouvaient choisir la réponse « Autres » et remplir un champ de 180 caractères pour la décrire. Sur 67 réponses de ce type, nous en avons 34 qui ne sont pas complétées, soit 51%.



Ces filtres et leur croisement devaient permettre :

- de souligner le lien entre les pratiques anciennes (papier-crayon) et les pratiques utilisant

les TICE,

- de confronter des réalités matérielles différentes et leurs influences sur l'intégration des TICE dans les classes.
- d'observer les usages déclarés selon les cycles.

Les champs disciplinaires sont des indicateurs des assujettissements aux institutions « école, société ». C'est ce filtre qui devait permettre d'identifier l'usage des TICE en mathématiques en comparant avec les usages dans les autres domaines disciplinaires ou transversaux.

D'autres filtres, comme l'expérience professionnelle, pouvaient nous permettre de mieux cerner les contraintes de l'intégration de l'outil TICE. Ce questionnaire ne l'a pas permis.

Ces éléments présentés ici en termes de filtres devaient éclairer les entrées retenues ci-dessus, sur ces pratiques déclarées. Nous serons amenés à en utiliser six repris ci-après.

Premier filtre :

Le nombre d'ordinateurs, de façon plus générale l'équipement, conditionne les pratiques et l'intégration comme outil dans la classe.

C'est une idée reçue que véhicule bon nombre d'enseignants : « Vous pouvez me dire comment je peux utiliser l'informatique en classe, j'en ai un pour vingt élèves ? » ou encore « C'est un vieux 486 !... Qu'est-ce que vous voulez que j'en fasse ?!... »

Deuxième filtre :

Les contenus de l'activité, les champs disciplinaires, les objectifs, les tâches et les logiciels utilisés précisent le milieu.

Troisième filtre :

Les acteurs de l'activité et particulièrement le nombre d'élèves, ouvrent un regard sur la tâche d'apprentissage.

Quatrième filtre :

La date permettrait-elle de savoir si les enseignants utilisent l'ordinateur indifféremment du jour de la semaine ? La non utilisation peut donner lieu à interprétation par rapport à des pratiques anciennes de gestion de classe ou des pratiques spécifiques à identifier. Ce filtre évalue la réponse à un argument entendu, « les élèves ont des difficultés à se mettre au travail après un long week-end ».

Cinquième filtre :

La durée de l'activité, d'une part confère aux TICE un niveau de reconnaissance comme

espace de travail, d'autre part apporte un éclairage pour différencier les activités dans les différents champs disciplinaires.

Sixième filtre :

Le nombre de séances par enseignant est un indicateur d'intégration.

Les septième, huitième et neuvième filtres, définis ci-dessous, initialement prévus n'ont pas pu être exploités par manque de données dans les saisies des enseignants, ce qui s'explique peut-être par le nombre important d'informations déjà demandées.

Septième Filtre : Les activités des autres élèves conduites en parallèle devaient nous éclairer sur les liens entre les pratiques anciennes "papier-crayon" et les pratiques avec TICE.

Huitième Filtre : Les comportements des élèves devant l'ordinateur sont révélateurs de contrats qui favorisent ou non la mise en jeu de l'activité, contrats qui correspondent aux choix des enseignants.

Neuvième Filtre : La variabilité des intervenants d'une école à l'autre s'exprime en moyen d'encadrement en nombre d'adultes, en fonction de leurs compétences professionnelles ou techniques. C'est le cas à propos des aides-éducateurs ou de parents qui ont des compétences dans la maîtrise technique de l'outil informatique, mais qui, par ailleurs, n'ont pas vraiment de compétences dans le domaine pédagogique. Ils sont des ressources que les enseignants utilisent. Ceci peut conduire à la mise en place de tâches où les élèves sont en situation d'autonomie ou en situation d'encadrement renforcé. Cela constitue un indicateur sur les usages des enseignants.

1.1.1 Résultats du recueil des données

Quelques généralités sur le contenu de ces données :

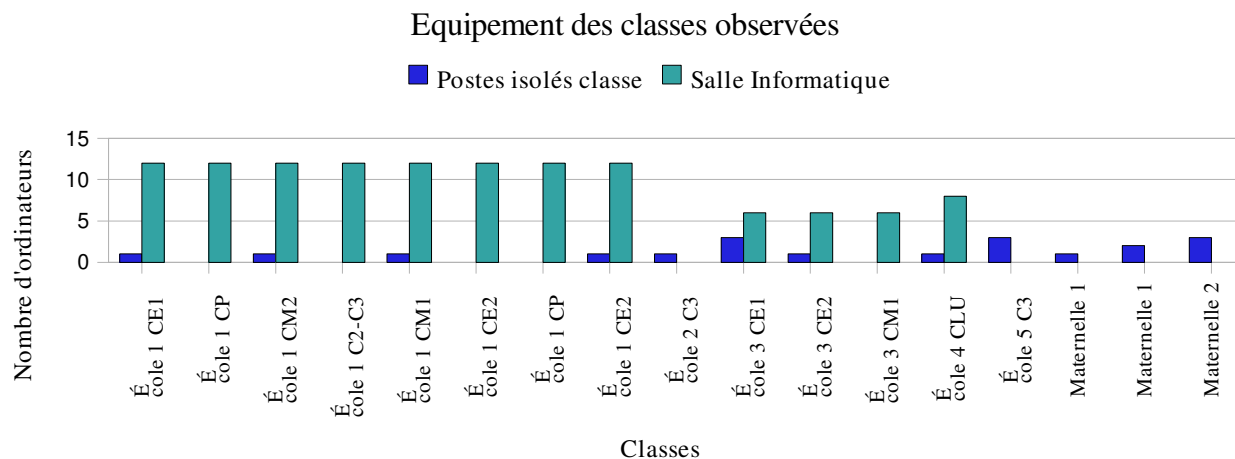
Sur les dix-sept enseignants impliqués, quinze ont répondu jusqu'au bout de la période d'enquête, deux enseignants d'une école urbaine n'ont jamais rempli de fiche sur la période. Mais l'absence de fiche ne nous permet pas de savoir s'ils ont ou n'ont pas utilisé les TICE sur cette période.

La population étudiée est composée de deux enseignants ayant moins de cinq ans d'expérience, un enseignant de moins de dix ans d'expérience et de quatorze enseignants de plus de dix ans d'expérience. Neuf enseignants sur dix-sept déclarent leur mail personnel et

seule une enseignante ne fait référence à aucune boîte aux lettres électronique.

L'environnement matériel d'usage des TICE (premier filtre) :

Tous travaillent sous un environnement PC-Windows et la répartition de l'équipement est très variable comme l'indique l'histogramme ci-dessous obtenu à partir du premier filtre « nombre d'ordinateurs ». Cependant ces données sont conformes à celles relevées dans l'étude EURYDICE (2004, p. 41) montrant que 86 % des élèves ont accès à un ordinateur à l'école. Pour 41,6% d'entre eux, les élèves ont un accès à l'ordinateur dans la classe et un accès quasi systématique (78%) à un ordinateur en dehors de la classe dans une salle informatique ou une bibliothèque avec un poste multimédia.

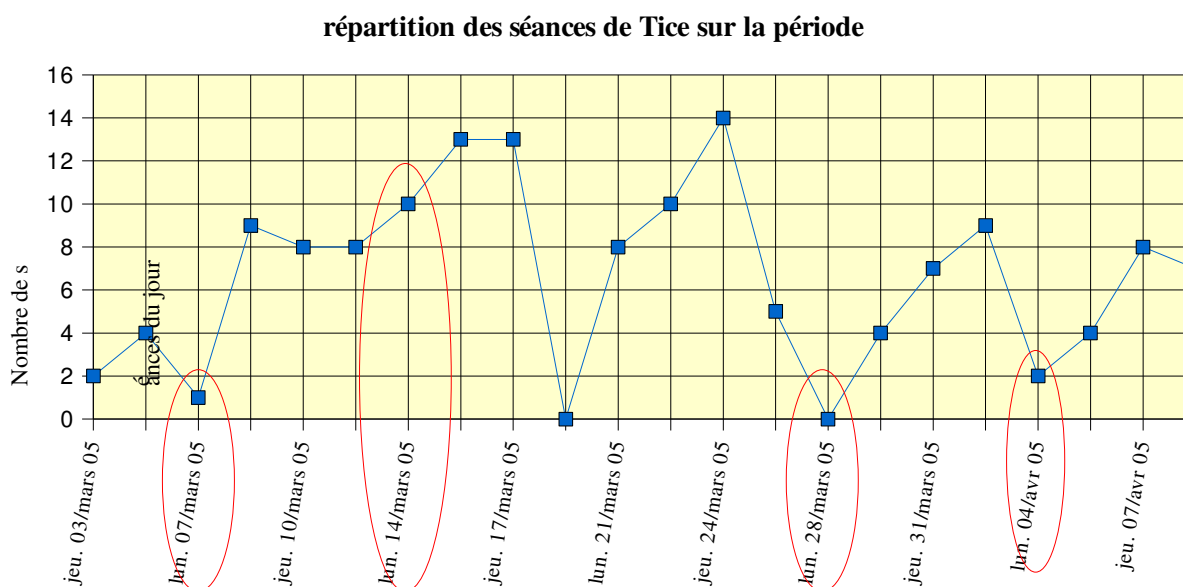


Pour cet échantillon, sans que cela soit généralisable, les écoles rurales à faible effectif ne sont pas équipées d'une salle informatique et les classes de maternelles ont intégré les ordinateurs dans la classe. Les deux « petites » écoles et sept classes sur douze, bien qu'ayant une salle informatique, disposent d'au moins un ordinateur dans la classe. Dans cet environnement assez favorable, nous avons recueilli 150 fiches descriptives exploitables d'utilisation des TICE entre le 3 mars 2005 et le 8 avril 2005.

La fréquence d'utilisation générale et disciplinaire :

Avec le quatrième filtre « dates » nous espérons dégager des indices d'un usage différent selon les jours de la semaine. En effet, nous nous appuyons sur les propos des

enseignants qui expriment la difficulté qu'ils ont à créer une dynamique de travail les lendemains de journée sans classe, ce qui est confirmé par les travaux de TESTU¹⁵ tendant à montrer que les rythmes biologiques hebdomadaires sont perturbés les lundis. Nous faisons l'hypothèse que l'outil informatique pouvait être utilisé avec une fonction de catachrèse (mise en jeu) par son image sociale positive et ludique. L'insuffisance du nombre de données et de la taille de la population ne permet pas de tirer de conclusion.



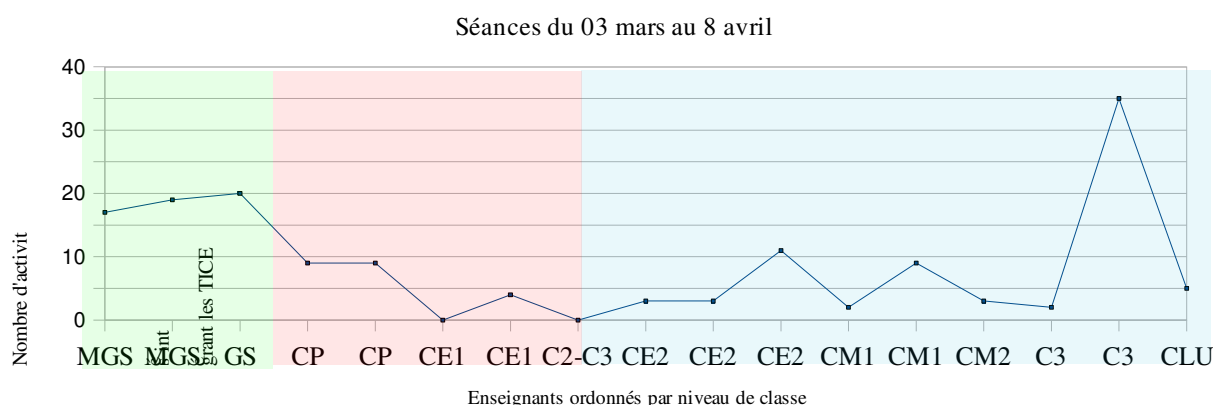
Ce graphique met en évidence qu'indépendamment des classes, les enseignants font un faible usage des TICE les lundis. Ce qui nous amène à retourner notre hypothèse initiale pour penser que d'autres pratiques plus anciennes sont dominantes pour activer la dynamique de la semaine.

Les jeudis eux ne sont pas significatifs par rapport aux autres jours de la semaine et d'une semaine sur l'autre.

15 « Lorsque la semaine scolaire française demeure traditionnelle , **un phénomène de désynchronisation se manifeste pour certains enfants**, issus de milieux dits sensibles, **le lundi** faisant suite à un congé de fin de semaine d'un jour et demi. Dans une semaine scolaire de ce type, les élèves réalisent leurs meilleures performances le jeudi et le vendredi matin et **les moins bonnes le lundi...**» (Testu, 2000)

On retrouve ces résultats dans le rapport de l'INSERM, « Rythmes de l'enfant. De l'horloge biologique aux rythmes scolaires ». Ouvrage en ligne, consultable à l'adresse suivante : <http://www.inserm.fr/fr/questionsdesante/mediatheque/ouvrages/expertisecollective/rythmeenfant.html>

L'observation sur une période de cinq semaines a permis de voir la variabilité du nombre de séances par individu et par cycle à partir du sixième filtre « *nombre de séances* ». Mais en même temps, la médiane des utilisations qui est de 6 séances en primaire (maternelle et élémentaire), de 4 séances en élémentaire, soit moins de 2 séances par semaine pour un enseignant sur deux, et la moyenne qui est de 2,1 séances par semaine, nous obligent à penser qu'il ne s'agit pas d'un phénomène individuel mais bien d'un problème de la communauté des enseignants.



Ce niveau d'utilisation est confirmé par plusieurs enquêtes Eurydice¹⁶. La première, en 2001, relève une moyenne d'usage de 3,4 heures par semaine. La seconde en 2004 étudie les déclarations des élèves qui disent utiliser les TICE pour 24% « une à plusieurs fois par mois » et pour 36% « quasiment jamais »¹⁷.

Ainsi nous pouvons affirmer que par rapport à notre échantillon, l'utilisation des TICE est relativement faible en fréquence mensuelle.

Nous allons à partir du deuxième filtre sur l'utilisation disciplinaire observer quels sont les usages déclarés.

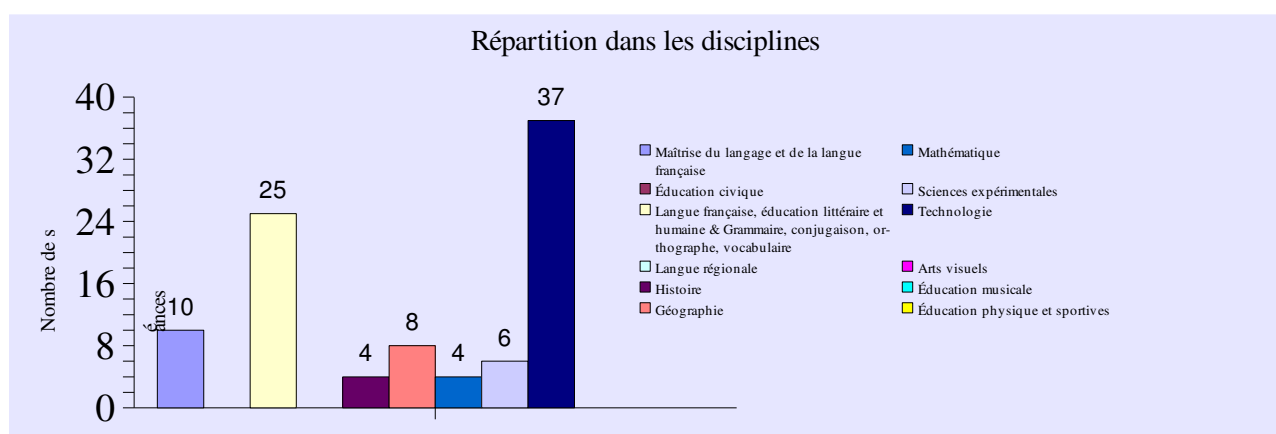
La fréquence d'utilisation disciplinaire (Deuxième filtre) :

16 Indicateurs de base sur l'intégration des TIC dans les systèmes éducatifs européens Faits et chiffres page 14 Rapport annuel 2000/2001 Eurydice Le réseau d'information sur l'éducation en Europe

17 Chiffres clés des technologies de l'information et de la communication à l'école en Europe - page 54 - Édition 2004 <http://www.eurydice.org/portal/page/portal/Eurydice/showPresentation?pubid=048FR>

L'histogramme ci-après reprend le constat suivant :

- Les enseignants utilisent les TICE au plus dans quatre domaines disciplinaires mais pour 40% des enseignants elles ne sont un outil que dans deux domaines disciplinaires.
- Sur 93 séances décrites, 4 séances seulement concernent les mathématiques.
- La plus grande part des enseignants, soit 80%, utilise les TICE dans les domaines de la langue.
- Nous constatons que 85% n'utilisent pas les TICE en mathématiques.



Cette approche renforce l'impression de diversité dans les pratiques puisque l'on constate, que sept domaines disciplinaires sur treize au primaire, trois sur cinq en maternelle, donnent l'occasion d'utiliser les TICE.

Si nous pondérons les usages par un coefficient défini par l'inverse des volumes horaires hebdomadaires des disciplines nous voyons s'accroître l'impression de sous usage en mathématique.

Ceci est accentué par le fait que majoritairement les enseignants de cette population les utilisent dans deux domaines et au maximum dans quatre domaines. La spécificité de l'enseignant « E17 » s'explique par le contenu journalier de l'activité « relever le courrier électronique » qui est identifiée dans le domaine des technologies au service d'une activité disciplinaire. L'enseignant, en déclarant l'objectif « apprendre en co-éducation et utiliser une procédure, un savoir-faire : vers l'autonomie », place cette activité dans le domaine transversal et dans la citoyenneté sans que l'on connaisse l'exploitation disciplinaire qui en sera faite.

Voir tableau et graphe pages suivantes :

	E4	E5	E8	E9	E10	E11	E13	E15	E16	E17	E18	E19	E20	E21	E22
Langage	12			3							14				
Vivre ensemble															
Agir... avec son corps															
Découvrir le monde	4			17 ¹⁸							5				
Sensibilité,....	2														
Maîtrise du langage et de la langue française						3	6							1	
Éducation civique															
Langue française,... & Grammaire,...		1						1	9			3	10	1	
Langue régionale															
Histoire		2	2							1		1			
Géographie										6					
Mathématique						1	3								
Sciences exp.					2					1					3
Technologie			5				2	2		27 ¹⁹					
Arts visuels															
Éducation musicale															
É. P. S.															

Un point commun à ces enseignants est que douze sur quinze utilisent les TICE en liaison avec le langage, sa construction et son usage, ce qui confirme l'étude de SITES que nous évoquerons plus loin.

Le rapprochement entre les domaines d'apprentissage de l'école maternelle et de l'école primaire souligne une différence sur le nombre d'utilisations entre les classes de maternelle et celles de l'école élémentaire.

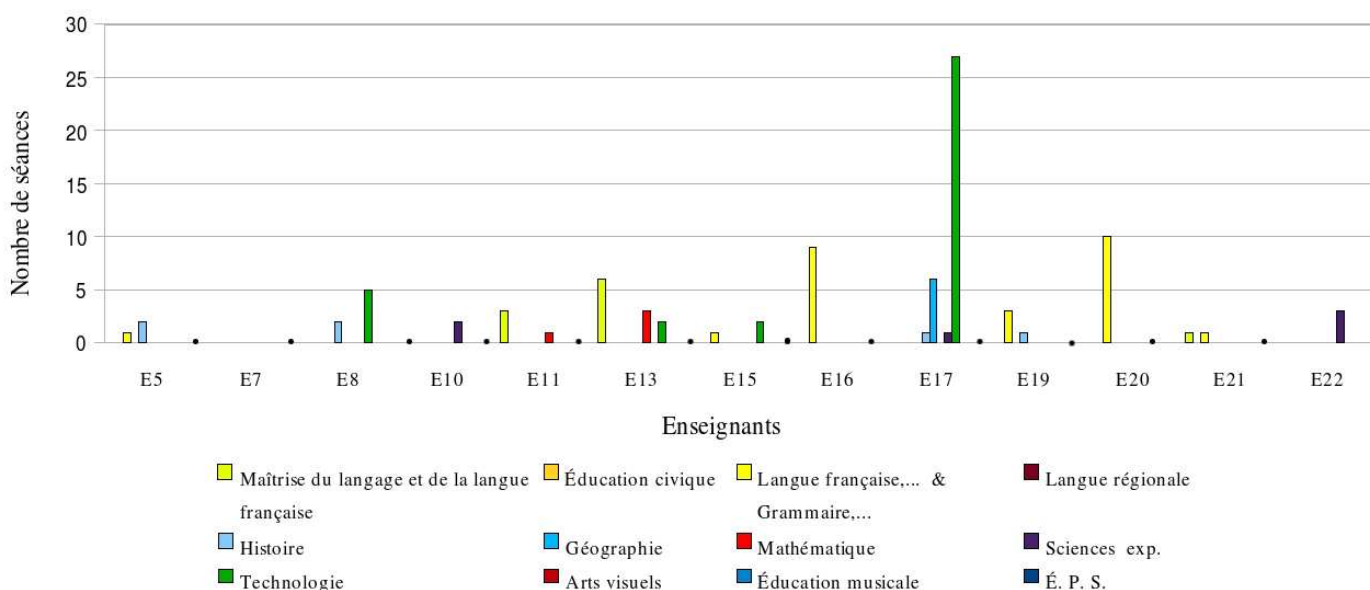
En maternelle, 24 ateliers TICE sur 57 sont en rapport avec les mathématiques alors qu'on n'en dénombre que 4 sur 93 au primaire. Le constat que les enseignants de maternelle utilisent tous les TICE en mathématique renforce encore un peu plus cette différence d'utilisation.

Mais l'usage des TICE par les enseignants de maternelle se passe en partie sur le temps d'accueil qui constitue un moment de transition entre la maison et l'école, moment de parcours individuel structuré par les opportunités organisées par l'enseignant. C'est pourquoi dans le graphe ci-après nous n'avons conservé que les activités dans les différents domaines disciplinaires de l'école élémentaire.

18 Ce nombre d'activités est dû à l'organisation simultanée de deux, exceptionnellement trois ateliers avec des objectifs voisins ou différents.

19 L'email est associé dans les programmes à la technologie.

Répartition disciplinaire

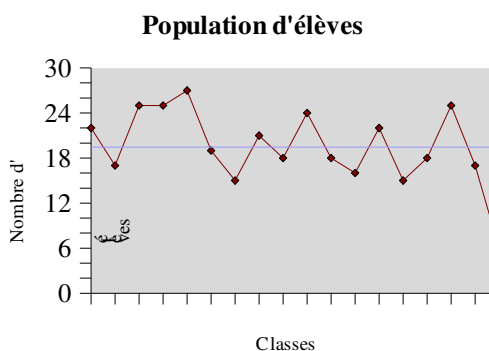


Nous constatons que 11 sur 13 enseignants de l'école élémentaire n'ont jamais utilisé les TICE en liaison avec les mathématiques sur cette période de plus d'un mois.

La référence au nombre d'ordinateurs (*premier filtre*) utilisables dans les classes comme présenté au graphe "équipement des classes observées", n'explique pas le faible usage qu'en font certains enseignants. Si nous n'avons jamais observé de pratiques de classes intégrant les TICE sans ordinateur²⁰ (!), notre enquête ne permet pas d'identifier une corrélation significative entre les équipements informatiques des écoles et l'usage effectif des TICE par les enseignants : le nombre d'ordinateurs n'est ni une condition nécessaire ni une condition suffisante pour l'intégration des TICE au quotidien.

Les classes de ces enseignants sont des classes ordinaires avec une moyenne des effectifs voisine de 20. Nous n'avons pas établi de corrélation entre le nombre d'élèves et le nombre de séances. Ce qui nous fait écrire que le nombre d'élèves en classe ne semble pas constituer un obstacle à l'usage des TICE.

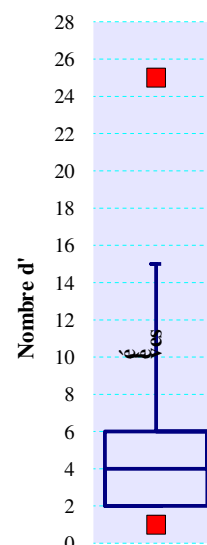
Nous avons alors essayé de déterminer, à partir du troisième filtre, le « nombre d'élèves » concernés par une activité en lien avec les TICE.



²⁰ Voir de technologies numériques disposant d'interfaces logicielles aussi simples que celle d'une calculatrice ou d'un éditeur de SMS

Le diagramme de Tukey des données rassemblées dans le tableau ci-après, représente le nombre d'élèves concernés par une activité intégrant les TICE sur un ou plusieurs ordinateurs.

Nombre d'activités décrites	150
Minimum de participants	1
Premier décile	2
Premier quartile	2
Médiane	4
Troisième quartile	6
Neuvième décile	15
Maximum des participants	25



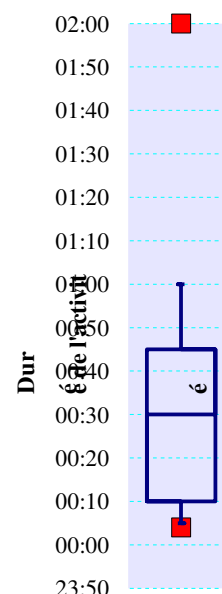
La valeur du quartile identique à celle du premier décile nous a amené à rechercher le premier décile différent. C'est le quatrième décile qui a une valeur de 3, ce qui signifie que dans 30 activités sur 150 les élèves travaillent à 2 sur un ou deux postes.

Le nombre de données permettant de comparer des usages similaires avec six ordinateurs et avec deux, n'est pas suffisant pour en tirer des conclusions, mais nous pensons que l'enseignant saurait exploiter cette ressource. C'est ce qui apparaît à propos des exercices d'entraînement ou de stabilisation de résultats multiplicatifs ou additifs décrits où, dans la classe ayant un réseau de six postes, l'activité concerne 9 élèves, alors que le même type d'activité est réduit à deux élèves dans le cas où il n'y a que deux ordinateurs.

L'impossibilité de faire travailler la classe entière sur les ordinateurs suppose l'organisation d'un milieu de travail où un groupe (TICE ou "papier-crayon") sera en situation d'autonomie. Nous avons recherché la durée des activités décrites.

Nous avons rassemblé dans le tableau ci-après les éléments pour construire le diagramme de Tukey correspondant à la durée des activités à l'école élémentaire.

Nombre d'activités décrites	150
Minimum de participants	00:04:00
Premier décile	00:05:00
Premier quartile	00:10:00
Médiane	00:30:00
Troisième quartile	00:45:00
Neuvième décile	01:00:00
Maximum des participants	02:00:00

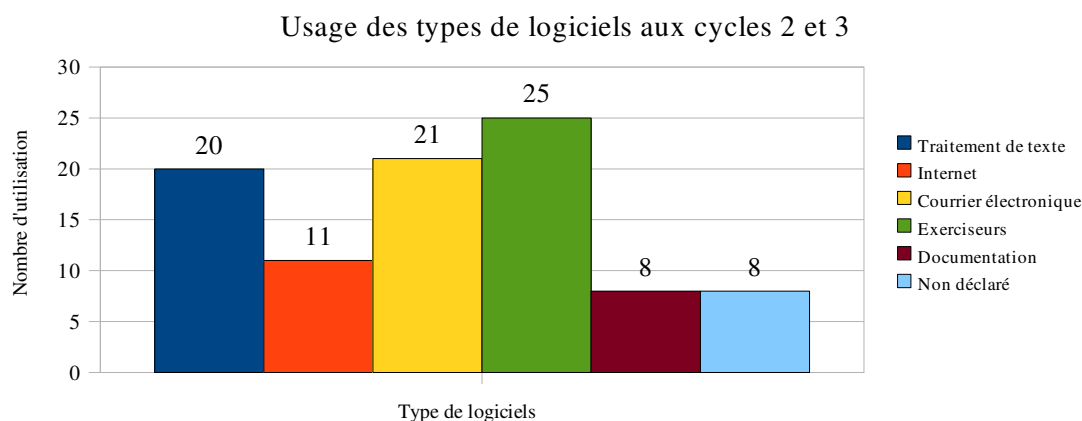


Nous pouvons en conclure qu'une activité sur deux ayant une durée de moins de 30 minutes, elle doit s'insérer dans une activité complémentaire, alors qu'une sur deux intègre les TICE sur l'ensemble de la séance. La séance qui a duré 2 heures, à deux par poste, est une séance d'initiation au traitement de texte en CM2 sur un réseau de 12 postes, dont nous n'avons pas un descriptif détaillé du contenu.

Nous sommes tenté de dire que les résultats montrent une faible intégration en rapport avec la diversité de ressources que nous pensions pouvoir trouver dans l'usage des TICE, mais aussi une intégration très fonctionnelle lorsque l'usage s'appuie sur une spécificité de l'outil informatique par rapport à un domaine disciplinaire.

Nous avons associé à la dimension disciplinaire (*deuxième filtre*) la dimension logicielle pour identifier s'il existe un rapport d'usage personnel des enseignants aux logiciels.

Les types de logiciels utilisés :



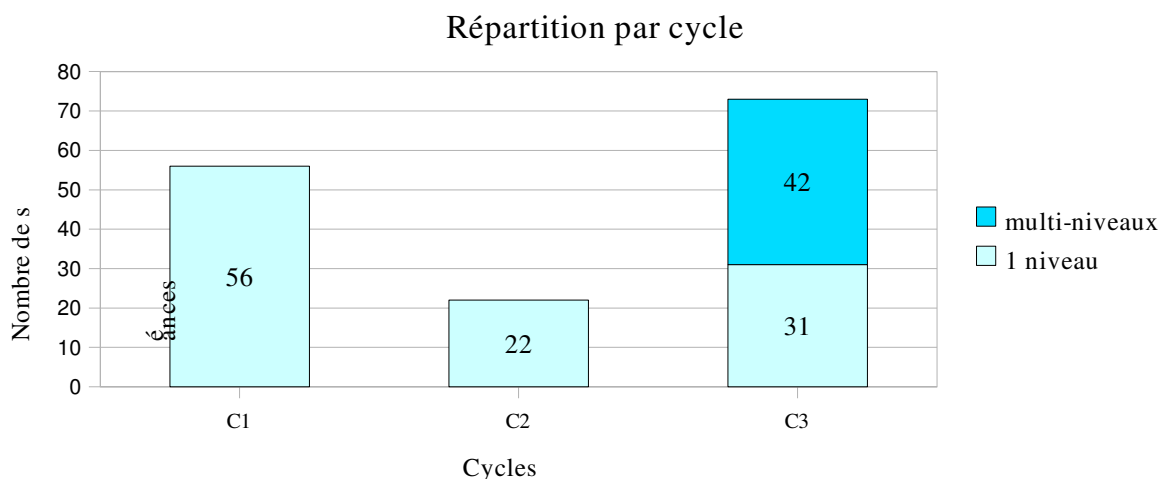
Si l'usage des exercices semble important, environ 27% des activités, comme le montre le graphe ci-dessus, nous devons moduler ce premier élément d'analyse par les remarques suivantes :

- Les enseignants de 8 classes sur 12 font utiliser le traitement de texte comme outil pour une activité d'apprentissage.
- Seulement 4 enseignants utilisent des exercices, mais lorsqu'ils utilisent des exercices cela représente pour « E11 » et « E16 » 100% d'utilisation, 90% pour « E20 ». « E13 » fait office d'exception avec 27%. « E11 » et « E13 » en ont une utilisation en mathématique.
- L'utilisation du courrier électronique est le fait d'une seule classe pour de la correspondance scolaire. Il est remarquable qu'il s'agisse de l'enseignant dont la classe a le plus grand nombre de séances utilisant les TICE et dans quatre domaines disciplinaires.

Ces résultats sont conformes à ceux rapportés par CHAPTAL (2002) à propos d'une étude comparative entre les systèmes scolaires aux USA et en France « *Le traitement de texte vient en tête avec 50 % des enseignants, [...] puis les exercices (encore 28 %). Les outils de simulation et de création graphique viennent ensuite avec respectivement 23 % et 21 %. Les tableurs et bases de données ne représentent que 16 % et les outils de création multimédia 9 %. Quant à l'e-mail, il ne sont que 7 % à l'utiliser en classe* ». L'usage qu'ils font de l'outil informatique laisse penser que la représentation qu'en ont les enseignants est celle d'un outil de production de documents.

L'idée initiale que l'intégration des TICE devrait s'accroître pour permettre aux élèves d'atteindre le niveau "B2i école" nous avait conduit à observer les différences en termes de

nombre de séances en cycle 2 et en cycle 3.



Cette observation confirme en partie l'hypothèse d'une réponse institutionnelle plus forte en cycle 3, mais la valeur moyenne par enseignant qui n'est que légèrement supérieure en cycle 3 (1,68 séance par semaine), par rapport au cycle 2 (1,1 séance par semaine) et qui est très inférieure à celle de la maternelle (3,73 séances par semaine), nous interroge sur les contraintes causales de ce fait.

1.1 Validation du constat

Notre enquête ne prétend pas à une représentativité de l'ensemble des enseignants. Pour aller vers cela nous aurions dû étendre la population étudiée aux enseignants d'autres départements, d'autres villes selon la taille de leur population, définir une répartition prenant mieux en compte les milieux ville-campagne et préciser d'autres critères comme l'âge, le sexe, etc, avec un effectif plus proche des normes utilisées dans les enquêtes d'opinion. Nous pensons cependant qu'elle nous apporte quelques éléments d'objectivation de notre constat personnel concernant le peu de pratiques d'usage des TICE dans les activités mathématiques et qu'elle nous permet de valider les remarques suivantes :

Les niveaux d'équipements informatiques et le rapport nombre d'élèves par ordinateur ne semblent pas déterminants²¹.

21 On retrouve cette idée dans les enquêtes du CREDOC, pour les usages non scolaire au niveau européen, où la différence d'équipement ne caractérise pas le fossé numérique et pour qui il faut prendre en compte les usages qui en sont fait en fait « quatre niveaux différents du fossé numérique : les inégalités d'équipement, les différences dans la fréquence d'utilisation, la spécificités des usages et les disparités d'opinion. » Nous limiterons le champ de l'analyse à l'ordinateur et à Internet, » ALIBERT D., BIGOT R., FOUCAUD D. (2005), *La dynamique des inégalités en matière de nouvelles technologies, Méthodes d'approche – Analyse évolutive*, CREDOC Cahier de recherche n°217, Chapitre 3, p. 33 Version numérique disponible sur le site <http://www.credoc.fr>

Les usages déclarés en mathématiques sont peu nombreux, limités dans leur fonction, quelles que soient les conditions d'organisation de la vie de la classe. Les enseignants utilisent peu les logiciels pour les mathématiques et utilisent principalement des exercices.

Cependant ils utilisent la technologie « ouverte » du traitement de texte en français et le domaine de la langue semble être plus ouvert à d'autres pratiques que celle de l'usage des exercices.

Ces comportements reflètent une représentation des enseignants sur l'usage qu'ils peuvent avoir de l'outil informatique dans leur classe. Nous essaierons, dans nos observations concernant l'étude des contraintes internes, de les mettre en lien, lorsque cela sera possible, avec leurs pratiques en dehors de l'usage des TICE.

Cependant cette enquête ne prend pas en compte l'évolution qui pourrait être induite par l'usage dans le temps, c'est un instantané de l'usage des TICE en avril 2005.

Toutefois ce constat trouve une confirmation dans des études nationales et européennes. Par exemple, il est confirmé à propos de la fréquence d'utilisation, dans la note d'évaluation que la Direction de l'Évaluation et de la Prospective (DEP) a publiée sur "l'usage des enseignants vis-à-vis des Technologies de l'Information et de la Communication" où nous pouvons lire que : « *Au sein de ce grand ensemble constitué d'utilisateurs des TIC en classe, les enseignants font usage de l'ordinateur selon des fréquences diverses. Qu'ils fassent ou non manipuler les élèves, il semble bien que les enseignants du primaire utilisent les TIC en classe au moins une ou deux fois par mois dans la plupart des cas et au moins une fois par semaine pour la moitié d'entre eux* »²².

De même l'étude de 2004, page 54, du réseau d'information sur l'éducation en Europe (EURYDICE) "Chiffres clés des technologies de l'information et de la communication à l'école en Europe" qualifie de "**faibles**" les fréquences d'usage des ordinateurs en quatrième année de l'école primaire en Europe²³.

Nous reprenons des éléments de ses données, permettant de confirmer la situation en France dans le tableau ci-après :

Fréquence des usages	Données "Pays européens" - 2004 -			
	France	Moyenne	Maximum	Minimum
"Jamais ou presque jamais"	35,8	49,9	86,2	7
"Une ou plusieurs fois par mois"	23,9	16,6	39	4,7

22 Note d'évaluation de la DEP décembre 2003, disponible sur le site <http://www.education.gouv.fr/stateval>

23 Version numérique disponible sur <http://www.eurydice.org>

«Plusieurs fois par semaine»	40,3	33,6	68,8	8,2
------------------------------	------	------	------	-----

Le Conseil Stratégique des Technologies de l'Information (CSTI) dans son rapport de Mars 2002 rappelle que la France, « engagée un peu tard sur la voie de l'appropriation des technologies de l'information par le système éducatif, a rattrapé la moyenne des pays européens, mais elle est significativement en dessous des niveaux atteints en Amérique du Nord, dans les pays scandinaves et dans certains pays d'Extrême-Orient : l'enjeu national d'établir la Société de l'information se double de l'enjeu de la compétitivité internationale »²⁴ ce qui corrobore le faible taux d'usage des TICE.

Notre constat de départ est également confirmé à propos de la nature des activités, dans l'étude SITES²⁵ :

« Les usages effectifs des TIC

Dans les situations observées à l'école, l'élève est familiarisé à l'utilisation des TIC à travers le traitement de texte et la création de pages WEB. Les deux écoles de l'étude utilisent les fonctions traditionnelles de l'ordinateur : recherche, sauvegarde, impression, scanner, traitement de texte (écriture de romans qui servent ensuite de supports de lecture) consultation de pages WEB, réalisation de pages HTML, utilisation de messagerie électronique (échanges avec l'auteur d'une méthode de lecture par messagerie électronique), mise en œuvre, grâce à des logiciels ludo éducatifs, de jeux inter-actifs avec d'autres classes » mais aucune référence à un autre domaine disciplinaire !

Enfin d'autres rapports, notamment du CREDOC, sur des thèmes voisins autour des usages des TIC, vont dans le même sens.

Le fait que notre constat ne porte pas sur un enseignant isolé, mais sur une population assez significative des enseignants de ce département²⁶, place le problème au niveau de la profession au-delà de notre impression personnelle d'enseignant formateur.

²⁴Recommandation du 8 Mars 2002 relative à la formation p. 4. Accessible sur le site :

<http://www.csti.pm.gouv.fr/fr/avis/avis-8mars02-rappGpC.html>

²⁵ Seconde Étude Internationale sur les Technologies d'Information et de communication, note d'évaluation de janvier 2003, téléchargeable sur le site <http://www.education.gouv.fr>

²⁶ La répartition des écoles départementales (données Inspection Académique 2007) est d'environ 5% de classes uniques, 49% de classes en regroupement communal, 17% de classes urbaines et 28% de classes semi ou péri-urbaine. Notre population se répartit sur 20% de classes uniques, 40% de classes en regroupement communal, 20 % classes urbaines et 20% classes semi-urbaines.

L'intégration des TICE observée dans 150 activités dont 93 de cycle 2 ou 3 a confirmé notre perception des usages mais ne permet pas d'expliquer le peu d'utilisation qui en est faite en mathématique.

C'est pourquoi la question de départ de notre recherche sera :

Pourquoi les enseignants de l'école primaire intègrent-ils peu les TICE dans les pratiques mathématiques ?

2 Démarche générale de la recherche

Une fois le constat validé par le traitement de ce recueil de données, pour expliquer le pourquoi de cet état (certes local mais peut-être significatif), nous avons fait **deux hypothèses** :

- l'une portant sur les influences externes à la classe, c'est-à-dire institutionnelles
- l'autre portant sur les raisons internes à la classe

Cette recherche se décomposera donc en deux parties qui constituent une tentative de valider ces deux hypothèses de façon séparée avant de les unifier dans une conclusion générale. La méthodologie du traitement de ces deux hypothèses sera présentée dans les chapitres associés.

Dans une première partie, nous étudierons donc les contraintes externes que nous avons identifiées comme étant essentiellement des influences institutionnelles : les programmes, les équipes de circonscription et les manuels, objets de l'institution École susceptibles de définir un rapport institutionnel aux TICE pour les enseignants. La Théorie Anthropologique du Didactique (TAD) nous aidera à mettre en évidence la manière dont ces objets institutionnels influencent la pratique des enseignants.

Dans une deuxième partie, nous nous intéresserons aux contraintes internes que peuvent constituer les pratiques mathématiques, les situations d'apprentissage, le rôle de l'enseignant et l'instrument TICE. La théorie des situations didactiques, la théorie anthropologique du didactique et l'approche instrumentale nous permettront d'éclairer ces notions. Elles nous aideront à comprendre les pratiques de cinq enseignants d'école primaire

que nous avons observés pendant plusieurs mois, dans le but d'effectuer une enquête qualitative sur la manière dont les enseignants intègrent les TICE pour l'apprentissage des mathématiques.

Cette deuxième partie se terminera par l'analyse des résultats qui portera sur l'évolution individuelle de chaque enseignant, puis sur une comparaison entre les enseignants. Par cette analyse nous tenterons de faire émerger un savoir professionnel que nous qualifierons d'«Auto-apprentissage».

Nous allons donc maintenant interroger la première hypothèse : l'enseignant est contraint par des influences externes à la pratique de la classe.

Première partie

Influences institutionnelles sur l'intégration des TICE en mathématique

Après avoir fait le constat, dans le chapitre précédent, de la faible intégration des Technologies d'Information de Communication pour l'Enseignement (TICE) nous allons développer dans ce chapitre l'identification des conditions et des contraintes externes à la classe qui conduisent à cet état de fait : le faible niveau d'intégration des TICE.

Nous allons présenter la méthodologie générale de l'étude des influences externes sur l'introduction des TICE dans les pratiques enseignantes en mathématiques à l'école élémentaire, puis le cadre théorique qui nous a permis d'interroger les rapports institutionnels des sujets en jeu, à l'aide de ce cadre théorique nous analyserons les données recueillies sous diverses formes.

1 Méthodologie générale de ce chapitre

La validation du constat que les TICE sont peu utilisées dans l'enseignement des mathématiques à l'école primaire et le cadre de la Théorie Anthropologique du Didactique nous ont permis de formuler l'hypothèse que l'enseignant est soumis à des influences externes à la classe, c'est-à-dire institutionnelles.

Ce sont les notions d'institution, de praxéologie et les modes d'intégration des TICE empruntées à la TAD qui vont nous permettre d'avancer dans cette étude. En effet, la recherche et la description des objets institutionnels auxquels sont confrontés les enseignants dans leur "pratique de classe" vont nous conduire à identifier, privilégier et analyser l'influence de trois objets institutionnels :

- les programmes : évolution historique de l'intégration des TICE et analyse des derniers programmes en Mathématiques, dans le but de repérer des indicateurs susceptibles d'influencer les enseignants
- Les équipes de circonscription : A partir d'entretiens locaux enregistrés de 3 I.E.N.²⁷ responsables des TICE, de 3 C.P.A.I.E.N., de 3 M.A.I., nous avons élaboré un questionnaire national envoyé par courrier électronique à 95 I.E.N. responsables des TICE, et à leurs équipes de circonscription. Cette enquête exploratoire avait pour but d'identifier le rapport personnel de ces responsables à l'intégration des TICE en Mathématiques, susceptible d'influencer les enseignants et leurs attendus

27 I.E.N. : Inspecteur de l'Éducation Nationale

C.P.A.I.E.N. : Conseillers Pédagogiques auprès des I.E.N.

M.A.I. : Maître Animateur Informatique

- les manuels : étude de 5 manuels à la recherche de la présence des TICE dans les séances de Mathématiques et le dispositif d'utilisation, accompagnée d'une enquête auprès de leurs auteurs (questionnaire succinct aux 5 auteurs et entretien téléphonique enregistré avec les auteurs de 2 manuels intégrant des TICE.)

L'ensemble de cette étude avait pour but de connaître des conditions d'une intégration et d'une non intégration des TICE qui pouvait prendre appui à l'extérieur de la classe.

La validation du constat et les questions suggérées

Si les niveaux d'équipements informatiques et le rapport nombre d'élèves par ordinateur ne semblent pas déterminants, en revanche nous retiendrons deux observations : d'une part, les enseignants utilisent peu les logiciels pour les mathématiques et principalement des exercices, d'autre part, ils utilisent la technologie « ouverte » du traitement de texte en français.

Cela reflète une représentation que se font les enseignants de l'usage de l'outil informatique dans leur classe.

Les usages en mathématiques sont peu nombreux, limités dans leur fonction, quelles que soient les conditions d'organisation de la vie de la classe. Le domaine de la langue semble être plus ouvert à d'autres pratiques.

Face à ce constat plusieurs questions se posent :

- Quelle influence a sur l'École et ses enseignants la « société de l'information et de la communication » ?
- Quelles sont les influences que peut ressentir l'enseignant lorsqu'il s'interroge sur l'utilisation des TICE dans sa classe ?
- Entre l'image de l'informatique et les programmes, quels sont les repères dont il dispose ?
- Comment l'administration l'aide à s'orienter entre programmes et mise en œuvre dans la classe ?
- Quelles sont les aides qu'il peut trouver dans les manuels, outils familiers pour construire la classe ? Quelles sont les directions indiquées par les auteurs des manuels ?

Cela nous amène à formuler deux hypothèses pour identifier les conditions et des contraintes de l'intégration des Technologies d'Information de Communication dans l'Enseignement (TICE) qui constituent notre question de départ.

La première hypothèse est que l'enseignant est conditionné et contraint par le fonctionnement interne de la classe (les habitudes des enseignants pour piloter « leur » classe). Nous la traiterons dans le prochain chapitre.

La deuxième hypothèse prend en compte les influences extérieures aux classes (les attentes de la société exprimées à travers les programmes, les manuels,...) dans l'institution École.

Cela nous conduit à analyser l'influence des programmes, des inspections départementales et des manuels sur les pratiques enseignantes de préparation et de construction de leurs activités d'enseignement des mathématiques qui intègrent des TICE.

Pour cela, nous allons présenter les éléments du cadre théorique que nous utilisons pour définir les institutions, les objets institutionnels, les rapports à l'institution des enseignants et les modes d'intégration instrumentale des TICE.

1 Cadre théorique

1.1 Présentation générale

Au préalable, nous devons préciser que notre parti pris épistémologique est d'ancrer ce travail dans le domaine de la didactique des mathématiques. En cela nous reprenons à notre compte la proposition qui affirme que « *[la didactique]...consiste à prendre comme objet premier à étudier (et donc à questionner, à modéliser et à problématiser selon les règles de l'activité scientifique), non pas le sujet apprenant ou le sujet enseignant, mais le savoir mathématique qu'ils sont censés étudier ensemble, ainsi que l'activité mathématique que leur projet commun d'étude les portera à réaliser.* » (BOSCH, 1999)

Notre cadre théorique, multi-dimensionnel, s'appuie sur différents travaux :

– ceux des chercheurs utilisant la Théorie Anthropologique du Didactique (TAD) « *qui situe l'activité mathématique, et donc l'activité d'étude en mathématiques, dans l'ensemble des activités humaines et des institutions sociales* » (CHEVALLARD, 1998a) et plus spécifiquement avec l'outil informatique (ASSUDE, 2002).

– ceux des chercheurs utilisant la Théorie des Situations Didactiques (TSD) qui donne des outils d'analyse pour l'étude « *du système des acteurs et des milieux qui permettent la production et la diffusion d'une connaissance précise. Elle permet de modéliser certaines conditions d'équilibre et d'existence de ces systèmes* ». (BROUSSEAU, 2001)

– ceux des chercheurs ayant une approche ergonomique (RABARDEL, 1995) et (TROUCHE, 2006) qui permet d'étudier la dimension instrumentale des outils utilisés.

Cependant nous ne nous appuyerons dans cette partie que sur l'approche de la TAD parce qu'elle nous donne des outils pour interpréter les influences de l'institution sur les pratiques intégrant les TICE.

1.1 Les éléments de la TAD utilisés

Nous avons utilisé quatre concepts de la théorie Anthropologique du Didactique pour analyser les influences institutionnelles que subissent la préparation et la conception de l'intégration des TICE dans les activités mathématiques de l'école primaire.

Le concept d'œuvre est défini par CHEVALLARD (1996) comme « *toute production humaine O permettant d'apporter réponse à un ou des types de questions Q , questions « théoriques » ou « pratiques », qui sont les raisons d'être de l'œuvre – et cela sans considération de la « taille » de l'œuvre. [...] La société se constitue par une accumulation plus ou moins ordonnée d'œuvres, qui donnent chacune des éléments de réponse à quelques questions plus ou moins vitales. En particulier, il n'existe pas d'œuvre totale, même s'il existe des œuvres à visée de totalisation. [...] la plupart des œuvres sont des œuvres anonymes, et des œuvres ouvertes, fruit de l'action d'un collectif innombrable, recrutant dans la suite des générations.* »

Les institutions :

Pour CHEVALLARD, (1998b) « *Les institutions sont des œuvres d'un type particulier. Une institution I est un dispositif social « total », [...] qui permet – et impose – à ses sujets, c'est-à-dire aux personnes x qui viennent y occuper les différentes positions p offertes dans I , la mise en jeu de manières de faire propres, et plus largement de praxéologies déterminées.* » Il reprend cette conception des travaux de DOUGLAS exposés dans « Comment pensent les

institutions » (réédition 2004) . Nous retiendrons pour cette étude d'une part le fait que les institutions se créent collectivement²⁸ et ce faisant créent l'identité²⁹. Cependant leur existence n'a de réalité que si elles s'imposent dans une permanence, une stabilité³⁰ qui l'inscrit dans la société. D'autre part que l'analogie³¹ et le classement³² sont des outils pour stabiliser, structurer les institutions.

Ces idées sont aussi présentes dans la définition que donne l'Encyclopædia Universalis de l'institution : « *l'ensemble des règles établies pour garantir la satisfaction des intérêts de la collectivité et des organes qui veillent à leur maintien* ».

La praxéologie :

Nous retiendrons à partir des travaux de CHEVALLARD les entrées suivantes :

L'enseignant et l'élève sont des construits de l'institution école où ils occupent une position. Celle-ci « *est caractérisée par un répertoire de gestes, que son occupant, x, doit accomplir dans le cadre d'un certain nombre de dispositifs* » en référence à des connaissances et savoirs. Un des exemples de geste donnés par CHEVALLARD (1996, p. 84) est le choix d'un manuel. L'activité de l'enseignant se décline en types de tâches *T* qui sont problématiques ou routiniers. « Si *T* est routinier pour *x*, c'est que *x* possède, et maîtrise, une « manière de faire », soit ce que j'appellerai une *technique*, τ , pour accomplir les tâches *t* du type *T*. » CHEVALLARD (1996, p. 85)

Pour comprendre et justifier une technique, les sujets d'une institution auront besoin d'une « *technologie* [θ] de la technique – un *logos* qui rende raison de la *technè* ». La justification de la technologie de la technique constitue la « *théorie* [Θ] de la technique ». CHEVALLARD (1996, p. 93)

« Etant donné *T*, j'appelle alors *organisation praxéologique* ou *praxéologie* relative à *T* le

28 DOUGLAS 2004, pp 63-78

29 Ibidem p. 94 : « Les anthropologues admettent généralement l'enseignement de Quine selon lequel c'est le fait d'être pris dans une structure théorique qui confère leur identité aux objets, ou leur similitude. Mais comme le dit David Bloor, les théories mathématiques sont des institutions et réciproquement. Nous voudrions ajouter que les institutions accomplissent les mêmes tâches que les théories. Elles aussi confèrent leur ressemblance aux objets. »

30 Ibidem p 155 : « Leur stabilité est acquise quand elles s'établissent dans des formes reconnaissables... »

31 Ibidem p. 84 : « les institutions se fixent grâce à une analogie structurelle avec le corps. »

32 Ibidem p. 154 « Les dictionnaires de l'industrie française montrent bien que les classifications qui émanent de classifications administratives ont une assise territoriale tandis que celles qui proviennent d'institutions industrielles insistent sur la production ; ce pour quoi les classifications sont conçues et ce qu'elles sont susceptibles ou non de faire varient dans chaque cas. »

complexe $T/\tau / \theta / \Theta (p)$; lorsque $p = \pi$ [professeur enseignant les mathématiques] je parlerai d'organisation *didactique* (plus précisément : didactique professorale) relative à T . » CHEVALLARD (1996, p. 95) Pour CHEVALLARD « l'adjectif « didactique » est pris ici comme correspondant au substantif « étude » : *est didactique ce qui est relatif à l'étude.* » CHEVALLARD (1996, p. 101)

Ce qui distingue le professeur des autres sujets de l'école c'est sa fonction d'aide à l'étude en tant qu'*expert supposé*. « Cela se traduit par le fait que, dans cette institution qu'est l'École, ainsi que, surtout, dans ces sous-institutions que sont l'établissement et la classe, le professeur est comptable de l'orthodoxie *de tout ce qui relève de l'œuvre O.* » CHEVALLARD (1996, p. 103)

La relation instrumentale Maths-TICE :

Des travaux d'ASSUDE (2002, 2007), sur l'intégration du logiciel Cabri nous retiendrons que :

Dans une activité parfaitement intégrée dans le cadre institutionnel défini par les savoirs géométriques, l'enseignant va devoir gérer deux ruptures, l'une dans l'usage des techniques de résolution de problèmes en géométrie, l'autre dans l'usage social de l'ordinateur par les élèves.

A la contrainte sur les pratiques mathématiques, quelque soit l'environnement dans lequel est présentée la situation mathématique, s'ajoute la contrainte liée au rapport des élèves et de l'enseignant aux TIC dans et hors de l'école.

L'enseignant aura donc à sa charge les choix d'activités avec la prise en compte de ces conditions.

Il devra faire des choix de types de tâches pour « *qu'il y ait une " juste distance " entre les objets anciens et les objets nouveaux, entre les pratiques anciennes [les habitudes de travail dans la classe, certaines règles du contrat didactique] et les pratiques nouvelles [démarche de recherche dans un environnement numérique], et cette " juste distance " s'obtient par l'entrelacement de l'ancien et du nouveau.* » Le principe de base pour trouver la « juste distance » entre l'ancien et le nouveau qui a été l'une des conditions d'intégration de Cabri dans les classes a été qu'une « *connaissance doit apparaître en tant qu'outil pour résoudre une difficulté ou une question.* » (ASSUDE, 2002)

Dans l'entrelacement entre l'ancien et le nouveau, l'enseignant sera contraint par le rapport entre l'outil TICE et les connaissances mathématiques qui devrait en découler pour obtenir des conditions d'intégration satisfaisantes.

L'enseignant devra prendre en compte le rapport entre l'outil TICE et les connaissances mathématiques qui évoluent dans un temps long de la classe.

1.1.1.1 Les modes d'intégration des TICE

Nous reprenons la modélisation, réalisée par ASSUDE, de différents modes d'intégration que nous pouvons observer dans les pratiques de classe. Le mode d'intégration instrumental et le mode d'intégration praxéologique que nous allons présenter ci-après.

Le mode d'intégration du logiciel Cabri est caractérisé par quatre types : « *l'initiation instrumentale, l'exploration instrumentale, le renforcement instrumental et la symbiose instrumentale* » ASSUDE (2007) par plusieurs critères, le niveau de connaissance de l'outil « Cabri » et l'existence dans le travail de l'élève d'une « *Tache de type Cabri* » (TAC), une « *Tâche de type Mathématique* » (TAM) ou son absence, une « *connaissance instrumentale* » (IK), une « *connaissance Mathématique* » (MK) et le « *rapport entre la connaissance Mathématique et la connaissance Instrumentale* » (MK/IK) dont les relations sont présentées dans le tableau ci-dessous :

	Débutant		Non débutants	
	Initiation	Exploration	Renforcement	Symbiose
TAC	x			
TAM		x	x	x
IK	x	x		x
MK			x	x
IK/MK		KM prétexte pour KI	IK outil pour KM	Max

Le mode d'intégration praxéologique est défini par cinq types d'intégration praxéologique : vide, minimal, juxtaposé, entrelacé et maximal.

Il a pour objectif de décrire l'activité des élèves en termes de praxéologies mathématiques que nous avons présentées précédemment (c'est-à-dire en termes de « *Tâches, Techniques, Technologie et Théorie* » dont les deux éléments tâches et techniques seront essentiellement

rencontrés à l'école primaire), ASSUDE identifie d'une part les rapports entre les praxéologies dans l'environnement "papier-crayon" ou "Cabri" et d'autre part leur statut en termes d'ancien ou de nouveau.

Ses critères permettent d'établir les indicateurs suivants c'est-à-dire s'il s'agit :

- d'un type de tâches Logicielles (TAL) ancien ou nouveau par rapport au logiciel ;
- d'un type de tâches "papier-crayon" (TAPP) ancien ou nouveau ;
- de techniques de l'environnement logiciel (TEL) anciennes ou nouvelles ;
- de techniques "papier-crayon" (TEPP) anciennes ou nouvelles ;
- d'une relation entre les tâches de l'environnement logiciel et les tâches en environnement "papier-crayon" (TAL/TAPP) ;
- d'une relation entre les techniques de l'environnement logiciel et les techniques en environnement "papier-crayon" (TEL/TEPP) ;
- de techniques sans justification technologique ou théorique (WTE) ;
- de techniques avec des justifications (STE)

Elle définit un mode d'intégration praxéologique selon cinq types : vide, minimal, juxtaposé, entrelacé et maximal par « *A mode is void if there are no TAC and TEC in the pupil's mathematical activities. A mode is minimal if there are TAC and TEC, and there are no TAPP and TEPP. A mode is juxtaposed if there are TAC, TEC, TAPP, TEPP and no relationships between these tasks and these techniques. A mode is intertwined if there are TAC, TEC, TAPP, TEPP and there are some relationships between these tasks and techniques and all techniques are weak. A mode is maximal if there are all types of tasks and techniques and strong relationships between these tasks and techniques and if there are STE and new rules of didactic contract taking into account the specificity of dynamical geometry software.* » (ASSUDE, 2007)

résumé dans le tableau ci-dessous :

	Void	Minimal	Juxtaposed	Intertwined	Maximal
TAC		x	x	x	x
TAPP			x	x	x
TEC		x	x	x	x
TEPP			x	x	x
TAC/TAPP				some relations	x
TEC/TEPP				some relations	x
WTE				x	
STE					x

La mise en relation de « *instrumental and praxeological modes associated with other variables like as « old and new dialectic », « rules of didactic contract » and the « number of sessions », are a means to define a degree of ICT³³ integration* » donne quatre degrés d'intégration *zero, low, medium and strong*.

« *A degree of ICT integration is low if the instrumental mode is initiation, if the praxeological mode is minimal or juxtaposed and if there is no dialectic between old and new tasks and techniques and no changes in didactic contract. A degree of ICT integration is medium if the instrumental mode is initiation and reinforcement, if the praxeological mode is juxtaposed or intertwined, and if there are some relations between old and new and some changes in didactic contract. A degree of ICT integration is strong if all those dimensions are implemented in classroom.* »

Ces éléments du cadre théorique nous permettent de penser les conditions de dévolution des situations, et les contraintes que cela devrait établir sur l'institutionnalisation des apprentissages mathématiques et TICE. Nous devrions donc les retrouver dans les phases de projection et de construction des séances. C'est donc avec ces éléments de la TAD que nous allons à présent préciser le contexte des pratiques des enseignants.

1.1 Institutions et objets institutionnels

L'École est une œuvre de la société présente au point 13³⁴ du préambule de la constitution de la V^e république « *la Nation garantit l'égal accès de l'enfant et de l'adulte à l'instruction, la formation professionnelle et à la culture. L'organisation de l'enseignement public gratuit et laïque à tous les degrés est un devoir de l'Etat.* » Elle constitue un dispositif social pour répondre à la question de l'éducation de ses membres.

Mais l'École est aussi une Institution au sens où elle organise et impose notamment aux élèves et enseignants des manières de faire. Pour cela, elle utilise d'autres œuvres (les mathématiques, l'informatique, la classe, les ordinateurs de la classe, la salle informatique, la BCD [Bibliothèque Centre Documentaire] et les programmes, les inspections départementales, le manuel, etc) qui sont autant d'objets institutionnels, pour lesquels il existe un rapport attendu par l'institution, défini par les textes de loi et autres textes.

33 Information Communication Technology (ICT)

34 <http://www.legifrance.gouv.fr/html/constitution/const02.htm>

Parmi ces œuvres, les programmes, les inspections départementales et les manuels ont retenu notre attention comme pouvant être des influences extérieures à la classe sur les utilisations des technologies numériques.

C'est pourquoi, avant d'aborder ces trois objets institutionnels cités précédemment il nous semble nécessaire de parler de l'institution "technologies numériques".

1.1.1 Les technologies numériques

Les technologies numériques³⁵ sont une réponse à une question de la société :

Initialement, comment gérer de façon toujours plus performante le stockage, le traitement et la diffusion de données pour répondre aux besoins de développement économique et social du monde.

La rupture avec les technologies précédentes a favorisé le développement d'autres supports qui influencent la vie privée des citoyens. Aujourd'hui, nous pouvons penser qu'au-delà de cet objectif, l'informatique contribue au développement d'une société centrée sur l'individu.

Dans notre société de communication et d'information, les technologies numériques s'imposent comme institution en répondant à tous les critères de CHEVALLARD développés précédemment :

Les technologies numériques sont un média social dont la tentation totalitaire n'est plus discutable.

La grande majorité des citoyens de notre société y occupent des positions institutionnelles : joueur, cinéphile, secrétaire, technicien, ingénieur, utilisateur transparent (les cartes à puce, la télévision ou les voitures les plus récentes ne sont pas identifiées par de nombreux usagers comme des objets où vit l'informatique... jusqu'au moment de la panne...), enseignant, élève, utilisateur du « home-learning », programmeur, législateur,...

Les objets de cette institution sont nombreux et divers (lecteur mp3, carte à puce, téléphone, jeu vidéo, outil de bureautique, ordinateur, clé électronique,...)

Une des manières de faire que nous impose cette institution est l'usage de l'iconographie pour comprendre et utiliser les fonctions de ces objets... il en existe d'autres, le clic, l'analyse descendante...

Cette œuvre est devenue une institution que la société gère par des actions gouvernementales

³⁵ Nous reprenons la terminologie de la dix-septième étude de l'International Commission on Mathematical Instruction (ICMI) "Digital technologies and mathematics teaching and learning: Rethinking the terrain" (2006) qui englobe aussi bien les ordinateurs de toutes formes, les usages d'internet, les téléphones portables et leurs SMS ou les calculatrices. Accessible en ligne à l'adresse <http://www.math.msu.edu/~nathsinc/ICMI/>

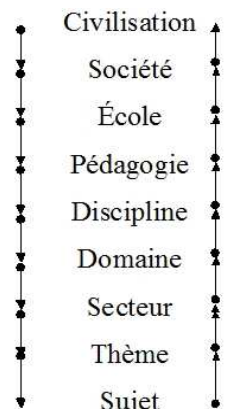
ou européennes³⁶.

La diversité des positions et des objets laisse comprendre que les rapports personnels des sujets dans une position p, seront divers et influencés par les autres objets et les autres positions que la personne pourrait rencontrer dans d'autres institutions ou sous institutions.

Même si nous observons parfois, dans l'institution "Technologies numériques", de fortes résistances (par exemple à l'utilisation d'une carte bancaire, du courrier électronique, etc) qui caractérisent bien un rapport personnel à cette institution, il faut sortir de notre société et entrer dans des cultures différentes, pour trouver des sujets qui n'ont jamais rencontré des objets associés à ces technologies.

Si le nombre d'assujettissements d'un individu à des institutions est très difficilement identifiable, cette personne est, indiscutablement, une réunion de sujets dans différentes positions dans l'ensemble des institutions fréquentées. Les enseignants, les élèves, les inspecteurs ou les auteurs n'échappent pas à la règle. Les technologies numériques avant d'être introduites comme sujet d'étude sont déjà entrées dans les classes par les assujettissements de ses sujets.

Ce que CHEVALLARD (2004) a présenté sous la forme d'une « échelle des niveaux de co-détermination didactique, qui, en quelque sorte, "encadrent" ce qu'il est possible de faire en matière de diffusion des connaissances et des savoirs, c'est-à-dire en matière didactique. » Il énonce que l'échelle ci-contre traduit « ce qu'on peut faire à tel échelon – par exemple dans l'étude de tel thème mathématique – dépend des contraintes imposées et des conditions créées par les échelons supérieurs (c'est ce que signifient les flèches descendantes du schéma). [...] Il est



bien entendu que, inversement, le fait de parvenir, en un certain échelon de détermination didactique, à modifier le jeu des conditions et des contraintes a, en règle générale, des répercussions aux autres niveaux, jusqu'au niveau de la civilisation si l'on suit le schéma proposé ! C'est ce que signifient, bien sûr, les flèches ascendantes du schéma. »

36 Le plan d'action eEurope 2005 succède au plan d'action 2002 qui était surtout axé sur l'extension de la connectivité Internet en Europe. Le nouveau plan d'action, approuvé par le Conseil européen de Séville en juin 2002, vise à traduire cette connectivité par un accroissement de la productivité économique et une amélioration de la qualité et de l'accessibilité des services au profit de l'ensemble des citoyens européens, en s'appuyant sur une infrastructure large bande sécurisée et disponible au plus grand nombre.

L'observation des usages des différentes œuvres de l'institution "Technologies numériques" montre qu'il n'existe qu'une continuité par morceau. Les points singuliers ou limites devront faire l'objet d'une attention particulière comme nous le rappelle ASSUDE (2002) à propos des logiciels de jeu et Cabri.

Objet de la société, l'École doit faire des technologies numériques un objet d'étude que les programmes désignent depuis 1980.

1.1.2 Les programmes

En référence à la définition de l'œuvre par CHEVALLARD, nous nous demandons à quelles questions répondent les programmes considérés comme une « production humaine ».

Les « lois Ferry », du 16 juin 1881, qui établissent la gratuité absolue de l'enseignement dans les écoles primaires ainsi que les lois des 28 mars 1882 et 30 octobre 1886 qui définissent et organisent l'enseignement primaire obligatoire, pour les garçons et les filles, et instaurent la laïcité, contribuent à répondre à la question : quelle éducation donner dans une démocratie ?

Aujourd'hui ces textes se sont naturalisés : nous ne remettons plus en question l'école gratuite et obligatoire, l'égalité d'accès pour les garçons et les filles ni la laïcité. Ces idées, même si elles peuvent être interrogées comme nous l'avons vu récemment avec la laïcité, expriment une continuité et une identité, qui résistent au temps et aux changements politiques. En cela, les programmes contribuent à la stabilité de l'école institution, au sens de DOUGLAS, en répondant à la question : quelles sont les valeurs fondatrices ?

Toujours en référence à CHEVALLARD, les programmes sont des objets institutionnels, des moyens par lesquels l'école « permet et impose à ses sujets [entre autres les enseignants] la mise en jeu de manières de faire propres, et plus largement de praxéologies déterminées ». Ils sont une réponse à la question : comment l'institution s'impose à ses sujets, ici les enseignants ?

La fonction des programmes s'exprime clairement à travers les textes suivants :

- « *Les programmes [...] constituent le cadre national au sein duquel les enseignants organisent leurs enseignements en prenant en compte les rythmes d'apprentissage de chaque élève.* » Article L. 311-3 du Code de l'Éducation³⁷
- « *Ces programmes fixent le cadre de référence nécessaire à l'action de chaque*

³⁷ Livre III L'organisation des enseignements scolaires, Titre I^{er} L'organisation générale des enseignements, Chapitre I^{er} Dispositions communes

enseignant. Ils ne constituent pas seulement un outil pédagogique. J'ai voulu qu'ils soient simples, d'un maniement et d'un usage aisés, rédigés sans technicité inutile : destinés à tous les français et non aux seuls spécialistes, ces programmes, je le souhaite, indiqueront clairement à chacun les missions que la nation assigne à son école. » F. Bayrou ministre de l'éducation Nationale, préface des programmes, 1992.

- « *Une école pour l'enfant, des outils pour les maîtres* » : sous titre des Programmes de l'École Primaire de 1995
- « *Les présents programmes s'inscrivent dans la tradition qui consistait à expliciter de manière détaillée non seulement les contenus d'enseignement arrêtés, mais aussi les méthodes et l'organisation des activités susceptibles de les appliquer de manière efficace et cohérente.* » B.O. du 12 avril 2007

Les programmes constituent donc un cadre national qui s'adresse à tous les enseignants et un cadre de référence qui leur indique « des manières de faire propres ».

Ils s'imposent aussi en définissant les outils avec lesquels les enseignants doivent enseigner :

- « *Les manuels doivent redevenir les instruments de travail qu'ils n'auraient jamais dû cesser d'être* » B.O. du 12 avril 2007
- « *Les maîtres sauront utiliser la diversité des moyens mis à leur disposition (études dirigées, technologie de l'information et de la communication, projets artistiques et culturels, activités physiques et sportives)* B.O. du 12 avril 2007

Les programmes constituent donc un outil dont un enjeu est d'instruire les enseignants sur les pratiques attendues c'est-à-dire de les éclairer sur des connaissances nouvelles à enseigner et des techniques à utiliser pour enseigner. CHEVALLARD (1992) qualifie « d'apprentissage » les changements dans les rapports d'un sujet à un objet sous la contrainte d'un rapport institutionnel à ce même objet. En appliquant cette définition à l'enseignant en tant que personne et aux programmes en tant qu'objet nous pouvons dire que les enseignants apprennent³⁸.

Par la loi, parce que « nul n'est censé ignorer la loi », les programmes s'imposent aux

38 Ibidem, page 89-90 : « Supposons donc que la personne X entre dans l'institution I, et soit O un objet institutionnel pour I. L'objet O va se mettre à « vivre » pour X *sous la contrainte du rapport institutionnel* $R_I(O)$. En d'autres termes, un rapport personnel $R(X,O)$ va se construire ou va changer sous la contrainte $R_I(O)$ – et, plus largement, sous la contrainte du contrat institutionnel C_I [...] Il y a donc apprentissage (pour la personne X relativement à l'objet O) lorsque $R(X,O)$ change. »

enseignants dans un « contrat institutionnel »³⁹. Les enseignants, sous l'influence de la formation initiale ou continue et des conseillers pédagogiques sont incités à s'informer des « programmes ». Cela contribue à créer des conditions d'un assujettissement à l'École. Cet assujettissement peut inciter l'enseignant à lire, explorer, s'appropriier les nouveaux textes des programmes. Nous pouvons alors parler d'un « système *autodidactique*, où la même *personne* occupe les positions d'enseignant et d'enseigné » CHEVALLARD (1992, p. 94).

Les enseignants sont donc contraints à appliquer les programmes et leur mise en œuvre est contrôlée par les inspections.

1.1.1 Les inspections départementales

Les inspections départementales constituent des œuvres de l'institution « École » permettant de répondre à la question :

Quelle structure administrative mettre en place dans une circonscription pour permettre à l'inspecteur de l'éducation nationale de répondre aux missions qui lui sont attribuées par les articles du code de l'éducation R. 241-19⁴⁰ et L912-1-1⁴¹ ?

Cette œuvre « inspection départementale » a un statut d'institution par le statut social et administratif que les lois lui confèrent et par les positions que les sujets, enseignants des classes de la circonscription, Inspecteur de l'Éducation Nationale (I.E.N.), conseiller pédagogiques (C.P.A.I.E.N.), Maîtres animateurs Informatique (M.A.I.) y occupent.

Nous développerons ultérieurement comment, à partir d'enquêtes et de questionnaires, nous

39 En référence avec le plan d'action «eEurope 2005», Op. Cit. page 35

40 « Article R. 241-19 : Les inspecteurs d'académie-inspecteurs pédagogiques régionaux et les inspecteurs de l'éducation nationale veillent à la mise en œuvre de la politique éducative arrêtée par le ministre chargé de l'éducation. À cet effet, dans le cadre du programme de travail académique arrêté conjointement par l'inspecteur général de l'éducation nationale correspondant académique et le recteur de l'académie, ils ont vocation à exercer sous l'autorité de ce dernier les missions ci-après :

a) Ils évaluent dans l'exercice de leur compétence pédagogique le travail individuel et le travail en équipe des personnels enseignants, d'éducation et d'orientation des écoles, des collèges et des lycées et concourent à l'évaluation de l'enseignement des disciplines, des unités d'enseignement, des procédures et des résultats de la politique éducative. Ils procèdent, notamment, à l'observation directe des actes pédagogiques ;

b) Ils inspectent, selon les spécialités qui sont les leurs, les personnels enseignants, d'éducation et d'orientation des écoles, des collèges et des lycées et s'assurent du respect des objectifs et des programmes nationaux de formation, dans le cadre des cycles d'enseignement ; ils sont chargés des missions d'inspection prévues par l'article L. 119-1 du code du travail ;

c) Ils participent à l'animation pédagogique dans les formations initiales, continues et par alternance, prêtent leur concours à l'élaboration des projets d'établissement et collaborent avec l'inspection générale de l'éducation nationale pour l'évaluation des expériences pédagogiques et leur généralisation ; »

41 « Article L912-1-1 inséré par Loi n° 2005-380 du 23 avril 2005 art. 48 Journal Officiel du 24 avril 2005 : La liberté pédagogique de l'enseignant s'exerce dans le respect des programmes et des instructions du ministre chargé de l'éducation nationale et dans le cadre du projet d'école ou d'établissement avec le conseil et sous le contrôle des membres des corps d'inspection. »

avons cherché à identifier, dans les réponses des inspecteurs, des indicateurs de leurs pratiques pour repérer des éléments de praxéologie concernant les pratiques des I.E.N. et de ce qu'ils attendent des pratiques des enseignants.

La mission d'organisation, de développement de la mise en place et du suivi des TICE dans le département par leur inspecteur d'académie, confère aux I.E.N. et à leur équipe une position très importante dans l'institution. Elle peut modifier, influencer, perturber les rapports institutionnels des autres sujets, notamment les enseignants, et ce jusque dans les autres institutions, par exemple la « classe » ou la « salle informatique ».

Les enseignants trouveront dans l'intervention des inspecteurs, des éléments de compréhension des modalités d'application des programmes. Ils disposent en outre, dans leur classe, d'outils pour organiser l'enseignement dont les manuels.

1.1.2 Le manuel

Le manuel est une œuvre, un artefact⁴² qui selon notre interrogation peut prendre deux positions : celle **d'objet institutionnel** de « l'École » ou celle de **système didactique**.

Comme nous l'avons abordé dans la partie concernant les programmes, c'est la première position que lui attribuent les programmes de 2007 :

« Les manuels doivent redevenir les instruments de travail qu'ils n'auraient jamais dû cesser d'être. »

Dans la Classe, un manuel de mathématiques est donc un objet institutionnel que des sujets en position d'enseignant ou d'élève doivent utiliser.

Les auteurs de manuels de mathématiques ont l'intention d'influencer les pratiques des enseignants. L'usage du manuel dans la classe crée une institution autour de cet objet. Il impose des pratiques ou des stratégies d'enseignement aux différents sujets de l'institution « manuel ».

Les principaux sujets en sont les enseignants, les élèves et les auteurs. L'usage du manuel en dehors de l'école tend à renforcer sa dimension institution en y ajoutant d'autres sujets dans d'autres positions (parents,...). Nous ne traiterons pas cette question ici.

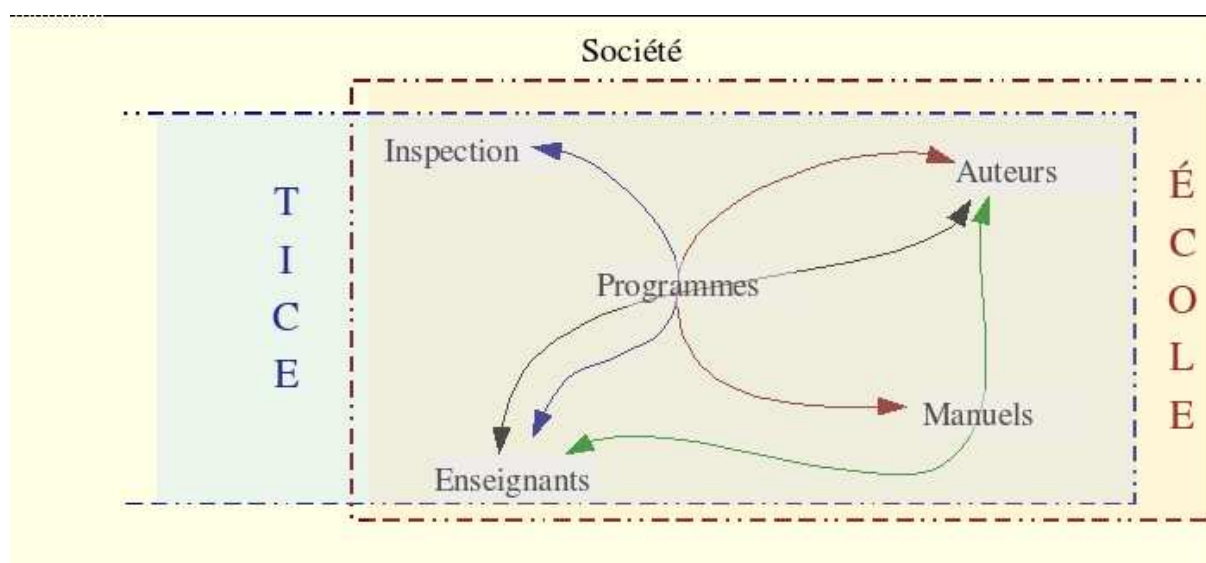
Nous constatons l'importance que peut prendre le manuel pour les usagers de l'école. Certains enseignants vont se fusionner dans une véritable communauté d'usage. Il devient alors l'icône d'un groupe social de sujets : auteurs, enseignants, élèves, parents,... dont l'auteur apparaît

42 RABARDEL (1995, p.59) : « La notion d'artefact désigne en anthropologie toute chose ayant subi une transformation, même minime, d'origine humaine »

comme le porte-parole. Cette situation est souvent observable chez les utilisateurs des collections « J'apprends les maths », « Cap maths » ou « ERMEL », une posture décrite par CHEVALLARD comme « *mécanisme de servitude volontaire [qui] engendre d'ailleurs, en certains sujets de l'institution, de véritables passions institutionnelles, qui sont le symptôme le plus net du désir de pur sujet de l'institution.* » (CHEVALLARD, 1992, p.91). Pour cette dimension du rapport personnel au manuel qui est donné à voir aux sujets de l'institution École, CHEVALLARD parle de composante publique, sur laquelle les sujets seront éventuellement évalués comme conformes au rapport institutionnel.

Ainsi nous retenons de ce cadre théorique que les TICE, les programmes, les inspections et le manuel sont des œuvres de l'institution École qui, à ce titre, permettent et imposent aux enseignants la mise en jeu de manières de faire pour répondre aux attentes de la société.

Ce que nous résumons sous la forme du schéma ci-dessous :



1.1.3 La question de recherche

Notre cheminement ci-dessus nous permet d'arriver à notre question de recherche associée à la première partie sous la forme suivante :

Quelle est l'influence des institutions et des objets institutionnels sur l'intégration des

TICE dans les pratiques enseignantes de préparation et de construction des activités d'enseignement des mathématiques ?

Pour répondre à cette question nous allons analyser les contenus des programmes, les attentes des équipes de l'inspection départementale, les intentions des auteurs à travers leurs manuels et leur discours.

Nous présenterons la méthodologie utilisée au fur et à mesure de l'investigation.

2 Des pratiques sous influence...

2.1 L'influence des programmes

Pour analyser l'influence des programmes sur l'intégration des Technologies d'Information et de Communication dans les pratiques de classe, nous étudierons les programmes de 1980 à 2007.

Nous analyserons trois points : la terminologie, l'évolution historique de l'intégration des TICE et les liens entre les programmes de mathématiques et les TICE aujourd'hui.

2.1.1 Quel sens donner à « TICE » ?

TICE ! Technologie d'Information de Communication pour l'Enseignement ou Technologie d'Information de Communication pour l'Éducation, même le site Éducnet du Ministère de l'Éducation Nationale, de l'Enseignement supérieur et de la Recherche⁴³ ne lève pas cette ambiguïté.

L'histoire de ces technologies est une histoire où le chercheur sur le présent est déjà dans un passé. Les technologies ne s'adaptent plus aux fonctions attendues, elles ouvrent des possibles. L'éducation nationale a du mal à s'adapter malgré des actes velléitaires : 1978, l'opération « 10 000 micros »⁴⁴ dans les lycées, c'est la préhistoire, les TICE sont « **Informatique** » ; 20 ans plus tard ces **Nouvelles Technologies sont Éducatives (NTE)**.

Entre temps les enseignants en formation continue auront été formés à la pratique de « **l'enseignement programmé par machine** », à l'**E.A.O « Enseignement Assisté par Ordinateur »** qui sera vite remplacé par l'**E.I.O « Enseignement Intelligent par**

43 <http://www.educnet.education.fr/superieur/glossaire.htm> 16/09/2006

44 « micros » s'oppose ici aux ordinateurs « minis »

Ordinateur », à l'**E.I.A.O** « **Enseignement Intelligemment Assisté par Ordinateur** » pour certains mais « **Environnement Interactif d'Apprentissage par Ordinateur** » pour d'autres !

En quelques mois les responsables souligneront les fonctions principales de ces Nouvelles Technologies : **Informations et Communication (NTIC)**. Dire qu'elles sont partie prenante de la société n'étant pas compatible avec la nouveauté, elles seront donc **TIC**.

Ces approches ont été transformées par la recherche qui a mis en avant le concept d'**Environnement Informatique pour l'Apprentissage Humain (E.I.A.H.)** où le sujet est au centre de l'activité avant que la technologie reprenne le dessus dans les **E.I.A.D.** « **Environnements Interactifs d'Apprentissage à Distance** ».

Les enseignants auraient eu tort de croire que les fonctions éducatives avaient été abandonnées, il faut penser aujourd'hui avec les **A.C.A.O.** « **Apprentissage Collaboratif Assisté par Ordinateur** » ou **C.S.C.L.** « **Computer-Supported Collaborative Learning** ».

Il est fort probable que l'évolution sera encore enrichie par la recherche autour de l'usage de cette technologie⁴⁵.

Mais cette évolution rapide, étalée sur 30 ans, n'est que trop souvent compréhensible que par des « initiés ». Elle ne crée pas les conditions favorables à une clarification de l'outil TICE.

Aussi pouvons-nous entendre, en « salle des profs », pour parler de l'activité avec les TICE : « j'utilise 'le-nom-du-logiciel' ». Cela renforce l'hypothèse que les enseignants entendent **T.I.C.E. non comme un sigle mais comme l'acronyme TICE**.

Avec les programmes de 2002⁴⁶ pour l'école élémentaire est abandonnée l'idée d'une connaissance de l'outil informatique par la technologie (nous reviendrons sur ce point à propos des programmes) pour favoriser une introduction « *dans les domaines disciplinaires et transversaux de l'école primaire, les programmes et documents d'accompagnement pédagogiques [qui] accordent une place de plus en plus importante aux technologies de l'information et de la communication. Dans toutes les disciplines, la rénovation des programmes doit comporter des recommandations pour l'utilisation de ces technologies dans l'enseignement.* ».

Les TICE désignent donc les technologies numériques utilisées dans un contexte et à des fins

45 Au moment où nous écrivions ces mots nous ne savions pas qu'avec les programmes du collège apparaîtrait les TUIC avec U pour usuelles.

46 Les programmes de 2007 ne modifient pas cette instruction

d'enseignement. Cette description des TICE permet que nous puissions trouver sous le chapitre « Enseignement des mathématiques et technologies de l'information et de la communication⁴⁷ » les sous chapitres « Calculatrices, tableurs et logiciels », « Internet », « les logiciels d'entraînement » et « le rétroprojecteur » avec cette injonction « *l'enseignement des mathématiques doit intégrer et exploiter les possibilités apportées par les technologies de l'information et de la communication !* »

L'histoire de l'informatique, dans les programmes, au cours de ces 30 dernières années, permet de comprendre la capacité d'adaptation que les enseignants ont dû développer pour faire correspondre leur rapport personnel avec le rapport institutionnel attendu à propos de l'outil TICE à introduire dans les pratiques de leurs classes. C'est le point que nous allons développer maintenant.

2.1.2 L'évolution de l'informatique dans les programmes de l'école primaire entre 1980 et 2007

Dans le bulletin officiel n° 34 du 9 septembre 2005 sous l'étiquette « NOUVELLES TECHNOLOGIES Les technologies d'information et de communication dans l'enseignement scolaire » il est rappelé que « *tout citoyen est concerné par l'usage aujourd'hui banalisé d'outils informatiques* ». Pour favoriser l'intégration dans une « société de l'information » le discours général opère un glissement entre les fonctions (information, communication) et l'artefact (l'outil informatique). Cela contraint « *Tout enseignant [qui] est donc désormais plus que jamais concerné par l'usage des outils propres à ces technologies et à leur intégration dans les pratiques pédagogiques.* »

Comment en sommes-nous arrivés là ?

2.1.2.1 Dans les programmes de 1980

Les « contenus de formation à l'école élémentaire cycle moyen »⁴⁸ soulignaient « *l'importance de l'écriture pour communiquer et fixer les connaissances* ». À ce propos l'enseignant devait savoir que « *D'autres moyens se présenteront*⁴⁹ à l'adolescent au cours de

47 Document d'application des programmes mathématiques cycle 3 p 9.

48 1980 CNDP Ministère de l'éducation direction des écoles page 34.

49 Souligné par nous

sa scolarité (dactylographie... télématique⁵⁰...)⁵¹ et, lorsque ce sera possible les maîtres commenceront à familiariser leurs élèves avec les procédés techniques auxquels ils seront ultérieurement confrontés. Mais au cycle moyen, « *l'écriture manuscrite conserve toute sa valeur fonctionnelle...* » et la dactylographie est identifiée pour « *apprendre à se servir éventuellement d'une machine à écrire (première initiation)* »⁵²

A cette étape de l'introduction des TICE (non nommées dans les textes) dans les programmes de l'école primaire, l'enseignant doit intégrer la dimension culturelle de l'objet mais l'usage n'est envisagé qu'exceptionnellement et ne doit pas perturber les pratiques anciennes.

2.1.2.2 Dans les programmes de 1985

Sous le chapitre « Instructions » liées à la discipline « Français », l'enseignant doit favoriser l'usage de l'écriture. Pour cela « *il l'initie [l'élève] à la variété des signes (typographie) et aux divers moyens de les produire (imprimerie traditionnelle, dactylographie, informatique).* » Cette pratique de la langue écrite conduit l'enseignant à produire une « *Initiation à l'écriture non manuelle (machine à écrire, machine de traitement de texte, micro-ordinateur).* »

Concernant les Instructions associées à la discipline « Mathématiques » nous pouvons lire page 41 : « *Enfin l'utilisation de l'informatique, à propos de la résolution d'un problème numérique ou géométrique, en particulier au cours moyen, permet d'initier l'élève à la recherche d'algorithmes et de développer ses capacités logistiques.* » La réponse au comment se trouve en Technologie.

En « Sciences et Technologie », l'élève du cours moyen « *acquiert les rudiments d'une culture informatique* »⁵³ sous la forme d'un contenu explicite qui représente 50 heures sur les deux ans du cours moyen :

50 En 1978, la publication du rapport "l'informatisation de la société" par Simon Nora et Alain Minc fait naître le mot télématique (contraction de téléphone et informatique). C'est une période où les états tentent d'imposer leur vision de la communication numérique. En 1973 les USA mettent en place le réseau ARPANET, en France le réseau Cyclades sera abandonné au profit du réseau Transpac qui sera le support de raccordement généralisé du Minitel dès la fin de 1983 où 120 000 terminaux sont installés gratuitement en France après deux expérimentations dont celle d'Ille-et-Vilaine en 1981.

51 Nous pouvons lire dans cette courte parenthèse l'idée de bureautique définie au journal officiel du 17 janvier 1982 par « l'ensemble des techniques et des moyens tendant à automatiser les activités de bureau et principalement le traitement et la communication de la parole, de l'écrit et de l'image » que J. Martineau décrit dans « La bureautique » Paris : Mac Graw Hills, 1983 cité par la documentation photographique, page 27, n°6085 octobre 1986, comme l'intersection de trois techniques Informatique, Télécommunication et machines de bureau.

52 1980 CNDP Ministère de l'éducation direction des écoles page 26.

53 Ibidem page 53

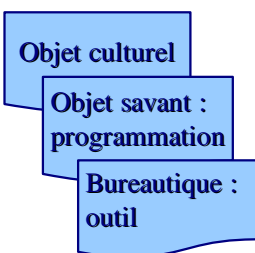
« Objets et systèmes informatiques :

Le développement de l'informatique dans la société (transformation de l'activité professionnelle et de la vie quotidienne par la télématique, la bureautique et la productique ; problèmes sociaux et éthiques).

La technologie informatique (le micro-ordinateur ; automates programmables et robots).

Le logiciel (analyse et modification de logiciels simples ; début de programmation dans une perspective logistique). »

Nous assistons à l'influence directe du développement de la bureautique professionnelle sur les programmes. C'est la première fois que les élèves sont impliqués dans une production proposant l'usage de l'outil informatique qui est nommé. L'étude de « la programmation » est une entrée sur l'objet par sa dimension savante voire « élitiste ».



2.1.2.3 Dans les programmes de 1990

Publiées au B.O. n°9 du premier mars 1990 et par décret n° 90-788 du 6 septembre 1990 Lionel Jospin, ministre de l'Éducation Nationale de la jeunesse et des sports, fixe les nouvelles modalités d'organisation et de fonctionnement des écoles maternelles et élémentaires.

L'évolution concerne l'introduction de la Géographie dans les domaines disciplinaires concernés par l'introduction des TICE dans les pratiques scolaires. Les types d'usage sont un peu plus explicités comme nous allons le voir par la suite.

L'informatique est ancrée dans les compétences transversales pour « *la recherche d'informations ou pour la mise en forme des résultats d'un travail simple*⁵⁴. »

A propos des compétences dans le domaine de la langue, au cycle 3, l'élève doit « *structurer un texte par sa présentation (paragraphes, graphies...) notamment par le recours à un traitement de texte.* » En géographie l'élève doit être « *capable d'utiliser des...documents informatiques et audiovisuels, notamment les apports des média* ».

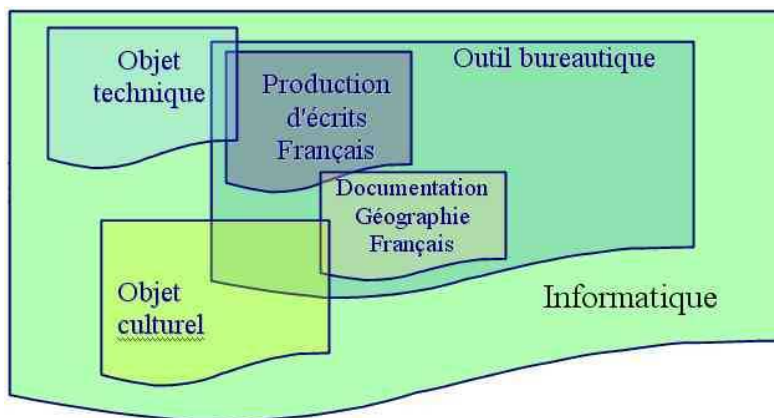
En Sciences et Technologie, les compétences d'ordre disciplinaire sont réduites d'une part, à la dimension « objet technique », ordinateur, automate et d'autre part, à la dimension culturelle l'élève « *mesure quelques-unes des conséquences sociales de l'informatique* ». La programmation disparaît des contenus de technologie et en cohérence il n'est plus fait de

54 1990, Les cycles à l'école primaire, une école pour l'enfant des outils pour les maîtres, p.37, CNDP hachette écoles

référence à l'utilisation de l'informatique en mathématique.

L'informatique est désormais utilisée comme outil transversal de production dans la classe et étudiée comme objet culturel.

L'école maternelle n'est toujours pas concernée.



2.1.2.4 Dans les programmes de 1995 ⁵⁵

Si nous ne trouvons toujours pas de référence à l'école maternelle, en revanche dans les programmes de l'école élémentaire nous notons des évolutions significatives concernant l'usage de l'informatique.

En Français, dès le cycle des apprentissages fondamentaux, les supports intègrent l'ordinateur comme support documentaire au même titre que le dictionnaire. Il devient un outil pour la Production d'écrits, l'Écriture : *Le « recours [...] au traitement de texte constituant, dans certains cas, [...] un moyen de sensibiliser au rôle des différentes composantes de l'écriture ».*

Nous constatons, en Français, une clarification des usages par un abandon de formulations générales et une mise en perspective de schémas d'utilisation.

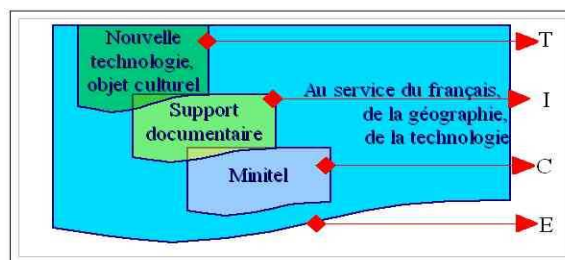
Au cycle des approfondissements c'est dans le domaine des compétences transversales dans le chapitre « Traitement de l'information » qu'apparaissent deux transformations :

L'introduction du mot « graphique » qui suppose un changement de représentation de l'objet numérique et l'introduction de l'usage du Minitel dont l'usage social est en progression (en 1984, nous comptons environ 500000 Minitel en France (MARCHAND, 1987, p.99)) et qui met en avant l'idée de communication.

En Mathématiques la seule référence à des technologies numériques concerne la compétence dans le domaine du calcul, « utiliser la calculette » au cycle des approfondissements.

⁵⁵ Programme de l'école primaire ; Ministère de l'éducation Nationale Direction des écoles, Collection Une école pour l'enfant des outils pour le maître CNDP, 1995.

L'informatique, décrite dans les programmes, définit par morceaux l'idée qu'elle permet de construire de l'information (documentation), qu'elle permet de communiquer (Minitel), qu'elle est sujet de découverte d'une nouvelle technologie et enfin qu'elle est au service des disciplines enseignées (français, géographie, technologie).



Nous percevons qu'il ne s'agit plus d'apprendre quelque chose sur les ordinateurs mais plutôt d'apprendre avec les ordinateurs. Elle se rapproche de son nom d'usage en 2006, TICE. Derrière l'acronyme TICE, nous devons lire Technologie d'Information de Communication pour l'Enseignement ou Technologie d'Information de Communication pour l'Éducation. A la date de février 2006, le site Éducnet du Ministère de l'Éducation nationale, de l'Enseignement supérieur et de la Recherche⁵⁶ ne levait toujours pas cette ambiguïté. Nous reviendrons sur cette définition avant de conclure sur l'évolution historique de son intégration dans les programmes de l'école primaire.

2.1.2.5 An 2000 : des éléments d'explicitation sauf en Mathématique

Cinq ans après, l'évolution de l'usage informatique est telle que le ministère édite un B.O., N° 9 du 10 août 2000, qui présente les documents définissant les « besoins logiciels pour l'enseignement pré-élémentaire et élémentaire »⁵⁷. Nous soulignons l'introduction des TICE à la maternelle.

Après avoir donné, d'une façon générale, un descriptif des fonctions attendues en liaison avec la gestion de la classe, une description plus détaillée présente les attentes par rapport aux différentes disciplines.

Cette description des priorités montre que tout est prioritaire, ce qui conduit à dire que rien ne l'est. Il faudra donc s'intéresser aux attentes disciplinaires pour identifier où s'expriment des différences constitutives de priorités.⁵⁸

En ce qui concerne la maîtrise des langages, la description des produits fait référence à des activités où les tâches apparaissent (tâches d'écriture, productions audiovisuelles

56 <http://www.educnet.education.fr/superieur/glossaire.htm> 16/09/2006

57 BO n°9 du 10 Août 2000 définissant les besoins en matière de logiciels.

58 page 2 /16 du BO n° 9

courtes,...)

Le descriptif des logiciels proposés pour « *l'Initiation et enseignement des langues vivantes* » « *doivent prévoir des possibilités de progression ainsi que la possibilité de s'enregistrer, de s'écouter et de se corriger.* », c'est-à-dire adapter leurs contenus de manière très stricte aux directives données dans le B.O. n°25 du 24 juin 1999 ».

Les attentes en « Éducation artistique et culturelle » sont liées à la possibilité d'une création artistique.

En matière « d'Enseignement des Sciences et de la Technologie » nous trouvons une spécificité des outils attendus qui s'adressent pour une part aux élèves, dans un projet de support documentaire, pour une autre part aux enseignants, en leur proposant des outils pour structurer leur pratique.

Cette lecture laisse penser que l'élève doit être confronté à un certain nombre de tâches qu'un enseignant peut identifier pourvu qu'il dispose d'une connaissance de base des outils bureautiques.

En revanche, le texte intégral « *Il existe de nombreux besoins en mathématiques et notamment en ce qui concerne la construction géométrique, le renforcement des compétences en matière de calcul réfléchi et de résolution de problèmes* » fait une description des attentes concernant les Mathématiques avec une terminologie très générale qui renvoie implicitement aux programmes par rapport aux trois domaines, géométrie, calcul et résolution de problèmes sans que nous puissions identifier des tâches explicites que l'enseignant pourrait proposer aux élèves.

2.1.2.6 Dans les programmes de 2002

Les programmes de 2002 pour l'école élémentaire, abandonnent l'idée d'une connaissance de l'outil informatique uniquement en Technologie pour favoriser une introduction « *dans les domaines disciplinaires et transversaux de l'école primaire, les programmes et documents d'accompagnement pédagogique accordent une place de plus en plus importante aux technologies de l'information et de la communication.*

Dans toutes les disciplines, la rénovation des programmes doit comporter des recommandations pour l'utilisation de ces technologies dans l'enseignement. ».

Les TICE désignent donc les technologies numériques utilisées dans un contexte et à des fins de formation.

Cette évolution est conduite en écho plus qu'en parallèle avec les débats de société, les volontés économiques et politiques d'utiliser « Internet » comme un fait de société incontournable qui s'exprime dans le plan RESO 2007.

*Le plan RE/SO 2007 (Pour une REpublique numérique dans la SOciété de l'information) a été présenté par le Premier ministre le 12 novembre 2002. Il a pour objet de construire et favoriser « une République numérique ».*⁵⁹

Le texte décrivant le Brevet Informatique et Internet (B2i), paru en 2000, qui est intégré aux annexes des programmes de 2002 renforce ce sens. Le B2i doit se valider à partir de l'usage qui est fait des TICE dans les différentes disciplines. Les enseignants peuvent s'appuyer sur les compétences transversales « maîtrise du langage et de la langue française, l'éducation civique » qui constituent quatre points sur cinq définissant les compétences du B2I :

- Produire, créer, modifier et exploiter un document à l'aide d'un logiciel de traitement de texte
- Chercher, se documenter au moyen d'un produit multimédia (cédérom, dévédérom, site Internet, base de données de la BCD ou du CDI)
- Communiquer au moyen d'une messagerie électronique
- Adopter une attitude citoyenne face aux informations véhiculées par les outils informatiques

Ainsi, en près de 30 ans, nous sommes passés d'un objet culturel à un outil s'intégrant dans les pratiques disciplinaires. Mais qu'en est-il en Mathématique ?

2.1.1 Les TICE en Mathématique

L'usage qui peut être fait de l'environnement numérique en Mathématique n'est pas encore très explicite, cependant nous avons retenu les points suivants :

*Dans les objectifs du cycle 3, « l'enseignement des mathématiques doit intégrer et exploiter les possibilités apportées par les technologies de l'information et de la communication : calculatrices, logiciel de géométrie dynamique, logiciel d'entraînement, toile (pour la documentation ou les échanges entre classes). »*⁶⁰

Les logiciels d'entraînement ne sont pas présentés et nous verrons leur faible niveau

⁵⁹ http://www.telecom.gouv.fr/internet/int_reso.htm 29 mai 2005

⁶⁰ Qu'apprend-on à l'école élémentaire ?, p. 226, CNDP, XO Éditions, CNDP 2002

d'intégration avec les logiciels ayant reçu le label RIP (Reconnu d'Intérêt Pédagogique). Les documents d'application⁶¹ précisent un peu la mise en œuvre effective. Ils rappellent qu'il s'agit d'outils permettant de placer les élèves dans « *un travail en autonomie, dans la mesure où ils signalent à l'élève les erreurs rencontrées et l'orientent vers d'autres exercices qui lui permettront de progresser. (...) il convient d'être particulièrement vigilant sur la pertinence et la qualité* ».

Pour rester dans le sens commun que les enseignants donnent à TICE à l'école primaire, nous n'avons pas étudié l'usage de la calculette, nous n'avons pas pu saisir l'occasion d'étudier l'usage qu'il pouvait être fait d'Internet. Si des expérimentations sur l'usage de la documentation ou des échanges entre classes de problèmes mathématiques ont pu être mises en place, aujourd'hui ces fonctions ne sont pas ou peu utilisées pour des échanges de contenus mathématiques.

La compétence « *Lire, interpréter et construire quelques représentations : diagrammes, graphiques* » peut être travaillée en « *ayant recours à l'outil informatique (une première initiation au tableur peut être envisagée)*⁶² ».

Dans le domaine de la géométrie, les activités ne visent pas des connaissances formelles mais des connaissances fonctionnelles, « *les logiciels de dessin assisté par ordinateur ou de géométrie dynamique pourront faire l'objet d'une première utilisation.* »

Il s'agit de « *favoriser la mise en place d'images mentales* » par exemple les relations et propriétés d'alignement, de perpendicularité, de parallélisme, d'égalité de longueur ou de symétrie axiale sont utilisées dans des problèmes situés dans différents espaces dont l'écran d'ordinateur.

« *L'utilisation de l'ordinateur (logiciels de dessin, imagiciels) permettra d'enrichir le champ d'expérience des élèves* » à propos de la compétence « *compléter une figure par symétrie axiale...* »⁶³. Nous verrons que ces éléments sont quasiment inconnus de la majorité des enseignants.

Les logiciels d'entraînement ne sont pas présentés. Ils apparaissent dans le texte général du BO du 12 avril 2007 concernant le socle commun pour différencier l'apprentissage.

Nous pouvons dire que :

61 Cycle 3, Page 9.

62 Documents d'application des programmes mathématiques cycle des approfondissements, p. 17, CNDP 2002

63 Ibidem p. 32

-l'influence des pratiques de la société civile sur les pratiques attendues des enseignants est omniprésente.

De 1985 à 2005 nous aurons connu plusieurs évolutions qui nous ont fait passer des systèmes informatisés aux Technologies de l'Information de la Communication pour l'Enseignement.

Les injonctions fortes ne sont pas suivies, en Mathématique, par la mise en place d'outils pour créer les conditions d'une intégration.

Certes, les enseignants auront vu le descriptif de l'usage des TICE s'enrichir de pistes pour construire des activités. Mais ces pistes ne sont pas encore des types de tâches ou des tâches pour les élèves. Les enseignants vont devoir les construire, pour les introduire dans leur pratique de classe.

Cette conclusion intermédiaire nous conduit à poser la question de l'aide que pourraient recevoir les enseignants de l'équipe des I.E.N. ou qu'ils pourraient trouver dans les « manuels ».

Comment les représentants institutionnels favorisent-ils les conditions de l'intégration ? C'est l'analyse que nous allons résumer à partir de l'enquête réalisée auprès d'équipes de circonscription.

2.1 L'influence des équipes de circonscriptions

La chaîne institutionnelle est organisée dans chaque circonscription des départements par une équipe autour de l'I.E.N. En général nous trouvons des Conseillers Pédagogiques (C.P.A.I.E.N.) et des Maîtres Animateurs en Informatique (M.A.I.). Chaque département a au moins un I.E.N. responsable de la question des TICE.

2.1.1 Le dispositif d'enquête

Nous avons réalisé des entretiens⁶⁴ avec trois I.E.N chargés de mission TICE par leur I.A. dans trois départements de l'académie de Toulouse suivis d'entretiens⁶⁵ avec les C.P.A.I.E.N et M.A.I⁶⁶ de l'équipe de circonscription des I.E.N. concernés.

La grille d'entretien utilisée est structurée en 5 chapitres :

-Considérations générales sur l'intégration des TICE

64 Annexes externes - Annexes circonscriptions - Annexe 1 : questions et transcription des entretiens avec les I.E.N.

65 Annexes externes - Annexes circonscriptions - Annexe 2 : transcription des entretiens avec les C.P.A.I.E.N.

66 Annexes externes - Annexes circonscriptions - Annexe 3 : transcription des entretiens avec les M.A.I.

- Rapport personnel ou social des enseignants aux TIC
- Liens entre pratiques pédagogiques et intégration des TICE
- Équipement des écoles
- TICE et mathématiques

Ensuite nous avons diffusé un questionnaire simplifié⁶⁷ aux 95 I.E.N. responsables départementaux en France et à leur équipe.

Le taux de réponse à ces questionnaires⁶⁸ a été de 22% pour les I.E.N., 8% pour les C.P.A.I.E.N. et 12% pour les M.A.I.

2.1.1 Le rapport institutionnel attendu de l'équipe de circonscription

Même si l'assujettissement des enseignants à ces équipes serait à interroger pour mesurer le niveau d'influence, il n'en reste pas moins que les I.E.N. restent les autorités hiérarchiques des enseignants pour l'école primaire. C'est le statut, que lui attribue le ministère de l'Éducation Nationale⁶⁹ en 1985, qui le rend responsable « *du contrôle et de l'animation pédagogique dans les écoles primaires* » sous la responsabilité directe du ministère de l'Éducation Nationale. Vingt ans plus tard, le BO du 30 juin 2005 confère toujours cette mission aux I.E.N. : Ils « ***doivent exercer pleinement leur rôle de conseiller des personnels dont ils ont la responsabilité, notamment pour ceux qui débutent, ceux qui sont confrontés à la mise en œuvre de nouveaux programmes ou de nouvelles méthodes*** » et « ***leur compétence et leur pouvoir de conviction constituent des atouts essentiels pour la réussite des actions engagées dans les différents domaines.*** » Cette fonction de conseiller, l'I.E.N. l'exerce par les choix d'animations pédagogiques, par les valorisations qu'il apporte à certains projets qui favorisent des pratiques pédagogiques. Mais c'est au Conseiller Pédagogique qu'il revient souvent d'être le relais sur le terrain. Il est aussi, souvent, une aide pour faciliter les transitions au moment des changements de programmes ou d'orientation générale ou encore lorsque des difficultés de gestion de la classe surviennent. Le Maître Animateur Informatique n'a pas un statut aussi clairement défini, il varie d'un département à l'autre voire d'une circonscription à l'autre. On lui demande d'avoir un CAFIPEMF⁷⁰ mais nombre de M.A.I. ne l'ont pas passé.

Ce que nous résumons, de façon réductrice, en disant que les Conseillers Pédagogiques sont

67 Annexes externes - Annexes circonscriptions - Annexe 4 : questionnaires nationaux

68 Annexes externes - Annexes circonscriptions - Annexe 5 : résultats des questionnaires nationaux

69 Les documents annexés aux programmes de 1985, définissent le statut de l'Inspecteur Départemental.

70 CAFIPEMF : Certificat d'Aptitude aux Fonctions d'Instituteur ou de Professeur des Écoles Maître Formateur

perçus comme les porte-parole des I.E.N. et les “animateurs informatiques”, comme les appellent les enseignants, ont un statut de spécialistes « informatique ». Leurs discours peuvent être entendus comme ce que l’institution « École » attend des enseignants en matière de TICE.

La perception des I.E.N. sur l'intégration des TICE

Chacun des I.E.N.⁷¹, avec ses mots, trouve que l'évolution des équipements informatiques des ménages ou des entreprises qui est rapportée par toutes les enquêtes économiques, n'est pas répercutée sur les équipements des écoles, le constat « *d'obsolescence du matériel* » en étant une preuve. Mais cette obsolescence pourrait être due à l'apparition de nouveaux usages qui nécessitent un matériel plus performant, par exemple l'usage de la messagerie est soumis à la qualité de l'accès Internet (i.e. si l'école dispose d'un accès rapide ou illimité).

Cependant ils prennent acte d'un « *bon bilan plutôt positif !* »⁷² qui correspond à une « *intégration petit à petit des TICE dans les classes* » en s'appuyant sur le constat que « *disons en gros sur le département ... les indications que l'on a, disent en gros 70 % de gosses partent avec un B2i complet ou partiel* ». Ce que confirme l'IEN2, « *on voit des ordinateurs allumés, on voit de temps en temps... mes dernières inspections... je n'ai pas vu les enfants les utiliser par contre on a des traces... comme quoi le traitement de texte est utilisé, des recherches documentaires sur des CDROM, etc* ».

Après avoir modéré l'influence de la société, IEN1 revient sur ce constat en disant que cette évolution dans les usages en classe correspond au fait « *que les TICE sont utilisées dans le travail personnel de l'enseignant, c'est-à-dire qu'on voit de plus en plus de préparations qui utilisent le traitement de texte [...] quand je parlais de satisfaction tout à l'heure,... on va dire, il y a moins de dix ans, ce n'était pas gagné cette histoire-là alors qu'aujourd'hui c'est pratiquement généralisé !* »... Pourtant l'IEN3 émet quelques réserves sur une évolution linéaire.

S'ils sont relativement optimistes sur l'intégration des TICE, nous avons cherché à savoir quelles sont leurs attentes.

Les attentes déclarées des I.E.N.

L'approche déclarée est celle des TICE outil, les IEN2 et IEN3 étant dans un premier temps

71 Nous appelons IEN1, IEN2 et IEN3 les I.E.N. interviewés.

72 IEN3

très affirmatifs sur le fait qu'un projet d'école centré sur les TICE n'a pas lieu d'être. Les TICE sont des outils au service de la pédagogie. Dans un second temps les deux diront qu'il existe des classes où l'on va produire des CDrom « *“mon école dans la ville”*⁷³ *qui était un projet de réalisation d'un CDrom...* » ou ce que l'I.E.N. 3 nous présente comme son projet : « *cette année mon animateur TICE et mon conseiller pédagogique travaillent sur un projet d'encyclopédie de la faune,... ils vont réaliser un hypertexte qui va pouvoir être mis en ligne...* » en soulignant la dimension communication et multimédia du projet. Dans le premier temps de notre entretien, l'IEN1 ne répond pas à la question, avant de parler d'une école à la pointe qui utilise le T.B.I.. Enfin, l'IEN3 fait référence à la technologie au service des enfants mal-entendants.

Nous retiendrons que dans l'usage des TICE la dimension publique qui est valorisée concerne d'une part les projets de type production transversale, d'autre part les projets reconnus socialement comme utilisant une technologie « de pointe ».

L'influence des I.E.N. sur les pratiques des enseignants

En reprenant les textes qui définissent la mission des I.E.N. nous avons tenté d'identifier si la force de conviction de l'I.E.N. explique en partie la diversité de l'intégration.

Pour l'IEN1 la réponse est sans appel :

« Vous savez, si un inspecteur ne dynamise pas son secteur là les enseignants ne courent pas après ! Vous savez, ils travaillaient sans ordinateur, ils se portent pas plus mal euh... si on ne leur donne pas des raisons de s'en servir. »

Pour l'IEN3, son implication comme responsable des TICE est observable :

« Oui je pense que ma circonscription est en un sens plus avancée que d'autres vu mon cumul de casquettes et qu'elle a servi à expérimenter un certain nombre de choses avant d'autres circonscriptions donc... »

Mais l'IEN2 a une position qui peut sembler contradictoire avec la mission d'intégration des TICE :

« le développement des TICE est un moyen, les enjeux sont en amont et donc ce n'est pas cette question-là qui est prioritaire pour moi. C'est le rapport au savoir, c'est la façon dont se situe l'enfant qui apprend et dans ces moments là, enfin dans ce contexte-là, plutôt, les TICE sont un outil au même titre que le stylo, la feuille de papier, le recours à des documents écrits et donc c'est dans ce contexte qu'il faut les placer. »

73 Projet piloté par IEN2

Dans l'enquête nationale, ses collègues semblent lui répondre, en proposant quelques arguments, qu'ils diffusent auprès des enseignants :

« les TICE [sont] un outil supplémentaire au service des apprentissages et des autres disciplines ». Elles donnent dans *« tous cycles des possibilités d'ouverture nécessaires aux structures rurales »* et permettent une *« égalité d'accès aux TIC (comme) vecteur de savoir et accès à la culture ».* *« L'ordinateur [est un] outil polyvalent d'apprentissage et de création. »* Les TICE sont un outil pour construire *« des stratégies de différenciation », « une autre manière d'apprendre ».* Enfin c'est une *« formation de l'élève citoyen aux outils d'information et de communication »*

Si nous retenons que les I.E.N. pensent avoir une réelle influence sur les pratiques des enseignants, nous nous interrogeons sur ce qu'ils leur proposent pour aller dans le sens de ce qu'ils nous ont déclaré.

L'environnement pour intégrer les TICE

Nous avons rapporté l'impression de dégradation de l'équipement repérée par l'IEN1. Dans l'enquête nationale, nous observons qu'il n'apparaît pas une unité autour des environnements à mettre en œuvre. Parmi les I.E.N., 25% ont une préférence pour des ordinateurs dans la classe, 15% penchent plutôt pour une salle informatique, 15% sont favorables aux portables, 5% préfèrent le réseau d'école, 15% pensent qu'il n'y a pas à imposer un modèle plus qu'un autre et 25% n'ont pas de réponse. Les raisons d'un équipement sont *« trop souvent dictées par des impératifs de dotation et des contraintes budgétaires ».* Mais les choix des enseignants sont soumis aux projets de leur I.E.N. : *« la salle informatique, j'encourage les enseignants à les « démanteler ». Les postes en classe sont la condition sine qua non pour un réel développement des TICE dans la pédagogie au quotidien. »* D'autres affirment leur préférence *« lors des dotations IA, nous privilégions l'organisation d'ateliers en fond de classe avec accès Internet et mise en réseau. »* Mais il se trouve quelques I.E.N. qui se centrent sur le *« Projet d'Ecole : ses ambitions et les outils qui s'y prêtent ! »* avant de valider les choix des enseignants.

Si les orientations sont influencées par l'I.E.N., ce sont les municipalités qui financent, alors quel poids l'I.E.N. peut-il avoir ? L'IEN1 utilise son statut : *« moi j'ai pris mon bâton de pèlerin, à plusieurs reprises, lorsque je voyais une carence au niveau de l'équipement. J'allais voir directement le maire et je lui posais directement la question en faisant un petit peu pression en disant comment mais vous êtes les derniers à ne pas être équipés et la réponse*

dans 80% des cas est : l'instituteur ne m'a rien demandé ! »

Les équipements logiciels

Les I.E.N. sont quasiment unanimes ! Concernant les recommandations en logiciels l'IEN1 dit « *là bon, je demanderai à P. (M.A.I. de la circonscription)* » ; IEN2 hésite un peu « *les logiciels RIP, enfin moi je suis + pour + les écoles où + au + mon animateur, enfin l'animateur leur montre du matériel + moi je suis pas un gros connaisseur donc je me repose entièrement sur lui. En termes de matériel on a des recommandations* ». Ce que nous résumons en “le matériel c'est moi, les logiciels c'est le M.A.I.”. Ceci est confirmé par l'enquête nationale où 55% des I.E.N. ne recommandent pas de logiciels et/ou ils délèguent aux C.P.A.I.E.N. et aux M.A.I. la responsabilité des choix logiciels sur la base de leurs compétences informatiques.

Cependant, parmi ceux qui font des propositions, deux I.E.N. évoquent le tableur, trois proposent des logiciels gratuits de géométrie, quatre proposent des logiciels "RIP" et trois des exercices. S'ils ne semblent pas favoriser l'usage des exercices, ils sont très peu à proposer en Mathématique des logiciels plus « ouverts ».

Puisque les I.E.N. délèguent le choix des logiciels aux autres membres de l'équipe de circonscription nous avons interprété les réponses qu'ils donnent sur les choix de logiciels.

Les réponses des C.P.A.I.E.N. et M.A.I.

A partir de l'enquête nationale, nous avons essayé de faire émerger les propositions logicielles que C.P.A.I.E.N. ou M.A.I. pouvaient faire pour organiser des apprentissages sur le nombre, la numération, sur les opérations, sur le calcul mental, réfléchi, sur grandeurs et mesures, sur l'exploitation des données numériques et sur espace et géométrie aux cycle 2 et 3. Le projet est sans commune mesure avec les réponses obtenues⁷⁴.

L'analyse de leurs réponses fait apparaître que 2 sur 3 ne font pas plus de 3 propositions et elles sont plutôt en direction du Cycle 3 avec des exercices. Seul “Cabri Géomètre”, ou ses équivalents gratuits, est associé à la géométrie dans 5 cas sur 8 réponses en géométrie. Un problème est soulevé lorsque les propositions ne sont pas toujours pertinentes, par exemple, un logiciel comme “Kitsune”⁷⁵ qui peut être utilisé pour travailler le calcul réfléchi (équivalent

74 Annexes externes - Annexes circonscriptions - Annexe 5 -

75 Téléchargeable et descriptif sur <http://linuxfr.org/2007/06/12/22617.html>

au jeu “des chiffres et des lettres”) est proposé pour travailler sur la numération.

Enfin, les C.P.A.I.E.N. déclarent qu'ils préfèrent renvoyer aux M.A.I. lorsque, dans les projets qu'ils suivent, apparaissent des TICE. Les enseignants semblent avoir intégré cette organisation comme le dit un conseiller pédagogique « *maintenant ils vont directement voir l'animateur informatique* ».

Dans ces conditions, les M.A.I. se trouvent, de fait, dans une position forte dans les choix des logiciels au sein de l'équipe de la circonscription⁷⁶, aussi bien concernant les logiciels de bureautique que les logiciels disciplinaires. Cependant nous n'avons pas plus de M.A.I. que de CPAEIN qui proposent de travailler sur les logiciels de géométrie dynamique et sur les tableurs-grapheurs.

Les constats de manque de propositions nous ont amené à questionner les conditions d'usages et de comparaison avec les autres domaines disciplinaires ou transversaux.

Fréquence et contenu

Nous avons espéré obtenir des informations sur les pratiques d'intégration des TICE filtrées par le regard des conseillers pédagogiques. Dans les entretiens, comme dans l'enquête nationale, à notre question « Quel est le pourcentage de classes de votre circonscription qui utilisent l'ordinateur au moins 2 fois par semaine ? »⁷⁷ les conseillers pédagogiques ne répondent pas ou n'ont pas d'éléments fiables. Ceci tendrait à dire que les C.P.A.I.E.N. ne sont pas très soucieux d'un contrôle sur l'intégration des TICE dans les pratiques des enseignants. Nous avons alors cherché à évaluer quels étaient les logiciels qu'utilisent les enseignants, c'est-à-dire ceux qui sont reconnus par l'équipe de circonscription comme intégrés dans la vie de la classe.

I.E.N., C.P.A.I.E.N., M.A.I. confirment que les enseignants utilisent davantage les ordinateurs dans le domaine de la langue et qu'il y a eu une diminution en mathématique si nous faisons

⁷⁶ Confronté à la population restreinte sur laquelle nous avons des résultats, à l'occasion d'un regroupement de M.A.I. de l'académie de Toulouse nous avons repris le questionnaire sur les logiciels. Les réponses sont plus nombreuses et plus diversifiées même si 1 sur 2 n'a pas répondu. Nous avons obtenu 29 propositions dont nous n'avons pas pu valider toutes les correspondances mais dont certaines ne sont pas adaptées. Ce qui nous semble significatif est le fait que sur le domaine grandeur et mesure nous avons une proposition pertinente et une inadaptée sur 21 réponses. Dans le domaine espace et géométrie nous avons 10 propositions dont 4 correspondant à un équivalent Cabri. Chaque M.A.I. proposant de 2 à 10 logiciels sur les 13 demandés. Dans les autres domaines mathématiques proposés les logiciels cités sont des exercices avec de nombreuses entrées opérations, nombres, calcul réfléchi...

Voir Annexes externes - Annexes circonscriptions - Annexe 6 -

⁷⁷ Nous avons choisi en relation avec l'enquête Eurydice 2004 qui identifiait à 40,3% l'utilisation plusieurs fois par semaine même si nos données sont bien en de ça, voir notre enquête pour valider le constat de départ.

référence au début du plan Informatique pour Tous (I.P.T.). Une rédaction ambiguë de la question « Quelles sont les phases de l'apprentissage où l'usage de l'informatique vous semble pertinent ? Recherche, mise en commun, entraînement, validation... », que nous situons dans les phases de l'apprentissage en Mathématiques a donné lieu à l'interprétation suivante : « recherche documentaire » pour « recherche » et production collective pour « mise en commun ». Nous avons alors obtenu en effectifs cumulés : Recherche : 75% des réponses – Mise en Commun : 40% des réponses – Entraînement : 40% des réponses – Validation : 30% des réponses – Non Réponse : 10%. Cette interprétation est probablement à rattacher à la dimension transversale que nous pouvons observer dans le B2i. Il resterait alors pour les disciplines la dimension entraînement et évaluation. Ce qui se confirme lorsque nous leur posons directement la question : « Pensez-vous que l'usage des TICE est plus adapté aux projets transversaux ? Aux domaines disciplinaires ? Pas plus aux uns qu'aux autres ? » Les I.E.N. répondent pour 50% « projets transversaux », 10% « domaines disciplinaire », 35% « Pas plus aux uns qu'aux autres » et 5 % ne répondent pas. Dans l'enquête nationale, les C.P.A.I.E.N répondent à 100% “projets transversaux” et 66% des M.A.I. partagent ce point de vue, 33% pensent que les TICE ne sont “pas plus adaptées aux uns qu'aux autres”. Nous devons pondérer ce constat par la réponse des M.A.I., à notre enquête “toulousaine”, où les résultats sont en partie inversés puisque 57% pensent que les TICE ne sont “pas plus adaptées aux uns qu'aux autres”, 29% les associent aux “projets transversaux” et 14% aux domaines “disciplinaires”.

Nous retiendrons que globalement les équipes de circonscription pensent qu'une utilisation transversale est plus pertinente que dans les domaines disciplinaires.

Nous constatons que l'institution « inspection départementale » vient renforcer, auprès de ses « sujets », premièrement l'idée que la pertinence des TICE est à chercher du côté des activités transversales, deuxièmement que les enseignants n'ont pas beaucoup de ressources en Mathématiques, si ce n'est dans l'usage de la fonction d'entraînement.

En cherchant les institutions pour lesquelles il y a un fort assujettissement nous trouvons le « manuel ». Son influence peut-elle contrebalancer les effets des deux autres institutions étudiées ?

2.2 Le « manuel »

2.2.1 Méthodologie

Pour comprendre les influences des manuels sur les enseignants, nous avons sélectionné cinq collections « Cap Maths » (CM), « ERMEL Géométrie » (EG), « Euro Maths » (EM), « J'apprends les maths » (JAM), « Pour comprendre les maths » (PCM).

Pour chacune de ces collections, nous avons étudié l'existence d'activités de nature TICE dans les manuels ou dans les livres du maître, puis nous avons croisé ces résultats avec un questionnaire vers les auteurs.

C'est cette analyse qui nous sert d'indicateur. En effet, si le niveau d'assujettissement à cette institution est relativement fort, les enseignants retiendront que le contenu des manuels correspond à ce qu'il faut faire en Mathématique avec les TICE.

Nous avons partagé les collections en trois catégories :

- Celles où des activités sont proposées dans le but de faire travailler les élèves ;
- Celles qui permettent à l'enseignant de préparer, construire une séance intégrant les TICE ;
- Celles qui ne proposent pas d'activité TICE.

Notre démarche a été d'observer comment les TICE étaient introduites dans l'activité mathématique à partir des éléments de classification du mode d'intégration instrumental définis par ASSUDE (2003).

Si elles n'étaient pas intégrées, quelles en étaient les raisons déclarées ? Nous avons tenté de trouver une réponse en croisant ces informations avec les déclarations⁷⁸ des auteurs en organisant notre questionnaire sur les points suivants :

- Les situations pour construire les connaissances mathématiques justifient-elles ce constat ?
- Les représentations des enseignants constituent-elles un obstacle aux yeux des auteurs ?
- L'intégration est-elle liée aux pratiques anciennes ?
- L'intégration est-elle liée aux situations ?
- L'intégration est-elle liée à la technologie ?
- Existe-t-il des contraintes liées au matériel informatique ?

2.2.1 L'intégration instrumentale :

D'abord, nous faisons le constat qu'ERMEL Géométrie et Pour comprendre les maths

⁷⁸ Annexes externes - Annexes Manuels - Annexe 1 : Mails avec les auteurs et transcription d'entretien

CM2 entrent dans la première catégorie. ERMEL Géométrie est le seul dont les analyses permettent d'envisager la construction d'une séance. Cap Maths, Euro Maths, J'apprends les maths n'ont pas d'activité TICE.

A partir des « quatre modes d'intégration instrumentale : le mode « *initiation instrumentale* », le mode « *exploration instrumentale* », le mode « *renforcement instrumental* » et le mode « *symbiose instrumentale* », caractérisés par ASSUDE, nous allons constater les différences d'intégration que font les auteurs des collections EG et PCM et cela malgré leur objectif commun « proposer des activités pour faire travailler les élèves ». Non seulement ces choix différents d'intégration ne conduisent pas aux mêmes types d'apprentissage mais en plus la non explicitation de ces choix ne facilitera pas la tâche des enseignants, sur laquelle nous reviendrons dans la deuxième partie.

Le premier type « d'initiation instrumentale » dont l'objectif est la construction de connaissances instrumentales est présent dans PCM de façon explicite et dans EG de façon implicite.

Pour PCM « l'atelier informatique 4 » décrit les techniques instrumentales pour qu'un élève réalise un graphique.

Pour EG la mise en œuvre de l'activité est décrite pas à pas, pour l'enseignant, par exemple dans la situation « œilsurtout revient » à l'étape 1 dans la mise en route, nous pouvons lire : « *le maître a préparé au tableau une affiche présentant le protocole pour charger la barre d'outil et ouvrir la figure* ». Si l'intégration est pensée, sa conception reste à la charge de l'enseignant (des raisons objectives l'expliquent : par exemple, la possibilité d'avoir plusieurs logiciels, ou un degré de liberté nécessaire à l'environnement de stockage,...).

Bien qu'EG affirme que « *l'acquisition des schèmes d'utilisation nous semble devoir être étroitement liée aux concepts visés dans l'apprentissage, et donc à la résolution de problèmes* » il semble, dans ce cas, difficilement imaginable que des élèves puissent utiliser les objets « droite », « segment », sans une activité préalable non identifiée par les auteurs. Ici les auteurs se disent favorables à une démarche d'intégration correspondant à une « **symbiose instrumentale** » : « *le type de tâches est mathématiques (KM) et les connaissances visées sont mathématiques. Le rapport entre KM et KI (connaissances instrumentales) est maximal car des connaissances instrumentales sont indispensables à l'accomplissement de la tâche* » et de plus « *l'une fait avancer l'autre et l'imbrication entre le travail papier-crayon et Cabri est bien présente* » (ASSUDE 2003). Toutefois la connaissance minimale nécessaire des objets

« Cabri » laisse penser que les enseignants auront au préalable fait utiliser, même de façon minimaliste, ces objets.

Trouvons-nous d'autres modes d'intégration ?

Le livre du maître de PCM ne présente pas les séances utilisant l'outil TICE. Cependant nous y trouvons une activité de représentation de données numériques, intitulée « Problèmes : construire un graphique », dont le thème est la pluviométrie, les cours d'eau,... Il n'y est fait aucune référence à l'usage du tableur. En revanche dans le manuel de l'élève, dans l'« atelier informatique », est présentée une technique d'utilisation du tableur-grapheur pour représenter des données numériques dont le thème est « l'espérance de vie ». Nous sommes dans le type d'intégration instrumentale qu'ASSUDE qualifie "d'initiation". Le dernier exercice de la fiche 4 « Utiliser un tableur pour tracer un graphique »⁷⁹ met en relation la représentation sous la forme de données d'un tableau avec la représentation graphique associée. La connaissance instrumentale est utilisée pour construire ou renforcer la connaissance mathématique. Ce qui constitue un **renforcement instrumental**. Nous retrouvons en fin de fiche 2 un exercice où les élèves doivent découvrir par le calcul que le tableur effectue un recalcul automatique, la KM est alors un prétexte à construire une KI, il s'agit alors d'une **exploration instrumentale**. Les fiches 1, 3 et 5 sont des fiches d'initiation instrumentale.

2.2.2 La technologie des auteurs

Le seul ouvrage à faire référence explicitement à un cadre théorique est celui de l'équipe ERMEL. Il cite des travaux de recherche en géométrie, ceux de BERTELOT et SALIN à propos de la modélisation du méso et macro espace prolongé dans l'espace de l'écran. Concernant l'environnement TICE, sans référence explicite à des chercheurs, ils proposent à partir d'expérimentations :

- Des conseils à l'introduction de l'instrument logiciel avec la prise en compte des obstacles techniques et de l'influence sur la tâche,
- Les questions sur l'apport spécifique de TICE dans la situation présentée sont fortement mises en valeur.

Cependant, les références aux techniques observées d'élèves sont très variablement traitées. Dans la situation « œilsurtout revient », dans la deuxième phase page 141, les auteurs évoquent le fait que les « *élèves cherchent souvent un bon moment avant de trouver Tapageur* » mais il

79 Annexes externes - Annexes Manuels - Annexe 2 –

n'est pas fait de référence à leurs techniques, à l'exception de la technique experte page 142. Cependant dans la phase 3, il est évoqué une technique, « *réajustement successif du segment* », qui généralement échoue. Cependant dans la situation « Labyrinthe » les auteurs ont changé la forme de la présentation ; ils donnent un compte rendu d'observation « Résultats observés » page 594. Malgré cette évolution nous retrouvons la même différence entre le contenu des résultats observés de la phase « Labyrinthe du Louvre » et celle « Perdu dans Châlon-en-Champagne ». Dans la première nous trouvons une présentation des scores de réussite et une formulation succincte de techniques d'élèves, dans « Perdu dans Châlon-en-Champagne » les techniques ne sont pas évoquées. Nous pensons que les enseignants ne pourront pas anticiper une mise en commun lors de leur première introduction devant des élèves.

2.2.2.1 Arguments prenant en compte l'enseignant :

Pour les auteurs de CM et PCM, les obstacles déclarés à l'intégration des TICE par l'enseignant sont à rattacher à la formation de ces derniers.

Mais sur quoi porte le déficit de formation ?

Pour PCM sur l'utilisation en classe,

Pour CM sur l'usage des TICE.

L'un comme l'autre reflète des réalités. Cependant, si nous observons les usages de logiciels de bureautique ou de recherche documentaire en Français, l'influence du manque de formation ne semble pas évidente. En cela la formation ou le manque de formation ne serait pas l'essence des résistances à l'usage informatique. Nous laissons en suspens les raisons d'un usage plus intégré des logiciels de bureautique notamment en Français⁸⁰.

Pour compenser les difficultés à gérer la construction des connaissances en utilisant les TICE, le choix de PCM est centré sur une imprégnation en douceur des enseignants, c'est-à-dire à partir d'activités optionnelles, donner à penser qu'ils pourraient organiser avec les TICE des apprentissages. S'ils ne sont pas définis, l'enseignant peut facilement les imaginer puisqu'ils sont associés à des connaissances construites dans d'autres environnements. Dans nos échanges, par mail, les auteurs de Capmaths partagent ce point de vue.

Dans cette posture, l'usage d'un logiciel ne modifie pas les pratiques anciennes, c'est un objet "culturel".

80 Travaux de l'ALSIC (Apprentissage des Langues et Systèmes d'Information et de Communication)

2.2.2.2 Arguments prenant en compte l'objet d'étude et l'instrument

Si les auteurs disent qu'il ne faut pas faire de ruptures trop importantes dans les pratiques des enseignants, ils déclarent aussi leurs difficultés à intégrer les TICE dans les activités anciennes des manuels :

Parce qu'il est difficile d'intégrer des logiciels existants en raison :

- de leur manque d'intérêt (CM, EM, JAM)
- du fait que même s'ils sont très intéressants, ils sont très peu connus (CM)

Parce qu'il est difficile d'intégrer des logiciels dans les situations anciennes :

- Les auteurs de CM et EM sont partagés sur les situations à utiliser :
 - nouvelles, elles s'adaptent aux logiciels ;
 - anciennes, il faut adapter les logiciels.
- Pour l'auteur de JAM, il doit y avoir adéquation avec "la méthode".

Le bilan n'est pas sans conséquences ! L'absence de recul et la difficulté à gérer poussent les auteurs à retarder l'intégration. La solution de la recherche par des développeurs indépendants n'a pas été couronnée de succès et pose d'autres problèmes (coût du développement, adaptation aux évolutions des programmes, adaptation à la diversité des équipements,...).

2.2.2.3 Les arguments liés aux équipements informatiques :

L'hétérogénéité des parcs informatiques, le coût d'évolution des équipements sont des arguments pour tous les auteurs.

Si l'hétérogénéité du parc informatique est réelle, les usages de logiciels de bureautique ou de recherche documentaire en Français n'ont pas autant souffert de cette hétérogénéité.

Si les coûts financiers sont importants, des stratégies existent autour de l'environnement libre mais personne ne les évoque, les raisons devront être étudiées.

La question du coût de matériel spécifique (vidéo-projecteurs, TBI, réseau,...) nous renvoie à la question de « Quel coût sommes-nous prêts à supporter pour répondre à quelle nécessité », cette question-réponse, une fois de plus, n'est pas spécifique aux Mathématiques.

2.2.2.4 Rapport personnel aux TICE des auteurs

Quel est le rapport à l'institution « informatique » des auteurs de manuel ? Situations anciennes et nouvelles n'ont pas le même statut pour les concepteurs, c'est du moins ce que nous laissent penser les réponses données à la question « *Quelle évolution envisagez-vous* »

dans les prochaines éditions ? ».

Dans la nouvelle édition de PCM *« les ateliers seront intégrés à leur “place” dans le cours des leçons [...] parce qu'en 3 ou 4 ans les choses ont beaucoup avancé [...] dans l'attitude des collègues vis-à-vis de l'outil informatique ».*

Faut-il donc entendre que le choix des activités avec TICE est moins défendable que le choix des activités sans TICE ? C'est ce que peuvent entendre certains enseignants.

Pour l'équipe ERMEL se pose la question de la nécessité d'introduire d'autres situations intégrant les TICE... Pourtant des membres de l'équipe travaillent dans le projet MAGI "Mieux Apprendre la Géométrie avec l'Informatique"⁸¹. Mais lorsque l'équipe a avancé dans le projet ERMEL Géométrie, résultat de *« six ans de recherche »*, *« il a fallu déjà construire des situations papier-crayon dans l'environnement un peu classique avant de penser à l'informatique. »* Le choix est ici parfaitement explicite.

Se pose alors la question de l'évolution des manuels dans les prochaines éditions sous l'influence des auteurs.

Les auteurs sont-ils favorables à une intégration dans les prochaines éditions ? Tous répondent « oui ! » mais d'autres contraintes, comme l'évolution des supports des manuels à l'exemple de “Maths en Poche”, les contraintes éditoriales ou la configuration matérielle des équipements, par exemple trois vieux “PC” pour une classe, risquent de soutenir les réserves de l'équipe ERMEL ou celle de J'apprends les maths.

3 Conclusion

En réponse à notre question initiale sur les raisons de la non intégration des TICE dans les pratiques mathématiques à l'école élémentaire et en regard de l'hypothèse concernant les influences externes à la classe et à l'enseignant, nous avons établi que les institutions ou objets institutionnels étudiés ne créent pas des conditions favorables à l'intégration des TICE dans les pratiques de classe en mathématique.

81 Le projet MAGI (Mieux Apprendre la Géométrie avec l'Informatique), sous la responsabilité de Colette LABORDE, a porté sur l'intégration de Cabri-géomètre dans l'enseignement de la géométrie à l'école primaire et au début du collège. Les principaux objectifs de ce projet sont :

- la conception de situations de classe, leur expérimentation dans le but d'élaborer des scénarios d'usage de ce logiciel à destination des enseignants.
- de repérer l'impact de la formation initiale et continue sur les pratiques d'intégration de Cabri-géomètre dans les classes.

L'histoire de l'évolution des TICE est très rapide et insécurisante et les programmes placent les enseignants devant des attentes floues.

Les représentants institutionnels attachés à une représentation sociale des T.I.C. favorisent les situations transversales au détriment des activités disciplinaires. Ils font des TICE comme ils font des T.I.C. !

Les auteurs de manuels, lorsqu'ils se posent la question de l'intégration, ont une position frileuse, pour des raisons pertinentes de charge de travail ou d'absence de recul par rapport à cet instrument. Mais ils posent aussi la question de la manière dont les TICE seront gérées dans les classes.

La suite de notre travail de recherche porte naturellement sur l'observation et l'analyse de l'intégration des TICE dans les pratiques de classes pour l'enseignement des Mathématiques.

Deuxième partie

Les contraintes internes à l'intégration des TICE en mathématique

A. Le pôle théorique

Nous allons à présent aborder la deuxième hypothèse que nous avons retenue, pour expliquer le peu d'utilisation des TICE dans l'enseignement des mathématiques à l'école primaire. Elle prend en compte **les raisons internes à la classe : l'enseignant est conditionné et contraint par le fonctionnement interne de la classe.**

Il faut donc répondre à la question :

« Quelles sont les conditions et les contraintes internes à la classe que l'enseignant doit prendre en compte pour intégrer les TICE dans les pratiques mathématiques à l'école élémentaire? »

En restant dans le champ de la didactique, cette question globale nous amène à poser les questions suivantes :

- Comment comprendre et décrire les pratiques mathématiques à l'école élémentaire ?
- Quelle est la position de l'enseignant dans le pilotage de l'activité mathématique intégrant des TICE ?
- Quels sont la place et le statut des TICE dans les situations d'apprentissage mathématiques ?

Nous avons retenu un cadre théorique qui va nous permettre de comprendre et d'interroger les concepts contenus dans nos questions : les pratiques mathématiques, les situations d'apprentissage, le rôle de l'enseignant, l'instrument TICE.

Ce cadre théorique s'appuie d'une part sur la Théorie des Situations Didactiques en Mathématiques, d'autre part sur le point de vue anthropologique et instrumental concernant l'intégration des TICE.

1 cadre théorique

1.1 Présentation générale

Pour comprendre et décrire **des pratiques mathématiques ordinaires, dans des classes ordinaires**, nous allons utiliser les notions de milieu et de contrat didactique associés aux situations d'apprentissage mises en œuvre.

Dans un premier temps, nous rappellerons des éléments de la théorie des situations définie par BROUSSEAU, l'objectif étant de disposer d'un outil théorique permettant d'expliquer un *« système minimal de conditions nécessaires dans lesquelles une connaissance*

(mathématique) déterminée, peut se manifester par les décisions aux effets observables (des actions) d'un actant sur un milieu ». (BROUSSEAU, 2002).

Nous compléterons ce rappel par des éléments de réflexion apportés par HERSANT et PERRIN-GLORIAN (2003) pour affiner la notion de contrat didactique et de milieu dans des situations ordinaires.

Dans un deuxième temps, notre présentation reprendra les travaux de MARGOLINAS pour structurer les différentes positions de l'enseignant par rapport au savoir qu'il a mis en jeu dans la situation sous la forme d'un problème.

Enfin, nous considérons qu'aujourd'hui les TICE ne sont pas encore un objet naturalisé dans la classe. Nous étudierons les TICE comme un artefact dans le milieu matériel, comme pourrait l'être une équerre ou une feuille de papier quadrillé. Nous nous attacherons à dégager à partir des travaux d'ASSUDE et de TROUCHE les apports spécifiques des environnements informatiques en lien avec les différents acteurs de la classe et avec le savoir étudié, en d'autres termes identifier si les TICE acquièrent un statut d'instrument dans les autres milieux, au sens de BROUSSEAU, de l'enseignant et de l'élève.

1.2 L'apport d'une approche par la Théorie des Situations Didactiques

Faire des mathématiques à l'école élémentaire peut se décrire, se comprendre à travers les quatre composantes de l'activité d'apprentissage : le savoir, l'élève, l'enseignant et les relations entre ces différentes composantes, ce que BROUSSEAU qualifie de situation didactique. A l'intérieur de celle-ci, le contrat implicite entre l'élève et l'enseignant conditionne la situation : il fera l'objet d'un paragraphe pour expliciter notre approche. Enfin, la notion de milieu permettra de décrire, caractériser les positions respectives de l'élève et de l'enseignant.

1.2.1 La situation didactique

BROUSSEAU qualifie de didactique « *une situation où l'on peut repérer un projet social de faire approprier par un élève un savoir constitué ou en voie de constitution* » et il la caractérise en trois points :

- un « *système éducatif* » qui est « *porteur de l'intention d'enseigner et d'une certaine connaissance du savoir désigné* »
- un « *système enseigné* » qui est « *susceptible de s'approprier ce savoir* »
- l'ensemble des relations et des contraintes qui les lient qui constitue la « *situation didactique proprement dite* ». (BROUSSEAU, 1986b)

Il précise ce que peut être pour l'enseignant cette « *intention d'enseigner* », c'est-à-dire la mise en place, « *l'organisation d'un dispositif qui manifeste son intention de modifier ou de faire naître les connaissances d'un autre actant, un élève par exemple et lui permet de s'exprimer en actions* » (BROUSSEAU, 2002).

En conséquence, il existe des situations où cette « *intention d'enseigner* » ne s'exprime plus et elles constituent « *des situations partiellement libérées d'interventions directes : les situations a-didactiques.* » (BROUSSEAU, 2002)

Les situations a-didactiques sont donc celles où l'enseignant n'intervient pas par rapport aux connaissances en jeu et dans lesquelles l'apprenant agit sur un « *milieu antagonique en fonction de ses propres motivations* ». Les réactions du milieu permettent à l'apprenant de les anticiper par adaptation dans ses actions ultérieures. « *Les **connaissances** sont ce qui permet de produire et de changer ces “anticipations”. L'apprentissage est le processus par lequel les connaissances se modifient.* » (BROUSSEAU, 1996)

Les rétroactions entre l'élève et le milieu ne sont pas toutes de la même nature. Si l'interaction avec le milieu est directe, alors on parlera de situation d'action. Lorsque des élèves confrontent leurs approches du problème pour trouver une réponse, fruit de leur collaboration, on parlera de situation de formulation. Enfin lorsque des élèves devront se prononcer sur la validité d'une connaissance émergeant du milieu, on parlera de situation de validation. En cela nous reprenons les termes de BROUSSEAU (1986, pp. 95-96) qui classe ces interactions avec le milieu en « *trois grandes catégories : les échanges de jugement, les échanges d'informations codées dans un langage, les échanges d'informations non codées ou sans langage : les actions et les décisions qui agissent directement sur l'autre protagoniste* ». Il renvoie à la terminologie “*validation-formulation-action*” qu'il avait utilisée dans sa thèse d'état. Il précise en suivant que les actions n'incluent pas « *les formulations ou les déclarations de validité qui peuvent les accompagner* », qu'il exclut de la formulation les « *débats de preuve* ».

Le troisième point portant sur les relations et les contraintes que vont vivre les deux systèmes (éducatif et enseigné) va être étudié à travers les concepts de contrat didactique et de milieu.

1.2.1 Le contrat didactique

1.2.1.1 Généralités

Les **éléments du milieu**⁸² qui caractérisent la situation sont le résultat de la mise en place d'un dispositif dont le but est l'apprentissage des élèves. Les attentes réciproques de l'enseignant et des élèves, **concernant le savoir en jeu dans la situation**, s'organisent sous la forme de ce que BROUSSEAU (1986) a nommé « **contrat didactique** ».

La nature de ce contrat responsabilise particulièrement l'enseignant dans deux moments spécifiques de la situation, le moment de dévolution du problème choisi et le moment de l'institutionnalisation des connaissances que nous privilégions ici.

– La dévolution du problème est le résultat du travail de l'enseignant pour permettre l'interaction des élèves avec le milieu de la situation a-didactique choisie. Si la dévolution est réussie, l'élève peut apprendre. Dans le cas contraire, pour une raison ou une autre, l'assujettissement de l'enseignant à l'école l'oblige à faire évoluer son organisation didactique. Alors « *se noue une relation qui détermine - explicitement pour une petite part, mais surtout implicitement – ce que chaque partenaire, l'enseignant et l'enseigné, a la responsabilité de gérer et dont il sera d'une manière ou d'une autre, responsable devant l'autre* » (BROUSSEAU, 1986), notamment concernant la connaissance mathématique visée. Quelles que soient les techniques de l'enseignant, on peut observer cette dévolution dans les apparences du milieu choisi - où l'action de l'élève n'est justifiée que par les connaissances en jeu dans la tâche -, dans les éléments perceptibles de son geste qui rend l'élève responsable de son activité et ce jusqu'à la validité du résultat à partir de ses connaissances antérieures.

–L'institutionnalisation des connaissances constitue un moment de rupture autant pour l'élève que pour l'enseignant, rupture conséquence de la nature même de l'institutionnalisation. En effet, l'objet de l'institutionnalisation est double : « *la prise en compte "officielle" par l'élève de la connaissance et par le maître, de l'apprentissage de l'élève* » (BROUSSEAU, 1998, p.311). Ces connaissances reconnues comme « *moyen de résolution d'une situation d'action, de formulation ou de preuve, [vont acquérir] un nouveau rôle, celui de référence pour des utilisations futures, personnelles ou collectives* » et vont provoquer des changements dans ce

82 Nous développerons ultérieurement cette notion.

qui est commun à l'enseignant et à l'élève. Le contrat didactique doit donc permettre la régulation de ce moment didactique au cours duquel on peut observer les connaissances engagées et celles qui sont retenues, la forme de la gestion de cette mémoire ainsi que le choix ultérieur des milieux pour utiliser cette nouvelle connaissance. Le singulier utilisé pour parler de “ce moment didactique” ne présente pas la multiplicité des moments temporels et didactiques qui globalement favorisent ou font obstacle par des ruptures à l'élaboration d'une institutionnalisation “terminale”.

Lors de la VIII^e école d'été de didactique des mathématiques, BROUSSEAU caractérise les différents types de contrat, c'est-à-dire une stratégie didactique qu'il définit comme le « *partage de responsabilité entre l'enseignant et un milieu antagonique (comprenant l'enseigné) et par les moyens de régulation réciproques* » (BROUSSEAU, 1995). Nous reprendrons ultérieurement les principaux éléments de cette classification qui seront utiles à notre étude comme, par exemple, la prise en compte des contrats faiblement didactiques qui permettent d'aborder les situations d'autodidacticité (BROUSSEAU, 2002, p.31).

Pour les contrats didactiques, ou fortement didactiques en opposition avec ceux qui sont faiblement didactiques, c'est-à-dire ceux où l'on peut déceler une action didactique caractérisée, « *une action où quelqu'un tente d'enseigner quelque chose à quelqu'autre qui ne veut pas l'apprendre* » (BROUSSEAU, 2002, p.32), nous nous appuyerons sur la présentation qu'en ont faite PERRIN-GLORIAN et HERSANT (2003) pour l'étude des séances ordinaires en lien avec le déroulement du temps didactique. Nous y trouvons, en plus du partage de responsabilité, trois autres composantes pour affiner les contrats étudiés : le domaine mathématique, le statut didactique du savoir (ancien / nouveau), la nature et les caractéristiques de la situation didactique en cours.

1.2.1.1 Les différents types de contrat

La classification de BROUSSEAU :

Il classe les stratégies didactiques en quatre types de contrats : les contrats non didactiques (d'émission, de communication, d'expertise et de production), les contrats faiblement didactiques portant sur un savoir ‘nouveau’ (d'information, d'utilisation des connaissances, d'initiation ou de contrôle et d'instruction ou de direction d'études), les contrats fortement didactiques portant sur un savoir ‘nouveau’ (contrat de reproduction formelle, de

conditionnement, la maïeutique socratique, contrat d'apprentissages empiristes et contrat constructiviste), enfin les contrats basés sur la transformation des savoirs 'anciens' (la révélation, le rappel⁸³ et la reprise).

Dans les sous-catégories des contrats non didactiques, le contrat de communication représente une évolution par rapport au contrat d'émission, dans l'élaboration du message au destinataire. BROUSSEAU le décrit par « *la responsabilité de l'émetteur qui prend à sa charge de faire 'parvenir' à un récepteur un certain message. Il doit s'assurer de la bonne réception du message (mais non du sens que lui donne le récepteur), et pour cela du bon fonctionnement du canal* ». Il ne porte pas sur la validité ou la nouveauté du contenu du message comme les contrats d'expertise ou de production.

Cette forme de contrat peut apparaître lorsque l'enseignant, pour une raison ou une autre, a perdu de vue l'objet d'apprentissage et ne se centre que sur le bon fonctionnement des messages que doivent entendre les élèves.

Dans les contrats faiblement didactiques « *l'émetteur accepte d'organiser son message en fonction de certaines caractéristiques 'théoriques' de son interlocuteur. Il assume certaines responsabilités quant au contenu de ce message, mais aucune quant aux effets sur le récepteur, même s'il est conscient de modifier son système de décision.* » (BROUSSEAU, 1995, p. 18) L'apprenant garde dans ces contrats la responsabilité de la demande de communication, de l'identification de ses besoins. Les contrats d'initiation et d'instruction prennent en compte la fonction du message émis.

Dans les séances de classe ordinaire, nous chercherons à identifier des phases très ponctuelles où se glissent des éléments de contrat faiblement didactique.

Pour caractériser les contrats fortement didactiques à propos d'un savoir nouveau, BROUSSEAU (1997) utilise deux critères : le degré de partage de la responsabilité à un des systèmes de la situation et « *les hypothèses épistémologiques associées à ces contrats*».

Enfin la dernière catégorie des contrats est basée sur la transformation des savoirs 'anciens'. Ils sont porteurs de raisons d'être différentes dans leurs usages, le savoir existe sous une forme ou une autre, l'enseignant et les élèves en ont une mémoire différente mais incontournable, ce qui réorganise les responsabilités dans ce type de contrat.

Le partage des stratégies didactiques autour des savoirs nouveaux / anciens incite à

83 repris de la thèse de PERRIN-GLORIAN p. 395

s'interroger sur les contrats susceptibles d'être rencontrés lors de l'avancée du temps didactique. C'est la raison principale du choix de l'étude qui va suivre.

Les prolongements de PERRIN-GLORIAN et HERSANT :

Le découpage qu'elles nous proposent (2003, p. 240) en « *macro-contrat (à l'échelle d'un objectif d'enseignement), le méso-contrat (à l'échelle de la réalisation d'une activité, par exemple la réalisation d'un exercice) et le micro-contrat (par exemple à l'échelle d'un épisode qui correspond à une unité de contenu mathématique et à une activité du professeur et des élèves, par exemple travail individuel ou collectif)* » nous semble s'adapter aux observations de la contingence de la classe. Cette option nous permet de nous centrer sur l'observation des méso et micro contrats locaux⁸⁴ même si tous ne feront pas l'objet d'une observation dans le recueil des données.

Nous allons donc préciser les termes de contrat, de méso-contrat et de micro-contrat.

Pour BROUSSEAU (1995, pp. 22-23) le contrat se comprend si on peut identifier les systèmes en jeu et leurs rapports c'est-à-dire :

- « *celui qui est l'enseigné (E-é),*
- *celui qui enseigne (E-ant),*
- *le système (M) auquel l'enseigné devra s'assujettir à la fin de l'enseignement, alors qu'il ne le pourrait pas avant ; il détermine en fait ainsi la matière de l'enseignement (connaissances et savoirs) et son but qui est de réduire le gradient culturel entre les deux institutions E-é et E-ant.*
- *le système D, qui décide que l'enseignant doit préparer l'enseigné à entrer dans les pratiques de l'institution M ; il délègue à l'enseignant sa mission et lui donne sa légitimité à décider de l'avenir de l'enseigné. »*

En continuité sur ce point, PERRIN-GLORIAN et HERSANT caractérisent les méso-contrats selon deux composantes : « *le statut didactique du savoir et les potentialités adidactiques de la situation, à savoir l'existence ou non d'un milieu adidactique capable de rétroactions interprétables au niveau des connaissances élèves.* »

Au méso-contrat de *dévolution* se substitue un méso-contrat *d'initiation* lorsque l'enseignant ne recourt pas à une situation adidactique.

⁸⁴ local est utilisé dans le sens d'attaché à la classe, c'est-à-dire lié à des productions à des éléments formulés, débattus dont on identifie les conditions d'existence.

Après une première rencontre des savoirs, s'il y a eu une dévolution de la situation, alors les élèves sont plongés dans un réinvestissement des connaissances, tandis que dans le cas d'une transmission directe les élèves ont la possibilité d'une appropriation de ce savoir dévoilé ce qui justifie le nom de méso-contrat de *pseudo-dévolution*.

Alors que la situation adidactique est porteuse de connaissances qui seront transformées en savoir lorsque l'enseignant mettra en place un méso-contrat *d'institutionnalisation*, dans le cas où le savoir a déjà été présenté, l'élève devra l'identifier par une formulation dans un méso-contrat de *Reconnaissance du savoir*. L'utilisation que fait ou ne fait pas l'enseignant des connaissances construites par les élèves conduit à différencier le méso-contrat *d'institutionnalisation* de celui de *Rappel* (la mise en commun ne conduit pas à un bilan, nous restons dans une situation locale avec comme fonctions d'homogénéiser, de dépersonnaliser et de décontextualiser, c'est-à-dire des contributions à l'institutionnalisation des connaissances en savoir) ou celui de *Réinvestissement des savoirs* (où la référence aux connaissances est abandonnée).

Dans tous les cas, la maîtrise d'un savoir comme connaissance pour résoudre d'autres situations conduit à mettre en place un méso-contrat *d'Entraînement*.

Lors de la mise en œuvre d'un savoir construit pour traiter une situation nouvelle, nous parlons de méso-contrat de *Restitution* et de méso-contrat de *Mobilisation* si la mise en œuvre est une réponse à une question de l'enseignant en lien direct avec le savoir institutionnalisé.

L'évolution d'un savoir ancien se réalise dans un méso-contrat de *Reprise* où une situation doit permettre une nouvelle rencontre avec le savoir en jeu et pré-existant. Enfin, la mise en relation de différents savoirs dans des situations nouvelles ou du savoir dans différentes situations se réalisera dans des méso-contrats de *Revue de savoirs*.

Nous reprenons le tableau de synthèse de la thèse de HERSANT présentant selon ces deux composantes, le statut didactique du savoir et les potentialités adidactiques de la situation, les méso-contrats :

-----Avancée du temps didactique ----->						
Statut didactique du savoir Type de situation	Savoir entièrement nouveau	Savoir en cours d'apprentissage			Savoir déjà institué	
		après une 1 ^{ère} rencontre	en cours d'institutionnalisation	utilisé dans des exercices		
Transmission directe du savoir Non utilisation d'un milieu adidactique	Initiation	Pseudo-dévolution	Reconnaissance du savoir	Entraînement	Restitution du savoir	
Transmission par des situations Existence d'un milieu adidactique	Dévolution d'une première situation	Rappel		Entraînement	Mobilisation du savoir	
		Réinvestissement de connaissances	Réinvestissement de savoirs		Revue de savoirs	
			Institutionnalisation		Reprise du savoir	

Connaissance(s) et savoir(s) sont pris au sens donné par BROUSSEAU (2002) :

« Une situation où les connaissances qui ont servi ailleurs comme moyen de décision, sont explicitement l'objet d'une action ou d'une étude, d'une identification, d'une classification, d'une articulation avec d'autres etc. donne alors à ces connaissances une autre fonction : celle d'objets de l'action du sujet. Nous appelons ces nouveaux objets : « savoirs » (le pluriel est alors possible), lorsqu'ils présentent certains caractères de stabilité, de validité etc.. Dans ces situations où il manipule des savoirs, le sujet utilise des connaissances au sens précédent, qui, elles, ne sont pas son objet d'études mais ses moyens. Ainsi un même énoncé peut être une connaissance ou un savoir suivant son rôle dans une situation. » et présenté par ROUCHIER (1996) dans « Connaissances et savoirs dans le système didactique ».

Au niveau local « *le partage des responsabilités entre l'enseignant et l'apprenant caractérise le micro-contrat didactique.* » PERRIN-GLORRIAN et HERSANT en identifient sept qu'elles regroupent en trois catégories :

- Les micro-contrats où l'enseignant garde toute la responsabilité :
si l'enseignant présente les savoirs sans référence à la fonction ou à la mise en œuvre nous parlerons de micro-contrat d'information, si la mise en œuvre est présentée nous parlerons de micro-contrat d'ostension, que nous détaillerons ultérieurement.
- Les micro-contrats où la responsabilité est partagée entre l'enseignant et la classe :
suivant le niveau d'intervention de l'enseignant par rapport à la production et à la validation des connaissances construites nous parlerons de micro-contrat d'adhésion ou de micro-contrat de production collective.
- Les micro-contrats dans lesquels la responsabilité est partagée entre l'enseignant et chaque élève de la classe sont naturellement appelés micro-contrat de production individuelle.

Quel que soit le type de contrat didactique, présenté ci-avant, il permet de mettre en évidence ce qui relève de la responsabilité de l'enseignant et ce qui relève de celle de l'élève. Ce contrat conduit l'enseignant à une situation paradoxale :

« plus le professeur (...) dévoile ce qu'il désire, plus il dit précisément à l'élève ce que celui-ci doit faire, plus il risque de perdre ses chances d'obtenir et de constater objectivement l'apprentissage qu'il doit viser en réalité. (...) L'élève est, lui aussi, devant une injonction paradoxale : (...) apprendre, implique, pour lui, qu'il accepte la relation didactique mais qu'il la considère comme provisoire et s'efforce de la rejeter. »
(BROUSSEAU, 1986, p. 66)

Cela nous fait dire que la recherche d'un hypothétique contrat constitue pour l'enseignant une condition nécessaire, une contrainte, lors de la mise en œuvre de pratiques mathématiques à l'école élémentaire.

Nous avons également besoin de comprendre quelles sont les conditions pour qu'un élève passe de connaissances ou de savoirs anciens à des connaissances nouvelles et donc de comprendre comment sont structurés les milieux respectifs dans lesquels l'élève et l'enseignant

sont plongés. C'est le modèle de structuration du milieu (BROUSSEAU, 1990) complété par les travaux de MARGOLINAS (1995) qui va être notre point d'appui d'abord pour le caractériser puis pour identifier les positions respectives que peuvent y occuper l'élève et l'enseignant.

1.2.1.1 La structuration du milieu

Pour CHEVALLARD (1992), le milieu est constitué des éléments qui, pour les sujets de l'institution, apparaissent comme allant de soi, transparents, non problématiques. Mais ici, nous utiliserons la définition qu'en donne BROUSSEAU (1990) quand il présente la théorie des situations didactiques à partir de la théorie des jeux. Il donne la définition suivante du milieu :

« Le système antagoniste du joueur dans une situation est pour le joueur comme pour l'observateur, une modélisation de la partie de l'univers à laquelle se réfère la connaissance en jeu et les interactions qu'elle détermine. C'est ce système antagoniste que nous avons proposé d'appeler milieu. Il joue donc un rôle central dans l'apprentissage, comme cause des adaptations et dans l'enseignement comme référence et objet épistémologique (Définition : le milieu est un jeu ou une partie de jeu qui se comporte comme un système non finalisé). »

ce qui revient à dire que pour BROUSSEAU le milieu est un système antagoniste (pour l'élève) dans la situation didactique qui modifie les connaissances de l'élève par les rétroactions qu'il en reçoit.

MARGOLINAS a contribué à préciser la description du modèle de BROUSSEAU sous la forme suivante :

La situation didactique est présentée à partir des trois systèmes : Professeur, Élève et Milieu.
« Ces systèmes créent des places, dont l'analyse en termes de structuration du milieu a pour objet de caractériser des positions possibles » :

-Le niveau de base, noté 0, est celui de la situation didactique ;

-les niveaux a-didactiques, du schéma de BROUSSEAU, deviennent les niveaux négatifs ;

-« le milieu de niveau $n + 1$ [$M(n+1)$] correspond à la situation de niveau n (S_n), le niveau n est donc toujours englobé dans le niveau $n + 1$ (structure « d'oignon »), on a

$S_n = \{M_n, E_n, P_n\}$. »

Elle utilise une présentation en tableau pour figurer les « *différentes positions relatives aux trois places Milieu, Élève, Professeur.* » Mais il « *ne s'agit pas d'une description de situations temporellement successives, mais de positions que les sujets peuvent prendre, de façon effective ou intériorisée, dans le temps de la situation didactique* » et où « *la notion de "position" peut être complétée par celle de "point de vue"* ». (MARGOLINAS, 1995)

M-3 : M-matériel	E-3: E-objectif		S-3: Situation objective	a-didactique
M-2: M-objectif	E-2: E-agissant		S-2: Situation de référence	
M-1: M-de référence	E-1: E-apprenant	P-1: P-observateur	S-1: Situation d'apprentissage	
M0: M-d'apprentissage	E0: Elève	P0: Professeur	S0: Situation didactique	
M1: M-didactique	E1: E-réflexif	P1: P-projeteur	S1: Situation de projet	Sur-didactique
M2: M-de projet		P2: P-constructeur	S2: Situation de construction	
M3: M-de construction		P3: P-noosphérien	S3: Situation noosphérienne	

Pour décrire l'emboîtement des milieux, BROUSSEAU utilise un modèle ordonné décrivant les niveaux de milieu de l'élève. MARGOLINAS modifie la numérotation des niveaux de façon symétrique par rapport à la situation d'apprentissage. Elle apporte une unité de description de l'enseignant et introduit un sujet auquel l'enseignant peut s'identifier au niveau (-1), « le professeur observateur », avant de restructurer les niveaux positifs.

Nous présentons ci-après sa classification des différentes positions⁸⁵ :

Dans le niveau le plus intérieur (-3), se trouvent les éléments nécessaires, le milieu matériel (M-3), pour entrer dans la question ou le problème. E-objectif (E-3) représente des élèves

85 MARGOLINAS C. (1995) « La structuration du milieu et ses apports dans l'analyse a posteriori des situations » in *Les débats de didactique des mathématiques*, La Pensée sauvage éditions, Grenoble (pp. 89-102).

« spectateurs⁸⁶ ». L'ensemble de ces éléments et leurs relations constituent la situation objective (S-3).

Au niveau suivant (-2), l'élève qui a stimulé ses connaissances dans la situation objective peut envisager d'agir sur ce qui constitue son milieu objectif (M-2). En tant qu'acteur, il (E-2) « agit, mais ses opérations ne sont pas nécessairement explicites et en particulier ses opérations mentales et cognitives. » L'ensemble de ces éléments et leurs relations constituent la situation de référence (S-2).

Au niveau (-1) (qui est le dernier niveau a-didactique) : les rapports de l'élève apprenant (E-1) avec le milieu sont « plus réflexifs, [ils] se rencontrent dans des situations de formulation ou de preuve. » [E-1] « envisage les actions de E-2 (lui-même, à l'occasion) soit pour communiquer des renseignements sur l'action, soit pour débattre de son adéquation. » C'est à ce niveau qu'apparaît un sujet (P-1) permettant à l'enseignant de s'identifier en tant qu'observateur de l'élève apprenant en relation avec un milieu de référence (M-1). L'ensemble de ces éléments et leurs relations constituent la situation d'apprentissage (S-1).

Au niveau (0), « le professeur (P0) », en s'appuyant sur ses observations en position (P-1) organise la classe pour favoriser l'institutionnalisation des savoirs émergents du milieu d'apprentissage (M0). L'élève (E0) « [...] réfléchit alors à son apprentissage... » il peut donc agir « en intervenant dans des débats et en communiquant des preuves explicites. Il travaille avec ses pairs ou avec son professeur... » L'ensemble de ces éléments et leurs relations constituent la situation didactique (S0).

Au niveau (1), « Le professeur, réfléchissant à son activité d'enseignement ou la préparant, envisage ses propres rapports avec ses élèves ; il se place ainsi dans la position P1 [professeur préparant son cours], réflexive par rapport à la situation précédente [...]. » L'élève est donc un élève réflexif (E1) dont le professeur peut imaginer qu'il pourra « [...] observer, juger ou tirer parti de façon consciente » du milieu didactique (M1). L'ensemble de ces éléments et leurs relations constituent la situation de projet (S1).

Au niveau (2) l'élève n'est plus présent dans la situation en tant que sujet. Une rupture s'opère dans notre sens de lecture de la relation entre les milieux (nous soulignons ce point). Le professeur constructeur (P2) mobilise ses connaissances didactiques en cohérence avec son intervention dans les niveaux inférieurs dont notamment le milieu de référence. Il puisera donc ses connaissances dans le milieu de projet (M2). L'ensemble de ces éléments et leurs

86 Terme de BROUSSEAU repris par MARGOLINAS HDR p.72

relations constituent la situation de construction (S2).

Au niveau (3) le plus extérieur, se trouve la situation « *noosphérique*⁸⁷ » (S3) dont les éléments sont le professeur noosphérique (P3) qui réfléchit de façon très générale (sans finalité) à l'enseignement. Les niveaux 1, 2 et 3 constituent alors les niveaux sur-didactiques.

Ce modèle nous permet de comprendre les contraintes et les conditions que devra gérer l'enseignant pour piloter la situation d'apprentissage des mathématiques de l'étape de construction à sa mise en œuvre. Se pose donc la question de la place des TICE dans ce modèle et de son existence dans les différents milieux de l'élève et de l'enseignant.

1.2.1.1 Les milieux de l'élève attachés à la contingence de la classe

Dans les écoles primaires, le milieu objectif avec lequel les élèves vont interagir, dans la situation mathématique construite par l'enseignant, est constitué :

– d'un milieu matériel contenant plusieurs types d'objets, les objets « matériels » ou non rattachés au problème, la tâche ou problème, les techniques opératoires stabilisées ou les représentations des objets géométriques, le support papier habituel accessible ou non, les objets traditionnels de la classe (balance de Roberval, calculette, affiches d'images « géométriques », mode d'emploi...), le manuel, le logiciel, la technologie informatique et les configurations d'usage associées à des interfaces comme le clavier, la souris, etc, l'espace de travail (classe ou salle informatique, présence ou non d'un tableau, d'un vidéo-projecteur...);

– des objets de connaissance de l'élève en relation avec le contenu du problème : connaissances numériques ou géométriques, techniques de calcul personnelles ou institutionnalisées, mais aussi relations aux autres élèves, à l'enseignant... ainsi que d'objets des institutions auxquelles il est assujéti : le nombre d'élèves par ordinateur, l'(es) image(s) de l'ordinateur, l'habitude

87 La noosphère – du grec *noos* (esprit, pensée) et *sphaira* (corps rond) – désigne littéralement la partie de l'espace où se manifeste, se crée une pensée. C'est Teilhard de Chardin dans le phénomène humain (1951) qui l'introduit. Il a été repris par Morin en 1991 et c'est Y. Chevallard qui l'introduit dans la communauté didactique pour désigner un espace où « s'opère l'interaction entre le système d'enseignement et l'environnement sociétal » (1991); elle correspond à une partie de l'espace social dans laquelle les représentants du système d'enseignement (les membres des commissions ministérielles, les représentants de la société (parents d'élèves, spécialistes de la discipline, auteurs de manuels, de revues scientifiques ou militantes...)... 'pensent', négocient, débattent de ce qu'il conviendrait de faire ou de changer dans le système d'enseignement. En d'autres termes la noosphère désigne "l'ensemble des personnes et des groupes intéressés à la création et à la communication des savoirs d'un certain domaine" (Brousseau, 1998). D'après (Sarrasy, 2003).

d'autres pratiques informatiques...

Dans la situation objective attachée à la situation d'apprentissage, nous pourrions trouver des éléments essentiels pour comprendre comment a été organisée la dévolution de la situation en nous appuyant sur ce que les élèves en verront.

En réponse au « contrat didactique » qui lui confère, « auto-confère », un statut d'élève, l'élève va agir sur le milieu matériel. Les réponses à ses actions définissent le milieu objectif où l'élève peut produire des jeux d'essais. Les techniques de l'élève y sont très souvent faiblement identifiables voire invisibles.

Lorsque les techniques seront formulées, rédigées, explicitées, l'enseignant pourra observer les techniques ou les parties visibles de ces techniques et les éléments de technologie utilisés dans ce qui caractérise le milieu de référence.

C'est dans ce milieu que, par les rétroactions avec les actions de l'élève, vont se mettre en place les éléments de base à la construction du savoir au niveau supérieur, la situation d'apprentissage.

C'est cette situation de référence, composée du milieu objectif et de l'élève agissant, que l'enseignant va observer pour pouvoir anticiper, organiser l'institutionnalisation du savoir.

1.2.1.1 Les milieux de l'enseignant

Les travaux de MARGOLINAS (1995) ont apporté des éléments au modèle de BROUSSEAU pour analyser le rôle de l'enseignant. On y retrouve, comme pour l'élève, « *un emboîtement de situations correspondant à des projets distincts et dont chacune sert de milieu à la suivante* » (BROUSSEAU, 2002).

Nous pensons que l'enseignant, confronté à la rupture de ses savoir-faire professionnels anciens provoquée par l'utilisation des TICE, va être placé, lui-même, en situation d'apprentissage. Nous allons décrire le modèle qui va nous permettre de le mettre en évidence. Nous modifions le modèle de MARGOLINAS en ajoutant un élément dans la description de la situation : les milieux « d'auto-apprentissage » de l'enseignant que nous noterons M_p -« abc » où « abc » désigne le nom-descriptif d'un niveau des milieux « a-didactique » et P le professeur.

En choisissant ce terme nous souhaitons dire que l'enseignant est impliqué dans une situation

d'auto-didacticité et en tant qu'apprenant il est placé en situation d'apprentissage. Nous avons choisi de parler d'auto-apprentissage pour souligner que, dans la "solitude" de ses choix, qu'il n'est contraint que par son assujettissement à sa tâche d'enseignant, qu'il a créé, dans le contexte de sa classe, les conditions d'existence de ses milieux et qu'il ne partage la responsabilité de l'usage de ses connaissances qu'avec sa déontologie...

La description en termes de milieu nous permet d'interroger, de modéliser les tâches des enseignants dans les niveaux « sur-didactiques ». Nous rejoignons le modèle présenté par BLOCH (1999) qui utilise l'idée des milieux pour le professeur voisins des nôtres. Nous différencions notre définition du milieu matériel de l'enseignant de celui présenté par BLOCH (1999, p.55) en étendant sa définition à tous les milieux de l'élève, sans quoi dans son milieu objectif, l'enseignant ne pourrait pas réaliser d'observation des actions des élèves et des rétroactions de leur milieu matériel. Une deuxième différence est liée à la situation qui « comporte une dimension adidactique pour l'élève » et en cela BLOCH « suppose une activité conjointe du professeur et de l'élève » (ibidem, p.54), nous utilisons notre modèle quel que soit le type de situations dans lequel est engagé l'élève. Ceci s'explique par le fait que quel que soit le type de situations pour l'élève il existera des rétroactions pour l'enseignant qu'il devra gérer dans la recherche d'un contrat.

Une analyse ascendante, de la position P_{-1} d'observateur du professeur à la position P_{+2} de constructeur, nous permet de présenter la structure emboîtée en phase avec l'emboîtement récursif du modèle de MARGOLINAS. Nous précisons, dans la description des milieux d'auto-apprentissage de l'enseignant, des éléments qui montrent l'indépendance entre la position de l'enseignant et celle de l'élève, objet du milieu de l'enseignant.

Nous présentons ci-après les quatre milieux correspondants mais, auparavant nous voudrions lever un obstacle qui pourrait émerger d'un découpage temporel de l'action de l'enseignant. MARGOLINAS rappelle que si l'enseignant conçoit son cours pour une grande part dans un moment extérieur à la classe il est banal de souligner que souvent il se projette dans la séance suivante alors qu'il est entrain d'observer un groupe d'élève. La conduite de l'activité est le résultat d'une préparation antérieure à la classe qui est infléchie par la contingence de la classe ou la remémoration d'un incident enfoui dans sa mémoire. MARGOLINAS (2004, p.114) souligne par là la « complexité temporelle de l'activité du professeur : à chaque niveau, l'action du professeur peut-être considérée aussi bien dans le présent de l'action que dans les interactions passées ou futures ».

« **Son milieu matériel** » :

Noté M_p-Matériel, il est constitué de l'ensemble des éléments que l'enseignant a mis en place pour la séance, ce qui constitue « *des éléments liés par des relations explicites et qui peuvent être des objets ou des personnes mis en scène dans une histoire (avec un déroulement temporel) ou un système (défini à un instant donné, mais susceptible d'évolution temporelle). Mais cette histoire ou ce système sont considérés comme déterminés, uniques, indépendants de la volonté, de l'action ou des conceptions de l'élève. Ils fonctionnent comme une réalité objective de référence à laquelle l'élève [ici le professeur] doit adhérer mais devant laquelle il est placé en spectateur dont le point de vue est fixé à l'avance. Cette réalité est évidemment une fiction didactique reconnue comme telle par chacun des protagonistes* ». (BROUSSEAU, 1986, p.59).

Pour l'enseignant, ces personnes et les objets non rien de fictif : on y trouve, en particulier, l'élève en train de réaliser une activité et son environnement matériel dans le contexte de la classe, parfois un élève devant un ordinateur en panne ou les échanges entre deux élèves et l'enseignant lui même tant qu'il n'agit pas. La caractéristique « finalisé » nous paraît aléatoire si l'on pense que sa conception est fonction de la construction d'un milieu de l'élève à partir d'un élève « réflexif » qui nécessite de nombreux ajustements en action. Lorsque nous utilisons les termes “réaliser une activité”, ils peuvent désigner :

- un moment de l'observation du milieu matériel par l'élève, par exemple lors du lancement d'un logiciel,
- un moment de l'action sur le milieu objectif, par exemple lors de la saisie d'une donnée au clavier en réponse à un calcul ou à un changement de technique, qui exprime des connaissances contextualisées à la tâche posée,
- un moment où le « sujet épistémique⁸⁸ résolveur de problèmes »⁸⁹ est confronté aux rétroactions du milieu, par exemple dans ses rapports d'échange avec un autre élève ou lorsqu'il formule une argumentation en lien avec la résolution de la tâche.
- un moment d'institutionnalisation ou de conclusion où l'élève partage collectivement l'état

88 « *Du point de vue de l'épistémologie génétique, la notion de sujet épistémique, très abstraite, caractérise cette part du fonctionnement cognitif – commune à tous les sujets d'un certain niveau de développement – constitutive des notions au moyen desquelles la réalité est organisée, transformée ou expliquée. Il est le centre du fonctionnement cognitif, ou plutôt le système cognitif dans sa totalité, abstraitement détaché des composantes non proprement cognitives de ce fonctionnement* » Extrait des « notions » de la Fondation Jean Piaget http://www.fondationjeanpiaget.ch/fjp/site/presentation/index_notion.php?PRESMODE=1&NOTIONID=255 rédigé par DUCRET visité le 18/12/2007

89 HDR MARGOLINAS

de sa nouvelle connaissance comme savoir.

Les positions correspondantes que peut prendre l'élève sont celles que MARGOLINAS désigne par les positions de E_{-2} à E_0 .

La relation entre P_{-1} et M_P -Matériel constitue la situation objective du professeur notée S_P -Objective.

« **Son milieu objectif** » :

Noté M_P -Objectif, le professeur s'y trouve en position de « *sujet connaissant et agissant* » P_0 . Il peut s'imaginer dans sa position P_{-1} et s'identifier à lui et s'engager dans l'action. En reprenant les points précédents nous pourrions observer une action pour « ouvrir une fenêtre logicielle », noter un résultat spécifique tapé au clavier par un élève, suggérer une tâche invalidant un argument ou distribuer sélectivement la parole lors de la mise en commun ou tout autre action pour faire aboutir son projet d'enseignement. Ici nous nous éloignons du modèle de BLOCH dans la définition des niveaux d'emboîtement, bien que nous puissions reprendre ici de nombreuses actions qu'elle situe dans le milieu de référence.

La relation entre l'enseignant en position P_0 et son milieu objectif, M_P -Objectif, constitue la S_P -Référence.

« **Son milieu de référence** » :

Noté M_P -Référence, il se situe au niveau supérieur. Il est composé du couple (P_0, M_P -Objectif), le professeur en position P_{+1} devient le « sujet épistémique résolveur de problèmes » par exemple dans la réflexion sur les rétroactions qu'ont provoqué ses décisions ou plus tard lors de son bilan de la séance, dans sa préparation de l'activité suivante en fixant ses choix ou en validant les précédents.

La relation entre l'enseignant en position P_{+1} et son milieu de référence, M_P -Référence, constitue la S_P -d'Auto-apprentissage.

« **Son milieu d'auto-apprentissage** » :

Noté M_P -d'Auto-apprentissage, de sa position de constructeur P_{+2} , il est en position de réfléchir à sa propre position, non générique, dans la situation de référence.

Nous reprendrons la citation de BROUSSEAU (1986) « *cette position pour le maître est similaire à la position [de sujet épistémique résolveur de problème] pour l'élève* » dont il dit que « *c'est aussi la position qu'il prendrait en l'absence de tout professeur réel (position auto-didactique)*. Il réfléchit alors à son apprentissage et aux fonctions, pour lui-même, de la

connaissance. »⁹⁰

Nous pouvons maintenant résumer cette articulation entre les différents milieux par le tableau ci-dessous dont nous rappelons que sa linéarité ne traduit pas la temporalité :

Éléments simplifiés du modèle réduit de structuration du milieu par emboîtement des niveaux	Élargissement du modèle
Positions de l'enseignant dans la structuration des milieux	Milieux « a-didactique » de la « Situation d'auto-didacticité » vécue par l'enseignant
P ₋₁ : P-Observateur	M _P -Matériel
P ₀ : Professeur acteur	M _P -Objectif
P ₊₁ : P-Projecteur	M _P -Référence
P ₊₂ : P-Constructeur	M _P -d'Auto-apprentissage

Nous sommes tenté de penser que les problèmes que l'enseignant rencontrera sont les éléments qui vont contribuer à la construction de son milieu d'apprentissage. Les choix conscients ou non, constituent les actions de l'enseignant dans le milieu et les échecs d'une initiative constituent une rétro-action du milieu. La présence d'objets nouveaux, les logiciels, crée une rupture dans les pratiques anciennes qui doivent alors être ré-interrogées par l'enseignant.

L'élargissement du modèle de l'enseignant nous permet de caractériser l'évolution de ses connaissances à travers les tâches et les techniques utilisées dans le temps de l'activité. Nous devrions pouvoir identifier des moments qui seront des milieux pour l'apprentissage de l'enseignant. Nous pensons notamment aux micro-contrats où la responsabilité est partagée entre le professeur et chaque élève de la classe ou encore aux micro-contrats d'adhésion où les élèves sont engagés dans la validation, mais aussi dans d'autres phases.

Cependant les phases où nous avons le plus de chance d'observer ces moments potentiels d'apprentissage sont celles où l'enseignant a un rôle important c'est-à-dire les phases de dévolution et d'institutionnalisation. C'est ce que nous allons voir à présent.

1.2.1.1.1 L'enseignant et la dévolution

Les gestes de l'enseignant devraient mettre en évidence des ruptures de contrat liées au paradoxe de la dévolution : « *tout ce qu'il [l'enseignant] entreprend pour faire produire par*

90 HDR MARGOLINAS p.74

l'élève les comportements qu'il attend, tend à priver ce dernier des conditions nécessaires à la compréhension et à l'apprentissage de la notion visée : si le maître dit ce qu'il veut, il ne peut plus l'obtenir. Mais l'élève est, lui aussi, devant une injonction paradoxale : s'il accepte que, selon le contrat, le maître lui enseigne les résultats, il ne les établit pas lui-même et donc il n'apprend pas de mathématiques, il ne se les approprie pas. Si, au contraire, il refuse toute information de la part du maître, alors, la relation didactique est rompue. Apprendre, implique, pour lui, qu'il accepte la relation didactique mais qu'il la considère comme provisoire et s'efforce de la rejeter. » (BROUSSEAU, 2002)

Il est banal de constater que toutes les situations didactiques ne relèvent pas d'une situation a-didactique.

Dans ces conditions, si le milieu pour une dévolution existe et qu'il permet les rétroactions, alors on pourra identifier un élève apprenant. En revanche, si le milieu n'offre pas cette possibilité, alors l'enseignant devra assumer la responsabilité de tous les gestes de l'élève qui ne pourra plus être en position d'apprenant.

Cela conduit l'enseignant à utiliser d'autres stratégies didactiques comme « l'ostension assumée » ou « l'ostension déguisée » (BERTHELOT R. et SALIN M.H., 1992, pp. 79-80) par exemple pour justifier des conditions d'usage des TICE en mathématiques.

– **L'ostension assumée** consiste à présenter le savoir puis de proposer des situations où il est appliqué. L'enseignant donne l'algorithme de l'addition au CP et les élèves l'appliquent dans un logiciel d'exercices par exemple dans « Atoumath »...

– **L'ostension déguisée** se modélise par le projet de l'enseignant d'utiliser les connaissances des élèves mais en ne sélectionnant que celles qui vont favoriser une avancée didactique forte vers les savoirs à construire. En demandant à un élève « A » de dire « comment il fait » lors de la mise en commun, les autres par effet de contrat entendent que l'enseignant valorise cette technique, la technique de l'élève « A » qui, par ailleurs, peut avoir un statut particulier dans la classe. L'abandon des autres techniques renforce le choix de l'enseignant pour les élèves surtout si une seule est réinvestie dans la phase suivante.

Le symposium sur la « dévolution », coordonné par MARGOLINAS (2004), a permis d'interroger, dans différents domaines disciplinaires, comment les enseignants conduisent, favorisent la dévolution ou la pseudo-dévolution de situations d'apprentissage, de rencontre ou

d'utilisation de savoirs ou connaissances. Pour notre étude nous retiendrons plusieurs entrées :

- le processus de dévolution est un processus long qui « *s'exécute en deux mouvements articulés : d'abord une mise en place de règles, ensuite un accompagnement progressif de l'investissement de l'espace didactique par les élèves, rendu alors possible* ». (FLUCKIGER)
- Le constat d'une dévolution en deux temps nous semble apparaître dans l'approche de ANDREUCCI et CHATONEY pour qui « *l'essentiel des conditions de fonctionnement de la dévolution se situe en amont, non pas tant et en tous cas pas seulement du côté du processus de réalisation en classe mais aussi et déjà au niveau de la conception des tâches, confiées aux élèves, de la dynamique et de la logique interne propre à leur contenu et à leur organisation* » ;
- On comprend alors que « *la mémoire didactique est un levier important dans la mise en place de ce processus* » (FLUCKIGER) ;
- Il faut alors se poser la question de comment se construit cette mémoire didactique. Bien que ce ne soit pas une réponse directe à cette question, MARLOT et SENSEVY souligne l'importance d'une « *dialectique entre une attitude d'analyse et une attitude d'accompagnement associée à un guidage plus ou moins serré* » pour conduire et favoriser la dévolution. Ils s'appuient sur l'idée que « *plus le professeur accompagne, plus il prélève dans le milieu des éléments qui serviront son analyse. Et plus il analyse, plus il pourra accompagner les élèves de manière pertinente.* »

Ce sont souvent ces observations qui justifient l'intervention des enseignants pour relancer la dévolution dans des mini-moments, séparés par des temps d'observation de la contingence de la classe.

Nous pensons que cette posture ne doit pas faire oublier deux aspects :

- le poids des rapports personnels aux savoirs de l'enseignant sur les choix des techniques didactiques qu'il met en place qui a été observé par AMADE-ESCOT en EPS. Ce repérage nous a semblé pouvoir être identifié avec les assujettissements et les usages des TICE que les enseignants ont dans d'autres institutions que l'école ou la classe notamment le milieu familial.
- les phénomènes de bifurcation didactique présentés par MARGOLINAS et THOMAZET à partir de l'exemple d'un élève qui investit *la situation spatiale* associée au milieu

matériel de la *situation de numération* dans laquelle le professeur est confronté au paradoxe de la dévolution « il ne peut pas dire à l'élève ce qu'il veut que l'élève fasse pour apprendre ». La transparence de l'usage des TICE dans le milieu matériel est susceptible de provoquer ces phénomènes lors de la dévolution d'une situation. Ils constituent pour nous des indicateurs sur les modes d'intégration des TICE dans la classe.

Ces conditions de réalisation d'une dévolution réussie doivent être repérées par l'enseignant comme étant des contraintes et anticipées dès la phase de construction. Elles sont les obstacles qu'il devra dépasser pour la mise en œuvre de la situation d'apprentissage des élèves.

1.2.1.1.1 L'enseignant et l'institutionnalisation

L'enseignant a deux institutionnalisations à gérer : l'institutionnalisation des connaissances des élèves et ses connaissances sur sa pratique. Ces deux institutionnalisations ne sont pas simultanées, elles ne portent pas sur le même objet mais elles ont en commun des fonctions de structuration des apprentissages.

En effet, d'une part, du côté de l'apprenant, le deuxième moment fort de l'intervention de l'enseignant est l'institutionnalisation des connaissances comme référence pour la classe, c'est-à-dire un savoir réinvestissable dans d'autres tâches.

Dans un moment de calcul réfléchi en CM1, l'observation de l'efficacité de la technique élaborée comme découverte des élèves, doubler deux fois le nombre pour obtenir le produit d'un nombre par quatre, peut être institutionnalisée sous la forme d'une règle collective, premièrement en l'identifiant parmi les autres techniques, deuxièmement en lui attribuant un statut dans la mémoire de la classe, pour enfin être réinvestie, ou tout au moins pour que les élèves sachent qu'ils vont devoir la réinvestir dans d'autres exercices de calcul réfléchi ou dans des problèmes simples de multiplication⁹¹.

Les éléments de sens⁹² associés à une connaissance sont attachés aux connaissances anciennes

91 Ceci fait référence à BROUSSEAU, 1998, p. 311 « *les enseignants doivent prendre acte de ce que les élèves ont fait, décrire ce qui s'est passé et ce qui a un rapport avec la connaissance visée, donner un statut aux événements de la classe, comme résultat des élèves et comme résultat de l'enseignant, assumer un objet d'enseignement, l'identifier, rapprocher ces productions des connaissances des autres (culturelles ou du programme), indiquer qu'elles peuvent resservir.* »

92 « *Le sens d'une connaissance est essentiellement formé :*

- du **“tissus” des raisonnements et des preuves** dans lesquels elle est impliquée avec évidence, les traces des situations de preuves, qui ont motivé ces raisonnements ;
- **“tissus” des reformulations et des formalisations** à l'aide desquels l'élève peut la manipuler, accompagné d'une certaine idée des contraintes de communication qui les accompagnent ;

des élèves et à ce que l'enseignant en connaît et veut en faire. Cela conduit à prendre en compte la mémoire du système didactique.

« un maître qui ne se souvient pas de ce qui a été fait par tel ou tel élève, ou de ce qui a été donné comme savoir commun, ou de ce qui a été convenu, ou un maître qui laisse entièrement à la charge de l'élève l'intégration des moments d'enseignement est un maître sans mémoire. Il est incapable d'exercer des pressions didactiques personnalisées et spécifiques qui paraissent indispensables dans le contrat didactique. La "mémoire didactique" du professeur et du système gère, en outre, les changements d'attitudes devant la présence ou non des ressources du milieu, les transformations de langage.

C'est un fait d'observation courante que les élèves ne peuvent évoquer certaines connaissances qu'en présence d'une personne qui a partagé l'histoire de leurs relations avec ses connaissances, ou qu'en présence des dispositifs particuliers qu'ils ont utilisés. Transformer les souvenirs en connaissances mobilisables est une opération didactique et cognitive mais pas seulement un acte individuel de mémorisation. L'organisation de la mémoire du temps didactique fait partie d'une gestion plus générale du temps didactique. » (BROUSSEAU,1998, p.323)

D'autre part, du côté de l'enseignant, dans des processus auto-didactiques, par exemple ceux qui sont attachés à « l'apprentissage » des techniques de l'enseignant, en transposant la définition de l'institutionnalisation que donne BROUSSEAU (2002) dans son dictionnaire didactique à la pratique de l'enseignant, pour que l'on puisse parler d'institutionnalisation de son geste, il faudra d'une part :

- que le geste de l'enseignant soit valide dans le contexte local et qu'il soit reconnu comme tel hors du contexte particulier de la situation présente,
- qu'il soit réinvestissable dans d'autres occasions, encore non connues,
- qu'il soit plus avantageux de le reconnaître et de l'utiliser sous sa forme réduite que de l'établir à nouveau
- qu'il soit accepté directement par tous ou au moins par les initiés.

*- des **modèles implicites** qui lui sont associés – soit qu'elle les produise ou qu'elle en résulte – et des traces des situations d'action qui les fonctionnalisent, ou qui, simplement, les contextualisent ;*
*- et des **rappports plus ou moins assumés** entre ces différentes composantes, rapports essentiellement dialectiques. » (BROUSSEAU, 1998, p.310)*

Il faudra d'autre part, pour que l'institutionnalisation soit possible, que l'enseignant puisse les mettre en jeu dans une institution qui légitimera ses gestes ou ses techniques, pour que ses gestes ou techniques puissent alors passer du statut de connaissance opérationnelle à celui de savoir, c'est-à-dire qu'ils ne restent pas des « théorèmes en acte »⁹³.

Les conditions institutionnelles de l'école où l'enseignant est relativement isolé, rendent ces critères difficiles à atteindre. Il ne pourra donc être question que d'institutionnalisation locale c'est-à-dire « *sans que l'on connaisse l'histoire de sa production* »⁹⁴ sens que lui donne DOUADY (1994, p. 19).

Les conditions de pratiques mathématiques à l'école élémentaire sont donc contraintes par :

- La diversité des formes et des fonctions des situations mises en place par les enseignants qui constitue un obstacle au réinvestissement d'une séance sur l'autre et qui s'oppose à la reconnaissance de certaines techniques que pourrait engager l'enseignant.
- La répétition dans des moments distants, étalés sur de longues périodes ou au contraire très densifiés qui contribue à créer un milieu pour l'enseignant susceptible d'être très antagonique avec la construction de ce savoir.

Dans le contexte de la classe l'enseignant devrait rencontrer les mêmes obstacles avec des savoirs anciens, c'est-à-dire lorsque l'on a à faire à des contrats de « réinvestissement de savoirs » ou simplement de « reconnaissance de savoirs ».

La théorie des situations didactiques en mathématique nous a permis d'éclairer les questions des pratiques mathématiques à l'école élémentaire et de la position de l'enseignant dans le pilotage de ces pratiques.

Pour nous résumer, nous retiendrons que le milieu construit par l'enseignant est une des conditions déterminantes pour les apprentissages des élèves dans une situation didactique. L'enseignant dans les différentes positions qu'il occupe doit prendre en compte les différentes positions de l'élève et gérer les contrats pour favoriser l'avancée de l'apprentissage.

Les interactions de l'enseignant avec la situation d'apprentissage de l'élève sont constitutives d'un auto-apprentissage, en forme de « théorème en acte » permettant de s'engager dans une

93 VERGNAUD G.(1991), p.136 et 137

94 DOUADY R (1994), Ingénierie didactique et évolution du rapport au savoir, *Repères IREM n° 15*, Topiques Éditions, pp. 37-61.

action avec une certaine pertinence sans qu'il puisse en tirer une règle générale.

C'est donc dans ce cadre, où nous reprenons à notre compte que le milieu d'apprentissage et le contrat didactique entre l'enseignant et les élèves constituent les conditions et les contraintes pour l'organisation et la réalisation des apprentissages mathématiques, que nous placerons nos éléments d'analyse.

Un élément particulier dans le milieu que nous allons étudier est l'objet informatique qui prend des places différentes du point de vue du savoir étudié, de l'élève ou de l'enseignant. Comment est-il orchestré, intégré, reconnu dans les différents milieux par les différents acteurs ?

Pour répondre à cette question nous nous appuyerons sur l'approche instrumentale proposée par RABARDEL et les développements en mathématiques étudiés par ASSUDE (2001, 2002, 2006) et TROUCHE (2005).

1.1 L'apport de l'approche instrumentale

L'idée que l'usage des instruments est transparent, c'est-à-dire qu'ils laissent voir ce qu'il y a à faire pour les utiliser, est une idée très répandue. À la maternelle on peut citer l'exemple du déplacement de la souris dans le plan de la table qui doit correspondre à un déplacement du curseur sur l'écran vertical de l'ordinateur. Or l'absence d'initiation à l'usage de la souris nous a permis d'observer l'élève de moyenne section déplacer la souris sur l'écran pour déplacer le curseur.

ASSUDE et al. (1996) soulignait que *« l'utilisation de Cabri-géomètre peut procurer une économie de travail mais cette économie n'est pas “un donné” mais “un construit”. De ce fait les activités initiales de familiarisation du logiciel sont très importantes pour que les élèves puissent établir un rapport adéquat au logiciel. Par conséquent nous ne pouvons pas négliger la question de la matérialité de l'activité mathématique. Celle-ci est une des composantes essentielles de cette activité mais elle est le plus souvent considérée comme transparente, allant de soi. »*.

Cette idée de transparence s'exprime sous d'autres dimensions, dans les travaux de TROUCHE (2005, p.110), par exemple, à propos *« des contraintes d'organisation pour une calculatrice TI-92 »* où *« les touches donnant accès aux informations numériques (tableau de valeurs) sur*

une fonction sont souvent “derrière” les touches donnant des informations graphiques, ce qui privilégie de fait l'étude graphique par rapport à l'étude numérique ». TROUCHE (2005, p.115) reprend la « transparence » de DRIJVERS (2002) et la décrit « comme la possibilité de comprendre les traitements réalisés par la machine sur la base de son expérience des techniques papier-crayon. » Ce point trouve une réponse dans ce que TROUCHE définit comme « l'orchestration instrumentale » que nous développerons dans le chapitre suivant “De l'artefact à l'instrument”. ARTIGUE (1990) parle d'environnement non-transparent⁹⁵, de “pseudo-transparence” pour identifier la distance entre les éléments perçus et la complexité des outils. HASPEKIAN (2005) prend l'exemple du sens donné au signe “égal” dans le tableur (« une nouvelle fonction, indiquer un calcul, écrit numériquement ou symboliquement ») qui diffère des sens donnés en algèbre et en arithmétique⁹⁶. Il doit donc être “construit”.

Nous devons donc nous intéresser aux modes d'intégration des TICE, ce qui nous amène à utiliser les travaux d'ASSUDE (2002, 2003, 2006, 2007) sur cette question. Cette approche place l'objet TICE dans un rapport global à la situation d'apprentissage. Elle caractérise l'intégration des TICE dans les séances de mathématiques. Après l'avoir présentée, nous la situerons par rapport aux différents milieux de la situation d'apprentissage du côté de l'élève et de l'enseignant. Nous commencerons par l'étude de la spécificité des environnements numériques du point de vue de l'élève comme de l'enseignant à partir des travaux de TROUCHE sur « l'orchestration instrumentale ».

1.1.1 De l'artefact à l'instrument

« Une orchestration instrumentale est exactement l'agencement systématique par un agent intentionnel des éléments (artefacts et humains) d'un environnement en vue de mettre en œuvre une situation donnée, et, plus généralement, de guider les apprenants dans les genèses instrumentales et dans l'évolution et l'équilibrage de leurs systèmes d'instruments. [...] Elle est définie par des configurations didactiques (c'est-à-dire agencements des artefacts de l'environnement, correspondant à chaque phase d'une situation), leurs modes d'exploitation et leur articulation. » (TROUCHE, 2005, p. 126)

Nous rattachons les trois niveaux de configurations définis par TROUCHE (ibidem p.126) à

⁹⁵ ARTIGUE M., 1990, Analyse de processus d'enseignement en environnement informatique, Petit x n°26, pp5-27, IREM Grenoble.

⁹⁶ de façon simplifiée on pourrait dire qu'en arithmétique le signe “égal” annonce un résultat tandis qu'en algèbre il met en évidence une relation entre deux expressions.

trois objets des milieux matériels, objectifs et d'apprentissage des élèves et de l'enseignant :

Dans la configuration de l'artefact comme outil conventionnel, premier niveau : il est alors un élément du milieu matériel ;

Dans la configuration de deuxième niveau, « *liée aux modes d'actions des artefacts de premier niveau* » : nous retenons les choix du mode d'intégration instrumentale, de la dimension praxéologique (les types de tâches, les techniques et les relations entre elles) et du type de situations ;

Dans la configuration de troisième niveau, « *liée aux situations de simulation et aux méthodes réflexives d'auto-analyse de l'activité, propres ou collectives* » : nous faisons référence aux situations de formulation à l'école primaire et à la position de l'enseignant en situation de projection dans la séance.

Nous précisons ce que nous entendons par genèse instrumentale à partir de « *la notion d'artefact [qui] désigne en anthropologie toute chose ayant subi une transformation, même minime, d'origine humaine* » (RABARDEL, 1995, p.59.) ou encore « *la chose susceptible d'un usage, élaborée pour s'inscrire dans des activités finalisées* ».

La genèse instrumentale s'exprime dans le passage de l'artefact à l'instrument. TROUCHE (2000) montre que l'instrument est « *une création, une "genèse instrumentale", qui combine deux processus : un processus d'instrumentation, à travers lequel l'individu s'adapte à l'instrument, par l'accommodation de ses schèmes ; un processus d'instrumentalisation, à travers lequel l'individu fait l'instrument "à sa main".* » Dans cette approche cela suppose que l'on s'intéresse à plusieurs articulations :

« *L'articulation entre les schèmes sociaux (qui sont préconstruits dans l'artefact par ses concepteurs et construits dans l'environnement socioculturel du sujet par et pour les autres) et les schèmes individuels (que le sujet constitue par et pour lui même) ; L'articulation entre deux schèmes d'utilisation : les schèmes d'usage [...] et les schèmes d'action instrumentés [...]. L'articulation entre deux composantes duales de la genèse : une composante d'instrumentalisation (relative à l'artefact, à la découverte et à la sélection de commandes, à la personnalisation de l'objet) et une composante d'instrumentation, relative à l'émergence et à l'évolution des schèmes pour la réalisation d'un type de tâche ou d'un ensemble de type de tâches ; L'articulation entre ce que l'outil impose de faire (les contraintes) et ce qu'il permet de faire (les potentialités) ; L'articulation enfin entre les différents artefacts, ou entre*

différents niveaux d'artefacts, dont le sujet dispose pour son action. » (TROUCHE, 2005)

L'orchestration de la genèse instrumentale pour les élèves est consécutive, pour l'enseignant, de sa propre genèse de l'intégration des TICE dans les situations mathématiques.

1.1.2 Caractérisation de l'intégration des TICE

La caractérisation de l'intégration doit nous permettre d'établir les obstacles en termes de choix didactique des enseignants et de transformation de leur expertise. En effet, leur expertise est modifiée lorsqu'ils passent d'un environnement « papier-crayon » à un environnement TICE aussi bien pour construire que pour mettre en œuvre des séances intégrant les TICE.

1.1.3 Les modes d'intégration des TICE

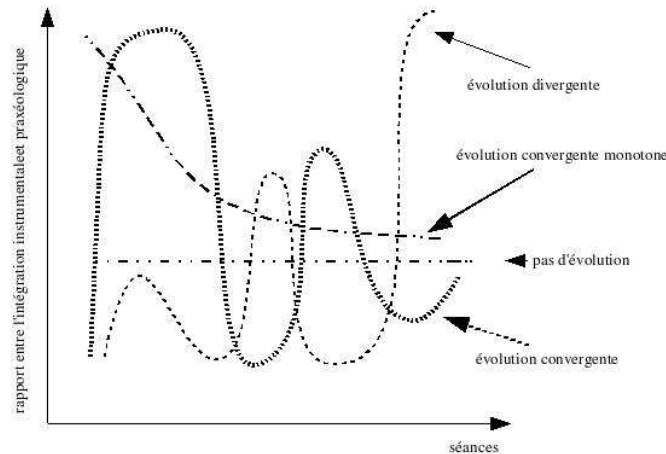
Nous avons présenté dans la première partie (chapitre 2.2.1.1) la modélisation réalisée par ASSUDE, à partir d'un travail sur le logiciel Cabri-géomètre, de l'intégration des TICE que l'on peut observer dans les pratiques de classe.

Même si ce modèle provoque une réduction schématique de la complexité des situations, il constitue un outil, pour situer les usages d'intégration des TICE par rapport à ces critères.

Pour évaluer s'il existe des tendances dans l'évolution des pratiques tout au long des séances observées pour un enseignant, nous utiliserons comme critères deux des modes préalablement définis, le mode d'intégration instrumentale et le mode d'intégration praxéologique.

A partir de ces critères et en référence aux régulations du système didactique (BROUSSEAU, 1995, p.8) nous essaierons d'observer si les enseignants ont des modes d'intégration qui tendent à montrer une convergence ou non vers un niveau particulier, représentés sur le schéma ci-après⁹⁷.

⁹⁷ Schéma inspiré de BROUSSEAU IV^e École d'été que nous croiserons avec le modèle étoilé que nous présenterons ultérieurement.



Tendances des évolutions

Pour caractériser un certain nombre d'obstacles dans cette intégration nous allons approcher d'autres aspects de ces deux dimensions d'abord instrumentale puis praxéologique.

1.1.4 Extension du modèle d'ASSUDE

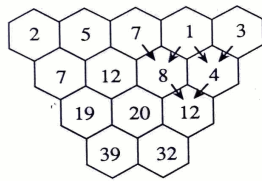
1.1.4.1 Influence de logiciels autres que « Cabri » sur la classification

Dans la dimension instrumentale, pour les usages des TICE que nous avons observés, il existe des logiciels qui disposent ou qui ne disposent pas de la possibilité de réaliser une tâche différente de celle que l'on peut réaliser en environnement « papier-crayon ». Le milieu matériel utilisé par l'apprenant ne produit pas, forcément, un objet différent de celui que l'apprenant aurait pu utiliser dans un environnement « papier-crayon ». De plus la connaissance mathématique peut ne pas être intégrée dans le logiciel.

Pour exemple, nous retenons une partie du logiciel Atoumath, « Pyramide », qui est une adaptation d'activités qui se trouvent dans de nombreux manuels.

Ci-après deux copies : la première, « Cascade », extraite du livre de François BOULE, « Jeux de calcul » et la deuxième, « Pyramide », copie d'écran de Atoumath .

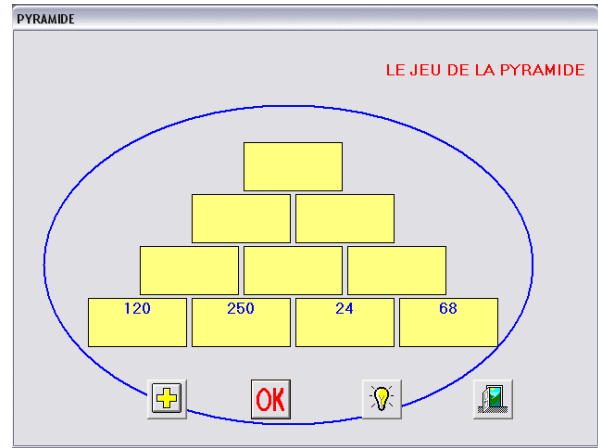
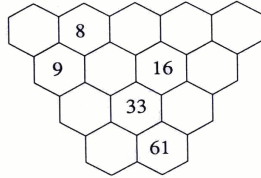
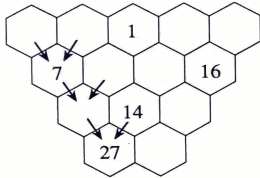
CASCADES



• Additions

Chaque case contient la somme des nombres situés au-dessus d'elle.

Il s'agit de trouver les nombres qui manquent dans les grilles ci-dessous.



Dans l'une comme dans l'autre, la tâche consiste à remplir les cases vides par la somme des nombres situés au-dessus (au-dessous pour Pyramide).

Dans ce dernier cas nous avons affaire à une connaissance instrumentale (IK) qui est de cliquer avec la souris sur la bonne case, saisir les chiffres de la somme au clavier et valider par la touche entrée.

Ce qui nous fait introduire un nouveau mode d'intégration instrumentale que nous appelons "Détournement" et qui caractérise une situation où l'on observe la mise en jeu d'une connaissance mathématique et d'une connaissance instrumentale avec une certaine indépendance entre elles. D'autre part, par similitude avec la notation d'ASSUDE, nous substituons l'appellation "Tâche Logicielle" (TAL) à "Tâche Cabri" (TAC).

Ce mode d'intégration n'est pas spécifique d'un niveau d'expertise des élèves - si c'était le cas, notre objet d'étude serait lié à l'élève dans le milieu objectif de la situation - mais bien du milieu matériel construit par l'enseignant. Ceci constitue une condition qui devra être reconnue par l'enseignant pour favoriser l'intégration.

Nous avons inversé les lignes TAM et TAL pour obtenir un tableau descriptif des différents modes d'intégration instrumentale qui devient :

	Débutants			Non débutants	
	Initiation	Exploration	Détournement	Renforcement	Symbiose
TAM		x	x	x	x
TAL	x				
IK	x	x	x		x
MK			x	x	x
IK/MK		MK prétexte pour IK	IK indépendant de MK	IK outil pour MK	Max

1.1.4.2 Praxéologie d'intégration et méso-contrats

ASSUDE identifie cinq modes d'intégration praxéologiques et le lien entre les pratiques anciennes et les pratiques nouvelles. Pour structurer notre compréhension des conditions que l'enseignant doit prendre en compte dans l'intégration des TICE, nous les interrogeons à partir des types de situation et des types de méso-contrat qui résultent du statut didactique du savoir.

1.1.4.3 Intégration "optimale"

L'intégration « optimale »⁹⁸ correspond, pour l'enseignant, à la reconnaissance de l'outil TICE dans le milieu matériel et aux usages qui en seront faits dans la situation d'apprentissage. Elle sera concrétisée lors de l'institutionnalisation des connaissances construites dans la résolution du problème par l'usage de techniques logicielles chez certains élèves et de techniques papier-crayon chez d'autres, ou mieux par un entrelacement des deux, ce qui représente un haut niveau d'intégration.

L'enseignant a donc construit un milieu qui permet à l'élève de construire une connaissance mathématique avec un outil qu'il instrumentalise pour résoudre le problème en jeu, on reconnaît la symbiose comme mode d'intégration instrumental.

1.1.5 Les conditions de l'intégration : des éléments d'auto-apprentissage

En premier lieu, nous revenons sur les liens qu'entretiennent tâches TICE et tâches papier-crayon. Les tâches, les techniques et les méso-contrats didactiques qui leur sont associés sont des indicateurs de l'intégration des TICE dans l'activité mathématique.

La mise en place d'une tâche mathématique dans un environnement numérique oblige l'enseignant à se poser la question des connaissances et des techniques disponibles chez les

⁹⁸ Rendre optimal c'est donner à quelque chose les meilleures conditions d'utilisation, de fonctionnement, de rendement quelque soit le contexte.

élèves pour la réaliser⁹⁹. Bien sûr, quel que soit l'artefact, ses contraintes et ses possibilités doivent être prises en compte par l'utilisateur pour en faire un instrument en vue de résoudre une tâche (genèse instrumentale), dans un double mouvement d'instrumentation et d'instrumentalisation dont nous empruntons à TROUCHE (2005, p.100-101) les éléments de caractérisation que nous avons présentés précédemment.

Comme pour l'élève dans la résolution de la TAM en environnement numérique, ici la genèse instrumentale est celle que réalise l'enseignant pour construire une séance de mathématique dans un environnement numérique.

Nous allons montrer à partir de trois points du milieu objectif de l'enseignant, la transparence de l'environnement numérique, la dévolution de la situation (tout du moins sa mise en œuvre) et l'institutionnalisation des connaissances, quelles sont les rétroactions qu'il peut avoir du milieu pour transformer sa technique d'intégration des TICE.

1.1.6 Gestion de la transparence

La diversité des environnements numériques ne favorise pas une démarche simple d'identification de ce qui doit être pris en compte pour leur mise en œuvre. Plus l'environnement est complexe, plus il contient d'artefacts spécifiques, plus l'analyse des éléments constitutifs du milieu matériel devra être approfondie au risque de rencontrer des incidents successifs lors de la mise en œuvre.

Nous poserons la question de la prise en compte ou non de la transparence dans une situation de façon globale, mais elle peut être rencontrée dans l'utilisation d'une technique logicielle associée à une sous tâche de la situation.

Dans le cas où l'enseignant ne conduit pas une interrogation concernant l'instrumentalisation de l'artefact, c'est-à-dire si l'objet TICE est transparent pour l'enseignant, cela devrait être observable dans la phase d'appropriation, dans les ruptures de contrats qui devraient en découler, dans la perception entre les techniques utilisées et celles attendues, éventuellement dans « l'institutionnalisation »¹⁰⁰ du savoir mathématique sans lien avec les

99 ARTIGUE (2001) : traduction *L'enseignant, maintenant sensible à ses difficultés, a essayé de leur faire face et, de notre part, nous l'avons aidée à construire les formes adaptées d'explication, la justification et l'institutionnalisation des techniques instrumentées qu'elle a voulu favoriser et auxquelles elle a voulu donner un statut officiel dans la classe. Dans la conception, nous prêtons aussi plus d'attention à l'évolution nécessaire du contrat didactique des techniques instrumentées, tout le temps de l'année universitaire, prenant autant en considération l'évolution de la connaissance de mathématiques que l'instrumentation. Cette stratégie avait des résultats très positifs en termes de genèse instrumentale.*

100L'institutionnalisation se transformerait en un méso-contrat de rappel

techniques utilisées par les élèves.

L'exemple de la construction justifiée d'un carré à partir de deux triangles dans l'environnement « Apprenti-Géomètre » avec le « Kit libre »¹⁰¹ dans une classe de CM nous semble significatif de cela.

Globalement les élèves de CM reconnaissent la forme et des propriétés : angles droits, côtés isométriques.

L'intuition de l'enseignant est que les élèves vont utiliser leur connaissance minimale de l'environnement (accès aux menus et construction d'une figure par ses sommets) qui leur permettra d'explorer le menu des formes triangles et y trouver des triangles rectangles ou isocèles ou les deux qui sont des outils TICE pour résoudre ce problème.

Mais les élèves, comme sur une feuille quadrillée, pourraient construire un carré puis tracer une diagonale. La présence de la grille maillée est un autre outil qui peut être instrumentalisé si les élèves y reconnaissent des sommets de carrés et, dans ce cas, le tracé des segments joignant les sommets ne nécessite pas le choix d'un triangle spécifique. Ou encore l'usage d'un triangle quelconque dont les sommets sont fixés sur les points de la grille suffit.¹⁰²

Le changement de contrat¹⁰³ portera ici sur la restriction au menu « triangles ». Cette insuffisance d'analyse de l'organisation de l'environnement et des artefacts disponibles rend le milieu non antagonique. Les caractéristiques du milieu matériel place l'activité du côté d'un renforcement instrumental, les élèves découvrant les usages qu'ils peuvent faire des artefacts, contenus dans les menus, pour construire un carré. En revanche, la formulation des propriétés de certains triangles n'ont que très peu de raison d'apparaître.

Ce sont des rétroactions que devrait percevoir l'enseignant à partir du milieu qu'il a construit. Mais encore faut-il qu'il en garde une mémoire ré-investissable pour concevoir les séances suivantes¹⁰⁴.

101 Menu d'Apprenti Géomètre voir – Annexes internes – Annexes Pascal -Annexe 1 -

102 autre exemple : La construction d'un triangle isocèle dans l'environnement « Déclis » par des élèves de CM2 peut être réalisé par construction des trois côtés, leur mesurage et la recherche d'un sommet équidistant des deux autres. Les élèves peuvent explorer le logiciel pour trouver la fonction "mesure d'un segment" puis utiliser le déplacement du point sommet. autre exemple 2 : C'est le cas pour des élèves de CM2 qui ont déjà construit sur papier quadrillé des « histogrammes » de la pluviométrie et qui vont transformer les données numériques disponibles d'un tableau en représentation graphique.

103 En référence aux phénomènes de bifurcation didactique présentés par MARGOLINAS et THOMAZET concernant la dévolution

104 Son niveau d'introspection pour passer du statut de E-é et E-ant sera décisif.

Dans le cas où l'enseignant prend en compte l'outil TICE pour l'instrumentaliser (non transparent), il est confronté à la nécessité d'identifier le milieu matériel de la situation et d'identifier sa place et son rôle, c'est-à-dire quelle est la tâche TICE à accomplir par rapport à la connaissance mathématique visée et quelles sont les techniques disponibles chez les élèves pour résoudre cette tâche. Ce questionnement, la recherche de réponses et les solutions mises en œuvre devraient être perceptibles et marquer la situation.

Si la résolution de la tâche ne peut être réalisée que par des techniques instrumentales nouvelles l'enseignant devra mettre en place une phase « d'initiation instrumentale » c'est-à-dire un méso-contrat « d'initiation » concernant la technique instrumentale. Ce choix s'impose à l'enseignant par la lourdeur qu'il y aurait à mettre en place une situation problème pour découvrir la nécessité de cette technique.

Alors se pose la question de la modification de la connaissance mathématique en jeu, l'introduction d'une TAL nouvelle influençant le milieu objectif des élèves.

Reprenons l'exemple d'une utilisation d'Apprenti-Géomètre. Si l'enseignant choisit le menu « Kit Standard », les figures sont construites directement à l'endroit où l'on souhaite les insérer par un clic dans l'écran. Les élèves doivent alors effectuer un déplacement et/ou une rotation sur les triangles pour construire un carré. D'un point de vue spatial, les élèves de CM2 ont déjà réalisé des puzzles, les transformations nécessaires sont utilisées sans formulation, les connaissances mathématiques sont anciennes. En revanche, la technique de rotation n'est pas habituelle, elle n'est pas dans les connaissances associées à d'autres logiciels¹⁰⁵, et n'a que peu de chance d'être découverte puisqu'il faut sélectionner la transformation avant l'objet à transformer. Les élèves devront donc avoir une phase d'initiation instrumentale pour la réaliser. Une introduction après une phase d'action conduirait probablement les élèves à abandonner la recherche, la solution technique n'ayant que peu de raison d'émerger. De plus, la découverte des techniques de transformation serait placée au centre de l'activité ce qui déplacerait la tâche « formuler les propriétés utilisées pour construire un carré » à la tâche « utiliser les transformations du plan sur des triangles pour réaliser un carré ».

- | |
|--|
| <ul style="list-style-type: none">- La non prise en compte de la transparence est un obstacle à la conduite de l'activité mais sa prise en compte ne garantit pas l'aboutissement de la TAM.- Le choix d'une intégration instrumentale réfléchie est favorisant pour l'aboutissement de |
|--|

¹⁰⁵TROUCHE parle de schèmes sociaux : par exemple dans les traitements de texte c'est l'objet sélectionné qui permet de déterminer les actions qui sont possibles sur lui.

l'activité mathématique.

- Le type de méso-contrat que l'enseignant met en place par rapport à celui initialement prévu est symptomatique d'une prise en compte ou non de la transparence de l'environnement ou des techniques TICE.
- Ces changements entre le prévu et la contingence seront donc des indicateurs d'une réflexion sur l'intégration instrumentale et des rétroactions aux actions (choix) de l'enseignant.

1.1.1 Organiser la dévolution en favorisant un environnement

C'est un élément temporellement déterminant dans la mise en œuvre de l'activité et donc dans la délégation à l'élève d'un niveau de responsabilité. On peut penser que la recherche d'un hypothétique contrat pour savoir ce qui est à la charge de l'enseignant et ce qui est à la charge de l'élève est contraint par le milieu matériel que va rencontrer l'élève.

La mise en œuvre d'une séance devrait donc conduire l'enseignant à envisager l'influence de l'ordre de rencontre de la connaissance mathématique dans un environnement ou dans l'autre. Nous rattachons ce choix à l'influence du milieu matériel sur la dévolution de la situation c'est-à-dire définir les données du milieu (ANDREUCCI et CHATONEY, 2004) qui vont caractériser la négociation d'un « contrat ».

Mais cette construction n'est pas étrangère à la connaissance qu'a l'enseignant de l'environnement numérique, tout comme en EPS sa pratique personnelle d'une discipline sportive en club (AMADE-ESCOT, 2004).

Nous présentons quelques indicateurs de contraintes qui seront associés à ces choix.

Si l'enseignant a conscience du choix qu'il a d'introduire la résolution de la tâche d'abord dans le milieu « papier-crayon » ou dans le milieu TICE, que peut-il espérer de son choix ?

C'est l'objet de la réponse qui suit :

- Si l'enseignant a pu observer que ce choix n'a pas d'importance sur les résolutions des élèves, nous devons déterminer dans quelles conditions cela peut se produire. Il existe un cas où le milieu objectif des élèves ne change pas, c'est celui où la technique « papier-crayon » permet la résolution de la tâche TICE. On peut alors considérer qu'il s'agit d'un exercice d'entraînement dans une forme voisine sans antagonisme avec les connaissances mathématiques des élèves ou d'une situation de « renforcement instrumental » bien que le rapport entre $KM(TICE)$ et $KM(\text{de la séquence})$ ne soit pas

forcément maximal ou « d'exploration instrumentale ». Nous pensons que les élèves sont, sous l'influence de l'environnement numérique, en position de pouvoir pratiquer des bifurcations qui sont des indicateurs d'un « contrat de pseudo-dévolution instrumentale et mathématiques » en mettant en jeu TEL, TAL, TAM avec TEPP. Cela devrait être repérable pour l'enseignant dans l'étirement du temps de la résolution d'une tâche simple. Il sera toutefois plus difficile que cela se produise dans l'environnement « papier-crayon » où les artefacts instrumentés dans le logiciel y devraient être ajoutés (par exemple l'introduction de gabarits triangles pour construire un carré ou l'usage d'un chronomètre...). Nous voyons deux limites à l'exploitation de cette situation pour favoriser la dévolution : la première est liée au fait qu'il s'agit d'une activité ne concernant que quelques individus, la seconde est liée à la difficulté pour l'enseignant de savoir ce que l'élève met réellement en jeu (Quelles interactions l'élève établit entre les différents artefacts ? Quelles interactions entre ces artefacts et la TAM ? Y a-t-il adéquation entre la TAL et la TAM ?...). Seule une situation longuement analysée, expérimentée et commentée permettrait à l'enseignant de la rattacher au contexte de sa classe.

Dès lors, dans la phase de conclusion, l'enseignant pourra conduire, au mieux, un rappel de connaissances ou une reconnaissance de savoirs, et certains enseignants pourraient être tentés de ne pas la conduire puisqu'elle constituerait, à leurs yeux, une « redite ». En ne prenant pas en compte ce changement de contrat, l'enseignant perd la possibilité de réintroduire de la dévolution dans l'activité.

- Dans l'élaboration du milieu matériel de la situation, les choix qui peuvent conduire l'enseignant à l'introduction du TAL antérieurement à la TAPP ne peuvent porter que sur l'hypothèse qu'elle favorise une connaissance ou un savoir mathématique que la TAPP ne permet pas de construire simplement ou de façon aussi pertinente ou efficace d'un point de vue didactique.¹⁰⁶ Le défi sur la situation de recherche « les triangles isocèles »¹⁰⁷ ou la construction d'un diagramme circulaire en CM2 répond à ce critère.

La situation étant nouvelle du point de vue de la tâche mathématique à réaliser, l'enseignant est confronté à deux choix : soit proposer un méso-contrat d'initiation soit

¹⁰⁶ Une raison extérieure à l'objet mathématique pourrait être un détournement dans le but de gérer la classe une sorte de catachrèse pédagogique de l'outil TICE

¹⁰⁷ Situation présentée dans les études de l'enseignant Matthieu.

mettre en place une situation adidactique.

Dans le premier choix, la présentation du savoir est attachée à une initiation instrumentale. La mise en activité des élèves correspondra à une « pseudo-dévolution » de la connaissance mathématique en lien avec une ou plusieurs TEL. Le type d'institutionnalisation ne pourra porter que sur la reconnaissance des savoirs présentés par l'enseignant. Par la suite nous pensons que les TEL ne pourront pas être reliées aux TEPP potentielles, les élèves n'ayant aucune raison de relier les techniques utilisées dans la TAL et celles utilisées dans la TAPP.

Le deuxième choix conduit à utiliser les techniques connues des élèves éventuellement dans les deux environnements pour résoudre la tâche. Cette symbiose instrumentale montre un haut niveau d'intégration où l'institutionnalisation devrait porter sur le rapport entre, d'une part, le rapport entre KM et KI et, d'autre part, la TAL confondue avec la TAM.

Si le choix d'une progression privilégie l'entrée par l'environnement numérique c'est pour pouvoir atteindre une relation entre TEP et TEL à partir d'une situation adidactique.

Les choix réalisés placent les enseignants dans une position où ce qu'ils espèrent institutionnaliser sera soumis à des étapes intermédiaires. On comprend que dans ce cas l'identification des raisons justifiant la situation finale sera difficile à établir. Cette complexification ne contribue pas à faciliter l'identification des points clés pour la conception de l'activité.

- Dans l'élaboration du milieu matériel de la situation, les choix qui peuvent conduire l'enseignant à l'introduction du TAPP antérieurement à la TAL sont extérieurs à la tâche, ils concernent notamment, comme le souligne ASSUDE, la gestion de la construction de la KM en la mettant à l'abri de défaillances dans la résolution de la tâche TICE¹⁰⁸. Dans ce cas, les techniques disponibles deviennent déterminantes sur la suite de l'apprentissage et selon les choix didactiques concernant la connaissance mathématique, l'intégration du logiciel peut changer de statut.

108 On retrouve cette idée chez PERRIN-GLORIAN (2003, p.239) qui note que les enseignants laissent plus de responsabilités aux élèves dans le cas d'une connaissance ancienne sans toutefois le justifier. Ainsi que dans la thèse posthume de CENTENO J. (1995, p. 122)

Dans le cas où les techniques « papier-crayon » ne permettent pas la résolution de la tâche en environnement numérique, la connaissance mathématique étant institutionnalisée, il existe deux possibles :

- soit l'enseignant cherche à faire évoluer cette connaissance, méso-contrat de reprise, et la mise en place de nouvelles techniques fait évoluer la KM, ce qui correspond à une intégration instrumentale forte (par exemple introduire la perpendiculaire à une droite donnée comme étant la position de la droite ayant subi un « quart de tour » par rapport à sa position initiale),
- soit l'enseignant n'a pas pour objet de faire évoluer la connaissance mathématique et alors l'utilisation de nouvelles techniques TEL dans la réalisation de la tâche conduit à un renforcement (ou une exploration) instrumental puisque non justifiée par le milieu matériel. Cependant nous pensons qu'il peut y avoir interaction entre les KM anciennes et les TEL utilisées dans la TAL associée à la TAM, et que cela favorise une pseudo-dévolution pour certains élèves : en cela on retrouve un phénomène de bifurcation repéré par MARGOLINAS.

Conséquences des choix de la dévolution sur l'institutionnalisation.

A partir du repérage précédent, nous pensons que, dans la phase d'institutionnalisation, selon ses choix intermédiaires, l'enseignant, confronté à l'absence de ce qui était attendu ou la nouveauté de ce qui est construit, ne sera pas toujours en mesure de faire aboutir cette « institutionnalisation ».

Cette impossibilité d'aboutir caractérise un peu plus le niveau d'intégration des TICE qui, si elle constitue une rupture dans les pratiques habituelles, ne peut que l'inciter à trouver une nouvelle technique pour favoriser l'apprentissage des élèves.

1.1.1 Gestion de l'institutionnalisation :

L'organisation d'une institutionnalisation après un passage dans la résolution de deux tâches, une papier-crayon et l'autre TICE, nécessite l'organisation des deux mémoires successives des activités de résolution pour aboutir à une mise en relation.

Il faudra dans ce cas que l'enseignant gère ce qui relève de l'organisation spatiale ou matérielle de la classe, c'est-à-dire les conditions liées au milieu matériel, salle de classe ou salle informatique, la présence ou non d'un tableau, d'un vidéo-projecteur, le nombre d'élèves à

regrouper, les habitudes ou non de travail en groupes.

Il devra aussi avoir une gestion du temps de l'activité pour intégrer dans le temps de la séance une TAL, une TAPP et l'institutionnalisation, ce qui suppose d'une part une expertise certaine sur le logiciel¹⁰⁹ et la tâche associée, d'autre part l'organisation de la mémoire des activités successives qui pourrait être rendue très délicate en cas d'étalement sur deux séances trop éloignées.

De plus cette mémoire porte sur la connaissance mathématique dans ses deux aspects TAL et TAPP, les techniques « papier-crayon » et/ou logicielles et les rapports entre elles.

La non réussite place l'enseignant devant l'étude des contraintes matérielles de restitution de la mémoire de l'activité. Il s'agit de contraintes sur les contraintes d'intégration.

Repères des conditions et contraintes pour caractériser une intégration “optimale” lors d'une phase d'institutionnalisation :

- gestion du temps des activités : adapté par rapport à la TAPP, par rapport à la TAL, adapté ou non par rapport à la séance ;
- statuts des activités : prise en compte dans l'institutionnalisation de la tâche dans l'environnement “papier-crayon”, dans l'environnement numérique, dans les deux ;
- rapports établis entre TAL et TAPP par rapport à la TAM :
 - TAL est présentée, reconnue comme un entraînement à la résolution de la TAM, après la TAPP et réciproquement ;
 - TAL est présentée, reconnue comme ayant permis une restitution d'un savoir dans une situation nouvelle après la TAPP et réciproquement ;
 - TAL est présentée, reconnue comme ayant permis l'évolution du savoir pré-existant après la TAPP et réciproquement.
- outils pour gérer la mise en commun de l'activité et sa mémoire : non pensés, pensés mais non adaptés, utilisent des pré-existants, créés.

¹⁰⁹c'est-à-dire avoir des indices sur le temps de réalisation d'une tâche par ses élèves et pour lui même pour gérer les incidents non prévus.

1.1.1 Un outil pour repérer l'intégration et son évolution

Pour caractériser l'évolution de la pratique d'un enseignant, les TICE étant intégrées comme les autres artefacts didactiques, nous avons choisi de nous intéresser à plusieurs indicateurs qui facilitent le repérage de ses actions. A partir des rétroactions que produit sa mise en œuvre, nous observerons son évolution vers ce que nous avons appelé une intégration « optimale ».

L'idée de disposer d'un instrument de repérage sur des échelles de critères pour atteindre une intégration optimale préalablement définie, suppose de préciser les critères et les indicateurs pour chacun d'eux.

Les critères que nous retenons reprennent les éléments associés au cadre théorique de cette partie et sont regroupés en trois catégories : la dimension instrumentale, l'intégration praxéologique, les types de contrats mis en œuvre et sur la gestion de deux contrats particuliers, la dévolution et l'institutionnalisation.

Pour la **dimension instrumentale** nous choisissons de retenir deux critères, d'une part, la fonction de l'outil par rapport à la tâche mathématique (niveaux **d'intégration instrumentale**), d'autre part, **la gestion de la transparence de l'outil** et la prise en compte des connaissances instrumentales associées aux techniques logicielles des élèves, chacun étant associé à cinq indicateurs qui constituent des repères ordonnés :

- les niveaux d'intégration instrumentale :
 - le niveau d'intégration le moins adapté : le détournement
 - l'initiation,
 - l'exploration,
 - le renforcement
 - le niveau le plus adapté : la symbiose.

- la gestion de la transparence de l'outil et des techniques logicielles :
 - Non gérée
 - Localement non gérée : par exemple un artefact intervenant dans une technique n'est pas pris en compte
 - Interventions successives : La connaissance des problèmes ne donne pas lieu à une anticipation dans la séance ce qui se concrétise par des ajustements successifs au cas par cas.
 - Ajustement ponctuel malgré une anticipation globale

- Anticipée

Pour prendre en compte la **dimension praxéologique** nous retenons deux critères le rapport entre les tâches dans les deux milieux et l'usage des techniques.

- Les techniques utilisées ou potentiellement utilisables dans l'environnement numérique.
 - TEPP
 - TEL
 - TEPP et TEL indépendantes, elles sont juxtaposées dans l'activité
 - TEPP et TEL induites par l'enseignant
 - TEPP et TEL interagissent au cours de la situation
- à propos d'une TAM, le rapport entre les tâches dans l'environnement numérique et papier-crayon
 - Il n'existe pas de lien entre TAL et TAM.
 - Entraînement dans un environnement voisin
 - Mobilisation du savoir dans une autre situation
 - Reprise du savoir
 - Découverte d'une nouvelle connaissance

Pour caractériser les **contrats en jeu**, nous choisissons de retenir trois critères associés à des indicateurs qui constituent des repères ordonnés :

- Le statut du savoir
 - Ancien
 - Institutionnalisé à consolider
 - En cours d'institutionnalisation
 - Nouveau après une première rencontre
 - Nouveau
- Les caractéristiques de la situation
 - Ostension assumée ou Transmission du savoir
 - Ostension déguisée : lorsque le professeur assume la responsabilité dans la production des connaissances et l'évaluation des réponses alors qu'il a mis en place une situation d'action, de formulation ou de validation.
 - Situation non antagonique
 - Situation antagonique non exploitée
 - Situation antagonique
- Le partage de responsabilité entre l'élève et l'enseignant
 - Non partagée : l'enseignant assume totalement la transmission du savoir et la façon de le mettre en œuvre.
 - Non partagée dans les phases de production des connaissances ou d'évaluation, déguisée parce qu'elle correspond souvent à des situations d'ostension déguisée.

- Partagée globalement : l'enseignant partage la responsabilité avec la classe mais des ruptures de contrat dans la responsabilité apparaissent ponctuellement dans des relations avec un élève ou un petit groupe d'élèves dans un contexte particulier.
- Partagée localement dans les relations individuelles
- Partagée

Parce que de nombreux travaux de chercheurs, BROUSSEAU (2001,2002), MARGOLINAS C. (2004), ASSUDE T., DROUHARD J.P (2005), MERCIER (2002), SARRAZY (2002), ont montré l'importance des phases de dévolution et d'institutionnalisation sur l'apprentissage, nous avons choisi d'observer ces deux phases. C'est lors des phases de dévolution et d'institutionnalisation que nous avons choisi de présenter l'évolution de l'enseignant dans l'intégration des TICE.

Pour caractériser **la mise en place des contrats** nous choisissons de retenir deux critères associés, les points d'appui et la chronologie de la mise en œuvre des différents environnements de la **dévolution** où les indicateurs constituent des repères ordonnés :

- Les points d'appui de la dévolution
 - Elle n'existe pas
 - Elle s'appuie sur des TICE qui sont un objet culturel (en cela nous considérons que l'image sociale n'a pas de fonction par rapport à la tâche mathématique)
 - Elle s'appuie uniquement sur la tâche mathématique en ne prenant pas en compte la dimension instrumentale
 - Elle s'appuie uniquement sur la tâche logicielle
 - Elle entrelace le problème mathématique et l'artefact
- L'ordre d'introduction de l'environnement
 - les élèves ne rencontrent pas les environnements dans le même ordre
 - le savoir ou la situation est introduit en environnement "papier-crayon"
 - le savoir ou la situation est introduit en environnement numérique
 - le choix de l'introduire dans un environnement ou un autre est justifié. Nous considérons alors que c'est l'explicitation des arguments du choix qui est porteuse d'une future évolution.
 - le choix est justifié et pertinent

Pour prendre en compte un contrat spécifique, **l'institutionnalisation**, nous retenons deux critères, sa fonction par rapport au savoir et ce sur quoi elle porte :

- Au moment où les connaissances devraient être institutionnalisées nous observons que l'enseignant procède à :
 - Pas d'institutionnalisation ou ne correspond pas avec l'objectif initialement visé
 - Une communication de savoirs : l'enseignant reformule des savoirs déjà là, sans lien

- réel avec les productions des élèves
 - Une institutionnalisation inachevée où les connaissances engagées par les élèves ne sont que partiellement reconnues, partiellement débattues sans validation ou parfois partiellement verbalisées.
 - Une institutionnalisation hors des productions : les connaissances institutionnalisées sont celles engagées par les élèves mais l'enseignant n'établit pas le lien explicite avec elles.
 - Une institutionnalisation
- La liaison entre connaissance et technique
 - N'est pas pertinente en regard des connaissances en jeu ou en l'absence d'institutionnalisation
 - N'est réalisée qu'en référence à un des deux environnements
 - Alors qu'il existe un potentiel de justification qui lie les deux techniques, la liaison n'est pas réalisée
 - L'enseignant n'identifie pas la technologie ou la justification d'une technique contenue dans les formulations des élèves et l'enseignant ne les sollicite pas
 - Les deux environnements sont reliés autour de la même connaissance.

Nous résumons ce repérage d'un mode d'intégration à partir du schéma ci-après dont voici la grille de lecture :

Nous représentons par une “Toile”, à la manière de la cible d'un jeu de tir à l'arc, où le point central constitue le voisinage de l'intégration “optimale”.

Chaque hendécagone régulier représente un niveau ordonné.

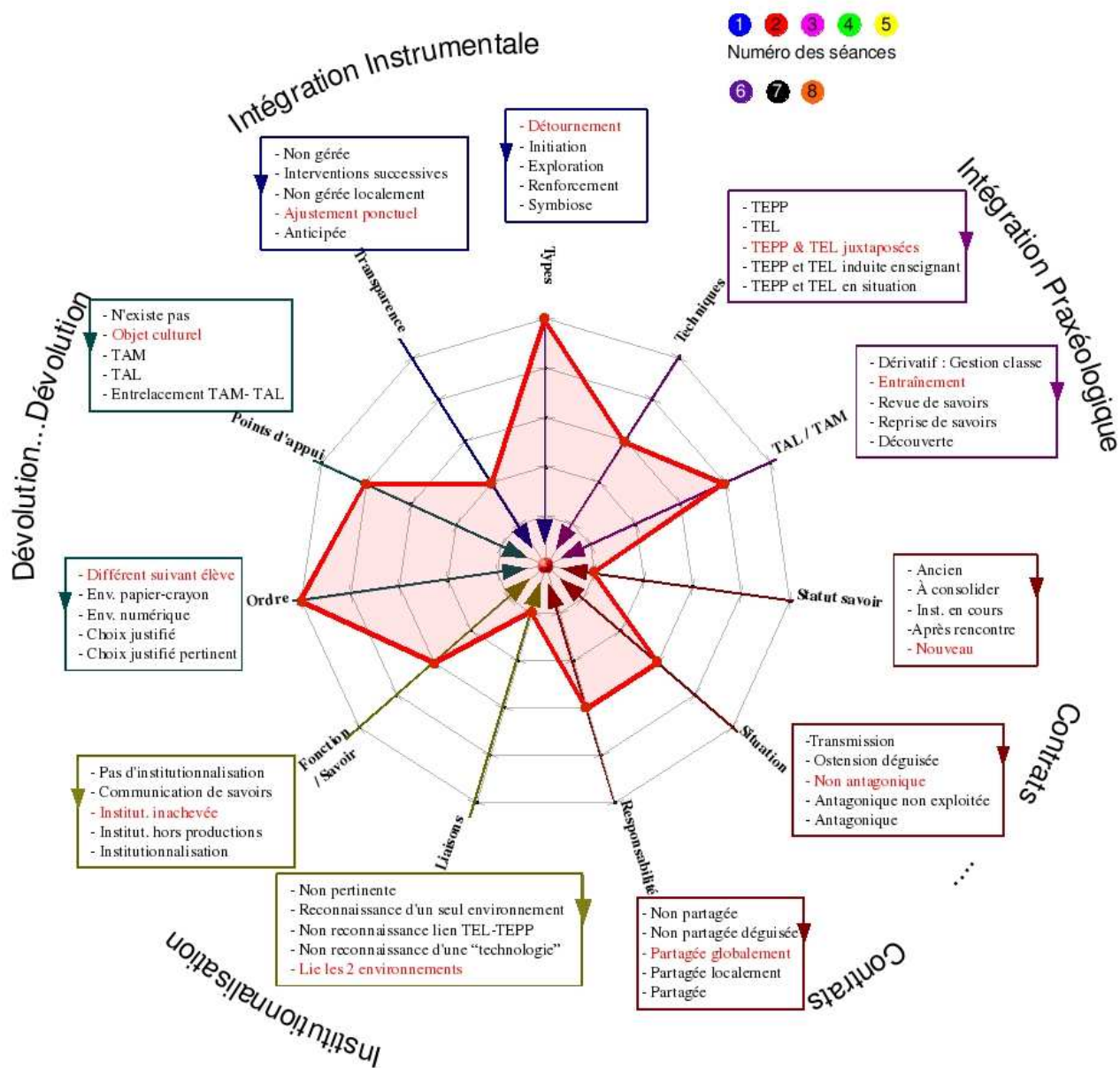
Les niveaux sont ordonnés en fonction de leur distance à l'intégration “optimale”, c'est-à-dire plus le point de repérage s'éloigne du centre, plus l'intégration est éloignée de l'intégration “optimale”. Il y est possible de représenter cinq niveaux d'intégration.

Nous avons simplifié le texte des critères et des niveaux et nous les avons reportés autour de la “Toile” dans des cadres rectangulaires.

L'organisation spatiale de la “Toile” nécessite que nous rappelions que la lecture du niveau le plus extérieur correspond à la première ligne du cadre. Nous renforçons ce codage par une flèche sur le cadre donnant le sens de l'intégration optimale.

Nous utiliserons une ligne polygonale de couleur pour désigner le positionnement de la pratique de l'enseignant lors d'une séance ou d'une séquence.

Nous présentons, page suivante, un codage fictif où nous écrivons en rouge le niveau pour un critère, codé sur la “Toile” par un point rouge, le polygone représentant globalement la séance.



Vers une intégration “optimale”

1 Problématique et question de recherche

A partir de la perception générale du peu d'utilisation des TICE dans les activités mathématiques, que nous avons validée et qui ne concerne pas seulement quelques enseignants de l'école élémentaire, nous avons fait l'hypothèse de l'existence de contraintes internes à la classe qui nous a amené à la question suivante :

« Dans les conditions ordinaires de la classe, quelles sont les contraintes internes de celle-ci que l'enseignant doit prendre en compte pour intégrer les TICE dans les pratiques mathématiques à l'école élémentaire? »

Nous avons décliné cette question en trois points :

- Comprendre et décrire les pratiques mathématiques à l'école élémentaire
- Identifier la position de l'enseignant dans le pilotage de l'activité mathématique intégrant des TICE
- Caractériser la place et le statut des TICE dans les situations d'apprentissage mathématiques

Nous les avons soumis à la théorie des situations didactiques et au cadre conceptuel de l'approche instrumentale. Cela nous a permis de faire émerger d'autres questions sur les conditions et les contraintes d'intégration, questions que nous allons tenter de mettre en perspective pour élaborer notre question de recherche.

Si l'enseignant veut intégrer les TICE dans les pratiques mathématiques de ses élèves il doit créer une situation d'apprentissage où les TICE devront trouver leur place.

La situation d'apprentissage est caractérisée par un milieu dans lequel l'élève doit apprendre, les conditions de sa rencontre avec ce milieu et la transformation de ses actions en savoir. L'étude des contraintes externes nous a montré qu'il existe très peu de supports présentant des situations didactiques intégrant les TICE. Elles devront donc être construites par l'enseignant. Quels types de situations construit-il ?

Une fois qu'il a construit ses situations d'apprentissage, l'enseignant devra les piloter, c'est-à-dire créer les conditions de fonctionnement de l'apprentissage de l'élève à partir de ces situations : à travers la mise en place de « contrats », il va gérer entre autres la dévolution de la situation et l'institutionnalisation des connaissances. La présence de TICE influence-t-elle la nature des contrats mis en œuvre par l'enseignant et particulièrement l'institutionnalisation des connaissances ?

L'enseignant va devoir s'adapter à la contingence de la classe (gestion du nombre d'ordinateurs, de la mémoire des réalisations des élèves, etc), et analyser les interactions de ses choix de construction confrontés aux savoirs réellement engagés par les élèves. Il va devoir gérer la mémoire de ses actions, de ses réussites et de ses échecs, comme des connaissances nouvelles induites par la présence des TICE en rupture avec ses pratiques anciennes. Les rétroactions qu'il en aura seront-elles suffisantes pour faire évoluer, modifier, la façon dont il intégrera les TICE dans la prochaine séance ? Quand et comment pourra-t-il le faire ? Quelles orchestrations utilisera-t-il pour cela ?

De ce qui précède émerge la problématique suivante :

dans les pratiques mathématiques à l'école élémentaire, les conditions d'intégration des TICE dépendent des moyens que se donne l'enseignant de construire une situation d'apprentissage adéquate, de sa capacité à reconnaître et à gérer les obstacles à l'intégration. Il est alors plongé dans une situation problème dont l'objet est l'intégration des TICE.

Notre question de recherche sera donc :

Dans les conditions de classe ordinaires de l'école élémentaire, les contraintes de l'intégration des TICE dans une activité mathématique constituent-elles les éléments d'une situation d'auto-apprentissage de l'enseignant confronté à cette intégration ?

1 Méthodologie de la deuxième partie

Afin d'analyser les influences internes, nous avons utilisé le cadre théorique de la Théorie des Situations, de l'intégration des TICE du point de vue anthropologique et instrumental. Ce cadre nous permet d'analyser, d'une part les situations didactiques en termes de milieu et de contrat et, d'autre part, de confronter les projets des enseignants à leur mise en œuvre, en y intégrant la dimension instrumentale qui permet de modéliser l'action des enseignants.

Pour vérifier notre deuxième hypothèse et répondre à notre question de recherche, nous avons sollicité sept enseignants répartis dans toutes les classes du CP au CM2 pour une observation. Notre sollicitation a été organisée en deux temps, une requête auprès des directeurs d'école pour savoir si, pour un travail de thèse, un enseignant de l'école accepterait de nous recevoir dans sa classe pour être observé pendant plusieurs séances de mathématique où il utilise les TICE. De nombreuses réponses nous sont parvenues par courrier électronique, ce qui montre à la fois une large adhésion sur une proposition assez ouverte et un usage coutumier des TICE.

A cette étape nous avons rencontré les enseignants pour préciser le projet, formuler un contrat de travail où nous voulions occuper une place d'observateur et abandonner notre statut départemental de formateur. Ce qui a induit les conditions suivantes :

- Aux enseignants qui nous ont demandé si nous voulions observer un logiciel particulier notre réponse a été dictée par la volonté d'observer des situations de classes ordinaires. A ceux qui ont insisté nous avons proposé le CDRom, assemblé par Jean-Claude LEBRETON (IUFM Orléans-Tours), où l'on trouve des logiciels gratuits, de la documentation logicielle et pédagogique, mais aussi des liens pour des sites d'applicatifs gratuits, CDRom dont certains avaient une connaissance puisque nous le diffusons aux PE2 et en formation continue.
- Nous avons convenu que, si l'observation devenait trop lourde nous nous arrêterions. Ce qui s'est formalisé à la fin de chaque séance par la question "On continue ?"

Nous reviendrons par la suite sur les autres éléments du contrat et sur les conditions initiales.

La population initiale de l'enquête a diminué sur des critères non neutres pour notre étude :

- Une panne du matériel informatique : une classe de CP n'a pas pu disposer d'ordinateur pendant plus de deux mois. Il ne restait plus que six enseignants observables.
- Problèmes personnels : l'enseignant de CE2 a abandonné. Il ne restait plus que cinq enseignants observables.

Nous avons donc effectué une enquête auprès de 5 enseignants (Coralie, Fanny, Noémie, Matthieu et Pascal) de CE1, CM1 et CM2, sur 4 à 8 séances réparties en 2 périodes : octobre-décembre et avril-mai 2006.

Coralie et Fanny ont un cours double en CM1-CM2, Coralie en zone rurale, Fanny en zone péri-urbaine.

Matthieu a une classe de CM2 en centre ville, Noémie a une classe de CE1 en centre ville et Pascal a une classe de CM1 dans un gros village.

Le choix initial devait permettre d'observer des situations où l'équipement matériel était divers, l'enquête externe ayant conduit à un constat ne mettant pas en évidence de différence notable de fréquence d'usage des TICE en fonction de l'équipement.

L'équipement informatique¹¹⁰ de la classe de Coralie est composé de trois postes dont les performances ne sont pas équivalentes et qui ne permettent pas toujours le même usage.

Celui de la classe de Fanny est composé de deux vieux ordinateurs dans la salle de classe et d'un réseau de dix postes dans une grande salle partagée entre la bibliothèque centre documentaire (BCD) et l'espace des ordinateurs.

Matthieu dispose d'une salle avec quatre ordinateurs isolés dont un est équipé d'un Tableau Blanc Interactif (T.B.I.) et un cinquième ordinateur dans la salle voisine qui fait fonction de BCD,... Noémie et Pascal disposent d'un réseau de six ordinateurs dans une grande salle, Noémie a en plus un vieil ordinateur isolé dans sa salle de classe.

Cette diversité d'équipement est semblable à celle que l'on trouve dans les classes du département. Si la fréquence d'utilisation n'est pas soumise à ce critère, nous aurons cependant une diversité de dispositifs d'organisation matérielle qui auront un impact sur la dévolution ou l'institutionnalisation des apprentissages, des savoirs en jeu.

Il est commun de dire que plus on utilise l'ordinateur plus on l'utilise facilement, c'est pourquoi nous avons choisi d'observer un nombre suffisant de séances réparties dans le temps de l'année scolaire.

Nous nous sommes posé les questions suivantes : Comment se fait cette évolution chez les

¹¹⁰En annexe les plans d'organisation des différents espaces observés

enseignants utilisateurs des TICE dans leur classe ? Est-elle perceptible sur une longue période ? Est-ce simplement la rencontre fréquente qui favorise cette évolution ? Ou bien est-elle le fruit d'une maturation qui s'inscrit dans un temps plus long ?

Initialement, nous avons proposé à quatre des enseignants un dispositif d'observation de cinq séances réparties sur une période assez courte (cinq à sept semaines) et deux séances quatre mois plus tard. Pour la cinquième enseignante nous lui avons proposé une observation pendant sept séances régulièrement espacées sur une période maximum de deux mois.

Nos contraintes, celles des enseignants, leurs disponibilités ont permis que nous observions deux enseignants, Coralie et Pascal, sur six séances consécutives, puis deux séances quatre mois plus tard et Matthieu sur quatre séances en octobre et quatre en avril. Fanny a abandonné au bout de quatre séances par défaillance du réseau, lorsqu'il a été réparé nous n'avions plus de disponibilité et trois mois plus tard l'utilisation des logiciels de maths n'était toujours pas relancée. Noémie a été observée pendant six séances entre mars et avril.

Ces modifications n'ont pas profondément transformé notre dispositif d'observation de l'évolution de l'enseignant sur le temps d'une année.

Nous avons choisi de réaliser un enregistrement vidéo pour garder la dimension collective des actions des élèves et de l'enseignant, le repérage des différentes phases, les régulations collectives dans les séances. Ce qui nous a permis de décrire le synopsis de chaque séance.

Pour capturer les échanges particuliers, que la caméra ne peut pas saisir, nous avons utilisé un enregistreur audio "attaché" à l'enseignant. Cet enregistrement audio devait donc permettre d'observer les adaptations de l'enseignant en réponse aux questions des élèves ou aux observations particulières. Nous espérions obtenir des réactions plus locales pour évaluer leurs influences sur la conduite générale de la séance. Cela nous a facilité la transcription des consignes, des apartés,...

La construction de la séance et sa production sont perceptibles dans une analyse a priori, c'est-à-dire en faisant abstraction du déroulement de la séance. Mais nous pensons que ce que nous disent les enseignants avant la séance est l'expression de ce qu'ils ont investi même si elle peut vouloir faire écho à ce qu'ils pensent que l'observateur attend. Chaque séance a donc donné lieu à un entretien ante et un entretien post séance. Les questions sont reprises d'une séance à l'autre et seuls quelques incidents donnent l'occasion de poser une question complémentaire intégrée dans la transcription de l'entretien.

L'objectif principal de l'entretien ante¹¹¹ est de repérer les éléments de préparation de la séance et éventuellement d'aborder des évolutions intégrant le bilan de la séance précédente. Nous l'avons prévu sur une durée de dix minutes maximum.

Il est organisé en quatre points et quatorze questions ouvertes. L'objectif est de faire préciser le positionnement par rapport aux programmes, à la gestion du temps et des phases de la séance, aux éléments que l'enseignant va particulièrement observer, aux obstacles attendus du côté du logiciel et du côté des mathématiques, enfin au dispositif général.

En situant la séance par rapport à la progression, nous prenons des repères sur le moment didactique où la classe se situe par rapport à la rencontre des savoirs mathématiques en jeu. De plus, nous espérons identifier si le choix du logiciel est justifié par une liaison avec la situation mathématique.

Pour ne pas formuler de questions trop inductrices sur les phases de la séance, nous avons choisi une entrée assez classique sur la durée et le nombre de phases.

Pour interroger l'enseignant sur sa préparation, nous avons choisi de formuler des questions sur la dimension personnelle (deux questions sur des obstacles, une sur un élément important) en laissant ouverts tous les possibles sur l'objet de ces questions.

L'entretien "post"¹¹⁴ reprend les quatre points sous la forme de dix questions qui invitent l'enseignant à se situer par rapport à ce qu'il retient de la séance et qui nous permettent de croiser notre regard avec le sien ou du moins ce qu'il nous en dit.

Nous devrions ainsi disposer d'indicateurs dans le discours des enseignants sur les évolutions de leur pratique.

111 Annexes internes - annexe entretiens - annexe 1 -

B. Les pratiques des cinq enseignants

Introduction méthodologique à l'analyse des séances

Pour analyser notre corpus de données nous allons procéder en deux temps : d'abord une étude par enseignant, puis une confrontation des éléments de pratique de l'ensemble des enseignants. Par ailleurs, pour chaque enseignant, nous conduirons l'étude en trois mouvements : le découpage, si nécessaire, de l'ensemble des séances en unités de domaine mathématique (séquence), l'analyse de chacune de ces séquences et le regroupement pour dégager les évolutions identifiées.

Le découpage en unités autour d'un domaine mathématique en jeu se justifie par la diversité des objectifs, des logiciels et des milieux d'apprentissage. Pour chaque séquence, nous présentons des éléments génériques qui nous permettent de situer le milieu sur lequel l'enseignant va agir pour conduire sa séance. Nous utilisons comme critères les trois catégories que nous avons formalisées dans l'étoile des contraintes de l'enseignant. Enfin l'observation des évolutions s'appuie sur l'entretien post séance, l'entretien ante¹¹² séance de la séance suivante et notre analyse a posteriori¹¹³.

112L'objectif de l'entretien ante est de faire préciser le positionnement par rapport aux programmes, à la gestion du temps et des phases de la séance, aux éléments que l'enseignant va particulièrement observer, aux obstacles attendus du côté du logiciel et du côté des mathématiques, enfin au dispositif général.

113L'analyse a priori est une analyse des stratégies et des décisions possibles qui permet de déterminer des observables. L'analyse a posteriori est une analyse qui place les faits contingents dans le cadre de l'analyse a priori. MARGOLINAS HDR p.83

a) Les séances de l'enseignante Fanny

1 Introduction à l'analyse des séances conduites par Fanny

Ici, si nous reprenons la méthodologie générale utilisée pour analyser les séances des autres enseignants, nous serons amenés à des aménagements liés à la fois au logiciel et à l'impossibilité de poursuivre notre observation en raison d'une panne du réseau informatique. Les cinq séances suivantes se sont déroulées sur une période de sept semaines entre la fin du mois de septembre et la mi-novembre, dans une classe double niveau CM1-CM2, avec 12 élèves au niveau CM1 et 8 élèves au niveau CM2. Fanny dit avoir sélectionné 26 logiciels dans le Cdrom que nous diffusons dans le cadre de la formation initiale et continue. Elle choisira d'intégrer le logiciel "Atoumath" par rapport à l'activité de calcul mental avec les CM2. Les CM1 seront dans une activité autonome ou, de façon exceptionnelle, sous la surveillance de l'aide-éducatrice. Nous savons que Fanny utilise, pour les CM1 comme pour les CM2, pour effectuer des recherches documentaires et pour produire des écrits, les logiciels du réseau informatique.

Nous présentons ci-après un tableau synthétique, en termes de contenu disciplinaire, des séances observées. Nous les étudions comme une seule séquence.

Séance 1	Séance 2	Séance 3	Séance 4	Séance 5
Calcul dans champ additif et multiplicatif	Jeux d'encadrement d'entiers, de calculs additif & soustractif	Calcul dans champ multiplicatif	Calcul dans champ multiplicatif	Calcul mental, réfléchi

Pour présenter les séances nous décrivons le milieu matériel, choisi par l'enseignant, que vont rencontrer les élèves. Après avoir présenté les objectifs, nous identifierons le dispositif de travail dans la classe (analyse descendante ou point de vue du professeur). Nous avons choisi de décrire, à la suite, le logiciel utilisé pour faciliter la lecture de l'étude et le rattacher au domaine mathématique. La présentation du synopsis devrait faciliter l'observation et le repérage, dans la situation, des épisodes clés. Nous terminerons cette partie par une description-analyse des deux environnements, l'environnement logiciel avec des techniques associées et, s'il existe, l'environnement « papier-crayon ». Cette analyse ascendante correspond au point de vue de l'élève générique (MARGOLINAS, 2003).

Après cette étape nous croiserons notre regard, par une analyse a posteriori, avec le bilan qu'en tire l'enseignant qui nous servira lors du bilan de l'ensemble des séances de Fanny, pour

identifier des éléments d'auto-apprentissage.

2 Les séances

A l'exception de la deuxième séance qui se passe sur les trois ordinateurs de la salle de classe, les autres séances se déroulent dans la salle informatique structurée en réseau.

2.1 Les objectifs d'enseignement

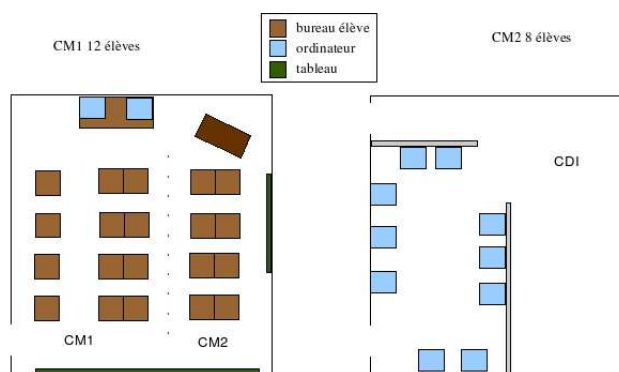
Lors de notre premier entretien, Fanny dit utiliser ce logiciel dans des moments de travail individuel et « *en ce moment ils le découvrent* ». Puis, pour justifier le choix du logiciel par rapport à ses objectifs mathématiques elle répond :

- « *C'est parce qu'il couvrait pas mal de choses dedans...*
- *c'est-à-dire des choses tu peux/*
- *Il y a des additions, soustractions, multiplications, divisions etc. Il y a des applications qui se retrouvent dans les jeux. On retrouve addition, multiplication etc. Bon ! Il y a [dans le logiciel] un niveau de difficulté très large »*

Fanny ne décrira pas d'avantage l'objet mathématique étudié, lors de cet échange, en revanche elle soulignera que « *c'est l'enfant qui programme la difficulté* » ce qui lui semble être un point important. Le deuxième point important semble être la dimension ludique des jeux “Pyramide” et “Carré magique” moins « *systematiques, répétitifs* » que d'autres logiciels.

2.1 Le dispositif de travail

L'orchestration des séances est contrainte par la configuration de l'équipement informatique de l'école. L'équipement informatique de la salle de classe, qui était de trois ordinateurs lors de notre première visite, se réduira à deux en quelques semaines. La salle informatique est jumelée avec le CDI, ce qui permet d'envisager un travail avec deux groupes. Cette salle est équipée de 10 ordinateurs “Windows” en réseau. La proximité des deux salles, pour cette enseignante, facilite son utilisation quand les autres classes de l'école ne l'occupent pas. Nous donnons un plan de ces deux salles ci-dessous :



Pour Fanny, “*l'autre groupe*”, les CM1, constitue une difficulté à gérer. Fanny gèrera ce groupe en leur proposant, de plus en plus, des activités individuelles dans l'espoir d'obtenir une ambiance de travail la moins sonore possible. Ce qui donne pour la première séance une activité de lecture à la BCD, pour la deuxième séance une activité de copie d'un texte poétique avec la réalisation d'une illustration. La troisième séance sera consacrée à une évaluation sous la surveillance de l'aide-éducatrice. Pendant la quatrième séance, les élèves auront à remplir un document à la BCD. Enfin la dernière séance sera gérée par la production d'une carte d'histoire à compléter et colorier.

Les objectifs de chaque séance sont présentés lors des entretiens ante, même s'ils ne sont pas toujours rédigés. Lors des quatre premières séances, c'est un document¹¹⁴ produit par Fanny qui sert de mémoire de l'activité de chacun. Pour la séance suivante, les élèves élaboreront leur propre grille.

2.1.1 Présentation générale de l'outil logiciel :

Le logiciel “Atoumath » est un exerciceur produisant un énoncé, l'attente d'une réponse pendant une durée définie, une validation de la saisie, un message d'erreur ou de réussite avec un score en pourcentage de réussite. L'élève peut choisir au début de l'exercice d'obtenir, après chaque calcul, la réponse exacte. Il correspond en partie à l'appellation « Logiciel d'entraînement » des documents d'application.

Voilà le point de vue, affiché par un diffuseur, de ce logiciel¹¹⁵ très populaire et accessible sur Internet :

114 Annexes internes – Annexes Fanny - Annexe 1 -

115 <http://pontt.over-blog.org/article-13795444.html>

« AtouMath n'est pas un logiciel de rééducation mais bien un **logiciel d'entraînement** au calcul mental. C'est un exerciceur mais un exerciceur bien fait et complet que les enfants apprécient. Ils doivent être capables de réaliser les exercices sans aide de papier, sans poser d'opération par écrit.

AtouMath **ne propose par ailleurs aucune stratégie** d'apprentissage ou de résolution.

Son **utilisation est simple** puisqu'il ne nécessite que l'utilisation du pavé numérique et de la touche Entrée.

Pour chaque exercice, on peut choisir de présenter entre 5 et 50 items et le **temps de réponse** accordé peut être fixé entre une et trente secondes (ce réglage ne fonctionne pas toujours ou pas dans tous les exercices !!!). On peut aussi choisir de fournir ou non la réponse correcte en cas d'erreur (un feed-back de type « juste » versus « faux » est toujours donné).

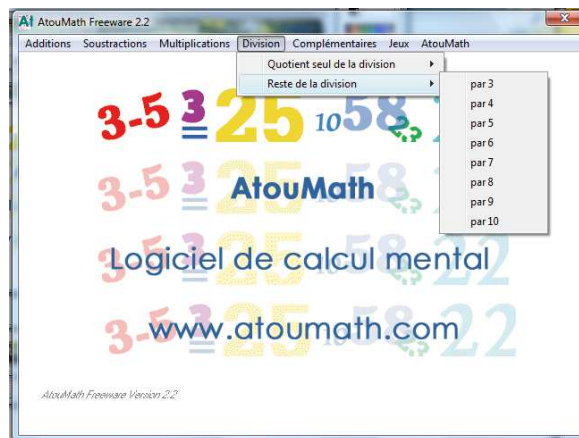
A la fin d'un exercice, on peut ou non imprimer les résultats (nombre de « bonnes réponses » et de « mauvaises réponses »).

Nous reproduisons ci-après des extraits de la documentation, les types de calculs, en tentant de garder l'esprit du document.

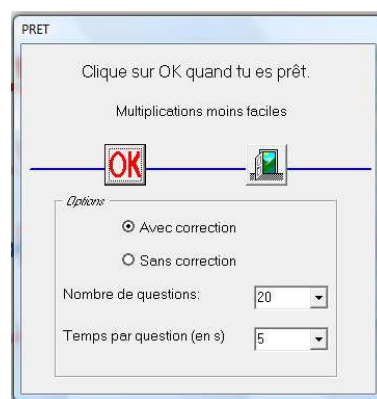
<p>- ADDITIONS ou SOUSTRATIONS Niveaux de difficulté : Très facile : les deux nombres choisis sont compris entre 1 et 10 ; Facile : le premier nombre choisi est compris entre 1 et 100, le second entre 1 et 10 ; Moins facile : les deux nombres choisis sont compris entre 1 et 100 ; Assez difficile : le premier nombre choisi est compris entre 1 et 1000, le second entre 1 et 100 ; Difficile : les deux nombres choisis sont compris entre 1 et 1000 ; Très difficile : les deux nombres choisis sont compris entre 1 et 5000. NB : Le zéro n'est jamais choisi...</p> <p>- MULTIPLICATIONS</p> <ul style="list-style-type: none"> • Possibilité de réviser les tables une par une (tables de 2, de 3, de 4, de 5, de 6, de 7, de 8, de 9). A ce moment, c'est la révision de la table indiquée qui est entamée. Il n'est pas impossible que la même question soit tirée plusieurs fois de suite... C'est vraiment le hasard qui gère les questions... • Possibilité de réviser les tables partiellement. Deux exercices intermédiaires sont proposés : les tables de 1 à 5 et les tables de 6 à 9, permettant de n'être interrogé que sur une partie des tables. • Possibilité de réviser toutes les tables en même temps. L'enfant est alors interrogé sur l'ensemble des tables (de 1 à 10). • tables de 25, de 50 et de 250. • table de... qui permet à l'utilisateur de choisir sa table. A vous le plaisir de la table de 58 ou de celle de 89 !!! • $10 \times 20 \dots 10$ multiplié par 10, 20, 30, etc... • Moins Facile : produit de deux multiples de 10 inférieurs à 100 (40×80 par exemple). • Difficile : le premier nombre choisi est compris entre 0 et 100, le second est inférieur à 10 (48×7 par exemple). • Très difficile : le premier nombre choisi est compris entre 0 et 1000, le second est inférieur à 10 (483×7 par exemple). • Les doubles et les triples : Facile : le nombre choisi est inférieur à 10 ; Moins facile : le nombre choisi est inférieur à 20 ; Difficile : le nombre choisi est inférieur à 100. - Les multiples Il s'agit juste de savoir si un nombre est multiple d'un autre ou non... 24 est-il multiple de 2? 35 est-il multiple de 3? - DIVISIONS a) Partie Quotient C'est en fait l'inverse des tables de multiplication. 	<p>La possibilité vous est donnée de choisir le diviseur (entre 2 et 10) ou d'être interrogé sur toutes les tables. Il y a trois niveaux de difficulté : Facile : le dividende choisi est inférieur à 10 fois le diviseur ; Moyen : le dividende choisi est inférieur à 20 fois le diviseur ; Difficile : le dividende choisi est inférieur à 50 fois le diviseur.</p> <p>b) Partie Reste Ici, on ne demande pas à l'enfant le résultat de la division, mais uniquement son RESTE!!! (ex : $17 : 4$, reste = 1), et ce pour les tables de 3 à 10.</p> <p>- COMPLEMENTAIRES : le complémentaire à 10 de 4, c'est 6 ; le complémentaire à 100 de 24, c'est 76 ; le complémentaire à 1 000 de 522, c'est 478 ; le complémentaire à 10 000 de 5 327, c'est 4 673. La Rubrique Complémentaire à... vous permet de choisir vous-même la borne supérieure à atteindre</p> <p>Trois jeux :</p> <p>- Cherche Le programme a choisi un nombre. A l'enfant de le découvrir par propositions successives. Les bornes de droite et de gauche varient en fonction des propositions faites. Vous pouvez choisir vous-mêmes les bornes.</p> <p>- Carré magique Un carré magique est un carré dans lequel toutes les sommes (verticales, horizontales et diagonales) sont égales au nombre donné. Il s'agit de trouver les nombres manquants de façon à obtenir l'égalité de ces sommes. <u>Possibilité d'aide</u> : l'appui sur l'icône "loupe" permet de voir afficher les calculs intermédiaires. Attention, une fois choisie, cette option ne peut pas être annulée avant la fin de la recherche.... Possibilité de voir la réponse. L'appui sur l'ampoule vous montrera sur la droite de l'écran une seconde grille, remplie celle-là. Attention, l'appui sur cette touche entraîne l'impossibilité de pouvoir à nouveau écrire dans la grille. Vous pouvez choisir vous-mêmes les bornes.</p> <p>Pyramide Il s'agit d'un mur monté en forme de "pyramide". La valeur d'une brique est égale à la somme des deux briques sur lesquelles elle repose. Le but du jeu est de trouver la valeur de la brique d'en haut. Au moment où l'enfant propose sa réponse, seule la valeur de la brique du haut est testée. Les valeurs des briques intermédiaires ne sont pas prises en compte ! Il faut chercher l'erreur ! Vous pouvez choisir vous-mêmes les bornes.</p>
---	--

Nous présentons ci-dessous l'interface graphique et le mode d'utilisation :

Le choix du type de tâches est réalisé dans les menus déroulant dont l'image ci-dessous donne un exemple.

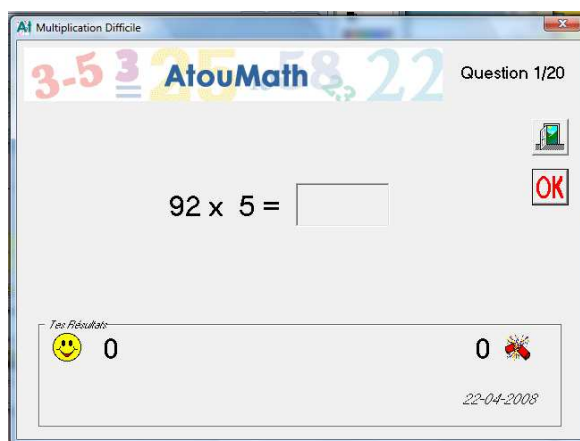


La réalisation de la tâche est lancée après avoir sélectionné la durée et le nombre d'exercices, comme sur l'écran ci-dessous, ou directement dans le cas particulier des jeux.

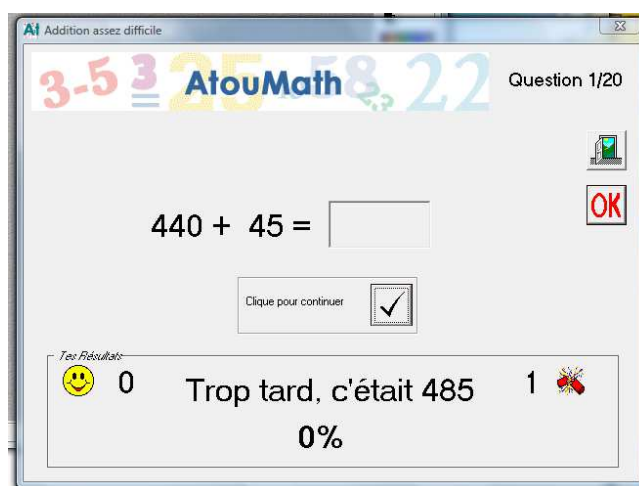


choix difficulté¹²⁵

Dans une nouvelle fenêtre, un curseur se positionne dans la zone de saisie et la validation se fait en cliquant sur Ok ou en appuyant sur la touche “Entrée”, comme sur la copie d'écran ci-dessous.



Après la saisie, en fonction de la demande préalable de l'affichage du résultat, les élèves obtiennent un affichage du type ci-après ou ils décident de relancer les calculs.



2.1.2 Les interactions didactiques possibles, les types de tâches, tâches et techniques associées

L'ensemble des séances est d'un type unique où les élèves doivent se responsabiliser sur les apprentissages à réaliser en résolvant des exercices très fermés proposés dans le logiciel « Atoumath ». Nous étudierons un élément du milieu matériel introduit par Fanny pour compenser les contraintes du logiciel, un tableau sur feuille individuelle A4, mémoire personnelle de l'activité. Nous reviendrons sur ce que nous entendons par responsabilisation à propos des types de contrats engagés par Fanny.

L'étude des tâches proposées aux élèves nous a conduit à nous intéresser

principalement à ce que l'auteur du logiciel appelle les différents niveaux de difficultés.

En effet, les techniques engagées pour les types de tâches rencontrés, dans un “niveau de difficulté”, ne sont pas identiques sur une série de calcul.

Nous allons observer ce qui est proposé dans le niveau très facile du menu “additions”, dans le niveau moins facile du menu “soustractions”, dans le niveau difficile du menu “multiplications” puis dans le menu “complémentaires” (compléments).

Dans le menu “addition”, voici quelques exemples de calcul :

- « $8 + 9$ » dont le calcul passe par une technique de décomposition d'un des deux nombres pour recomposer la dizaine
- « $3 + 2$ » qui est un élément d'un répertoire mémorisé ou est obtenu par un surcomptage.
- « $4 + 4$ » qui sollicite la connaissance de doubles.

Dans le menu “soustractions” :

- « $39 - 17$ » dont le résultat correspond à la technique associée à l'algorithme différence des unités, différence des dizaines et écriture dans l'ordre conventionnel.
- « $83 - 57$ » dont la technique de calcul se ramène à la recherche du complément à 60 puis de la différence d'un nombre entier de dizaines ici 6. D'autres techniques peuvent être sollicitées « $80 - 50 - 7 + 3$ ».
- « $38 - 2$ » ou « $38 - 32$ » les élèves utiliseront plus facilement une technique de décomposition additive de 8 et le répertoire mémorisé.

Dans le menu “multiplications”, les tâches associées au niveau difficile n'ont pas d'unité dans l'utilisation des techniques pour calculer ; c'est ce que nous allons voir dans les exemples ci-dessous.

Nous reprenons les produits demandés lors d'un exercice effectué au hasard où nous avons demandé vingt calculs¹²³ et dont nous donnons la liste ci-dessous :

37×1 ; 4×7 ; 95×7 ; 17×1 ; 43×1 ; 33×3 ; 61×3 ; 78×8 ; 41×6 ; 69×5 ; 22×10 ;
 86×6 ; 45×8 ; 44×4 ; 26×1 ; 64×3 ; 30×10 ; 30×6 ; 98×1 ; 37×4 ;

Le point commun est que le premier facteur est un nombre inférieur à 100.

Les calculs donnent lieu à plusieurs techniques :

- La multiplication par 1 ;
- La reconnaissance de la règle des zéro pour la multiplication par 10 ;
- La multiplication par 3, 4, 5, 6, 7 et 8 ;

Dans ce dernier cas, les techniques de calcul mental peuvent varier selon le deuxième facteur.

30×6 se calcule aisément comme $3 \times 6 \times 10$ alors que

86×6 se calcule en appliquant la distributivité de la multiplication par rapport à l'addition ou à la soustraction $86 \times 6 = 80 \times 6 + 6 \times 6$ ou $86 \times 6 = 90 \times 6 - 4 \times 6$.

Entre une multiplication par 4 où l'on peut envisager deux multiplications par 2, et une multiplication par 3 qui favorise la distributivité de la multiplication par rapport à l'addition comme dans le cas 64×3 , nous ne voyons pas les mêmes connaissances en jeu. Cela conduira donc à des difficultés très différentes.

On pourrait faire la remarque que l'augmentation des nombres 100 à 1000 peut laisser inchangée la difficulté.

Dans le menu “complémentaires” :

L'activité de calcul a cette particularité d'être présentée sous la forme d'une différence et non pas comme une addition à trous ce qui est mathématiquement correct mais ne favorise pas le sens. C'est une grande diversité de techniques qui sont engagées d'une tâche à l'autre sans qu'il soit possible d'en faire un bilan. Par exemple, on attend de l'élève le calcul de différences de différents types :

- « $100 - 71$ » dont le résultat de l'algorithme est le calcul du complément à 80 puis du complément à 100 ou produit par l'algorithme « $100 - 70 - 1$ ».
- « $100 - 48$ » sollicite fortement le complément à 50.
- « $100 - 25$ » où 25 a un statut particulier, « 25 et 50, 75 », « $100 = 4 \times 25$, $75 = 3 \times 25$ »
- « $100 - 9$ » résultat mémorisé, puis soustraire des dizaines entières.
- « $100 - 10$ » différence de dizaines « $10 - 1$ »...

Nous explorons les “jeux” du point de vue des types de tâches mathématiques en raison de leur utilisation pendant la deuxième séance.

Le jeu “Cherche” consiste à intercaler un nombre entier entre deux nombres entiers.

Le « carré magique à 50 » sollicite les élèves pour trouver le complément d'une somme de deux nombres à un nombre inférieur à 50 et tiré aléatoirement. Les élèves ne peuvent répondre que dans les cases situées sur une ligne ou une colonne ayant déjà deux nombres, ce qui

installe une technique.

La « pyramide à 10 », « à 50 maximum » fixe comme types de tâches dix calculs additifs dont le tirage initial est aléatoire et les valeurs inférieures respectivement à 10 et à 50. Nous avons présenté ce module pour caractériser un mode d'intégration que nous appelons "Détournement".

Ces exercices correspondent à la reprise des savoirs construits en CM1 qui se situent dans le champ de la multiplication pour préparer un approfondissement sur la division.

Nous en concluons que l'ensemble constitue, comme nous le faisons dire dans la présentation du logiciel, un ensemble de types de tâches qui devrait permettre de consolider de façon aléatoire des résultats mémorisés ou des techniques de calcul réfléchi, c'est-à-dire des savoirs anciens, en conformité avec les documents d'application¹¹⁶ du cycle 3.

L'impossibilité de garder des traces des techniques engagées pour effectuer ces tâches dans aucun de ces exercices a conduit Fanny à concevoir un outil de suivi individuel.

La première version de cet outil est une fiche que l'on pourrait qualifier de mémoire individuelle de l'activité réalisée sur le logiciel. Sa fonction est d'identifier les exercices qu'un élève a réalisés dans un temps de travail individuel, toutes les activités possibles étant identifiables. La deuxième version est orientée vers le bilan de l'activité. Sous la forme d'un tableau elle décrit les niveaux et les activités utilisables, pendant la séance, par les élèves. Le texte qui sous-titre la fiche « *Commencez par le niveau de votre choix et le baisser ou l'augmenter en fonction du résultat* », est une forme de rappel de la consigne orale, et les données du descriptif de l'exercice saisies dans le tableau sont de deux sortes :

- le type d'exercice (champ additif,...), le temps choisi pour effectuer chaque calcul (il varie de 1 à 30 s) ou le niveau de difficulté ainsi que le score obtenu en pourcentage.
- des « remarques » sur l'activité.

Nous présentons sur la page ci-après les deux versions de ce document.

116 Pages 25-28

Tableau du travail individuel sur le logiciel atout maths

NOM : _____		Dates : _____						
Atout maths								
Niveau	Additions	Soustractions	Multiplications	Divisions	Complémentaires	Carré magique	Pyramides	Recherche nombre
Très facile								
Assez facile								
Moins facile								
Assez difficile								
Difficile								
Très difficile								
A la carte								
Tables de								
Multiples								
X 20, X 30								
Double, triple								
Quotient seul								
Reste seul								
A10								
A 100								
A 1 000								
A 10 000								
Entre 0 et 50								
Au choix								
Remarques :								

Atout Maths

DATE : 7/11/20	NOM : Gaëlle	Date : 10 Novembre		CLASSE : CM2			
	Par ou de	Facile	Moins facile	Difficile	Temps choisi / nombre et %	Nombre de questions	Remarques *
Division quotient	5	X			100% / 7 sec		très facile
	8	X			80% / 10 sec	10	facile
	6	X			100% / 10 sec	10	super facile
Division reste	5				100% / 10 sec	10	très facile
	3				70% / 10 sec	10	je m'étais pas concentrée
	4				90% / 10 sec	10	facile
Tables de	3				10 sec / 100%	15	très facile
	10				18 sec / 100%	10	super facile
	5				4 sec / 100%	10	très facile
	7				11 sec / 90%	10	facile
	8				10 sec / 100%	10	très facile

J'ai dû absolument réviser les tables et j'ai fait les divisions reste et ensuite les divisions quotient.

Pour comprendre la mise en œuvre nous allons en présenter le synopsis du déroulement.

2.1 Synopsis des séances

En référence à Margolinas, nous utiliserons un découpage en « épisode », un moment qui correspond à une unité d'interaction (MARGOLINAS, 1989, p. 61). Cela devrait nous permettre d'identifier les évolutions des milieux, les changements de contrats dans la gestion du logiciel, mais aussi les évolutions du mode d'orchestration, du mode d'intégration et les changements de type de tâches ainsi que les rapports entre les tâches en environnement "papier-crayon" et en environnement logiciel.

Première séance :

La première séance a commencé avant notre arrivée. L'enseignante était confuse mais de fait notre contrat a été modifié puisque nous ne pouvions plus observer la phase d'initiation à l'utilisation du logiciel, les points d'appui de la situation initiale. Nous pensons que malgré son engagement à nous ouvrir sa classe, dans ce nouvel environnement (TICE et Mathématiques), elle n'avait plus l'assurance que sa pratique de la classe lui donne habituellement.

Premier épisode jusqu'à la 15^e minute

Pendant que les élèves sont en travail individuel sur les ordinateurs, Fanny passe d'un poste à l'autre, observe, pose des questions sur leurs techniques et les problèmes qu'ils ont rencontrés. L'activité sur les ordinateurs dure 15 minutes, en notre présence, avant le retour dans la salle de classe pour faire une mise en commun. Les CM1 restent sous la surveillance de l'aide-éducatrice.

Deuxième épisode jusqu'à la 27^e minute, fin de la séance

La mise en commun commence par un échange sur la difficulté du logiciel. Les élèves ne formulent que des banalités (facile, trop bien,...). Fanny oriente l'échange vers les techniques utilisées « *est-ce que vous avez calculé exactement comme la dernière fois ?* »

Romain a changé « *la première fois je prenais les nombres entiers là maintenant je prends les unités d'abord et je trouve que ça va plus vite.* » Maxime le justifie par un problème de saisie des nombres sans le dire explicitement « *c'est normal parce que par exemple si c'était 48 plus 43 je pense qu'il vaudrait mieux faire d'abord les unités et après les dizaines parce que s'il y a une dizaine en plus et que nous on a mis par exemple 80 ben il faut mettre quatre... alors que*

c'est 90 et ben on va se tromper. » Romain semble acquiescer « la dernière fois je n'avais pas pensé à cette manip. »

Mais Maxime ne fait pas comme ça *« je regarde tout, je regarde bien le grand nombre et si je vois que les deux font une grande... si ça fait une dizaine + je mets directement la dizaine. je commence du plus grand (geste de gauche à droite) et comme ça mais »*. Fanny reformule *« tu regardes s'il y a une retenue et tu la comptabilises directement. C'est pas + c'est pas la même façon que vient d'expliquer Romain. Vous entendez ce qu'il a dit ? Vous comprenez ce qu'il a dit ? »* Manon elle *« fait comme Maxime. Je regarde s'il y a une retenue. »* Maxime sait qu'il faut faire de cette manière parce qu'il a un ordinateur. La consultation de la fiche¹¹⁷ ③ est l'occasion d'envisager l'étude de la séance suivante.

Fanny reprend la proposition de Maxime *« de quoi faut-il se rappeler ? »* Maxime : *« des tables de multiplication, d'addition [...]après tout est facile »* mais ce n'est pas le point de vue de Romain *« à part pour quelques exercices... »* Sans donner suite à cette remarque, Fanny propose *« on peut travailler les tables avant de passer à la division »*.

Mais pour Rémi *« c'était pareil que la dernière fois »* pas de changement dans la manière de faire les calculs, constat sans suite.

Un groupe évoque le jeu « Cherche », Fanny renvoie à la prochaine séance et termine la mise en commun.

Deuxième séance

La deuxième séance est l'occasion de toutes les déconvenues. Fanny n'enclenche pas l'enregistrement et nous perdrons la cassette vidéo. Nous n'avons conservé que l'entretien ante, la fiche de préparation et nos notes pour retracer le contenu de la séance et de l'entretien post.

Cette séance est organisée autour des trois jeux avec une fiche précisant les conditions de mise en œuvre des jeux : rechercher un nombre supérieur à 500, la pyramide avec des nombres supérieurs à 150 et un carré magique avec un choix supérieur à 200. Parmi les remarques demandées sur la fiche, elle a ajouté en gras et souligné *« Remarques sur la séance : intérêt d'être deux ou difficulté »*.

Les élèves vont *« travailler à deux pour optimiser le jeu »*, après un premier essai où ils noteront les difficultés.

Troisième séance, premier épisode jusqu'à la 29^e minute

La division est l'activité¹¹⁸ qui est travaillée pendant les séances « ordinaires ». Fanny a

117 Annexes internes - Annexes Fanny - Annexe 2 –

118 Les élèves ont résolu la veille des problèmes de division (extrait ERMEL CM2, p. 246).

donné les consignes aux élèves de CM2 qui doivent se lancer dans l'activité à partir de la fiche¹¹⁹ de la séance division > quotient, reste et table de... lorsqu'ils auront rendu leur livre à la BCD. Pendant ce temps Fanny met en place une évaluation pour les CM1.

Elle considère que ce n'est plus nécessaire de présenter le logiciel « *surtout que maintenant ils connaissent le logiciel d'autant plus qu'il y en a la moitié qui l'ont déjà téléchargé chez eux donc voilà je leur ai dit que c'était possible, ils sont allés y bricoler... ils l'ont téléchargé* ». Les élèves travaillent individuellement sur leur poste. Pendant ce temps, Fanny prend en charge une nouvelle élève pour évaluer son niveau par rapport à la multiplication. Puis elle circule sur les postes et identifie très rapidement les difficultés que les élèves rencontrent.

Troisième séance, deuxième épisode jusqu'à la 36^e minute

Mise en commun à propos des difficultés observées. Aucun élève n'a noté qu'il trouvait difficiles les exercices. En bons élèves ils disent l'importance de connaître les tables.

Fanny insiste :

« Est-ce que c'est la seule raison de la difficulté de ne pas connaître les tables ? [...] Qu'est-ce qu'il faut connaître de la division pour bien s'en sortir ? Qu'est-ce que vous avez appris l'année dernière qui peut vous aider ? [...] Comment on écrivait la division ? D'une façon qui peut vous aider éventuellement pour cet exercice ? Quand on faisait la division + vous ne vous rappelez pas ? Qu'est-ce qu'on faisait à chaque fois ? ».

Fanny induit, sollicite fortement les élèves pour qu'ils disent : « *la division euclidienne !* »

Puis elle demande :

Fanny : « Alors ça s'écrivait comment ça ?

Manon : Ben on écrivait le nombre après on mettait égale le quotient divisé par le /

Fanny : Le quotient ? Attention !

Manon : Non ! euh...

Fanny : Va le mettre au tableau puisque nous avons un tableau. Tu en écris une peu importe... prends un exemple [...] On fait la multiplication plus le reste [...] Il faut avoir ça dans la tête quand vous divisez par 4 c'est combien de fois 4 plus un reste. Dans la façon d'aborder votre tableau peut-être qu'il y a un ordre »

Un élève propose de travailler sur les tables. Fanny reprend cette proposition et les invite à travailler « *sur la même table dans la catégorie "reste" si ça vous pose des difficultés. Bon vous allez l'essayer ça et vous verrez si vous êtes plus performants.* »

Consigne : « *Vous faites deux exercices ! Un pour vous aider à préparer celui avec le reste.* »

Troisième séance, troisième épisode jusqu'à la 52^e minute

Fanny organise le travail de la nouvelle élève pendant que les autres commencent

119 Annexes internes - Annexes Fanny -Annexe 3 –

l'exploration des tables. Lorsqu'une élève demande si ce sont les tables ou les multiples qu'il faut revoir, Fanny renvoie « *ça change quoi ?* », ce qui laisse penser qu'elle n'a pas exploré les exercices sur les “multiples de...”.

Un incident d'affichage du dividende lors de divisions par 10 lui permet de découvrir qu'ils ont une technique experte qui consiste à écrire le chiffre des unités qui, lui, est encore lisible.

Après 10 minutes d'observation, elle organise la mise en commun, avec comme objectif « *dire ce que vous avez appris qui pourrait intéresser le groupe.* »

Un élève donne une méthode pour obtenir le reste de la division par 10, un autre la simplifie et un troisième trouve que « *ça t'entraîne à manipuler le clavier* ». Fanny fait un sondage sur « *est-ce que ça vous a aidés de revoir les tables ?* » et quelles sont celles qu'ils ont à revoir sous-entendu pour mieux réussir.

La séance s'arrête sur le renvoi à la prochaine séance.

Quatrième séance, premier épisode jusqu'à la 39^e minute

Passage de la consigne pour engager le travail sur les tables qui est apparu nécessaire lors de la dernière séance. Plusieurs organisations sont possibles « *soit un travail global sur les tables pendant 10 min puis les exercices sur les divisions... soit travail sur une table puis travail sur quotient, reste sur cette table c'est à vous de décider ça !* »

Fanny observe et échange sur le travail en cours sur chaque poste. Les élèves deviennent suffisamment autonomes pour qu'elle aille voir ce que font les CM1.

Quatrième séance, deuxième épisode jusqu'à la 60^e minute

Mise en commun : La salle est bruyante au point que Fanny décide de changer de salle pour ne pas être gênée par les CM1.

Les élèves font remonter qu'ils ont eu des problèmes de table, de gestion du temps, de clavier mais on n'en saura pas plus.

Fanny a observé qu'une élève n'a pas su répondre dans le cas où le dividende est inférieur au diviseur. Les experts du groupe donneront la réponse sans que Fanny ait eu le temps de lui faire expliciter son problème.

Un élève trouve que c'était difficile quand le dividende est supérieur à 100 mais il était le seul à avoir fait ces exercices. Il explique sa technique experte, seule l'enseignante est à son écoute.

Un autre élève présente sa technique pour trouver le quotient d'une division par 9 (valable pour des nombres inférieurs à 98), le quotient est le nombre formé par le chiffre de la dizaine

supérieure. Fanny ne validera pas, ne suggérera pas la recherche de la pertinence pour des nombres supérieurs à 98.

Fanny ne revient pas sur le contenu de la séance et projette la classe vers la prochaine séance où « *il faudra explorer les choses comme les tables supérieures à 10 et les multiplications avec des nombres supérieurs à 100. Donc il faudra préparer le tableau.* »

Cinquième séance

Les élèves ont réalisé, sur traitement de texte ou sur une feuille ordinaire, un tableau des activités qu'ils vont faire. Fanny a relevé leur tableau et le commente en le leur rendant. Puis elle les envoie à la BCD rendre leur livre et se mettre au travail à partir du tableau qu'ils ont réalisé. Pendant ce temps elle donne comme tâche aux CM1 une activité de cartographie historique.

L'observation des techniques de calcul permet à Fanny de remarquer des failles dans le logiciel qui donne de bons scores de réussite à une élève en difficulté, à partir de calculs, par exemple multiplier par 1, 2 ou 10, qui ne correspondent pas au niveau CM2. Un élève a fini sa fiche en 10 minutes et Fanny le relance sur des activités un peu plus difficiles. Elle échange avec chacun individuellement pour faire expliciter les techniques utilisées.

A la trente-huitième minute, Fanny organise une mise en commun : Les questions restent d'ordre général, à partir des fiches de suivi : « *est-ce que vous avez pu faire ce que vous avez programmé ?* » ou « *Ceux qui ont eu du mal à tout faire c'est à cause de la quantité trop importante d'exercices prévus ?* », enfin « *Est-ce que vous avez l'impression d'avoir progressé par rapport à la dernière fois ?* »

Le bilan se termine par une dernière question : « *depuis la dernière séance vous avez travaillé vos tables comment ?* » quatre répondent sur "Atoumath", deux sur "maths en bosse"¹²⁰, un sur un autre logiciel dont le nom est inaudible, un dernier parle de la "*calcullette de Yann qui pose des tables*".

La séance se termine sur le besoin de prolonger la mémorisation des tables pour la prochaine séance informatique.

120 Logiciel que nous ne connaissons pas.

2.2 Analyse a posteriori des séances

2.2.1 L'intégration instrumentale

Dans l'entretien de la deuxième séance Fanny dira qu'elle a choisi ce logiciel parce qu'il est « *facile* » dans les manipulations.

La deuxième raison de son choix est que « *c'est l'enfant qui programme la difficulté* ». Lors de la présentation du logiciel, nous avons vu que les élèves pouvaient définir la durée pour répondre, le nombre d'exercices sur un "type de tâches" ; nous y reviendrons à propos de l'intégration praxéologique.

Les élèves connaissent le lancement du logiciel puisqu'ils l'utilisent sur les postes de la classe en travail individuel lorsqu'ils ont fini une activité. Ils utilisent régulièrement des fiches de positionnement dans une activité et pour cette séance ils ont reçu une fiche de suivi¹²¹ deuxième version, adaptée à cette séance c'est-à-dire contenant les différents exercices du logiciel dans lesquels les élèves doivent s'engager. Cette grille a été préparée par Fanny pour que chacun puisse noter les exercices qu'il a faits, ainsi que le niveau de difficulté, la durée et des remarques du type « difficultés rencontrées : manipulations du clavier, calculs, autre... »

Un commentaire général figure en sous titre de la fiche : « Commencer par le niveau de son choix et le baisser ou l'augmenter en fonction du résultat. »

La fiche est devenue, dès la deuxième séance, l'instrument de l'enseignant pour avoir un suivi général sur l'activité des élèves.

La simplicité d'usage de l'environnement n'a provoqué que des ajustements minimes qui s'expriment sous la forme d'interventions d'élèves pour expliquer ce qu'ils ont découvert en ayant été un peu plus rapides ou curieux que les autres.

L'arrivée d'une nouvelle élève nous en apprend un peu plus sur la technique d'introduction du logiciel dont nous avons été écarté lors de la première observation. Fanny fait reformuler la tâche engagée par les autres élèves « *Vous allez expliquer à Ang. ce que nous faisons en informatique + ce que nous avons fait les séances précédentes et ce que vous avez compris, puisque vous êtes pas mal habitués, en regardant la fiche de ce matin de ce que vous allez devoir faire. Alors première chose, qu'est-ce qu'on a fait jusqu'à présent ? Mano ?* » Les types de tâches que les élèves présentent et que Fanny valide sont mathématiques comme le montre l'échange ci-dessous :

121 Annexes internes - Annexes Fanny - Annexe 1 –

<ul style="list-style-type: none"> - É : Dans Atoumath on fait des maths. - Fanny : oui ! - É : Tu nous donnes des choses à faire sur la fiche - Fanny : les choses on peut préciser les choses Max ? - É : Des additions des soustractions des multiplications des carrés magiques et des pyramides. - Fanny : Bien quelqu'un veut ajouter quelque chose ? - É : Des divisions / - Fanny : Alors le programme d'aujourd'hui que vous avez commencé à percevoir en regardant votre fiche. Sur quoi vous travaillez particulièrement aujourd'hui ? Qu'est-ce que vous en avez compris ? - É : Les doubles et les triples. - Fanny : Double et triple oui. 	<ul style="list-style-type: none"> - É : inaudible + division quotient. - Fanny : division reste, division quotient est-ce que vous avez une idée de ce que c'est ? - Élèves inaudibles - Fanny : est-ce que certains l'on déjà manipulé ? - É : oui - Fanny : Oui - É : Sur le calcul enfin sur les calculatrices oui - Fanny : sur la calculatrice et dans le jeu atoumaths est-ce que quelqu'un l'a déjà / Alors Mano tu peux expliquer ? - É : Eh ben on fait une division et on donne le reste - Fanny : Donc on donne une division et on ne demande que le reste. Ou on donne une division et on demande le quotient. Est-ce que tout le monde se rappelle un petit peu ce que veut dire quotient reste.
--	--

Le logiciel est laissé au second plan pour introduire l'activité comme le confirme l'échange ci-dessous avec la nouvelle élève.

<p>8:24 Fanny : Alors Ang. tu vas dans Atoumath voilà tu cliques dessus tu double cliques deux fois il faut cliquer voilà ! Et ensuite alors tu vois il y a des choses qui s'affichent là alors il y a des choses que je demande pas qu'on travaille il faut avoir regardé sa fiche par exemple addition soustraction aujourd'hui on ne travaille pas on travaille multiplication division donc on va rester dans ces deux propositions inaudible il faut que tu te mettes je ne sais pas comment tu vas t'organiser ? Tu prépares un stylo + tu choisis + tu veux commencer par quoi ? Multiplication ou division ?</p> <p>Ang. : Inaudible</p> <p>Fanny : Alors tu as plusieurs possibilités soit les tables soit plus facile moins facile difficile le double</p>	<p>et les triples voilà le double ou les multiples voilà il faut que tu fasses un choix là-dedans. Et que tu me le précises dans le tableau. D'accord ? Et c'est toi qui vois.</p> <p>Ang. : Inaudible</p> <p>Fanny : Tu choisis là-dedans si tu vas dans les tables tu peux choisir de les travailler toutes ou d'en travailler certaines ou tu vas dans + ça c'est autre chose + tu peux choisir de faire moins facile, double et triple ou des multiples.</p> <p>Ang. : Il faut que je vais dans ça ou dans ça et</p> <p>Fanny : Voilà il faut que tu fasses un choix ! Je te laisse faire ! Je te conseille pas très difficile parce que c'est vraiment très difficile. 10:18</p>
--	--

Au moment de partir vers un autre élève une question d'Ang. retient Fanny qui va l'accompagner dans la découverte du logiciel par des ajustements successifs multiples et non anticipés comme nous pouvons le lire dans la transcription en annexe¹²². Cette initiation à l'usage de l'outil Fanny ne l'avait pas prévue lorsqu'elle s'apprête à partir en lui attribuant la responsabilité de l'activité (voir cadre ci-avant).

Conscient qu'une telle initiation n'est pas possible avec l'ensemble des CM2 chacun étant devant un ordinateur, nous ne pouvons pas en conclure qu'il s'agit de la technique d'initiation à l'outil qu'aurait pu utiliser Fanny deux séances auparavant. Cependant la gestion de l'outil nous semble correspondre à un repérage des obstacles dans la mise en œuvre du logiciel sans avoir

¹²²Annexes internes - Annexes Fanny - Annexe 5 -

imaginé une orchestration possible.

Ce qui conduit Fanny à des ajustements successifs au fur et à mesure de la découverte par Ang. de l'environnement.

Lorsque les élèves ont découvert l'entrée dans l'activité, les tâches logicielles pour répondre à la tâche mathématique sont réduites à un clic de souris ou à une frappe au clavier sans lien réel avec la tâche mathématique. En effet, au CM2, l'écriture des entiers au clavier ne peut plus être considérée comme problématique.

Nous retrouvons ici, globalement, comme dans le jeu de la pyramide, ce que nous avons qualifié de détournement pour l'intégration instrumentale, où les connaissances instrumentales se résument à quelques clics de souris avec une absence de relation à la tâche mathématique.

2.2.1 L'intégration praxéologique

2.2.1.1 Des techniques anciennes de l'environnement papier-crayon à l'environnement logiciel

Sur l'ensemble de ces calculs, on peut se demander s'il y a des raisons objectives qui peuvent favoriser chez les élèves le passage d'une technique algorithmique posée à une technique de calcul mental. Le tirage aléatoire conduisant à des techniques diversifiées, il faudrait pouvoir régénérer les exercices pour pouvoir confronter les techniques engagées ce qui n'est pas possible dans la structure du logiciel. Lors de la mise en commun, aucune stratégie n'émergera de la variabilité des nombres. L'ergonomie du logiciel aurait pu être ce déclencheur si la situation avait été pensée dans ce sens, ce qui aurait nécessité un important travail de recherche de conception lorsque Fanny construisait sa séance, par exemple évaluer la durée susceptible de provoquer beaucoup d'erreurs... ce qui pourrait provoquer le besoin de changer de technique. Mais dans l'utilisation commune, le temps de calcul est adapté au cas par cas, sans que cela soit une contrainte pour les élèves qui ne l'évoqueront qu'exceptionnellement par la suite¹²³.

Nous sommes dans une situation où les techniques engagées ne peuvent être que des techniques anciennes papier-crayon. De plus Fanny semble, après la première mise en commun, renoncer à structurer le travail autour d'autres techniques.

¹²³Lors de la mise en commun de la séance 4, un bon élève dira : « je n'avais pas mis assez de temps »

2.2.1.2 Rapport entre la TAL et la TAM

En l'absence d'un rapport fort entre la tâche mathématique et la tâche logicielle, Fanny introduit sa fiche de suivi pour contraindre à la réalisation de la tâche mathématique qu'elle entend voir étudier. En effet, même si elle dit choisir ce logiciel parce que « *c'est l'enfant qui programme la difficulté* », ses réserves sur l'usage qu'ils peuvent en faire sont très fortes : « *si on les laisse lire ils vont aller à des choses n'importe où, n'importe comment, n'importe quoi ! Je crois quand même que je me dis c'est que ça me paraît devoir être téléguidé ce travail là. [...] Comme on a fait là avec les fiches.* »

De plus Fanny sait que le milieu ne permet pas aux élèves de comprendre pourquoi ils ne réussissent pas mieux. A propos de l'intercalation d'un nombre, le nombre d'essais peut augmenter alors que l'on a amélioré la technique : « *moi ! ayant joué moi même + ce n'est pas dit qu'on améliore le nombre de coups [essais] la fois suivante. C'est extrêmement aléatoire.* » Par exemple le tirage du nombre 148 par le logiciel avec la technique experte peut être trouvé en sept essais alors que 157 ne peut être trouvé qu'en huit essais. Or, les élèves testent leur réussite aux nombres d'essais pour trouver le nombre. S'ils changent la valeur de l'intervalle, le nombre d'essais peut augmenter et si, de plus, la chance s'en mêle, ils peuvent ne pas avoir envie, besoin, de changer de technique. Nous en concluons que l'amélioration de la tâche logicielle (réussir en un minimum d'essais, souvent interprété par les élèves comme réussir avec moins d'essais qu'au dernier exercice) ne donne pas de la pertinence à la technique mathématique engagée (τ : “choisir le nombre moyen entre les bornes”).

La difficulté à gérer les techniques des élèves la conduit à utiliser un dispositif où elle exploite la capacité de débat des élèves pour qu'ils confrontent leurs techniques sans qu'elle n'ait à les anticiper.

On ne peut alors s'inscrire que dans une phase d'entraînement. Ce qui rejette la construction de la technique experte à un autre dispositif.

2.2.2 Les contrats

Le contenu mathématique est décrit dans les entretiens ante par le contenu logiciel (menu à aborder) tel qu'il est rédigé dans la fiche de préparation de la deuxième séance¹²⁴, par ailleurs la seule que nous obtiendrons sur les cinq séances. Par la suite, par exemple lors de la troisième séance, pour Fanny, il s'agit de « *préparer ce que je fais par ailleurs ou de favoriser*

124Annexes internes - Annexes Fanny -Annexe 4 –

[...] et de faire émerger des besoins de révision et de compréhension de certaines choses. Voilà ! » et à la fin de la séance « mettre en évidence la relation division multiplication et leurs difficultés ». Il s'agit donc d'exercices d'entraînement pour certains, de rappel pour d'autres, ce qui conduit Fanny à mettre en place principalement des méso-contrats de “pseudo-dévolution” éventuellement de “restitution du savoir”.

Comme nous l'avons déjà écrit à propos de l'intégration praxéologique, le savoir est un savoir à consolider pour pouvoir le ré-investir dans la technique opératoire de la division.

La situation fermée par l'environnement logiciel, fermée par les contraintes de la fiche de suivi, ne présente aucun des critères d'une situation antagonique. Les possibilités d'utiliser la contrainte temps a été abandonnée par une consigne qui invite à diminuer l'obstacle pour arriver à le franchir.

Nous l'identifions dans nos critères comme une situation non antagonique.

Le fait que la mise en commun ne soit pas un espace de débat de connaissances mathématiques, ou de façon très exceptionnelle, exclut les élèves d'une part importante de responsabilité dans la validation des résultats qui ne relève alors que du logiciel. Ce type de validation ne situe pas la réponse par rapport aux techniques des élèves mais par rapport à l'exactitude du résultat. Ceci est d'autant plus accentué que le logiciel ne dispose pas d'un outil pour revenir sur le déroulement de l'activité. En cours de séance, alors que son choix était de leur donner de l'autonomie, de la responsabilisation dans l'organisation de leur apprentissage, Fanny, ne pouvant plus contrôler ce qui se passe, se pose des questions sur ce que font réellement les enfants, même si elle a bien vu qu'il y a des niveaux de performance très différents.

Le choix des apprentissages à organiser est bien de la responsabilité des élèves mais la validation des performances relève du logiciel : nous sommes proches de ce que nous avons défini comme une “non responsabilité déguisée”.

Nous remarquerons que le contrat de travail qu'elle met en place à la séance ②, travailler en binôme, pour favoriser et exploiter la capacité à débattre, a aussi un rôle par rapport à son propre apprentissage. Elle espère pouvoir entendre ce dont ils parlent pour pouvoir en déduire et gérer les tâches et techniques engagées. Mais elle renoncera à cette orchestration dans les séances suivantes probablement en raison du niveau sonore qui accompagnera cet essai.

2.2.3 Enjeux et conséquences pour la dévolution et l'institutionnalisation

2.2.3.1 Les points d'appui pour réaliser la dévolution de la situation

La consigne « *vous allez sur "Atoumath" faire les exercices* », donnée oralement et s'appuyant sur la "fiche" de suivi, constitue une manière unique d'introduire l'activité. Elle n'est pas très porteuse d'une volonté de dévoluer aux élèves la responsabilité de l'apprentissage. C'est à travers l'image ludique et la dimension sociale de l'outil TICE que Fanny organise son introduction en mathématique dans la classe. Elle exprime son enthousiasme sur les effets positifs en termes de calcul mental, dès la deuxième séance, et ce malgré la régression exprimée, utilisation de l'algorithme posé "*plus performant*", par un élève dans le bilan final de la première séance.

Cependant, nous avons émis l'hypothèse que l'élève qui manque d'investissement dans la dernière séance, dont nous savons qu'il a téléchargé le logiciel, est peut-être dans une autre attente que celle d'une activité qu'il peut réaliser à la maison. Nous serions tenté de penser que la dévolution s'appuyant sur l'objet culturel est en voie d'échouer pour cet élève et Fanny, consciente d'un changement, dans l'entretien post trouve que « *Ma. n'est pas dans une attitude très active, il a régressé dans la séance* ». Mais elle n'en comprend pas les raisons et ne formule pas d'hypothèse. Notre hypothèse restera en forme de question sur l'influence de la pratique de l'outil informatique en dehors de la classe.

Très attachée à la bonne liaison entre les programmes et l'usage de l'ordinateur, Fanny recherche un outil pour orchestrer l'apprentissage de savoirs en cours de construction dans l'autre temps de la classe. Elle exploitera assez complètement les modules instrumentés dans le logiciel au service des connaissances nécessaires à la pratique du calcul posé ou réfléchi. Nous n'observerons aucune dérogation à cette règle tout au long des cinq séances. Lors de la troisième séance l'arrivée d'une nouvelle élève amène Fanny à renforcer l'idée que ce que font les élèves ce sont des mathématiques comme nous l'avons transcrit à propos de l'intégration instrumentale et dans ce cas c'est la TAM qui est le point d'appui de la dévolution.

Dans les autres séances la dévolution s'appuie sur l'image culturellement positive de l'ordinateur avec des arguments d'apprentissage qui correspondent plus à des caractéristiques relatives à la théorie de Skinner¹²⁵ qu'à celles relevant d'un modèle constructiviste.

¹²⁵Skinner, *The Behavior of Organisms* (1938), se situe dans le courant behavioriste initié par Watson J. B. en 1913. Nous résumons sa conception de l'apprentissage en disant que dans un processus de questions et de réponses suivies de renforcements, l'élève assimile un savoir décomposé en ses éléments les plus simples

2.2.3.2 L'institutionnalisation réalisée et les environnements

C'est dans la conception de l'activité que nous trouvons les explications au type d'institutionnalisation qui émergera de ces séances.

Pour Fanny, il s'agit de donner aux élèves des éléments pour évaluer les difficultés qu'ils peuvent rencontrer dans la réalisation de calculs, ici principalement multiplicatifs. Mais la question de l'évaluation de la maîtrise d'une technique n'est pas simplement de l'ordre d'un déclaratif et comme le dit Fanny à propos de la deuxième séance « *il me semblait que ce n'était pas aussi facile que ça et leur sentiment est quand même un sentiment de facilité, qui ressort + j'ai l'impression que c'est lié à l'activité + davantage + comment dire + à l'idée qu'ils se font de l'activité ! Dans le sens où ça leur plaît et ils ont une vision globalement positive, donc le sentiment de la difficulté n'est pas le même.* »¹²⁶

Le dispositif ne permettant pas de garder une trace des techniques, seule la formulation dans les moments de mise en commun aurait pu permettre d'organiser un réinvestissement dans de futurs exercices. Mais Fanny ne jouera pas ce rôle de gestionnaire de la parole de chacun et il ne pourra pas y avoir de mise en jeu des techniques évoquées.

Les moments d'institutionnalisation sont des moments dans lesquels les élèves les plus à l'aise formuleront au mieux les savoirs qu'ils ont utilisés en réponse aux questions de l'enseignante qui n'exploitera pas les arguments pour la justification de techniques quand ils se présenteront¹²⁷.

Nous représentons sa pratique sur notre “Toile” où même les petites variations organisationnelles ne perturbent pas le positionnement de sa pratique par rapport à l'intégration de TICE.

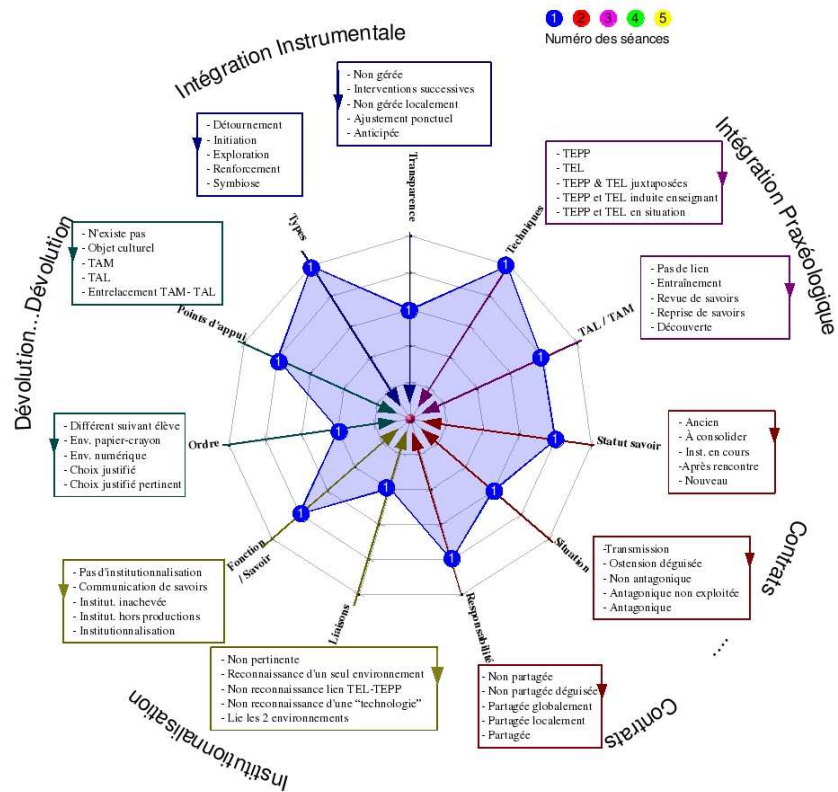
pour les rendre accessibles. À partir de « l'histoire des technologies informatiques et quelques unes de leurs applications en éducation » par BORDELEAU P., Université de Montréal :

<http://www.scedu.umontreal.ca/sites/histoiredestec/histoire/chap11.htm>

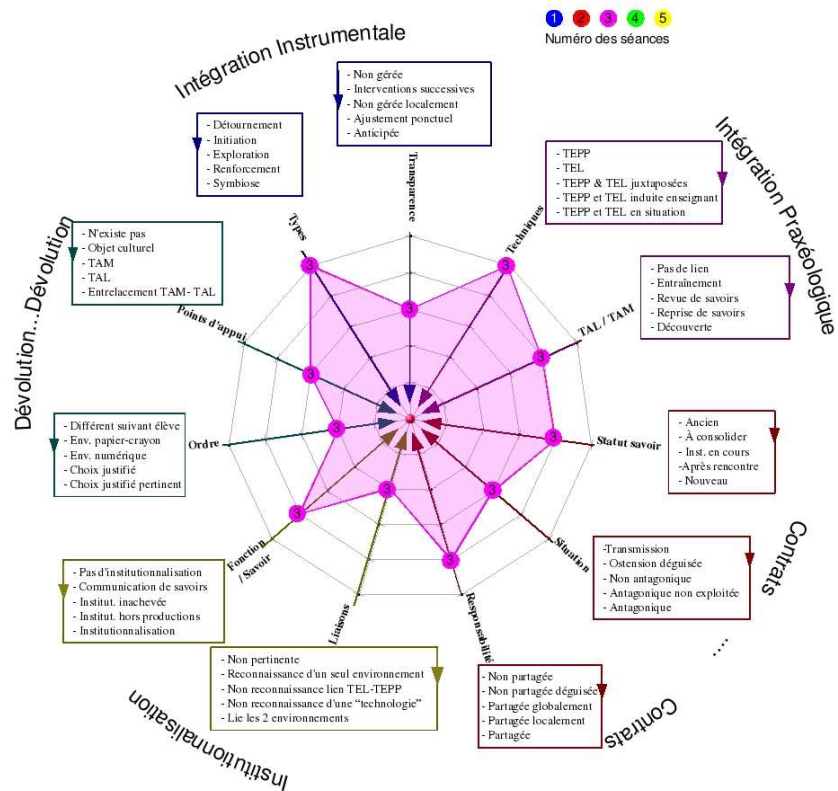
126Entretien ante 03/11 (troisième séance)

127Séance 1 et 4 mises en commun finales

Au cours des séances ②, ④, et ⑤ l'enseignante se positionne de façon identique à la séance ①.



La représentation du positionnement de l'enseignante au cours de la séance ③



3 Éléments d'apprentissage de l'enseignante Fanny

3.1 Ce que dit Fanny

Lors des entretiens, Fanny se demande souvent si son projet est valide parce que « *Oui j'étais quand même un peu inquiète parce que... je l'avais réfléchi mais je ne l'avais pas... je m'y étais pas vraiment arrêtée dessus* ».

Fanny souligne la difficulté à imaginer son milieu de référence, celui dans lequel elle va devoir agir.

Elle est sûre qu'il s'agit d'un bon outil pour différencier les pratiques « *Je trouve que ça dégage davantage, quand on veut travailler avec quelques [élèves] + je trouve que ça dégage davantage de temps parce qu'ils sont très concentrés sur leurs trucs* ».

Enfin d'un point de vue mathématique en travaillant « *sur multiplication et division, sur ce logiciel, le but est de préparer ce que je fais ailleurs ou de favoriser les exercices que j'ai faits par ailleurs* » et « *ça oblige à organiser davantage son raisonnement alors à ce niveau là c'est intéressant je pense !* »

Pour Fanny, son milieu matériel, M_p-Matériel, semble avoir été finalisé, ici au moins dans deux directions, la différenciation des élèves et la dévolution de la tâche mathématique. En introduisant dans le milieu matériel des élèves le logiciel, elle utilise l'image sociale positive des TICE pour les impliquer dans la tâche. Ce qui lui permet de faire avancer l'apprentissage au rythme de chacun et en principe agir sur les mathématiques pratiquées, ce qui n'est pas réussi ici.

Pas très satisfaite de la gestion des CM1, elle est en position de chercher une solution : « *J'espère qu'à force d'essayer des travaux j'espère en trouver un qui sera plus propice à ce qu'ils soient calmes* ».

Cette phrase de Fanny décrit sa résolution du problème “créer des conditions propices à l'intégration des TICE avec un groupe classe”. Ce problème consiste pour Fanny à trouver « *les travaux* », la tâche, qui rendront autonomes les CM1. Les essais successifs selon qu'ils renvoient un niveau sonore trop élevé ou d'autres inconvénients¹²⁸ seront invalidés. Ces cinq expériences, cinq séances, contribuent à créer de nouveaux éléments de connaissance pour

128Par exemple cela ne lui permet pas de savoir ce qui s'est passé pendant ce temps d'autonomie

3.2 Conditions et contraintes pour l'apprentissage de Fanny

De notre point de vue, le choix de Fanny d'utiliser le logiciel "Atoumath" lui permet d'utiliser la fonction de répétition de l'ordinateur pour tenter de faire mémoriser des résultats de type multiplicatif qui sont utilisés dans la période et qui ne sont pas suffisamment stabilisés.

Fanny ayant le même objectif pendant les cinq séances observées, nous émettons l'hypothèse qu'elle ne perçoit pas la pertinence d'une évolution ni dans le mode d'intégration instrumentale, ni dans le mode d'intégration praxéologique pas plus que dans les contrats engagés avec les élèves.

Les éléments repérés par nos critères qui justifient cette hypothèse sont divers :

A propos de la gestion de l'environnement numérique, lors de la troisième séance, Fanny ne semble pas avoir profité de l'expérience de l'initiation aux autres élèves de la classe pour organiser celle de l'élève "Ang."¹²⁹.

A propos d'intégration praxéologique, les techniques utilisées par les élèves permettent de résoudre les tâches proposées. Dans ces conditions Fanny n'a pas de raison de faire évoluer le dispositif d'étude.

En situant la TAL dans l'entraînement à la TAM, en cours dans la période, et en donnant la possibilité aux élèves de choisir le niveau d'entraînement, Fanny lit seulement sur ses "fiches" les niveaux de réussite, la gestion du temps et le nombre d'exercices, ce qui ne permet pas une évaluation pertinente (dont elle a conscience et qu'elle exprime à plusieurs reprises¹³⁰) pouvant suggérer une évolution des tâches. Nous avons déjà montré que le type de tâches engagé n'influence pas les techniques des élèves. Sa volonté déclarée de faire évoluer les techniques de calcul, « à organiser davantage son raisonnement » ne dit pas ce qu'elle souhaite faire changer. Elle ne peut donc l'évaluer et par conséquent elle n'a pas de rétroaction sur ses choix. Du point de vue des contrats engagés, du fait que le milieu d'apprentissage n'est pas antagonique avec les techniques connues dans l'environnement papier-crayon, il y a peu de

¹²⁹Voir chapitre 2.4.1 Intégration instrumentale

¹³⁰Évolution des techniques dans l'exercice d'intercalation et commentaires sur l'évaluation des exercices dans la "fiche".

raisons pour que des obstacles apparaissent et provoquent une réaction de l'enseignant. De plus, le statut du savoir, déjà construit pour certains et en cours de construction pour d'autres, ne facilite pas le repérage de phénomènes collectifs.

Dans ces conditions, Fanny ne peut pas percevoir la nécessité de changer, puisqu'elle ne sait pas ce qu'il se passe dans les apprentissages des élèves. Mais cette ignorance, au sens de MERCIER (1996), crée les conditions pour qu'elle s'y intéresse et évolue, même si nous ne l'avons pas identifié sur le temps d'observation des séances¹³¹.

Du côté de l'institutionnalisation, Fanny pourrait obtenir des indices d'un obstacle, soit du côté des techniques émergentes dans la mise en commun, soit dans les séances suivantes lors de l'utilisation de celles-ci. Dans ces deux cas, la reconnaissance n'en est pas aisée, comme nous l'avons montré dans le cadre théorique.

L'ensemble de ces conditions, que nous venons de rappeler, n'invitent pas l'enseignante à changer de pratique.

Nous allons voir que la dévolution peut se prêter à des changements de pratique même si, ici, cela reste une potentialité.

Deux incidents ont provoqué des perturbations dans la phase de dévolution.

L'arrivée d'une nouvelle élève dans la classe modifie le milieu objectif de l'enseignant, M_p -Objectif. Fanny doit alors la prendre en compte pour organiser la séance puisqu'elle n'a pas du tout le même milieu objectif que les autres élèves, c'est-à-dire, l'expérience du logiciel (compréhension de l'environnement numérique) et du rapport entre la TAL et la TAM.

En réponse à cette contrainte, Fanny va favoriser la dévolution par la TAM, action sur le M_p -Objectif. Ce changement dans la façon de dévoluer la tâche à l'élève (pendant les deux premières séances elle s'était appuyée sur la dimension ludique, culturelle du logiciel) nous semble répondre à l'évolution de son M_p -Matériel. Mais heureusement ou malheureusement la classe ne change pas toutes les semaines, les utilisations de logiciels ne sont pas suffisamment variées pour qu'elle puisse apprendre de ce M_p -Référence. De plus, la non reprise de cette reformulation de la TAM, lors des séances suivantes, ne permet pas de conclure sur la reconnaissance par Fanny de cette action comme pertinente pour résoudre son problème.

Lors de la dernière séance, le désinvestissement d'un "bon" élève, dont elle sait qu'il a téléchargé le logiciel "Atoumaths" chez lui, pourrait interroger Fanny comme nous l'avons présenté à propos de l'étude de la dévolution. Mais c'était la dernière séance observée et nous

¹³¹Son interrogation sur ce qu'ils apprennent à propos de l'intercalation des décimaux peut correspondre à cela.

ne saurons pas quelle influence cela aura sur sa pratique. En effet le “décrochage” d'un bon élève est suffisamment étonnant pour qu'il devienne source de questionnement. En cela il constitue une rétroaction du milieu objectif de l'enseignant.

Les CM1, éléments du milieu matériel de l'enseignant, M_p -Matériel, sont porteurs de rétroactions auxquelles Fanny est très sensible, le bruit. Une analyse ascendante nous permet de situer sa décision d'agir sur son M_p -Objectif, d'une séance sur l'autre elle fait évoluer ses essais de type de tâches pour gérer l'autonomie des CM1. Ce type de tâche, elle le choisit dans le M_p -Référence constitué de son expérience d'une classe double niveau. Parmi ses connaissances qu'elle enrichit, adapte, elle espère trouver la forme optimale qu'elle envisagera dans le M_p -d'Auto-apprentissage. Sa recherche sera interrompue par la panne informatique, le problème “comment placer le groupe en réelle autonomie pour créer les meilleures conditions pour l'intégration des TICE” ne sera pas complètement résolu.

Bien que Fanny ne semble pas avoir perçu les rétroactions de son milieu objectif, nous observons que c'est sur le critère point d'appui de la dévolution qu'elle aurait pu les percevoir.

b) Les séances de l'enseignant Matthieu

1 Les séances conduites par Matthieu

Lors de notre première rencontre pour définir le projet d'observation, Matthieu, avec qui nous avons échangé l'année précédente à la suite d'un entretien avec son IEN, nous propose de travailler sur le calcul réfléchi (c'est notre désignation), un logiciel de géométrie dynamique (il a entendu parler de Déclic). De plus, il a un projet de travail sur les histogrammes et nous pensons que sous notre influence il choisira de mettre en place une activité avec un tableur et son grapheur.

Nous présentons ci-après un tableau synthétique, en termes de contenu disciplinaire, des séances observées.

Séance 1	Séance 2	Séance 3	Séance 4	Séance 5	Séance 6	Séance 7	Séance 8
Calcul réfléchi stabiliser des techniques pour ajouter 10, 11, 21,...	Réinvestissement et extension aux grands nombres	Développer des compétences techniques liées au maniements des instruments	Construction Problème de recherche géométrie	Problème de recherche géométrie en lien avec les parallélogrammes	Reprise de la situation une semaine après	Conclusion de la situation.	Construction de graphiques pour représenter le bilan d'une enquête

Nous avons découpé les séances observées en trois séquences : les deux premières associées au calcul mental, les séances 3 à 7 associées à des problèmes de recherche en géométrie et la dernière séance orientée vers le traitement des données numériques et en particulier leurs représentations graphiques.

2 Les séances de calcul mental

Nous allons présenter les deux séances réunies autour du calcul mental sur le même schéma de présentation que nous avons utilisé pour les séances de Fanny. Nous reprendrons cette trame de description pour chaque séance.

2.1 Le milieu envisagé par l'enseignant

Les objectifs d'enseignement en adéquation avec les programmes :

Lors de l'entretien ante, de la première séance, Matthieu situe les objectifs des deux premières séances : « *D'abord il y a deux choses à voir +¹³² bon d'abord le calcul rapide¹³³, le*

¹³²Nous avons adopté dans la transcription la notation de MERCIER pour qui "+" correspond à une légère pause dans le discours.

¹³³Nous reviendrons sur l'usage de cette terminologie que Matthieu associe au fait de trouver des stratégies de

calcul mental [...] et après appliquer ça aux grands nombres [...] voilà en gros la progression. »

La fiche de préparation¹³⁴ de la première séance précise les objectifs « *élaborer, mettre en œuvre et expliciter les stratégies de calcul rapide. Utiliser les stratégies retenues.* » Le contenu est identifié par une liste de types de tâches “ajouter 10”, “ajouter 11”, “ajouter 21”, “ajouter 110” et (“ajouter 9”) » et une orchestration instrumentale est envisagée¹³⁵. Les types de tâches sont élaborés à partir de l'artefact, “scénario”, instrumenté par les auteurs du logiciel. Nous reviendrons sur cet aspect de l'orchestration lorsque nous présenterons l'environnement logiciel. La fiche décrit des prolongements à cette activité, de façon succincte, mais nous retiendrons qu'il s'agit d'appliquer ces quatre types de tâches « *à des grands nombres.* »

L'utilisation de l'expression “calcul rapide” n'est plus dans les programmes de l'école primaire depuis 1970¹³⁶. Pour faire évoluer cette conception du calcul mental associé à une technique de calcul rapide, les documents d'accompagnement des programmes de 2002 précisent¹³⁷ que « *les expressions “calcul réfléchi” et “calcul raisonné”, considérées comme équivalentes, sont clairement préférables à celle de “calcul rapide” autrefois en usage. Elles insistent sur l'importance donnée à la méthode (choix d'une stratégie, élaboration d'une procédure) plutôt qu'à la rapidité d'exécution, au moins en ce qui concerne les calculs complexes.* »

A partir de quoi nous pouvons déduire, au-delà de la terminologie, que Matthieu adhère à l'essentiel de ce genre de tâche : favoriser la méthode.

Quels sont les attendus des programmes qui expliquent son choix de prolonger l'activité aux grands nombres ?

Au cycle 3 les élèves n'ont à connaître des nombres que jusqu'à la « *classe des millions, mais des nombres plus grands peuvent être rencontrés* » et enfin les commentaires¹³⁸ associés à la « *compétence : déterminer la valeur de chacun des chiffres composant l'écriture d'un nombre*

calcul plus rapide que celle du calcul posé

134 Annexes internes - Annexes Matthieu - Annexe 1 -

135 Voir document en annexe 1. Nous avons affaire ici à une orchestration de second niveau selon TROUCHE (2005, p.126) et elle précise le type de situations envisagées et les phases vers la construction de techniques de « calcul rapide »

136 Disparaît du B.O.E.N. n° 5 (29-01-1970). On trouve la dernière trace dans les programmes de 1945 au cycle élémentaire (« *Calcul rapide de la multiplication et de la division par 2 et 5* ») et au cycle moyen (« *Problèmes de la vie courante, traités oralement ou par écrit, avec, éventuellement, usage du calcul mental ou rapide.* »)

137 page 33 cycle 3

138 page 18 cycle 3

entier en fonction de sa position » posent le principe que l'on pourra utiliser des « formulations du type "Combien y a-t-il de paquets de 10 dans 8 926 ?" [qui] accompagnent celles comme "Combien y a-t-il de dizaines dans 8 926 ?" ».

Nous soulignons cet objectif car, le répertoire additif étant relativement stabilisé, naturalisé pour la plupart des élèves de CM1, l'enseignant, après avoir fait établir « des stratégies pour ajouter 11, ajouter 21, ajouter 9 si on a le temps », va suggérer « d'appliquer ça » à « ajouter 110, 1100, ajouter 1200 ».

Notre analyse conduit à identifier la technique experte comme associée à la détermination du nombre de dizaines, de centaines,... donc en liaison directe avec la numération de position (Pour ajouter 110 à 8 926 j'ajoute 100 puis j'ajoute 10. Pour ajouter 100 je prends le successeur du nombre de centaines 89, soit 90 centaines ce qui donne comme résultat 9 026. Pour ajouter 10 à ce nombre je prends le successeur de 902 dizaines soit 903 et j'écris le chiffre des unités soit 9 036).

Le choix de Matthieu s'inscrit dans un projet ambitieux mais conforme aux attendus des programmes du cycle 3.

Ce niveau de conformité dans les rapports institutionnels se retrouve lors de l'entretien ante de la deuxième séance. Avant que nous ne commencions l'entretien, il nous fait remarquer que « suite à ta question de la dernière fois pour savoir si on était bien dans les clous par rapport aux programmes, j'ai regardé dans les documents d'accompagnement. Et j'ai même retrouvé le jargon qu'ils utilisent pour resituer ce que l'on fait. Ça se situe dans le calcul réfléchi par rapport au calcul automatisé et ils parlent d'explicitation de procédures, de mémorisation de ces procédures. Ça met des mots sur ce qu'on a fait. Et par rapport à la durée de la séquence ils parlent de 30 minutes maximum donc nous avec les contraintes techniques que l'on a pour faire passer tout le monde au tableau ça prend bien dix minutes de plus donc on est dans les clous voilà. »

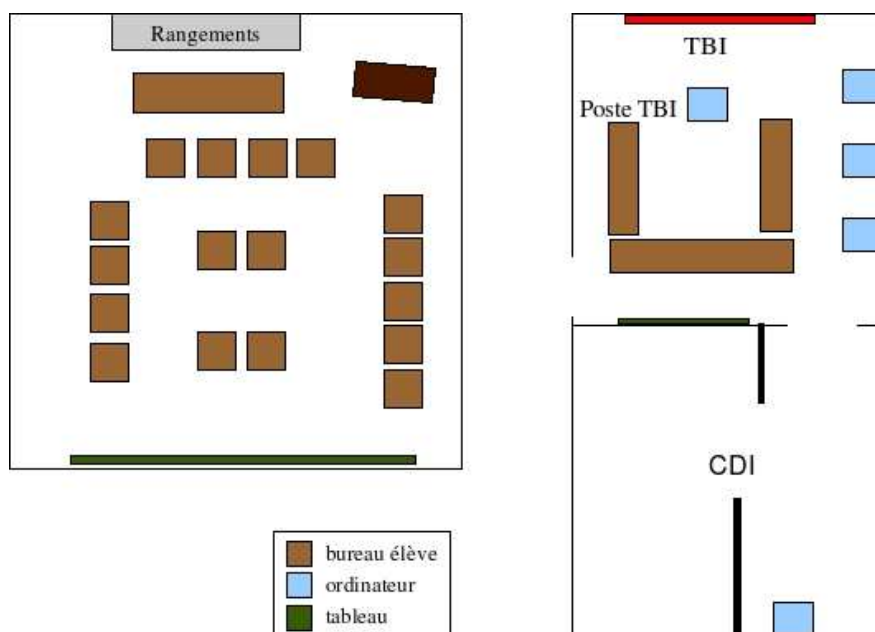
La fiche de préparation¹³⁹ de la deuxième séance précise les objectifs « mise en mémoire de procédures » et « consolidation de la numération de position (grands nombres) » pour réajuster l'objectif initial.

2.2 Le dispositif de travail

L'orchestration générale de l'activité est assez stable sur les deux séances. Dans la salle de classe, les élèves sont informés en quelques mots de l'activité qui se déroulera dans la salle

¹³⁹Annexes internes - Annexes Matthieu - Annexe 2 -

du Tableau Blanc Interactif (TBI) puis les 17 élèves se déplacent vers la salle informatique¹⁴⁰, dont nous donnons un plan ci-après.



Lorsqu'ils arrivent dans la salle, l'ordinateur est allumé et le logiciel est "lancé". Les élèves se répartissent sur les différents ordinateurs ou sont regroupés autour des tables disposées en "U", orientées vers le T.B.I.¹⁴¹ (comme ci-dessus) qui est exploité pour la taille de son écran (2m x 1m).

A ce stade nous avons besoin de présenter l'environnement numérique dans lequel vont travailler les élèves. Il est composé d'un logiciel qui n'a pas une large diffusion dans les écoles et d'un environnement de travail qui commence à être utilisé dans les classes, le Tableau Blanc Interactif (T.B.I.).¹⁴²

2.2.1 Présentation générale de l'outil logiciel

L'environnement de travail du TBI permet d'utiliser des logiciels qui fonctionnent dans des environnements "Windows"¹⁴³ de 98 à XP. Cet environnement donne accès à une fonction d'écriture « tableau blanc » dont la production est mémorisable sous la forme d'un fichier

140 Ce qui se rapproche d'un méso-contrat de rappel qui porte plus sur les connaissances instrumentales que sur les connaissances mathématiques.

141 Tableau Blanc Interactif que nous présenterons dans les lignes suivantes.

142 L'**orchestration concernant le dispositif de travail** peut se résumer de la manière suivante, un élève calcule des sommes et saisit les résultats sur l'ordinateur, les autres élèves calculent et écrivent sur papier la technique qu'ils ont utilisée ; plusieurs élèves pourront à leur tour évaluer la performance de leur technique préalablement explicitée.

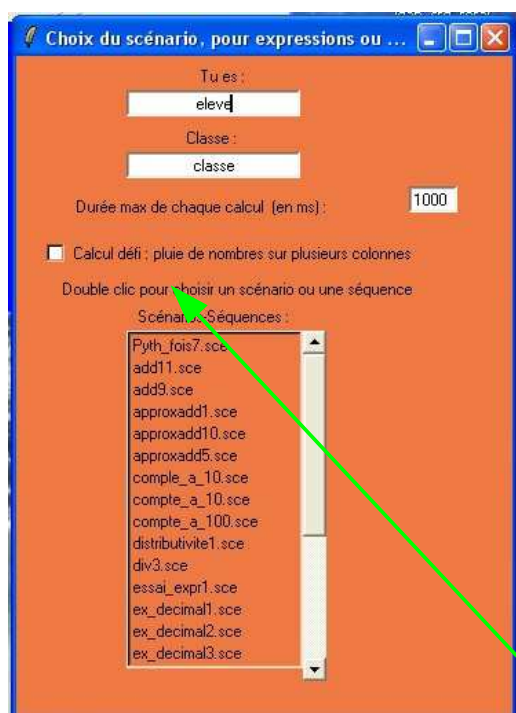
143 Windows 98 , Windows XP ® sont des marques déposées de Microsoft Corporation.

image. Il donne accès à un ensemble de manipulations qui permettent de visualiser ce qui a été fait, sous forme de retours arrière, de sélectionner, d'enregistrer des pages créées, voire de procéder à l'enregistrement de la séance.

Le logiciel utilisé dans cet environnement est « calcul » de Abuledu.org. C'est un logiciel libre de droit, développé et téléchargeable sur le site Abuledu.org, dont l'auteur et des utilisateurs ont rédigé une documentation¹⁴⁴.

Le logiciel est composé de plusieurs activités (cf. copie d'écran ci-contre).

L'activité utilisée pendant les deux séances est « Calcul mental »

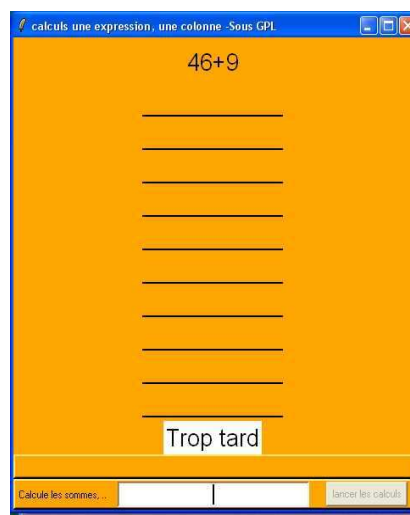
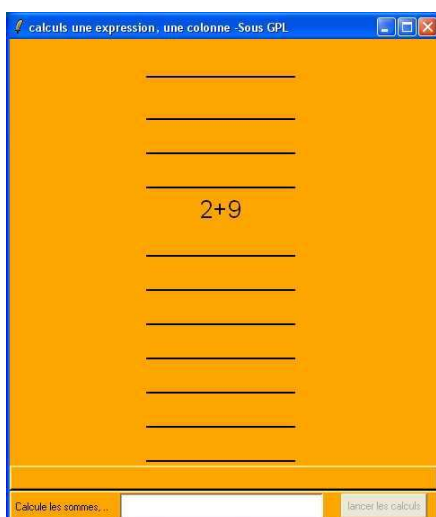


L'élève peut être identifié par son nom et sa classe et ce module donne le choix d'un type de tâches dans une liste dont les noms peuvent être significatifs ou pas.

Un compteur définit en millisecondes l'unité de « temps de calcul » : nous y reviendrons ultérieurement lorsque nous préciserons le type de tâches, mais c'est sur cet écran que doit se faire le choix.

Une autre variable dans cette activité mathématique est la possibilité de choisir en cochant la case « Calcul défi : pluie de nombres sur plusieurs colonnes » que l'enseignant appellera « *pluie de nombres* » : nous y reviendrons. Il s'agit de calculer et saisir le résultat avant que l'expression affichée ne soit arrivée au bas de la colonne.

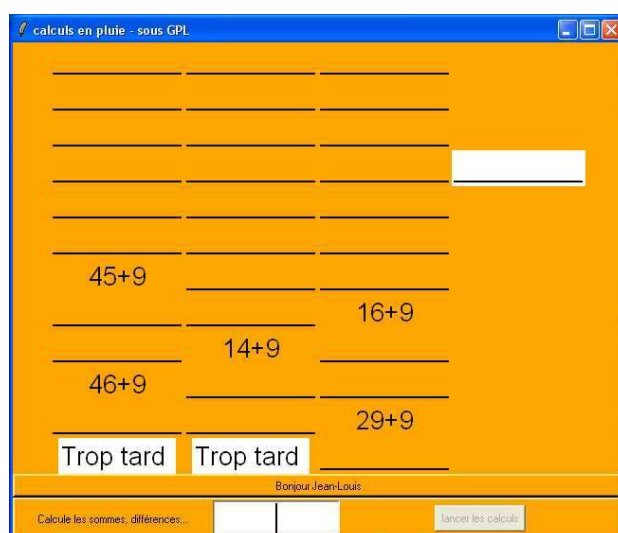
¹⁴⁴Téléchargeable à l'adresse http://libre.pedagosite.net/voir_doc.php?DOC=109



Le temps de passage d'une ligne à l'autre correspond à la durée fixée à la page précédente. Le nombre de lignes est défini par l'enseignant.

Si l'élève n'a pas produit la réponse exacte lorsque le nombre arrive à la dernière ligne, le message « Trop tard » s'affiche et une autre expression apparaît.

La tâche est modifiée par le choix de la configuration « pluie de nombres » qui organise une présentation des calculs où les expressions sont affichées successivement sur plusieurs colonnes¹⁴⁵.



La présence simultanée de plusieurs expressions oblige à faire un choix de celle que l'élève veut calculer. Ce choix est qui est complexifié par la lecture non linéaire des expressions à calculer.

¹⁴⁵Lorsqu'une expression a été affichée pendant le temps retenu elle descend d'une ligne et l'expression suivante s'affiche sur la première cellule de la deuxième colonne et cela continue jusqu'à la dernière expression en fonction du nombre de colonnes et de lignes...

Les types de tâches, notés T_{oi}^{146} , proposés aux élèves sont conçus par l'enseignant dans un éditeur ci-contre.

La copie d'écran ci-contre correspond à la construction d'une séance où l'auteur propose le type de tâches, T_{+9} , "ajouter 9" à une série de nombres 2, 6, 29, 46, 14, 16 et 45.



L'écran disposera de 12 lignes, ce qui donne 12 secondes pour trouver le résultat si le compteur est le compteur par défaut. En cas de calcul en « *pluie de nombres* » il y aura trois colonnes.

Le codage des opérations correspond au codage du clavier informatique c'est-à-dire « \times » est codé par « * » et « : » par « / », les signes de l'addition et de la soustraction sont inchangés.

La mémoire des tâches réalisées¹⁵⁶ est conservée dans un fichier qui contient les résultats par élève, avec les essais successifs avant la fin de la tâche réussis ou non. Par contre l'enseignant ne pourra pas connaître le temps réel de calcul. Cependant cela doit permettre une analyse minimale des types d'erreurs.



146 "o" désignant l'opération et "i" la deuxième valeur associée à l'opération (terme, facteur, diviseur)

2.2.2 Le potentiel adidactique¹⁴⁷ du logiciel, les types de tâches, tâches et techniques associées

Nous allons aborder les actions possibles de l'élève sur le milieu construit autour du logiciel. Sachant que rien n'oblige, initialement, les élèves à pratiquer un calcul réfléchi, ni même dans certains cas un calcul, nous allons présenter les types de tâches et les techniques associées dans cette situation.

La tâche mathématique pour un type de tâche donné T_{oi} se décompose, en général, en deux sous-types de tâches :

- $T_{oi}1$: calculer mentalement le résultat de l'expression proposée,
- $T_{oi}2$: écrire le résultat de ce calcul et le valider par pression sur la touche « Entrée » dans un temps fixé.

Mais dans le cas de T_{*10} ou de T_{+9} appliqué à un multiple de 10, il n'est pas nécessaire de passer par un sous-type de tâches $T_{*10}1$ ou de $T_{+9}1$ pour trouver le résultat. En effet, au CM, les élèves utilisent pour accomplir T_{*10} , sur un nombre quelconque, la technique de la “règle du zéro” : écrire le nombre puis écrire “0” à sa droite. Pour accomplir T_{+9} appliqué à un multiple de 10, les élèves recopient le nombre et remplacent le chiffre des unités “0” par “9”.

Revenons au cas où le type de tâche $T_{+9}1$ est nécessaire.

Nous allons expliciter les techniques qui peuvent être associées au sous-type de tâches $T_{+9}1$.

Nous présentons deux techniques, une de calcul réfléchi, notée $\tau_{+9}1_r$ et une que nous nommons en reprenant l'expression des programmes et des enfants, soit la technique de « calcul posé » « dans la tête », noté $\tau_{+9}1_p$, “p” pour technique papier-crayon. Les observations réalisées ultérieurement nous conduisent à présenter ce possible bien que la « chute des nombres » « posés en ligne » ne favorise pas une technique de « calcul posé » « dans la tête », comme nous le verrons par la suite.

Pour $\tau_{+9}1_r$, le chiffre des unités étant différent de zéro, il doit exécuter les tâches suivantes :

¹⁴⁷S'il ne s'agit pas de contrats de type ostensifs, il est possible de reconstruire pour chaque exercice une situation adidactique en utilisant la structuration du milieu (Margolinas, 1995) cité par Hersant

Une situation a-didactique est une situation construite de façon à ce que le résultat souhaité ne puisse être obtenu que par la mise en œuvre des connaissances visées mais que l'élève ne puisse pas lire (ou ait renoncé à lire), pendant un temps suffisant, les intentions du professeur concernant ces connaissances, pour prendre ses décisions. Les bonnes décisions des élèves, celles qui correspondent au savoir associé, constituent des stratégies rationnelles d'action sur un milieu, que le professeur n'a pas besoin de valider, puisque le milieu s'en charge. (COPIRELEM, CONCERTUM T.3, 2003). S'il n'existe pas de potentiel adidactique nous nous intéresserons aux interactions didactiques, c'est-à-dire la relation entre les différents éléments constituant la situation milieu, élève, professeur et aux types de contrats.

$T_{+9}1_{r1}$: identifier le nombre des dizaines, la technique la plus pertinente serait lire le nombre sans le chiffre des unités.

$T_{+9}1_{r2}$: mettre en mémoire son successeur

$T_{+9}1_{r3}$: retrancher une unité ou prendre le prédécesseur du nombre formé par le chiffre de l'unité.

Nous pouvons dire que cette technique exploite plus la structure du nombre que le calcul.

Dans le cas où l'élève utilise un algorithme de « calcul posé » sur des nombres écrits en ligne

Pour $\tau_{+9}1_p$, le chiffre des unités étant différent de zéro, il doit :

$T_{+9}1_{p1}$: calculer la somme de 9 et du « chiffre » des unités, la technique pouvant être le rappel de la mémoire du résultat ou le surcomptage encore pour certains élèves

$T_{+9}1_{p2}$: il met en mémoire « dans sa tête » le chiffre des unités de cette somme

$T_{+9}1_{p3}$: il identifie les chiffres des dizaines, avec une technique parmi plusieurs possibles, par exemple le repérage de la position du chiffre par comptage ou en effectuant une correspondance avec la liste u, d, c, m,...

$T_{+9}1_{p4}$: il calcule la somme des « chiffres » des dizaines et ajoute « 1 »

$T_{+9}1_{p5}$: il compare le résultat à 9

$T_{+9}1_{p6}$: si le résultat est supérieur à 9 il doit recommencer les tâches $\tau_{+9}1_{p3}$ à $\tau_{+9}1_{p5}$ en remplaçant dizaine par la bonne unité sinon il doit ajouter « 1 » à l'unité supérieure.

La surcharge même dans le cas le plus favorable du nombre de sous-tâches composant la technique $\tau_{+9}1_p$ est le double de celui de $\tau_{+9}1_r$.

Pour $T_{oi}2$ nous allons voir que la tâche d'écriture au clavier de l'ordinateur du résultat est favorable à $\tau_{+9}1_r$ par rapport à $\tau_{+9}1_p$ qui multiplie le nombre de sous-tâches pour arriver au résultat.

A la fin de $T_{+9}1_{r2}$ l'élève peut écrire directement au clavier le nombre de dizaine par recopie avec peut de risque d'erreur. Par contre il faudra attendre d'avoir atteint la dernière étape $T_{+9}1_{rx}$ pour pouvoir écrire le nombre dont les chiffres ont été mis en mémoire en partant de l'unité, en effet le calcul posé donne en premier le résultat des unités, la saisie au clavier imposant la saisie du chiffre de la plus grande unité.

Cette technique demande de nombreuses sous-tâches de mise en mémoire qui accentue la lourdeur d'exécution par rapport à $\tau_{+9}1_r$.

Nous pouvons dire que la diminution du temps donné pour réaliser un calcul devient un

obstacle si les élèves utilisent $\tau_{+9}I_p$. Le choix de la valeur du compteur dans « Calculs » peut permettre à l'enseignant de faire formuler les techniques perçues comme efficaces ou non, c'est-à-dire invalider des techniques de calcul du type “algorithme posé”.

Cette rupture entre la technique ancienne et la technique nouvelle est liée à la différence entre ces deux techniques, ancienne et nouvelle. Il s'agit du passage d'un algorithme de calcul posé de l'addition qui porte sur chacun des chiffres de la décomposition canonique des nombres pour passer à un algorithme qui est une suite de types de tâches : “identifier le nombre de dizaines et écrire son successeur”.

Le moment où cette formulation aura lieu est crucial pour **l'institutionnalisation**, puisque l'élève pourra constater qu'il ne s'agit pas d'un problème que lui seul rencontre dans ce moment mais d'un problème général pour tous ceux qui utilisent le même type de technique que lui. Dans un milieu antagonique (temps de réponse) il pourra modifier sa technique en réaction à la situation et non pas à la demande de l'enseignant. Il pourra recommencer plusieurs fois pour trouver une bonne réponse. Ce qui nous fait dire que cet élément inscrit la situation dans une dimension adidactique. Cependant, à ce niveau, les rétroactions sont relativement faibles pour que les élèves trouvent dans la situation les éléments pour faire changer leurs techniques.

Le bilan de l'activité dont nous avons dit qu'il est personnalisé au moment de la saisie de la classe et de l'élève ne favorise pas forcément une compréhension des erreurs. Cependant on peut penser que l'utilisation d'un grand nombre de résultats erronés dans le bilan peut favoriser la mise en **relation entre les calculs à effectuer, les erreurs et les résultats attendus**¹⁵³, sous la condition d'un choix préalable qui en favorise la lecture (par exemple : des nombres ne provoquant pas l'usage d'une retenue et une durée adaptée). Dans ce dernier cas, le rôle de l'enseignant est alors essentiel, sa place dans le débat entre les élèves permet ou non la production et la validation d'un nouveau savoir collectif, si la classe est totalement impliquée. Ce potentiel est soumis à une autre condition celle de l'équipement matériel. En effet, il sera assez difficile de mettre en commun les résultats des élèves sur des postes isolés. en revanche un dispositif matériel tel que un T.B.I en réseau, permet plus facilement l'exploitation de la mémoire de l'activité. Mais dans tous les cas si l'enseignant fait s'identifier les élèves dans le logiciel alors il peut conserver une mémoire de leurs résultats pour individualiser leurs parcours.

Nous dirons que ce logiciel peut permettre à un enseignant de créer une activité dans laquelle le potentiel adidactique sera exploité soit à partir de la gestion du temps de calcul soit de façon plus hasardeuse par l'exploitation très anticipée du “bilan” du logiciel.

2.2.1 L'environnement papier-crayon

Seul l'élève que nous nommons le “Testeur”, est concerné par l'environnement logiciel. Nous appelons ici environnement papier-crayon, l'espace des élèves qui n'ont pas d'action directe sur l'ordinateur. Il concerne donc 16 élèves sur 17 mais sa spécificité est de ne pas être indépendant de l'environnement numérique. Les élèves prennent les informations sur les calculs à réaliser sur l'écran de l'ordinateur et les notent sur leur cahier.

La consigne va évoluer dans la séance entre les épisodes 2 et 3.

Au départ, en s'adressant à ceux qui ne sont pas à l'ordinateur par : *« je ne vais pas vous demander de faire les calculs sur le cahier puisque la personne qui sera là [à l'ordinateur] les fera. Je vais juste vous demander d'observer les calculs que je vais demander, de regarder comment la personne s'y prend. On changera... »*, Matthieu invite à une simple observation, observation d'une image de nombres qui tombent sur un écran (bien sûr les élèves ne pourront pas observer comment le “Testeur” s'y prend !)

Dans le deuxième épisode Matthieu va réaliser un premier ajustement de la consigne. Il abandonne la référence à la manière dont le “Testeur” s'y prend et renforce la dimension d'observation, au moment du lancement des calculs sur le logiciel, par cette nouvelle consigne *« Allez c'est parti ! **Les autres vous regardez juste !** » [81]*

Il va faire évoluer une dernière fois dans la première séance la consigne pour préciser que la tâche attendue est *« pendant ce temps là vous allez réfléchir les autres. Comment on peut aller vite ? Comment ça peut marcher à tous les coups ? Est-ce que quelqu'un a trouvé comment ça fait ? Si vous arrivez à écrire quelque chose pour nous expliquer sur le cahier ne vous gênez pas vous le faites. » [112]*

La résolution de ce type de tâches se déroule en deux temps : une phase d'action, pour produire un calcul même si elle n'est pas attendue, puis une phase de formulation sur la technique de calcul, ce qui correspond à une technique faible au sens anthropologique (ASSUDE, MERCIER, SENSEVY, 2007).

Ici, l'environnement papier-crayon sert de support pour la rédaction d'hypothèses, de schématisations, dans le but de décrire ou de justifier la technique. Suivant leur position de “Testeur” les élèves rencontreront la situation d'abord dans l'environnement papier-crayon ou numérique.

2.3 Synopsis des deux séances

Comme nous l'avons fait avec les séances de Fanny, pour rédiger le synopsis nous utiliserons ici, en référence à Margolinas, un découpage en « épisode », un moment qui correspond à une unité d'interaction.

Première séance, premier épisode jusqu'à la 4^e minute

Matthieu présente l'activité dans la salle de classe, « *on va aller faire des mathématiques + aujourd'hui on va faire du calcul mental [...] Vous avez besoin d'un cahier de brouillon et de quoi écrire, crayon à papier ou peu importe* » et les élèves se déplacent dans la salle “informatique”.

Il organise la mise en place de l'activité (un élève est choisi, comme « Testeur », pour réaliser les calculs sur l'ordinateur). Puis il crée les conditions¹⁴⁸ de la dévolution du travail pour les élèves et donne une première consigne : « *je ne vais pas vous demander de faire les calculs sur le cahier puisque la personne qui sera là [à l'ordinateur] les fera. Je vais juste vous demander d'observer les calculs que je vais demander, de regarder comment la personne s'y prend. On changera...* »[1].

Première séance, Deuxième épisode jusqu'à la 8^e minute

Il arrête l'activité, au moment de la lancer, pour mettre en place un dispositif de présentation du fonctionnement logiciel. Puis termine cette phase par un premier ajustement de la consigne : « *Allez c'est parti ! Les autres vous regardez juste !* » [81].

Première séance, Troisième épisode jusqu'à la 12^e minute

Deux élèves vont successivement réaliser la première série de calcul “ajouter 10”.

Entre les deux passages, Matthieu va ajuster une deuxième fois la consigne : « *pendant ce temps là vous allez réfléchir les autres. Comment on peut aller vite ? Comment ça peut*

148« *On a fait des choses comme ça l'autre jour, ce n'est pas le même programme on va le découvrir. Il n'y a plus le système du rideau qui se ferme mais il y en a un autre. On verra ensemble. D'accord ?* »

marcher à tous les coups ? Est-ce que quelqu'un a trouvé comment ça fait ? Si vous arrivez à écrire quelque chose pour nous expliquer sur le cahier ne vous gênez pas vous le faites. » [112].

Le “Testeur” n'est plus au centre de l'activité, tous les élèves sont invités à la recherche d'une technique forte. Son objectif étant d'arriver à faire formuler une technique de calcul par écrit puis de la faire communiquer aux autres avant de la tester.

Un “bug” informatique rend inaccessible l'accès au bilan, tant que le module ne sera pas relancé.

Première séance, Quatrième épisode jusqu'à la 15^e minute

Matthieu choisit un premier élève qui a produit une technique par écrit et lui demande de la présenter.

Cet élève va écrire au TBI sa technique.

13 578 + 10 = 588

La présentation débouche sur un échange entre plusieurs élèves, orchestré par Matthieu. Il permet de faire partager un accord sur cette technique pour plusieurs élèves, sans qu'elle ne soit institutionnalisée.

La réponse attendue “trouver une stratégie” n'est peut-être pas aussi disponible que prévue.

Première séance, Cinquième épisode jusqu'à la 27^e minute

Matthieu organise alors deux tentatives pour réaliser les calculs avec une technique présentée (les élèves occupant la position de “Testeur” sont ceux qui ont fait une proposition de « *stratégie* »).

“La pluie de nombres” est utilisée pour créer des conditions ludiques, de défi.

Dans cette phase, Matthieu va encourager les élèves pour les convaincre qu'ils peuvent réussir à faire les calculs dans le temps imparti.

Matthieu découvre à la 17^e minute la gestion de la durée d'affichage d'une expression (compteur).

Il termine cette phase, au bout de 27 minutes, par la reformulation de la technique sous une forme permettant de reconnaître la forme experte, en s'appuyant sur deux écrits du tableau, [310] 195 est devenu 205 puisque 19 devient 20. 49 devient 50.

Première séance, Sixième épisode jusqu'à la 39^e minute

La phase suivante correspond à un objectif déclaré dans l'entretien ante et rédigé sur sa fiche de préparation, c'est-à-dire expliciter des stratégies de calcul rapide à propos du type de tâche “ajouter 11”.

Pour le temps restant, l'organisation de Matthieu reste la même : un élève fait un essai (les séries de sommes sont différentes), suit une phase de formulation de techniques pour réussir, puis ces techniques sont testées sur “pluie de nombres”. Un deuxième élève essaie sa technique [412].

Pour ces deux élèves le bilan sera utilisable donc utilisé.

Première séance, Septième épisode jusqu'à la 42^e minute

La séance se termine sur une mise en commun où les élèves choisissent, entre deux techniques d'élèves, celle qui leur convient. Les écrits sont mémorisés sur le TBI. La procédure experte n'a pas émergé.

Deuxième séance, Premier épisode jusqu'à la 5^e minute

Matthieu présente l'activité dans la salle de classe et les élèves vont dans la salle informatique. Il organise la mise en place de l'activité.

Pour commencer l'activité, Matthieu rappelle les caractéristiques de l'environnement logiciel (pavé numérique, touche entrée,...) mais n'évoque pas ni ne fait évoquer les règles de calcul de “ajouter 11” retenues lors de la première séance, 6 jours avant. Il donne la consigne.

Deuxième séance, Deuxième épisode jusqu'à la 27^e minute

Le type de tâche proposée est « trouver une stratégie pour “ajouter 21” », avec le même dispositif que précédemment. La présentation des propositions des élèves va durer 11 minutes sur lesquelles 5 minutes sont consacrées à résoudre des problèmes techniques d'écriture sur le TBI.

A ce moment apparaissent deux changements, la consigne et le milieu objectif sont modifiés. Matthieu va demander d'observer et de dire ce qu'il s'est passé à partir du support bilan pour tenter une formulation sur les difficultés rencontrées. [541]

L'établissement d'une règle identifiant les obstacles lui permet de terminer la première série d'exercices “ajouter 21”.

Deuxième séance, Troisième épisode jusqu'à la 43^e minute

La deuxième série d'exercices est une suite de types de tâches “ajouter 100”, “ajouter 110” et pour finir “ajouter 120” à des nombres qui vont progressivement poser des problèmes de retenue. La règle “ajouter 110” sera celle qui sera débattue. La fenêtre de bilan est utilisée

comme support des échanges. L'écriture sur le tableau reste très problématique.

L'institutionnalisation de la règle pour “ajouter” va porter principalement sur une mise en garde à propos des nombres qui risquent d'introduire une retenue.

La séance se termine par l'annonce qu'ils vont écrire cette règle et qu'ils reviendront.

La règle a été rédigée sur le cahier dans la journée.

2.4 Analyse a posteriori de la séquence d'apprentissage

Nous situons maintenant l'activité de la classe par rapport aux trois critères présentés dans le cadre théorique, l'intégration instrumentale, l'intégration praxéologique, les contrats en jeu puis nous observerons les liens avec deux contrats particuliers, la dévolution et l'institutionnalisation.

2.4.1 L'intégration instrumentale

2.4.1.1 Le mode d'intégration

Les élèves vont devoir trouver une stratégie efficace pour réaliser deux types de tâches mathématiques “ajouter 10” et “ajouter 11” dans un temps donné et dans cet ordre.

Nous allons les étudier dans l'ordre chronologique en commençant par “ajouter 10”.

La recherche de la technique pour le sous-type de tâche “ajouter 10” est pensée comme une « phase de découverte ». En fait il s'agit d'une phase d'intégration de l'environnement numérique que nous avons qualifiée de “détournement”.

La connaissance instrumentale (IK) porte sur la connaissance du pavé numérique et sur la saisie des chiffres d'un nombre dans l'ordre d'écriture c'est-à-dire dans l'ordre inverse d'écriture lors du calcul posé. L'usage du TBI comme support de mémoire des productions nécessite une gestuelle et la manipulation d'outils utilisés dans les logiciels de dessin basique du type de “paint”¹⁴⁹.

La connaissance mathématique (MK) associée à “ajouter 10” se décompose en deux connaissances “lire le nombre de dizaines” et “écrire le successeur de ce nombre puis le chiffre des unités”¹⁴⁹

Ces deux connaissances mises au service de la résolution de la tâche mathématique sont indépendantes dans ce contexte¹⁵⁰. Ce que nous avons qualifié de “Détournement”.

¹⁴⁹ ® est une marque déposée de Microsoft Corporation.

¹⁵⁰Elles ont comme points communs d'être rattachées à notre système de numération de position et l'usage de

Alors que nous pourrions penser que ce type d'intégration n'est pas problématique pour la suite de l'activité, nous allons observer tout ce que nécessite comme habileté la gestion non anticipée de la transparence de l'outil.

2.4.1.1 Gestion de la transparence

Nous allons identifier ci-après comment la gestion de l'environnement numérique, non anticipée, va s'immiscer aussi bien dans les situations d'action que dans les situations de formulation à partir de trois moments.

Premier moment :

L'élève qui expose sa technique au tableau, pris dans la situation, fait une erreur d'écriture. Dans une situation de classe ordinaire, devant un tableau, l'élève ou l'enseignant l'effacerait "d'un revers de manche". Ici, sur le T.B.I. Matthieu doit expliciter la technique d'effacement : *[254] Matthieu : 0 plus 9 c'est quel chiffre ? Attends un coup de gomme quand tu te trompes, clac... et le 9 mal placé c'est bon.*

Un tel événement, dont nous pouvons dire qu'il sollicite l'écoute des élèves sur l'environnement numérique au détriment de la tâche mathématique et ce particulièrement pour les élèves les moins impliqués, l'enseignant ne peut pas en faire l'économie. En effet la surcharge du tableau rendrait encore plus incompréhensible le raisonnement mathématique.

Par cette action l'enseignant renforce la connaissance instrumentale du T.B.I. pour progressivement et ultérieurement disposer de la fonction utilisée (gomme) de l'outil comme instrument pour d'autres tâches. Cependant la diversité des artefacts ne simplifie pas la tâche de l'enseignant.

Dans cette classe, les élèves utilisent régulièrement l'ordinateur pour saisir des textes, rechercher des informations sur Internet ou sur les encyclopédies numériques. Pourtant, cette connaissance n'est plus celle utilisée lors de cette présentation. En effet, pour saisir un nombre dans du texte, les élèves ont tendance à appuyer sur la touche "shift" et la touche correspondante du clavier. Le fait de bloquer la touche en majuscule est un obstacle à l'écriture d'un texte donc la procédure experte conduit à utiliser le pavé numérique. L'anticipation de la gestion de cet obstacle technique que représente la saisie des nombres dans le clavier alphanumérique va conduire Matthieu à parler du "pavé numérique", expression inconnue des élèves, et à identifier la touche "entrée" du pavé numérique qui n'est pas habituellement

l'écriture chiffrée comme support de l'activité.

utilisée par les élèves.

L'instrumentation de l'environnement numérique, s'il ne peut pas être ignoré, n'est perceptible que dans un contexte précis. Ici c'est l'usage du clavier en traitement de texte ne suffit pas, au niveau d'expertise d'élève de CM, à donner une maîtrise dans le logiciel calcul, même si la connaissance de l'un renforcera celle de l'autre.

Deuxième moment :

Nous retrouvons cette contrainte de gestion de la transparence comme nécessité à la continuation de la résolution de la tâche mathématique dans l'utilisation du "T.B.I.". L'écriture sur le tableau nécessite de se tenir sur le côté (gestion de son ombre) pour voir ce que l'on écrit, sinon ce qui est écrit est projeté sur le dos de celui qui écrit. Sans le rappel instrumental de cette règle « *Mets toi par côté change de couleur si tu veux écrire* » [258] l'élève serait dans l'impossibilité de continuer à rédiger sa formulation. L'activité mathématique ne pourrait pas continuer, la présentation de la technique mathématique est soumise à l'anticipation et à la formulation des contraintes techniques.

Troisième moment :

La ligne [252] transcrit un échange autour d'une erreur d'écriture qui pourrait s'expliquer par une méconnaissance du sens d'écriture d'un entier naturel, mais nous sommes en CM1 et cet élève ne semble pas avoir, habituellement, ce type de difficulté. Nous pensons que la prise en compte de la surcharge que provoque l'écriture sur le TBI en est la principale raison.

Suivons le déroulement chronologique de l'action de l'élève :

Habituellement nous écrivons de la gauche vers la droite sauf si l'on pose le résultat d'une opération posée en colonne. Elle écrit le chiffre des unités puis explique qu'elle fait le calcul en ne s'occupant pas des unités. L'étape suivante c'est l'écriture des dizaines. « *Où ? Vers la droite !* »

En début de séance, Matthieu a globalement anticipé le fonctionnement du logiciel en relation avec les problèmes de "transparence", mais il devra, notamment par rapport au T.B.I., ponctuellement ajuster les connaissances instrumentales des élèves pour qu'ils puissent continuer l'activité. Nous parlons d'un ajustement ponctuel de la "transparence" associée à l'outil.

2.4.2 L'intégration praxéologique

2.4.2.1 Des techniques anciennes de l'environnement papier-crayon à l'environnement logiciel

Par une analyse a priori nous pensons que la tâche logicielle “répondre dans les contraintes de l'environnement numérique” (temps limité, saisie de gauche à droite de la somme) contribue à construire une nouvelle technique de calcul du type “ajouter 10” comme nous l'avons présenté dans l'analyse des tâches. La technique mathématique disponible chez les élèves est un obstacle à la mise en place de la technique experte qui peut-être considérée comme une nouvelle connaissance. En effet si “ajouter 10” est pensé comme une technique posée (ancienne), τ_{a+10} : « ajouter 1 au chiffre des dizaines », alors l'élève n'a pas de raison de rencontrer la technique nouvelle τ_{n+10} : “identifier le nombre de dizaines et prendre son successeur”. Quatre des six élèves qui se sont exprimés entre la 13^e et la 14^e minute, présenteront ou diront utiliser la technique “posée” pour résoudre la tâche comme nous pouvons le lire ci-après.

135 Matthieu : alors calculer ce nombre là plus dix alors elle a un truc ! Tu peux changer de couleur si tu veux.

136 A un autre élève « qu'est-ce que tu veux ? »

137 Ek : je veux dire quelque chose.

138 Matthieu : Voilà

139 El : (inaudible) c'est les dizaines [elle désigne le 7 dans 13 578]¹⁵⁹

140 Em : c'est quoi qu'on voit ?

141 Matthieu : Si on voit ! Tu es difficile oh. Qui c'est qui ne voit pas ?

142 El : tandis que là il y a des dizaines donc 7 plus 1, 8.

143 Matthieu : donc le résultat tu peux nous le dire sans l'écrire.

144 El : ben ça fait 13588

145 Matthieu : Tout le monde a compris ce qu'elle fait là ?

146 Ey : moi pas trop

147

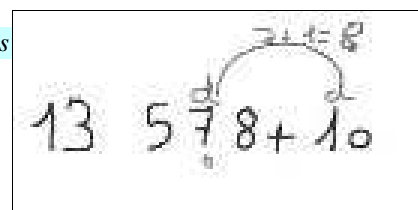
148 Ez : C'est ce que je faisais

149 Matthieu : C'est ce que tu faisais aussi ?

150

151 Ex : oui.

152 Matthieu : D'accord, bon on va voir si ça marche. Tu vas te mettre... va t'asseoir; va t'asseoir, on verra après. On effacera après. Va t'asseoir à l'ordinateur.



L'enseignant, Matthieu, est donc confronté au choix suivant : soit faire évoluer leur milieu objectif pour que les élèves aient des rétroactions, soit décider d'une intervention.

Dans la proposition d'une “nouvelle” technique par l'élève E_i, [lignes 244 à 255], Matthieu en

soulignant sa formulation «*je ne m'en occupe pas* », provoque un débat entre E_k , E_i , E_l , [ligne 257 à 271] ci-après, sur le calcul de la somme “ajouter 10” à 199.

Matthieu espère probablement qu'en parlant de ce dont ils ne s'occupent pas, va émerger ce dont ils devraient s'occuper c'est-à-dire le nombre de dizaines. C'est sur cela qu'il conclura [ligne 281].

Ici, les techniques anciennes mises en jeu continuent à résister dans le micro-contrat de production collective, le milieu n'est pas suffisamment antagonique pour provoquer des rétroactions. L'enseignant pour maintenir les élèves dans la recherche de la procédure experte va progressivement suggérer les connaissances à mettre en œuvre (la reconnaissance du nombre de dizaines), lignes [267], [271], [276], [278] et [280] reproduites ci-après.

244.Ei pas de ça.	: moi voilà, je ne m'occupe	est là.	262.Matthieu : D'accord.
245.Matthieu	: Oui	263.El : Mais il faut que ça fasse 0.	264.Ei : Oui mais ça tu le sais ! Tu sais que 9 plus 1
246.Ei fait 9.	: après je fais 0 plus 9 ça me	ça fait 10.	265.Matthieu : Tu sais que ça fait 10.
247.Matthieu occupes...	: Oui donc le 0 tu t'en	266.El : ??? inaudible	267.Matthieu : Donc qu'est-ce que tu
248.Ei	: non le 0 je m'en occupe pas.	regardes ?	268.Ei : On n'a pas a regarder 9, 1 ça fait 10.
249.Matthieu	: pas trop non plus.	269.Matthieu : On sait que ça va faire 0.	270.Ei : donc...
250.Ei donc je mets le 0 et je retiens 1 dans ma tête pour	: ensuite 9 plus 1 ça fait 10	271.Matthieu : Donc quels sont les	chiffres qui changent peut-être alors ?
là.	251.Ex : Ah non !	272.Ei : Ben c'est le 1.	273.El : euh
252.Matthieu l'envers.	: Attends tu l'as mis à	274.Matthieu : Que le 1 ?	275.Ei : Non le 9 aussi
253.Ei : euh !	254.Matthieu : 0 plus 9 c'est quel chiffre ?	276.Matthieu : Voilà ! Entoure les deux.	Prends du vert entoure les. Il me semble que ce
254.Matthieu Attends un coup de gomme quand tu te trompes,	clac... et le 9 mal placé c'est bon.	277.Ex : 19	qui bouge. Quand il y a un 9. Le 9 pose
255.Ei : (inaudible) ça fait dix	(inaudible)	278.Matthieu : 19, ça va devenir	problème, il y a une retenue. Les deux qui
256.Matthieu : oui, d'accord... c'est bien	elle répond à notre problème. Elle s'occupe bon le	279.Ey : 20.	changent voilà ! ce sont ceux là. Donc là ça fait
premier 9 elle sait très bien que c'est 0 donc ça va	et après elle s'attend à avoir une retenue. Tu as	280.Matthieu : 20 d'accord ! Voilà c'est	quoi ces deux chiffres ensemble ?
autre chose.	257.Ek : ben moi...	ce que tu voulais dire. 0 on sait que ce sera 0	
258.Matthieu : Oui ben viens ! Viens au	258.Matthieu : Oui ben viens ! Viens au	donc 19 va être remplacé par un nombre qui se	
tableau, tu prends une autre couleur tu le marques	tableau, tu prends une autre couleur tu le marques	termine par 0. Le suivant, 20 ! On l'écrit 20. On	
en dessous. On a compris oui le reste on s'en	en dessous. On a compris oui le reste on s'en	l'écrit dessous en vert comme ça...	
occupe après. Là c'était le passage là. Mets toi par	occupe après. Là c'était le passage là. Mets toi par		
côté change de couleur si tu veux écrire. Prends le	côté change de couleur si tu veux écrire. Prends le		
violet par exemple.	violet par exemple.		
259.Ek : celui-là c'est un 9 tu vas pas	259.Ek : celui-là c'est un 9 tu vas pas		
dire à beh tiens je vais voir si ça fait 10. Tu sais	dire à beh tiens je vais voir si ça fait 10. Tu sais		
que ça fait 10.	que ça fait 10.		
260.Matthieu : On sait que ça fait 10.	260.Matthieu : On sait que ça fait 10.		
261.Ek : Tu mets le 1 là au 1 là qui	261.Ek : Tu mets le 1 là au 1 là qui		

$$109 + 10 = 109$$

$$20$$

Il ne fait plus de doute que pour ces deux séances les techniques engagées par les élèves et même celles institutionnalisées par Matthieu sont des techniques utilisables et utilisées en environnement papier-crayon.

2.4.2.1 Rapport entre la TAL et la TAM

Nous allons observer l'influence de la tâche logicielle sur la tâche mathématique à travers les choix de l'obstacle "pluie de nombres"¹⁵². Ce choix se révèle être une constante tout au long de la séquence.

Dans la description de l'environnement logiciel nous avons mis en évidence deux éléments qui contribuent à rendre antagonique le milieu matériel dans lequel l'élève doit effectuer les calculs : ce sont **la durée d'affichage des sommes** et **l'organisation spatiale de l'apparition** de ces mêmes sommes. Les rétroactions du milieu, même si elles sont relativement pauvres puisqu'elles ne donnent comme informations que “bon calcul”, “trop tard”, et les résultats erronés présentés dans le bilan auraient pu être exploités. Un grand nombre de réponses erronées devrait favoriser l'émergence de ce qui pose problème, nous reviendrons sur ce point ultérieurement.

Matthieu va instrumentaliser l'organisation spatiale de l'apparition des nombres pour valider ou non les techniques qu'il choisit au fur et à mesure des essais. Après la présentation d'une technique¹⁵¹, il choisit de faire passer à l'ordinateur l'élève qui l'a exposée et associe « la pluie des nombres » au fait d'avoir une technique [151-153 ; 292]¹⁵². En revanche il ne pourra pas instrumentaliser la possibilité de régler la durée d'affichage des nombres puisqu'il en fait la découverte en cours de séance. Ce constat est confirmé par ses dires lors de l'entretien ante à propos des « *deux aspects l'aspect “linéaire nombre qui descend en colonne” et l'aspect “plus”* ». Sans anticipation, il l'utilisera pour allonger le temps de calcul.

Ce choix nous conduit à penser qu'il a perçu qu'il était difficile de dépasser l'obstacle sans technique mais qu'il n'y voit pas un moyen de construire la technique experte pour ajouter 10, ce qui est confirmé par le fait qu'il demande de trouver une technique avant que le problème de l'échec ne se pose aux élèves.

Nous retenons que Matthieu ne s'appuie pas sur la tâche logicielle pour construire la connaissance mathématique, ici la technique de calcul réfléchi τ_{n+10} .

La structure du logiciel est un “outil pour l'enseignant”, pour construire un milieu matériel de l'élève adapté aux connaissances en cours de construction.

Lors de la première séance, Matthieu a mis en jeu “ajouter 10”, “ajouter 11” et dans la deuxième séance il a commencé par “ajouter 21”. Le dernier exercice qu'il propose est structuré comme une compilation de « ajouter 100 ; ajouter 110 ; ajouter 120 ». Nous n'avons pas su s'il avait anticipé, sur la base de la première séance, la non émergence de la technique

151 Matthieu l'appelle « *stratégie* »

152 151. « D'accord, bon on va voir si ça marche. Tu vas te mettre... va t'asseoir; va t'asseoir, on verra après. On effacera après. Va t'asseoir à l'ordinateur. On va te donner la pluie de nombre puisque tu as l'air d'avoir une stratégie toi. [...]

292. C'est bon Ei est volontaire pour la pluie de nombres. On la met plus rapide ou on te la laisse comme ça ? On garde les mêmes encore puis après on change.

experte, et nous n'avons pas su lui poser la question sans induire la réponse. Nous ferons donc l'hypothèse qu'il attendait : *il faut faire comme avec les dizaines...* Le choix des nombres sur lesquels s'effectuent les sommes est pensé par rapport à l'utilisation de l'algorithme de l'addition posée qui demande de plus en plus de mise en mémoire des nombres et des « retenues ». On peut se demander s'il n'y aurait pas eu intérêt à utiliser des nombres qui ne posent pas de problèmes de retenue pour induire la règle.

L'outil n'est pas toujours facile à instrumentaliser.

L'évolution de la tâche mathématique pour maintenir le micro-contrat de production fait oublier l'apport de l'instrumentation des caractéristiques logicielles sur le milieu objectif des élèves¹⁵³.

Les deux constats de ce chapitre nous font dire que la relation entre TAL et TAM n'est pas prise en compte. Ce qui place l'environnement numérique comme un outil attractif pour les élèves sans vrai lien ni avec les TICE ni avec les mathématiques.

2.4.3 Les contrats

2.4.3.1 Le savoir engagé

Dans la description du milieu envisagé par l'enseignant nous avons établi que la situation contient un milieu potentiel favorable à la construction de la technique experte τ_{n+10} de calcul réfléchi défini par « prendre le successeur du nombre de dizaines ». Lors de l'entretien ante de la deuxième séance Matthieu nous dit son attachement à la conformité de la connaissance construite avec les programmes même si son objectif déclaré tarde à se formaliser et même s'il existe un décalage important avec les exemples de techniques rédigés comme bilan sur les cahiers des élèves.

Bien qu'il ait formulé dans sa deuxième fiche de préparation « consolidation de la numération de position – grands nombres », ce qui aurait pu nous faire situer le savoir en jeu “après une première rencontre”, l'impossibilité d'aboutir des élèves en fait un objet nouveau à leur yeux et aux nôtres.

¹⁵³Nous retrouvons cette idée exprimée chez MARGOLINAS que les situations où se produisent des glissements d'objectifs peuvent faire écran à la conception du milieu matériel des élèves.

2.4.3.2 Le type de situations

Nous allons observer comment une situation au potentiel adidactique va être détournée puis transformée en contrat d'ostension déguisé.

La volonté de ne pas provoquer une rupture de la négociation du contrat de dévolution va contraindre l'enseignant à abandonner l'obstacle (calcul de sommes en temps limité) pour favoriser la réussite d'une autre tâche, (calcul de sommes en un temps suffisant). Puis nous établirons que son usage de l'instrument lui fait "oublier" le contenu de l'institutionnalisation qu'il a prévue de réaliser, avant d'en montrer les conséquences sur les moments de dévolution.

Matthieu a créé une ambiance de classe agréable et nous avons perçu cette volonté de maintenir une relation agréable, un jeu de défi entre l'enseignant et les élèves qui s'expriment à la fois par des encouragements « *Em tu as de la chance ! On va commencer très facile* » ou « *Il va se battre avec les calculs et les autres ils essayent, c'est Huston là. On essaie d'aider celui qui est dans l'aventure.* » ou par des implications plus personnelles dans le jeu des élèves « *Attends ! ne lui mettez pas la pression elle l'a assez comme ça.* » ou « *Si tu baisses les bras... c'est dur ? C'est trop dur ? Allez recommence.* » Cette position est susceptible de favoriser des réponses adaptées aux attentes perçues par les élèves comme le souligne BROUSSEAU dans l'étude du « cas Gaël »¹⁵⁴ où « *... l'intervenant a su développer avec Gaël une relation agréable. Nul doute que pour faire plaisir à l'adulte, Gaël identifiera ses intentions, manifestera les comportements attendus et simulera les acquisitions voulues. Cela lui donnerait le temps de lier des relations affectives qui ne reposerait plus sur le contrat didactique, et de se dérober à celles qui le contraindraient* ».

Nous avons souligné dans la présentation du logiciel que c'était l'impossibilité de réussir qui devait favoriser la question du "pourquoi on n'y arrive pas" et par conséquent la recherche d'une technique experte.

Supposons le passage de dix élèves à l'ordinateur pour réaliser une série de calculs. Le temps d'exécution par élève étant de 12 secondes maximum, si les changements nécessitent une minute, le temps total serait d'une douzaine de minutes pour provoquer les conditions de recherche d'une technique (que Matthieu nomme "stratégie"). Il lui faudra 17 minutes pour arriver à la conclusion que la durée des calculs est trop courte. De plus, en posant la question « *Comment on peut aller vite ? Comment ça peut marcher à tous les coups ?* », sans qu'elle

154BROUSSEAU case of GaëlArticle publié en anglais in Journal of Mathematical Behavior, n°18 (1), 1-46, octobre 1999 Virginia Warfield traduction à partir des travaux brousseau peres 81

apparaisse comme une nécessité, Matthieu va placer les élèves en situation de répondre, parce qu'ils l'aiment bien, parce qu'il faut bien répondre au maître, parce que c'est le maître.

Lorsque les élèves seront mis en échec par le dispositif, Matthieu va changer la durée de la tâche. En faisant cela il éloigne la nécessité de changer de stratégie de calcul puisqu'ils peuvent le faire avec leur technique. Si cela reste insuffisant il choisira de ne pas utiliser « la pluie de nombre » qui diminue le temps total de résolution.

La méconnaissance des techniques de calcul réfléchi de ses élèves lui a laissé penser que la technique pour “ajouter 10” serait énoncée après le passage d'un ou deux élèves à l'ordinateur (ce qui explique qu'il n'ait composé¹⁵⁵ qu'une seule série de 10 sommes “ajouter 10”). Après le passage de quatre élèves sur le logiciel la réponse experte n'est toujours pas apparue. Progressivement les élèves donnent la somme sans re-calcul par simple mémorisation d'une fois sur l'autre ou même pendant la phase de formulation de la technique. Au bout de quelques répétitions les élèves connaissent les réponses, il n'y a alors plus du tout la nécessité de trouver une technique efficace si ce n'est pour faire plaisir au maître.

L'enseignant va conclure cette phase par la reformulation¹⁵⁶ des réponses à la suite de ses questions *[310] 195 est devenu 205 puisque 19 devient 20. 49 devient 50*. Nous sommes ici dans une formulation qui n'ose pas achever le passage à une technique forte qui consisterait à dire qu'il s'agit du successeur du nombre de dizaines.

En reprenant la technique d'une élève sans qu'elle soit débattue par les autres, en la mettant en valeur, Matthieu abandonne toute possibilité d'exploiter le potentiel adidactique et finit la séance sur un contrat d'ostension déguisée.

2.4.3.3 Répartition des responsabilités entre élèves et enseignant

La construction d'un milieu ayant un potentiel adidactique favorise la possibilité que les élèves exercent une part de responsabilité, notamment dans les micro-contrats de production collective. La conclusion de la séance, où l'enseignant reprend la validation des techniques, dans un méso-contrat d'ostension déguisé est une reprise de la responsabilité par l'enseignant.

Nous choisissons dans ce cas de parler de responsabilité “Non partagée déguisée” entre enseignant et élèves.

¹⁵⁵Nous renvoyons à la construction des types de tâches dans la présentation de l'éditeur du logiciel, une série étant constituée d'un nombre de tâches définies par l'enseignant.

¹⁵⁶Effet “Jourdain”

2.4.4 Enjeux pour la dévolution et l'institutionnalisation

2.4.4.1 Les points d'appui pour réaliser la dévolution de la situation

Matthieu sait qu'il ne peut pas tout contrôler sur les connaissances des élèves, en particulier en début d'année, il utilise alors des exercices où la tâche se complexifie pour gérer les apprentissages de façon différenciée. C'est un problème dont il est conscient dans ses pratiques antérieures puisque il nous en parle en réponse à une question sur les difficultés attendues, dans l'entretien ante « *Oui c'est toujours bon un peu... on sait jamais trop où on va quoi ! Moi ce qui m'inquiète c'est la rapidité par rapport à certaines stratégies, voir si c'est trop rapidement si c'est vite élaboré donc j'ai prévu de passer à des stratégies plus difficiles à mettre en œuvre et puis on fera ce qu'on pourra !* ».

Ici la méconnaissance des connaissances de calcul réfléchi de ses élèves laisse penser à Matthieu que la technique pour “ajouter 10” serait énoncée après le passage d'un ou deux élèves à l'ordinateur.

Mais il ne s'est pas posé la question dans l'environnement numérique qui nécessite d'avoir conçu les exercices “série de calculs”, alors que, dans l'environnement “papier-crayon”, le fait de disposer d'un manuel que l'enseignant utilise régulièrement permet de palier cette difficulté de gestion.

Ce manque d'anticipation de la situation dans le milieu de production, le conduit à utiliser la même série de 10 sommes “ajouter 10”. Au bout de quelques répétitions les élèves connaissent les réponses, il n'y a alors plus la nécessité de trouver une stratégie efficace si ce n'est pour faire plaisir au maître.

Le jeu avec l'écriture sur le TBI est un élément qui semble important, voire indiscutable pour Matthieu qui, observant la difficulté à écrire au tableau de Em, nous dit en aparté : « *C'est une habitude à prendre. Il faut qu'ils y passent. C'est contraignant. Chaque outil a ses limites...* ». Aussi il l'instrumentalise dans presque tous les moments de formulation pour garder la mémoire des écrits des élèves, quitte à prendre parfois la main pour ne pas perdre trop de temps. [512-513, deuxième séance 9:30-11:45] Mais cette instrumentalisation le conduit à surcharger de problèmes ergonomiques les formulations mathématiques qui sont très difficiles à organiser dans la pensée des élèves de cet âge. Même Matthieu, qui jongle avec toutes les fonctions du TBI, finit par laisser échapper un « *bon c'est pénible !* » [513] en essayant de

rectifier l'écriture d'une élève. Il n'est alors pas facile de maintenir l'attention des élèves les moins impliqués.

Une utilisation particulière d'un élève en position de faux « sherpa » (TROUCHE,2005) dans le rôle du « Testeur » nous semble particulièrement intéressante du point de vue de l'intégration des TICE. Initialement, Matthieu le choisit pour réaliser les calculs qui seront affichés par le logiciel, mais il va aussi servir de testeur pour présenter l'environnement numérique.

Ce rôle a deux fonctions, d'une part créer les conditions d'initiation au logiciel, élément du milieu matériel des élèves, et d'autre part identifier dans cette initiation les éléments qui peuvent faire obstacle à la compréhension du fonctionnement logiciel ou au contraire la favoriser.

Ces éléments sont ceux qu'il a identifiés dans la préparation de la séance et pour lesquels il peut avoir à faire des réajustements successifs en fonction des connaissances instrumentales des élèves. Ces connaissances instrumentales des élèves modifient la mise en place de l'activité. Elles constituent un élément du milieu matériel de l'enseignant dans sa tentative d'introduire le logiciel dans l'activité de calcul mental.

Cependant la possibilité de réaliser cette activité en n'utilisant pas d'environnement numérique nous fait dire que la place du logiciel reste avant tout celle d'un objet culturel.

2.4.4.2 L'institutionnalisation réalisée et les environnements

L'institutionnalisation réalisée :

L'impossibilité, pour Matthieu, de donner la technique, car cela aurait pour effet de sortir les élèves de la recherche de cette technique, va changer l'objectif déclaré dans l'entretien ante qui est rédigé dans la fiche de préparation : « *expliciter des stratégies de calcul rapide et les utiliser¹⁵⁷ [...] une méthode qui marche avec tous les nombres* » [377]» à propos du type de tâche “ajouter 11”. L'environnement numérique, par la gestion du temps seul ou associé au type d'affichage, crée des conditions pour un milieu objectif antagonique avec les connaissances des élèves dans la résolution de la tâche.

Progressivement transformée, elle devient « *Est-ce que sa stratégie marche tout le temps ?* [209] », ce qui conduit à différencier les nombres selon qu'il y ait des “9” ou pas, « *parce qu'il peut y avoir des retenues* »[387-388], ce qui pousse les élèves à utiliser la technique

157 Annexe internes - Annexes Matthieu - Annexe 1 -

posée de l'addition. Dès lors l'institutionnalisation ne pourra se faire que sur ces techniques anciennes.

Contraint par l'impasse dans laquelle sont les élèves, l'enseignant va favoriser des techniques qui n'ont plus rien à voir avec le calcul mental comme dans cette réaction à celles des élèves

409.Ek : *là ça veut dire...*

410.El : *Eh !*

411. *Onomatopées...*

412.Em : *trop tard !*

413.Matthieu : *Vous affolez pas ! Essayez de sauver les meubles. Celui qui est en haut tu le sauves celui-là.*

Sur le temps restant, l'organisation de Matthieu reste la même : essai par un élève (les séries de sommes sont différentes), formulation de techniques pour réussir, test sur “pluie de nombres”¹⁵⁸ ;

la séance se termine sur une mise en commun où les élèves choisissent entre deux techniques d'élèves, celle qui leur convient.

La transcription ci-après est un exemple de la contrainte d'écriture des nombres au clavier.

546.Em : *D'abord on fait 0 et 5, on écrit 5.*

547.Matthieu : *Ee tu as tapé le 5 en premier ?*

548.Ee : *Moi non.*

549.Matthieu : *Non ! Lui il fait comme ça, ça c'était par écrit mais après*

550.Ei : *???*

551.Ex : *Sinon ça ferait 500.*

552.Matthieu : *Mais dans ta tête tu fais ça. Calcul mental quand même !...*

Alors qu'un élève fait la remarque qu'il faut saisir le chiffre des centaines en premier [547], Matthieu ne se saisit pas de cette opportunité. Il considère même que c'est secondaire par rapport au travail des élèves [552]. Cela tendrait à montrer que la relation entre la technique retenue et les contraintes instrumentales n'a pas été prise en compte.

Lors de la deuxième séance, l'évolution de la consigne de Matthieu porte sur deux dimensions du milieu.

La première concerne le support d'observation. Rappelons que, jusqu'à ce moment, Matthieu a demandé aux élèves de rechercher une technique à partir d'une observation du “Testeur”. Nous avons montré que cette observation étant impossible leur réponse serait, par effet de contrat, celle dont ils peuvent disposer, c'est-à-dire la leur. A partir de maintenant, il va s'appuyer sur l'observation possible de l'écran “résumé du travail”.

La deuxième porte sur la consigne « *On parle un petit peu de ce qui s'est passé. Est-ce que*

158 Présentation page 147.

quelqu'un pourrait nous résumer un petit peu ce qu'on a vu avant de dire comment on fait. » et insiste par sa consigne « raconte moi un petit peu ce que tu as vu. On a encore le déroulement + Comment s'est passée la partie d'Axel ? C'est ça que je voudrais qu'on me dise. »

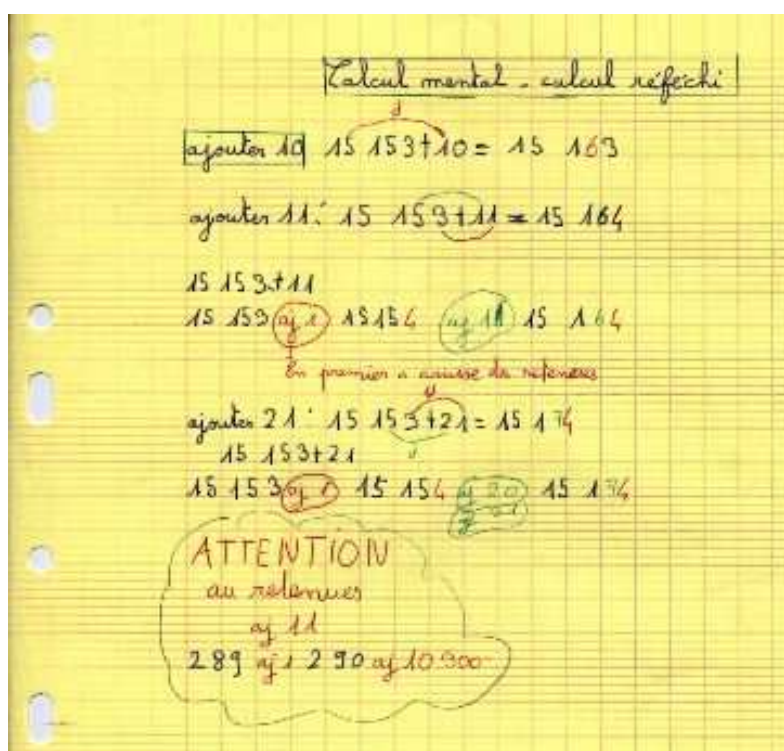
La première modification du milieu objectif sera maintenue après chaque série de calculs, elle n'implique pas le maintien de la relation didactique, la seconde disparaîtra après la ré-introduction par les élèves de leur technique "posée". Elle semble donc être reconnue comme non pertinente par l'enseignant puisqu'il ne la maintient pas.

Remarquons que dans cette situation le milieu est dans l'impossibilité de renvoyer la validation de la formulation retenue comme réponse, c'est donc à l'enseignant d'assumer ce rôle.

Les environnements dans l'institutionnalisation :

L'entretien ante montre qu'il a pensé à la manière dont il allait institutionnaliser les techniques qui « seront explicitées et qui marchent à tous les coups et qui sont rapides ». Pour cela, il pense s'appuyer sur la technique du TBI qui permet de mémoriser les écrits produits sur le tableau.

Mais il ne formule pas quelle est la technique qu'il entend stabiliser, institutionnaliser dans le cahier. L'institutionnalisation finale correspond aux techniques des élèves. Le bilan recopié par une élève que nous avons choisie pour son côté "soigneux", "appliqué" confirme ce

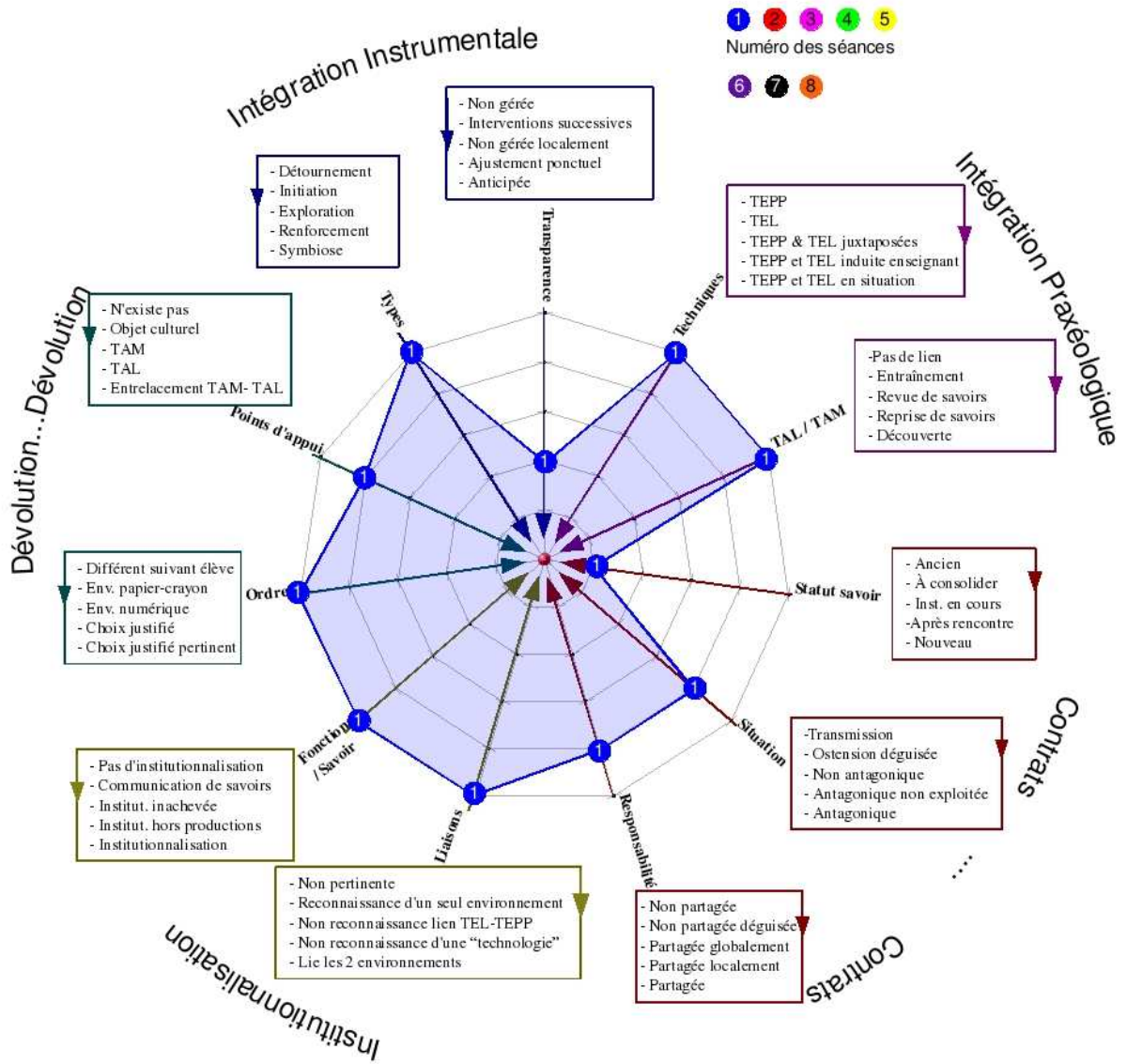


constat.

Il n'y existe pas une règle valable pour tous les nombres, la règle s'attache à présenter les difficultés susceptibles d'être rencontrées, et même si on peut percevoir une piste vers un changement de technique les "dizaines d'abord", ces éléments correspondent à l'analyse des séances observées. Enfin la technique experte n'est pas celle institutionnalisée.

L'institutionnalisation correspond alors à un ré-investissement de techniques anciennes. Ce qui la rend non pertinente par rapport aux objectifs initialement fixés.

Nous pouvons maintenant situer la séquence sur la "toile" par rapport à nos critères d'intégration des pratiques en environnement TICE.



2.5 Éléments d'apprentissage de l'enseignant Matthieu dans la séquence “Calcul”

Nous nous appuyerons sur les déclarations de Matthieu après la première séance, avant et après la deuxième séance, ainsi que sur l'entretien qui se déroule avant la troisième séance, pour caractériser l'intégration qu'il fait des TICE par rapport aux critères de notre toile.

Nous tenterons ensuite d'établir une vision globale de la dévolution, celle du macro-contrat, avant de caractériser le type d'institutionnalisation finale qu'il établira.

Nous obtiendrons dans le contexte que nous avons décrit un état à un temps t de l'expertise de l'enseignant Matthieu, que nous rapprocherons ultérieurement d'autres instantanés.

2.5.1 Ce que dit Matthieu

2.5.1.1 L'état des objectifs

Dans l'entretien de la fin de première séance, Matthieu situe les apprentissages des élèves en léger décalage par rapport à ses attentes initiales « *ils ont retenu qu'il y a des stratégies pour calculer rapidement* ». Il a perçu « *qu'ils ont toujours le réflexe de poser des opérations ou de faire en ligne avec les traces qu'ils faisaient au tableau* » [74-75]. Mais à la différence de l'environnement papier-crayon « *[ici] c'est leur faire faire mentalement¹⁵⁹* » [75]. L'observation l'amène à un constat sur les connaissances mathématiques en jeu, non déclaré initialement, « *c'est aussi un renforcement par rapport à la numération* ».

Il décrit ici les éléments de mathématiques objets, tâches et techniques qu'il a observés dans son milieu matériel, M_p -Matériel, qui caractérisent l'intégration praxéologique.

Dans l'entretien post de la deuxième séance, il se projette à partir de son observation : « *le logiciel je m'en resservirai uniquement par rapport aux ordres de grandeurs. J'ai entrevu des choses un peu intéressantes* ». Par ailleurs Matthieu montre son souci d'être conforme aux programmes puisqu'en début d'entretien de la deuxième séance il nous dit que « *suite à ta question de la dernière fois pour savoir si on était bien dans les clous par rapport aux programmes j'ai regardé dans les documents d'accompagnement. [...] Ça met des mots sur ce*

¹⁵⁹Ce qui n'est pas très pertinent comme formulation puisque quel que soit l'environnement, hors de l'utilisation d'un instrument, le calcul est mental.

qu'on a fait [...] donc on est dans les clous voilà. »

Ces deux propos le situent dans sa position P_{+2} de P-Constructeur plongé dans ce qui nous semble caractériser son M_p -d'Auto-apprentissage.

2.5.1.2 Du côté de l'intégration instrumentale

Matthieu a une vision plutôt positive de l'outil, « *c'est formateur [pour les élèves], le principe de ce logiciel c'est de mettre les gamins en difficulté en leur mettant la pression en les obligeant à lutter pour aller vite. [...] Ils le découvraient les gamins c'est très ludique, c'est bon la vitesse, c'est quelque chose que j'avais pas trop essayée.* »

En cela il semble faire des découvertes sur le milieu matériel qu'il a construit pour les élèves, en s'appuyant sur les réactions positives des élèves.

En fin de première séance, il fait le constat qu'il n'avait pas le bon repérage des connaissances instrumentales des élèves « *J'avais 1000 ms et tout bêtement j'ai pas pensé que... bof 1000 ms c'est correct* » qu'il rattache à la saisie au clavier des chiffres, « *comme j'ai mis des grands nombres* », puis à la validation par “entrée”.

Même si nous ne partageons pas cette approche, Matthieu s'interroge sur les choix, les actions qu'il a réalisés, pour s'adapter à une rétroaction du milieu, la non réussite des élèves dans un temps donné. La dimension instrumentale est ici interrogée dans son M_p -d'Auto-apprentissage.

2.5.1.3 Du côté de la dimension praxéologique

Le constat fait par Matthieu que les élèves ont recours aux techniques anciennes de calcul posé pour résoudre ces tâches et qu'il n'a peut-être pas réussi à atteindre son objectif (bien qu'il ne le formule pas explicitement), ne nous permet pas de conclure sur les évolutions qu'il apportera dans l'organisation des séances de calcul mental qui suivront.

Nous retiendrons qu'il a un retour des élèves et de leurs productions qui pourrait l'inciter à changer.

De plus, il ne semble pas être particulièrement satisfait de l'usage de l'environnement numérique du TBI comme support du débat (obstacles techniques d'écriture [89], lenteur [197]), lors de l'argumentation ou la validation d'une technique. Enfin son usage, comme support d'une institutionnalisation des techniques construites par les élèves, est réduit à une

mémoire « *au cas où eux [les élèves] ne se rappelleraient pas, mais c'est eux qui le [bilan] reformuleront et on le retirera ensemble* ».

Nous voyons là un début de réflexion dont nous relèverons les effets sur les séances suivantes.

2.5.1.4 Du côté des contrats

Dans l'entretien post de la deuxième séance, Matthieu n'est pas tout à fait satisfait, il trouve que les élèves ne calculent pas tous, il « *aurait aimé... là, les gamins ne sont pas tous actifs + c'est la consigne.* »

Nous voyons dans cela le désir de changer la situation didactique dans laquelle sont plongés les élèves sur laquelle nous reviendrons à propos de la deuxième séquence.

2.5.2 Conditions et contraintes pour l'apprentissage de Matthieu dans ces deux séances

De notre point de vue, le choix de Matthieu d'utiliser le module “Calcul mental” du logiciel “Calcul” et les observations, les actions qu'il organise pour favoriser la construction de connaissances, sont des indicateurs de ce qu'il gère dans son milieu matériel et qui va devenir ou non une connaissance exploitable.

Mais toutes les actions, si elles ne sont pas reprises dans une interrogation que l'entretien post laisse percevoir, ne garderont pas leur pertinence et seront délaissées comme une fausse piste. C'est ce que nous retenons des changements qu'il a orchestrés dans l'utilisation du bilan. Pourtant ces changements, importants dans le milieu matériel des élèves entre la première et la deuxième séance, disparaîtront totalement des séances suivantes¹⁶⁰.

Sur ces deux séances, les outils instrumentés sur le logiciel, l'absence de lien réel entre la tâche logicielle et la tâche mathématique et surtout le choix du type de situation ne favorisaient pas, surtout dans le contexte de l'observation, de nombreux changements.

Mais après cette première séquence, nous faisons l'hypothèse que ce qui aura été reconnu, c'est-à-dire faisant partie du M_p-d'Auto-apprentissage, sera transformé dans les séances suivantes.

¹⁶⁰On peut cependant se demander si elles ne seront pas réactivées lors d'une utilisation d'un logiciel dans lequel serait instrumenté un “bilan”.

3 Introduction à l'analyse des séances de géométrie

Ici, nous reprenons la même méthodologie générale utilisée pour analyser les séances de calcul mental. Il y a eu en tout sept séances qui constituent **deux séquences**, que nous appellerons “**triangles isocèles**” et “**parallélogrammes**”. Nous avons observé les deux premières séances en novembre, puis Matthieu a continué et terminé en notre absence, en deux séances, la séquence engagée. Nous disposons d'un compte rendu de ces deux séances, rédigées par l'enseignant. Nous avons observé les trois séances d'une nouvelle séquence en mars. L'activité est une activité de géométrie qui utilise un logiciel de géométrie dynamique, Déclic. Les premières séances exploitent un document diffusé en formation continue, qui a donné lieu à plusieurs expérimentations tandis que les dernières sont une conception de l'enseignant.

Nous présentons ci-après un tableau synthétique, en termes de contenu disciplinaire, des séances observées.

Séance 3	Séance 4	Séance 5	Séance 6	Séance 7
« Développer des compétences techniques liées au maniements des instruments »	Construction Problème de recherche géométrie	Problème de recherche géométrie en lien avec les parallélogrammes	Reprise de la situation une semaine après	Conclusion de la situation.

Nous avons découpé cette séquence en deux parties, les séances 3 et 4 regroupées avec le compte rendu des séances non observées puis les trois dernières séances.

4 Les séances “triangles isocèles”

Nous allons présenter les deux séances réunies autour de la situation “triangles isocèles”. Nous présenterons la situation point de départ de l'enseignant, les objectifs de l'auteur et une mise en relation avec les attentes institutionnelles formulées dans les programmes. Puis comme pour les séances de calcul mental, nous présenterons le logiciel utilisé et le synopsis, et nous terminerons par la confrontation entre notre analyse a posteriori et le bilan de l'enseignant pour identifier des éléments d'auto-apprentissage.

4.1 Le milieu envisagé par l'enseignant

4.1.1 La situation point de départ

La situation des triangles isocèles est rédigée sous la forme d'un document "compte rendu d'activité" conduite dans plusieurs classes et accompagnée de sa justification institutionnelle que nous présenterons ci-après.

Ce compte rendu a évolué avec les expérimentations qui en ont été faites. La version que nous présentons est celle qui a été réécrite avant l'utilisation par Matthieu. Il n'y aura pas d'autre version sous cette forme. La première expérience a été conduite initialement en deux séances de 1 h 35 minutes, avec 14 élèves de CM2, dans une ZEP, sur un réseau de 8 postes... Renouvelée dans une classe de CM2 avec 18 élèves sur six postes sans réseau, elle s'étale sur trois séances d'une heure. Une autre expérimentation en CM2, non contrôlée, a nécessité quatre séances de 50 minutes. Nous n'avons pas une grande stabilité d'usage sur la durée et le nombre de séance mais ces indications sont données dans la fiche.

Dans ce document il est rappelé que les élèves ont préalablement utilisé le logiciel Déclit pendant plusieurs séances pour des activités qui ne sont objectivées directement en lien avec les mathématiques, par exemple des dessins obtenus avec des formes géométriques connues¹⁶¹, références. Nous dirons, ici, qu'elles permettent une "initiation instrumentale" à l'environnement logiciel "Déclit".

Descriptif de la situation avec des commentaires tel qu'il est donné aux enseignants :

Pour la séance 1, les consignes sont :

- « Construire deux points A et B .
- Construire le segment d'extrémités A et B .
- Déplacer le point B pour que le segment ne soit ni horizontal ni vertical.
- Fixer les points A et B .
- Construire un triangle ABC .
- Construire un triangle ABD ayant les côtés $[DA]$ et $[DB]$ superposables. On précise si nécessaire ce que veut dire « superposable ».

La consigne qui est suggérée pour la "Mise en commun" est « Comment avez-vous fait ? »

Les techniques utilisées par les élèves sont présentées : « Dans les expériences précédentes tous les élèves ont utilisé le mesurage des segments qui était une fonction connue. »

A cette étape il est suggéré de faire un rappel à propos du triangle isocèle et ce à quoi on peut s'attendre comme réponse dans un contexte de classe donné. « Comment s'appelle le triangle ABD ? » Il est dit que certains connaissent la réponse "isocèle".

Il est suggéré de passer à une phase pour s'approprier à la fois l'outil et la connaissance mathématique :

« Construire un triangle isocèle ABE en rouge.

¹⁶¹ En formation continue nous proposons cette activité avec la consigne : réaliser une représentation d'un objet avec les formes géométriques disponibles dans les menus construire et créer.

Construire un triangle isocèle ABF en bleu tel que E et F soient du même côté du segment [AB]. »

Les attendus lors de la mise en commun sont :

« Les élèves débattent si le sommet principal est en A ou en B. L'enseignant souligne que l'on peut tracer des triangles isocèles dont les côtés qui sont superposables ont comme sommet commun A, B ou C. »
Il n'y a pas d'indication sur la durée.

Les indications pour conduire la séance 2 présentent la préparation nécessaire :

« A partir d'une figure réalisée par l'enseignant où les points A et B sont fixes, les élèves ouvrent le fichier et vont réaliser la tâche suivante,

Consigne : « Construire en 5 minutes 15 triangles isocèles ayant pour côté [AB] mais [AB] n'est pas un des deux côtés superposables (comme la dernière fois !). Vous nommerez les sommets : C, D, E, F,.... A la fin des 5 minutes, vous enregistrerez votre construction. »

Il est suggéré un dispositif de mise en commun puis des exemples de ce qui s'est produit dans les classes « test ».

Suggestions : selon l'environnement, l'enseignant avec une clé USB ou par le réseau, met en commun sur un poste les réalisations.

Compte rendu d'expérience présenté sous la forme d'un dialogue entre l'enseignant et les élèves et de suggestions :

- L'enseignant : *Personne n'a réussi ! Qui en a construit le plus ?*

Suggestions : s'il n'y a que deux ou trois points construits, l'enseignant propose de prolonger le travail trois minutes supplémentaires pour en faire un peu plus.

Retour pour une mise en commun :

Même constat personne n'a réussi mais l'enseignant propose d'observer les réalisations.

- L'enseignant : *Qu'est-ce que vous remarquez ? Observez bien le travail de chaque groupe. Suggestions :*

L'enseignant fait défiler les productions pour que les élèves aient le temps de faire des remarques. Elles viennent assez vite : « On dirait qu'ils sont tous alignés ! » Sous entendu les sommets principaux.

- L'enseignant : *Est-ce qu'on peut vérifier ?*

- Élèves : *Oui !*

- L'enseignant : *Comment ?*

- Élève : *« On trace la droite qui passe par E et F ».*

- Un élève le fait, des « cris » ça marche !

- L'enseignant : *Maintenant est-ce que vous voulez essayer de faire les 15 triangles isocèles en 5 minutes ? Oui !*

Suggestions : Retour sur les ordinateurs

Consigne : Vous ouvrez le fichier (xxx.fdc) contenant le segment [AB] fixe. Au top c'est parti.

Constat : Un seul groupe essaie de tracer un droite « perpendiculaire » et à peu près au milieu (ce qui n'a jamais été formulé) ; les autres droites sont très approximatives !

Les points sont placés sur la droite (un groupe « avec point sur », les autres « superposition par dessin »). La validation se fait par la mesure des côtés.

Réaliser une mise en commun permettant de faire formuler des remarques.

Réaction auxquelles on peut s'attendre de la part des élèves :

Ça ne marche pas !

Normal il faut que ça passe au milieu !

Constat : Personne n'a parlé de la perpendicularité. Par cette remarque il est suggéré à l'enseignant que l'on peut avoir des élèves qui en parlent mais l'enseignant ne parle que de ce qui émerge de la mise en commun pour relancer l'activité.

Exemple de consigne suggérée « On va voir s'il faut que la droite passe par le milieu ? »

Dispositif et comportements auxquels l'enseignant peut s'attendre : les élèves retournent sur les ordinateurs. Ils construisent (sur le fichier contenant le segment [AB]) la droite qui passe par le milieu de [AB], certains essaient de la faire à peu près perpendiculaire. Certains construisent « les points sur », certains n'utilisent pas « point sur ».

Suggestion d'une nouvelle mise en commun :

Réactions les plus favorables obtenues chez les élèves parce que « ça marche chez certains pas chez

d'autres ! Pourquoi ? »

Transcription d'un échange dans une classe.

- *Un élève : Il faut que ça forme un angle droit !*
- *L'enseignant : vous vous souvenez comment on trace une droite qui forme un angle droit.*
- *Deux ou trois élèves : La perpendiculaire !*

Retour sur les ordinateurs.

Nouvelle mise en commun :

Constat des élèves : « *ça marche !* »

Exercice : Tracez le plus possible de sommets de triangles isocèles ayant pour côté [AB] en trois minutes ?

La deuxième séance correspond en fait à plusieurs séances jusqu'à 4 séances suivant le dispositif matériel et les pratiques de classe.

Fin du document descriptif de la situation.

Le descriptif de cette situation est distribué avec le document d'accompagnement que nous reformulons ci-dessous :

Dans les documents d'application des programmes, 2002, du cycle 3, le paragraphe « Espace et géométrie » permet de situer l'activité ci-dessus.

Il s'agit d'une résolution de problème et « *à travers ces activités, le développement des capacités à chercher, abstraire, raisonner, prouver, amorcé au cycle 2, se poursuit.* » en sachant qu'il « *...est nécessaire de porter une attention particulière aux démarches mises en œuvre par les élèves, à leurs erreurs, à leurs méthodes de travail et de les exploiter dans des moments de débat.* »¹⁶²

L'objectif principal est de « *permettre aux élèves de se familiariser avec les objets du plan et de l'espace et de passer progressivement d'une géométrie où les objets et leurs propriétés sont contrôlés par la perception à une géométrie où ils le sont par un recours à des instruments et par la connaissance de certaines propriétés.* » « *Il s'agit également de favoriser la mise en place d'images mentales pour les principaux concepts rencontrés, en permettant aux élèves de les identifier dans des configurations variées.* »...

« *A travers ces activités, les élèves élaborent et utilisent les premiers concepts géométriques, en leur donnant du sens : alignement, [...] longueurs[...] Ils prennent conscience de certaines propriétés des objets et ils acquièrent des éléments de vocabulaire : [...] sommet ; côté, segment, milieu, droite, droites perpendiculaires [...] ; ainsi que les noms de [...] quelques figures planes.* »

Enfin, ils développent des compétences techniques liées au maniement d'instruments de dessin : règle et équerre (pour vérifier des alignements, [...])

Les activités du domaine géométrique ne visent pas des connaissances formelles (définitions), mais des connaissances fonctionnelles.

Les logiciels de dessin assisté par ordinateur ou de géométrie dynamique pourront faire l'objet d'une première utilisation. »¹⁶³

Ci après les extraits du document d'application du cycle des approfondissements :

Compétences	Commentaires
<p>page 31</p> <p>Vérifier, à l'aide de la règle, que des points sont alignés.</p> <p>Vérifier, à l'aide du compas ou d'un instrument de mesure, que des segments ont même longueur</p>	<p>Les relations et propriétés évoquées dans cette rubrique doivent être utilisées dans des activités de résolution de problèmes, situées dans différents espace : espace ordinaire, feuille de papier, écran d'ordinateur.</p> <p>La perception d'un alignement de plusieurs points dans une figure complexe incite à tracer la droite correspondante et de mettre en évidence une propriété de cette figure.</p>
<p>page 32</p>	<p>L'utilisation de l'ordinateur (logiciels de dessin, imagiciels¹⁶⁴) permet d'enrichir le champ d'expériences des élèves.</p> <p>L'identification d'une figure peut être faite :</p> <ul style="list-style-type: none"> - globalement (“ à l’œil, il me semble que c’est un carré ”) ; - par un repérage perceptif de propriétés : [...] <p>Le recours aux instruments vient valider les hypothèses faites sur des propriétés supposées.</p> <p>Les triangles [...] sont reconnus à partir de propriétés relatives aux longueurs des côtés ...</p>
<p>page 33</p>	<p>La construction d'un triangle à l'aide du compas, à partir de la donnée des longueurs des 3 côtés, n'est pas une compétence exigible à la fin du cycle 3. Cependant, un premier travail peut être conduit avec les élèves à ce sujet, par exemple en proposant les problèmes suivants :</p> <p>placer rapidement le plus possible de points situés à une distance donnée d'un point donné, chercher à localiser des points dont les distances respectives à deux points donnés sont connues.</p>

Ils nous font dire qu'elle trouve une place institutionnelle de façon assez explicite dans les

¹⁶³page 30

¹⁶⁴ Une définition d'un imagiciel pourrait être: un logiciel permettant de produire à l'écran des images animées et interactives.

documents d'application des programmes.

Nous allons observer l'adéquation, les transformations voire les changements que l'enseignant, Matthieu, apporte à ce document de préparation de l'activité.

4.1.1 Les modifications et les adaptations de la situation

Lors de l'entretien ante, de la première séance, Matthieu ne reprend pas les objectifs identifiés dans la fiche d'accompagnement ; Il situe la séance par rapport à la suite de tâches que les élèves vont devoir réaliser. [lignes 267-270] ci-dessous.

« Pour aujourd'hui on va travailler de la même manière c'est-à-dire j'ai des groupes de trois sur toutes les machines. J'ai des consignes. Je t'en ai préparé une copie. Donc première partie c'est la consigne de départ j'ai repris le travail qui a déjà été fait. Tracer 2 points A et B construire le segment d'extrémités A et B. Déplace le point B pour que le segment ne soit ni vertical ni horizontal. »

Lorsque nous lui demandons ce qu'il voudrait qu'ils retiennent, il n'a pas identifié l'objectif principal qu'il remplace par « *un petit peu de recherche de l'économie* » et « *essayer de trouver des stratégies pour aller plus vite* », il a retenu qu'il y avait prétexte « *à utiliser le vocabulaire, les termes de géométrie* » et à construire le « *savoir-faire par rapport à la construction des segments des triangles* »¹⁶⁵

Lors de la deuxième séance, le savoir à reconnaître sera « *la notion de triangle isocèle* » et puis ceci « *il peut y avoir une prise de conscience ou ce sera plus intuitif de cette espèce d'axe de symétrie, de zone où les points... sont placés. Si on arrive là ça sera bien si on arrive à le définir qu'ils sont alignés c'est qu'on aura été rapide mais bon. Si on y arrive sur ce troisième sommet si les sommets sont alignés ce sera déjà bien* » où nous percevons l'idée de recherche même s'il n'arrive pas à la formuler.

4.2 Le dispositif de travail

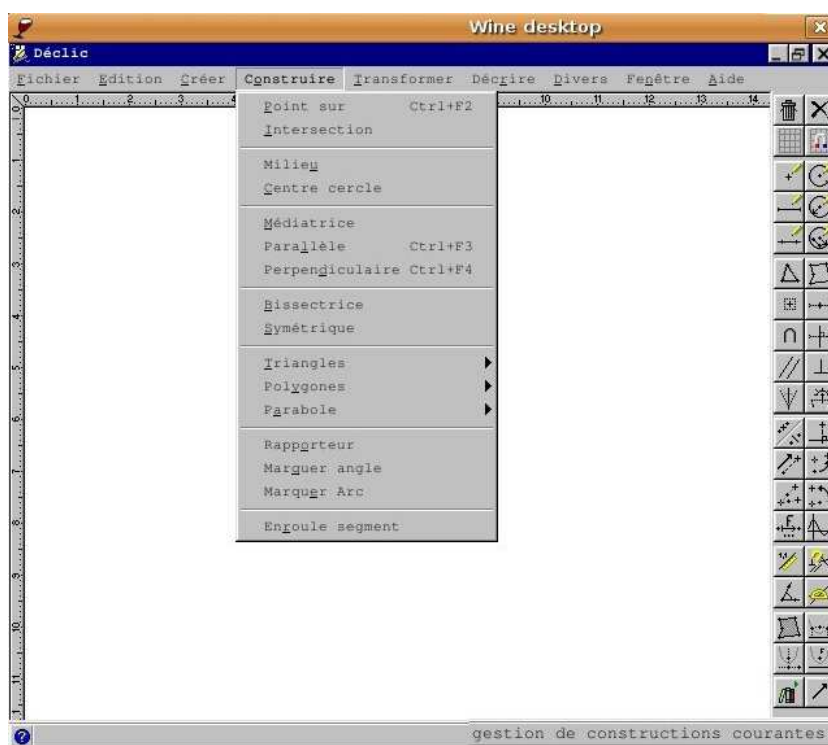
L'orchestration générale de l'activité est assez stable sur l'ensemble des séances. L'organisation change par rapport à l'activité "calcul". Les élèves sont répartis sur les cinq ordinateurs dont un groupe sur celui associé au T.B.I. (voir plan d'organisation de la salle dans séance calcul). Ce qui correspond, en raison des absences, à cinq groupes de trois élèves qui devront exécuter la même tâche. La salle n'étant pas en réseau, Matthieu utilise sa clé USB

165 Annexes Internes - Annexes Matthieu - Annexe 8 : lignes 286-292

pour récupérer les productions des différents groupes et les exploiter lors de la mise en commun sur le T.B.I.

4.2.1 Présentation générale de l'outil logiciel

Le logiciel utilisé dans ces séances est le logiciel “Décllic”. C'est un logiciel de géométrie dynamique gratuit. Il intègre une aide contextuelle et une documentation pour identifier toutes ses possibilités. Il répond aux



critères que nous pouvons attendre à l'école primaire, en particulier par sa fonction “historique”, fonctions sous forme d'icônes et de menus (voir copie d'écran ci-dessous), tous les objets géométriques de l'école primaire sont disponibles, les objets ou fonctions, hors programmes ou non nécessaires, peuvent être supprimés de façon très ergonomique, l'enseignant peut créer des “macro-primitives” pour construire un objet ou une fonction qui ne serait pas disponible directement. La fonction de nommer des points n'est pas implémentée automatiquement, ce qui est adapté aux connaissances des élèves ; nous reviendrons sur ce point par la suite.

4.2.2 Le potentiel adidactique du logiciel, les types de tâches, tâches et techniques associées.

Nous allons aborder les actions possibles de l'élève sur le milieu construit autour du

logiciel. Le potentiel de Déclic est équivalent à celui de Cabri pour ce qui concerne les classes de l'école primaire. Nous ne ferons pas une présentation spécifique du logiciel ; nous renvoyons pour cela aux travaux de recherche de LABORDE et CAPPONI (1994), ASSUDE et al. 1996, LABORDE (1996), ARGAUD (1998), ASSUDE (2002), GELIS & ASSUDE (2004, 2005, 2007), GRUGEON-ALLYS (2008) et les articles de l'EPI.

La tâche mathématique finale, celle qui sera mise en place lors de la cinquième séance, est de construire la conjecture « pour réaliser en cinq minutes le plus de triangles isocèles possibles il faut utiliser comme technique : Construire la droite perpendiculaire au milieu du côté fixé du triangle et placer les sommets sur cette droite avant de tracer les deux autres côtés. »

Pour arriver à ce stade les élèves vont être familiarisés avec les objets mathématiques en jeu à partir de la consigne suivante :

- Trace 2 points A et B.
- Construis le segment d'extrémités A et B.
- Déplace le point B pour que le segment ne soit ni horizontal ni vertical.
- Fixe les points A et B.
- Construis un triangle ABC.
- Construis un triangle ABD dont les côtés AD et BD sont superposables.

*Consigne 1 (écrite) première séance*¹⁹⁰

Ils y sont confrontés à plusieurs type de tâches : construire des points, construire un segment, déplacer des points, fixer des points, construire un triangle. Deux types de tâches sont spécifiques de l'environnement logiciel : déplacer un point et fixer des points.

La technique de tracé d'un segment est différente de celle utilisée dans l'environnement papier-crayon puisque l'outil "segment" prend en charge le tracé entre les deux points extrémités lorsqu'ils sont sélectionnés.

Les élèves ne connaissant pas l'outil "triangle", la technique de construction d'un triangle est similaire à celle de l'environnement papier-crayon : tracer les trois segments d'extrémités les sommets du triangle.

Sous Déclic, la dénomination de points n'est pas automatique, ce qui permet la construction de plusieurs points ayant le même nom. C'est le premier obstacle que vont rencontrer certains élèves. Chaque étape de la consigne pouvant être lue comme indépendante, la construction du [AB] n'obligera pas l'élève à utiliser les points A et B pour extrémités du [AB]. Cette situation traditionnellement étudiée dans une situation d'émission-réception¹⁶⁶ en fin de cycle

¹⁶⁶ FAVRAT JF 1992, *Tracés aux instruments et raisonnements géométriques quelques exemples de consignes*, Grand N n° 49, pp 11-35, IREM Grenoble.

d'observation permet de poser l'unicité des points A et B.

Nous allons voir en quoi le milieu logiciel n'induit pas les techniques à utiliser pour construire le triangle.

Si les outils disponibles n'ont pas été modifiés dans le menu, les élèves de CM disposent d'au moins deux techniques :

τ_1 : la construction d'un triangle par construction d'un clic de chacun des trois sommets

τ_2 : la construction de trois sommets suivie du tracé des trois segments côtés du triangle.

Pour la construction d'un triangle isocèle, le type de tâches T_{p1} correspondant à la construction des deux segments superposables est une connaissance construite au cycle des apprentissages fondamentaux dans l'environnement papier-crayon. Elle correspond à la comparaison de deux longueurs qui se fait par superposition¹⁶⁷, τ_{p1} , ou par la construction avec des gabarits d'un objet superposable¹⁶⁸ à un objet donné, τ_{p2} . Elle peut aussi se faire par mesurage. La construction de deux côtés isométriques d'un triangle relève du cycle des approfondissements comme une activité de recherche où les élèves peuvent découvrir la technique τ_{p4} de construction au compas.

Dans l'environnement logiciel Déclic pour un élève de CM on peut imaginer plusieurs techniques :

- deux qui comparent des longueurs :
 - τ_{11} construction de deux segments rayons d'un cercle (n'utilise pas la mesure)
 - τ_{12} construction d'un cercle défini par son centre et ayant comme rayon un segment préalablement construit.
- une qui utilise la mesure :
 - τ_{13} construire un segment, le mesurer puis déplacer une extrémité pour ajuster la mesure.

A ce niveau nous pouvons imaginer un niveau d'adidacticité qui favoriserait la construction de la relation entre mesure et grandeur.

La technique de traçage de deux côtés superposables d'un triangle isocèle la plus accessible aux élèves de CM est probablement τ_{13} , celle du mesurage. Cependant, alors que τ_{11} et τ_{12} sont voisines de celles pratiquées en environnement papier-crayon τ_{p2} ou τ_{p4} (l'usage du compas est remplacé par la construction d'un cercle -centre et écartement-), τ_{13} se différencie par le fait

167Document d'accompagnement des programmes, CNDP, 2003, p. 79

168Document d'accompagnement des programmes, CNDP, 2003, p. 68

que le point sommet principal potentiel est construit puis c'est par déplacement de ce point que s'ajustent les longueurs des côtés. Dans le cas d'un tracé en environnement "papier-crayon" l'élève doit mesurer les côtés isométriques en alternant successivement le mesurage des côtés. Le sommet principal est le résultat de ces ajustements successifs.

Le lien avec le mesurage parce qu'il est beaucoup pratiqué à l'école peut solliciter son utilisation dans un contexte nouveau où les élèves auront besoin d'être sécurisés sur des connaissances anciennes. Les triangles et la mesure d'un segment sont des connaissances étudiées au cycle des apprentissages fondamentaux, les notions d'alignement et de milieu d'un segment relèvent du cycle des approfondissements¹⁶⁹.

La deuxième partie de cette séquence géométrie est ancrée dans le cycle des approfondissements : « Si les compétences attendues en fin de cycle ne concernent que quelques figures et solides, les problèmes proposés portent sur d'autres objets : quadrilatères particuliers tels que le trapèze, le « cerf-volant », le parallélogramme ;¹⁷⁰ » De plus « le recours aux instruments vient valider les hypothèses faites sur des propriétés supposées [...], les quadrilatères particuliers figurant au programme sont reconnus à partir de propriétés relatives aux longueurs des côtés, au parallélisme ou à la perpendicularité¹⁷¹. » Ces deux activités s'inscrivent dans « des activités du domaine géométrique qui ne visent pas des connaissances formelles (définitions), mais des connaissances fonctionnelles » en conformité avec les programmes de 2002.

4.2.1 L'environnement "papier-crayon"

Il n'y a pas de travail en parallèle dans l'environnement "papier-crayon". Le travail sur la géométrie ne semble pas avoir commencé cette année et l'enseignant signifie lors de l'entretien ante de la première séance que cela viendra : « *qu'ils aient des savoirs faire par rapport à la construction des segments des triangles qu'on puisse peut-être faire un transfert sur "papier-crayon". Puisque là on démarre en informatique. Ça, ça nous servira dans la... dans tout ce qui nous reste à faire en géométrie.* »

Lors de la dernière séance observée, l'alternance entre l'environnement papier-crayon et l'environnement logiciel sera le déclencheur de la résolution. Cependant cela ne donne pas lieu à un passage effectif dans l'environnement papier-crayon.

169page 141 BO 2007

170ibidem

171Document d'application des programmes cycle 3 p. 32

4.3 Synopsis des séances :

Nous organisons le synopsis de ces séances à partir de deux voire trois moments : les phases de dévolution, les phases de mise en commun et les phases d'action lorsque localement elles permettent un éclairage spécifique sur nos critères d'analyse. Pour chacune d'elles nous établirons les évolutions dans les différents milieux.

Première séance, Premier épisode jusqu'à la quatrième minute

Matthieu présente les deux nouvelles connaissances instrumentales dont les élèves vont avoir besoin pour réaliser les tâches demandées et que tous ne connaissent pas, “fixer un point” et “colorier un objet”.

Il distribue la consigne écrite¹⁸⁷ à chaque groupe et les élèves se répartissent sur les cinq ordinateurs.

Première séance, Deuxième épisode jusqu'à la quinzième minute

Il observe les différents groupe et constate que des élèves construisent plusieurs points A et B. Il décide d'arrêter l'activité pour régler ce problème.

Surpris, il nous dit en aparté « *je ne m'attendais pas à ça !* » [619], il organise une mise en commun sous la forme d'un micro-contrat d'adhésion qui se termine par une reprise du contrôle de la situation en institutionnalisant le fait qu'il n'y a pas deux points qui portent le même nom ligne [631] de la transcription ci-après :

- *Matthieu : En géométrie, pourquoi on donne des noms aux points ?* [626]
- *Élève : Pour faire des segments* [627]
- *Élève : Pour les reconnaître.* [628]
- *Matthieu : Pour les reconnaître Alors est-ce qu'on peut avoir deux points A et deux points B ?* [629]
- *Élèves : Non ! Non !* [630]
- *Matthieu : Donc une fois que vous les avez faits on en met pas d'autres. Si on met d'autres points on leur donnera d'autres noms.* [631]

Après cette mise au point, il relance la recherche en la reprenant à partir de la première tâche, « *tout le monde a compris ? Je ne veux qu'un point A et un point B.* »

Première séance, Troisième épisode jusqu'à 37^e minute

Les élèves retournent sur les ordinateurs pour réaliser les consignes initiales.

Au bout de 7 minutes, à partir des productions, Matthieu constate que le mot “superposable” pose problème. Il propose « *Bon ben on va faire une réunion !* » 25:00

Mise en commun sur le T.B.I. des différentes productions pour une validation. [650]

L'observation des productions a pour but de faire expliciter le terme “superposable”. Matthieu

utilise les connaissances anciennes des élèves pour favoriser la compréhension du terme. La mise en commun de quatre productions permet d'arriver au sens et des formulations acceptables. La définition retenue de segments superposables sera "qui ont même mesure".

« Chacun retrouve son ordinateur et essaie d'avoir quelque chose... des segments superposables. » [706]

Première séance, Quatrième épisode jusqu'à 1h 15 min

Il s'agit d'une phase d'action des élèves pour construire les segments superposables, le type de tâche étant de construire des triangles isocèles.

Retour au T.B.I. pour validation avec un obstacle sur les noms des segments. Par ailleurs Matthieu a un problème matériel de clé USB.

[752] institutionnalisation de la nécessité d'être très attentif au texte de l'énoncé : *« Ceux qui ont bien réussi c'est ceux qui ont bien suivi la consigne. A un moment donné il y en avait qui l'avait plié + qui l'avait rangé qui jouaient avec + qui la lisait pas + la géométrie c'est ça il faut être très précis + un mot + comme superposable ça veut dire ce que ça veut dire. Quand je dis AD c'est pas AC, c'est pas BD c'est AD. Voilà on va arrêter là »*

Deuxième séance, Premier épisode jusqu'à la 12^e minute

Matthieu met en place le dispositif de travail dans l'environnement numérique. Les élèves doivent ouvrir le fichier qu'ils ont enregistré à la fin de la dernière séance. Un fichier a disparu ou a été détruit, sur la clé USB. Matthieu gère l'incident...

Il provoque un regroupement « j'ai une ou deux petites choses à vous dire avant de vous donner la consigne » et utilise l'affichage sur le T.B.I. pour rappeler le vocabulaire :

- *« les segments sont superposables, on pourrait les amener l'un sur l'autre, on peut aussi dire que ces deux côtés ont + »*
- *un élève : « de même longueur »*
- *« la même longueur, la même mesure d'accord ? + Est-ce que vous savez le nom que l'on donne à ces triangles qui ont deux côtés de même mesure, deux côtés superposables ? » + « Non ? + ça s'appelle des triangles isocèles »*
- *Onomatopée, « ..., Non, Ah oui !... »*
- *« Donc si je vous demande, pour aller plus vite, de tracer un triangle isocèle il faudra tracer un triangle qui aura... »*

Matthieu distribue la consigne, la commente (« justement vous allez tracer des triangles isocèles »), puis la lit. S'assure que tous ont leur consigne. Les élèves partent sur les ordinateurs.

Deuxième séance, deuxième épisode jusqu'à la 31 minute

Le travail sur les ordinateurs commence. Matthieu récupère un fichier pour le groupe qui l'a

perdu. Puis il passe d'un poste à l'autre, répond aux questions, ajuste localement la consigne (« *des points différents* » dans un groupe qui superpose les points). Il rappelle la consigne, « *j'ai demandé qu'ils soient ? (élève : isocèles) isocèles !...* »

Les productions font apparaître des triangles isocèles avec des sommets principaux différents d'un poste à l'autre. Matthieu s'en est aperçu et nous fait la remarque en passant. Il fait enregistrer les productions sur la clé USB puis donne, aux plus rapides, à construire un segment, dont les extrémités A et B sont fixées.

Deuxième séance, troisième épisode jusqu'à la 40^e minute

Nouveau regroupement pour valider les productions autour de la tâche : “construire les triangles isocèles ABC, ABD, ABE et ABF”.

Pour Matthieu il s'agit de mettre en évidence les différences entre les triangles isocèles. Tous les groupes ont eu leur production validée par la classe et l'enseignant.

Deuxième séance, quatrième épisode jusqu'à la 49^e minute

Phase de dévolution de l'activité suivante sous la forme d'un défi (les élèves semblent habitués à ce type d'attitude). Présentation des conditions d'utilisation des ordinateurs (fichier) et de la consigne qu'il lit et distribue : « *Essaie de construire en cinq minutes, le chronomètre va partir, le plus grand nombre possible de triangles isocèles ayant pour + euh + base, donc en se servant de A et de B. D'accord ? Vous leur donnerez aussi un nom ABC, ABD, ABE, ABF, etc (réactions inaudibles d'élèves). Au bout de cinq minutes ceux qui en auront le plus auront gagné.* »

Les élèves se répartissent sur les ordinateurs et réalisent la tâche demandée jusqu'au « *Top c'est fini, vous arrêtez. On enregistre. Stop, stop, stop ! Vous enregistrez je viens le chercher avec la clé.* » Cinq minutes se sont écoulées.

Deuxième séance, cinquième épisode jusqu'à la 60^e minute

Phase de présentation des productions (trois triangles maximum) et un constat « *vous voyez ce n'est pas facile !* », « *vous n'avez pas eu le temps de le faire.* » puis dédramatise la situation en ajoutant « *Je m'en doute !* ».

Matthieu organise alors le débat à partir de l'idée de défi : « *Est-ce qu'on n'aurait pas un moyen d'aller plus vite ? Est-ce qu'il n'y a pas des choses... En remarquant des choses peut-être ! Est-ce qu'on n'a pas des trucs pour aller plus vite ? [...] La prochaine fois on fera le concours mais il nous faudrait des choses.* » Il inscrit la situation dans la perspective de la prochaine séance, les élèves savent que l'enjeu va se prolonger.

Plusieurs propositions surgissent, de type instrumental (changement d'outil), de type mathématique (superposition de points), jusqu'à l'échange transcrit ci-après qui fait basculer la recherche vers « la droite » :

- Ee : « Maître je ne sais pas si ça marche mais pour les + si c'était une feuille ça
- Matthieu : Oui !
- On aurait pu mettre une règle comme ça et comme ça et comme ça le point qui est dedans on le met juste au milieu là où il y a la règle.

- | | |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> - Matthieu : Bon alors + (cherche autour de lui et trouve une grande barre de plus de 2m) - Ee : On relie D à C avec la règle comme - Matthieu : « je te prête une règle. Elle n'est pas trop droite. + Tu vas au tableau. Elle n'est pas trop droite mais qu'est-ce que tu veux faire d'une règle ? » - Matthieu : Vas-y, vas-y !... » - Ee : on peut relier D à C. Comme ça le milieu + on essaie de faire pile au milieu là... euh - Ey : Ou sinon / - Matthieu : Attends on relierait C à D. On peut le faire avec...euh... le logiciel. Tu ferais passer une ligne droite. Une ligne droite c'est ça. Ça ! | <p>Il désigne l'icône de la droite. Ee revient à sa place. Le “sherpa” clique sur l'icône.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Matthieu : Tu ferais passer une droite entre C, désigne bien le point C... et D. Clique ! <p>Matthieu régule une erreur de manipulation : Tu as été deux fois sur ????. Cliques sur Ok, Ok tu recommences. Appuies bien sur C... une fois et sur D une fois.</p> <p>Réaction d'élèves sous forme d'onomatopées à l'apparition de la droite.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Matthieu : donc si... |
|---|--|

Matthieu va substituer à la règle en bois l'outil “droite” du logiciel.

De problème de formulation en problème de clic, la droite quelconque apparaît pour quelques élèves comme la solution pour gagner le défi. Nous reviendrons sur le glissement qui se produit entre la proposition de Ee et la reconnaissance par le reste de la classe de « il y en a plein ».

Matthieu va exploiter l'enthousiasme de certains élèves « Ah ouai ! Ah ouai ! Ça marche trop ! » pour institutionnaliser la droite comme réponse au problème :

- | | |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> - Matthieu : « donc quand on en a deux après on a les autres facilement. Après il a fallu cinq minutes et le temps de tracer la droite. » - Ei : la prochaine fois on le fait ! moi... - Ej : moi aussi... - Matthieu : Bon chut ! On va couper. Ça on va l'enregistrer parce que c'est très intéressant. On va l'enregistrer là-dessus. Tiens mets le sur ma clé. Fichier enregistrer sous. On met son nom isoEm. On enregistre. Donc Ee a peut-être une idée. - Matthieu : Très bien alors la prochaine fois on | <p>pourra démarrer là-dessus.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Élèves en coeur : oui ! - Matthieu : encore faut-il arriver à tracer CD, mais une fois qu'on a CD... - Ek : on peut en faire... suivi d'un geste d'ampleur. - Matthieu : on peut en faire plein c'est ce que je vous demande. D'en faire le plus possible. Bon on verra prochaine séance on repartira de là. Avec un AB tout neuf. » |
|--|---|

Troisième et quatrième séance en notre absence¹⁷²

La consigne est la même, Matthieu a rappelé l'idée de Ee, les élèves tentent le défi pour faire le plus possible de triangles isocèles. Ils ne réussissent à en faire que quatre. Lors de la mise en commun Ee a une autre idée, « *Je sais comment il faut faire ! Il faut se servir des outils sur le bord* », Matthieu va les laisser explorer. Les élèves trouvent les outils pour construire le milieu, la médiatrice du segment. Il introduit « point sur » pour leur simplifier la construction. La séance se termine sur l'idée que la prochaine séance permettra d'en faire beaucoup plus.

Dernière séance :

La consigne est la même et Matthieu écrit « *Aucun rappel car tout le monde est sûr de son coup...* »

Pendant le premier essai deux groupes ont utilisé la médiatrice de [AB], deux groupes ont utilisé une droite qui passe par le milieu et un groupe une droite sécante à [AB]. Ceux qui ont le plus de triangles sont ceux qui utilisent la médiatrice et lors de la mise en commun c'est la technique qui est reconnue comme experte. Réinvestissement dans un nouveau défi où les vainqueurs construiront 13 triangles isocèles.

Nous n'avons pas de trace d'une institutionnalisation.

4.1 Analyse a posteriori de la séquence d'apprentissage

Comme nous l'avons fait pour la séquence de calcul mental, nous situons maintenant l'activité de la classe par rapport aux trois critères présentés dans le cadre théorique, l'intégration instrumentale, l'intégration praxéologique, les contrats en jeu puis nous observerons les liens avec deux contrats particuliers, la dévolution et l'institutionnalisation.

4.1.1 L'intégration instrumentale

4.1.1.1 Le mode d'intégration :

La séquence géométrie a commencé par une initiation instrumentale à laquelle nous n'avons pas assisté. Matthieu raconte dans l'entretien ante la première séance ce qui s'y est passé.

172 Compte-rendu réalisé par Matthieu Annexes internes - Annexes matthieu - Annexe 5 -

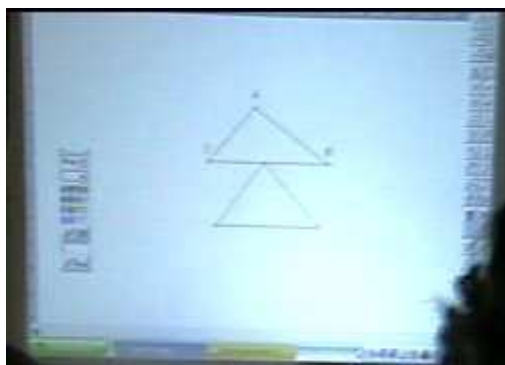
Entretien Ante Post de Matthieu [235] : - « On a observé la présentation, la fenêtre qui se présente à l'écran quand on ouvre Déclic. On a vu que l'on pouvait tracer. Donc on a vu qu'on pouvait tracer, donc on a tracé des points, tracé des segments, nommé des points et mesuré des segments + et les déplacer pour les allonger voilà.

*A partir de là je leur ai donné un petit travail dirigé. Ils étaient censés tracer un segment $[AB]$ de 12 cm. Ça, ça n'a pas posé problème. Il y sont arrivés facilement + et tracer un triangle CDE dont les côtés mesurent 5 cm, 7cm et 11 cm. **Les groupes** avaient des dimensions différentes et bon là il y a eu problème pour ajuster le troisième point.*

[...]Voilà donc on a appris à enregistrer sur ma clef et à mettre sur l'ordinateur pour pouvoir comparer. Chaque groupe dans la mise en commun avait présenté ses difficultés et c'est toujours cela qui est revenu. »

C'est la première fois qu'il parle d'une activité de travail en groupe. Pendant la première séance (observée), Matthieu propose une nouvelle initiation instrumentale : il s'est aperçu que ni les élèves ni lui ne connaissaient “fixer point” qui est dans la consigne. Il n'a pas trop exploré le logiciel puisqu'il dit à propos d'un groupe « *il y en a sans le faire exprès ont fait un segment mauve. Je me demande comment ils ont fait.* » Il profite du moment pour nous interroger.

La fin de la consigne qui porte sur “segments superposables” interroge les élèves sur la connaissance mathématique qui est désignée derrière ce mot “superposable”.



Superposition Matthieu 1

En fait, un groupe d'élèves interprète superposable comme « *un au dessus de l'autre* », comme des lits.

Un élève suggère « *quand on les plie ils sont l'un sur*

l'autre » Matthieu joue avec ça : *si on pliait l'écran (rires élèves). Il faudrait un calque vous pouvez en avoir un calque, le faire glisser pour le mettre dessus ?* La situation pouvait favoriser la recherche de sens de superposable dans ce nouvel espace contraint par le logiciel, ce que ASSUDE caractérise comme un renforcement instrumental. Il n'en sera rien. Matthieu utilise l'élève qui a suggéré dans son groupe qu'ils pouvaient mesurer pour savoir s'ils étaient superposables. Matthieu reprend « *superposables ça veut dire qu'ils sont exactement de la même mesure pour les poser un sur l'autre* » la définition est posée les élèves vont l'utiliser.

Les dernières séances laissent penser qu'il y a eu interaction entre les connaissances mathématiques et les connaissances instrumentales dans la réalisation de la tâche, ce qui est caractérisé comme une symbiose instrumentale par ASSUDE.

Sans observation directe qui nous permette de l'affirmer nous pouvons tout de même nous

appuyer sur le fait que Matthieu répète lors d'un entretien qu'il faudra plusieurs retours sur les ordinateurs avant que chaque groupe utilise la perpendiculaire au milieu du segment.

4.1.1.2 Gestion de la transparence :

Les objets de la situation étant suffisamment identifiables dans la description de son déroulement, Matthieu a anticipé presque toutes les propositions des élèves.

Cependant, lorsqu'un élève propose de construire un triangle directement (il a dû explorer les menus et trouver dans le menu construire "Triangles 3 points") Matthieu lui répond « *je ne pense pas qu'on aille plus vite et comme on part du segment AB on n'a qu'un point à joindre aux deux existants A et B* ». Cette réponse n'est pas satisfaisante puisque cette technique économise au moins deux clics et qu'il serait très difficile de l'évaluer. Elle aurait cependant pu être invalidée lors du mesurage des côtés. En effet la mesure réalisée par Déclic sur le triangle est la mesure de son périmètre. Ce qui constituerait une vraie invalidation de la technique et la mise en évidence que l'outil "mesure" est lui aussi un objet contextuel donc non transparent. Par ailleurs, la conception du triangle dans ce cas substitue à la construction avec 3 sommets et 3 côtés une construction qui n'utilise que les 3 sommets, le logiciel prenant en charge le traçage des côtés.

Dans l'entretien post séance Matthieu reconnaît que « *le seul problème qui me gêne un peu c'est que je le connais pas à 100%. Je le découvre en même temps. [...] C'est vrai qu'un logiciel c'est tellement complet, complexe, même pour imprimer, il faut le posséder quoi... Moi pour l'instant ça me gêne parce que j'ai pas assez de recul assez de temps pour le... des fois je suis embêté pour aider un gamin... apporter des réponses rapides aux gamins ce qui est gênant c'est de bidouiller devant eux. Et là on perd du temps on décroche et tout.* »

Enfin la séance a pu continuer avec le dictaphone¹⁷³ comme clé USB. Que ce serait-il passé sans cela ? Probablement aurait-elle été reportée au lendemain.

Matthieu est convaincu de sa difficulté à gérer toutes les questions que pourraient poser les élèves sur l'utilisation de Déclic. Mais la description de l'activité lui a permis d'anticiper presque toutes les techniques logicielles. Nous dirons qu'il fait un ajustement ponctuel à propos du triangle ou de la clé USB.

¹⁷³Matthieu a oublié sa clé USB

4.1.2 L'intégration praxéologique

4.1.2.1 Des techniques anciennes de l'environnement papier-crayon à l'environnement logiciel

Lors des différentes mises en commun des constructions réalisées dans chaque groupe, les techniques anciennes de mesurage, relativement stabilisées dans les classes précédentes, contribuent à créer des conditions d'interactions dans l'environnement logiciel.

Dans le troisième épisode de la première séance Matthieu organise la mise en commun pour donner du sens à « superposable ». A partir de la transcription ci-dessous nous allons étudier le passage d'une connaissance ancienne dans l'environnement papier-crayon à une connaissance nouvelle dans l'environnement numérique.

<p>[...]</p> <p>677. Matthieu : <i>Qu'est-ce qui est superposable ?</i></p> <p>678. Élève : <i>Ben les deux traits de triangle.</i></p> <p>679. Matthieu : <i>Les deux...</i></p> <p>680. Élève : <i>les deux segments du triangle</i></p> <p>681. Matthieu : <i>les deux segments. Quels segments ? Ils ont un nom. Ils ont un nom.</i></p> <p>682. Élève : <i>Eh ben AB</i></p> <p>683. Élèves : <i>non, non...</i></p> <p>684. Matthieu : <i>Non relis la consigne</i></p> <p>685. Élève : <i>Ah oui AD et BD</i></p> <p>686. Matthieu : <i>AD et BD, alors superposable ça veut dire quoi ?</i></p> <p>687. Élève : <i>ben qu'ils sont...</i></p> <p>688. Matthieu : <i>deux segments superposables</i></p> <p>689. Élève : <i>Ben quand on les plie ils sont l'un sur l'autre</i></p> <p>690. Matthieu : <i>si on pliait l'écran, on peut pas, une feuille on peut mettre l'un sur l'autre ouai + normalement il faudrait du papier calque. Je décalque AD, je décalque, je le dessine + et je fais glisser mon papier calque et je viens le superposer ça veut dire le poser dessus comme une (inaudible)</i></p> <p>691. Élève : <i>Au segment AB on aurait mis (inaudible)</i></p> <p>692. Matthieu : <i>ça veut dire quoi ça ? le segment superposable vous pouvez le faire vous ça ? avoir un calque, le faire glisser pour le mettre dessus ?</i></p> <p>693. Élève : <i>Oui,</i></p>	<p>694. Matthieu : <i>Là ?</i></p> <p>695. Élève : <i>non pas là</i></p> <p>696. Matthieu : <i>Vous pouvez plier l'écran pour voir s'ils sont superposables ?</i></p> <p>697. Élève : <i>non</i></p> <p>698. Matthieu : <i>ça veut dire qu'il y a autre chose pour + Il y a un synonyme. Par quoi on peut remplacer superposable dans la consigne ? [silence] Em il me semble que tu l'as dit dans ton groupe.</i></p> <p>699. Élève : <i>superposé</i></p> <p>700. Matthieu : <i>Non, non, elle a dit il faut que...</i></p> <p>701. Élève Em : <i>prendre les mesures</i></p> <p>702. Matthieu : <i>Il faut prendre les mesures</i></p> <p>703. Élève : <i>pour qu'ils fassent la même taille</i></p> <p>704. Matthieu : <i>Pour qu'ils fassent la même taille + voilà c'est ça superposable !</i></p> <p>705. Élève : <i>nous on voulait le faire mais on n'a pas réussi</i></p> <p>706. Matthieu : <i>superposable ça veut dire qu'ils sont exactement de la même mesure pour pouvoir les poser l'un sur l'autre</i></p> <p>707. Élève : <i>c'est ce qu'on a fait hier</i></p> <p>708. Matthieu : <i>j'aurais pu mettre dans la consigne : deux segments AB et BD de même mesure. Donc il y en a qui se sont un peu fait perdre avec ce mot superposable. Donc si avec un calque on en décalquait on pourrait le poser sur l'autre.</i></p>
--	---

Matthieu favorise un micro-contrat collectif d'adhésion pour faire passer les élèves de la définition de superposable à partir de la technique de comparaison de longueur, τ_{p1} , à celle de

comparaison de mesure, τ_{13} . En faisant cela il renforce la connaissance instrumentale : il est impossible de plier de l'écran et Déclic ne dispose pas de calque. Il ne sera pas possible d'utiliser la technique proposée par des élèves pour voir si deux segments sont superposables (« *quand on les plie ils sont l'un sur l'autre* »). Puis il s'appuie sur une proposition d'une élève « *il faut prendre les mesures* » pour donner la définition « *qu'ils sont exactement de la même mesure pour les poser un sur l'autre* ». Ici Matthieu a induit la mise en relation des techniques anciennes et des nouvelles.

Concernant les élèves, leur représentation assez forte de ce que signifie la mesure d'un segment, même si aucun n'a fait la remarque sur l'unité de mesure qui ne change pas quel que soit la taille de l'écran, facilite leur entrée dans l'activité de mesurage. Cette représentation ou la confiance dans le nombre les libère de la lecture qu'ils auraient eu à faire avec la règle graduée sur le segment tracé sur une feuille.

L'impossibilité de réussir, dans un temps donné, le défi avec leurs connaissances les oblige à changer de techniques. On reconnaît la fonction du temps qui crée un milieu matériel antagonique et contribue à rechercher d'autres techniques, dont la solution experte.

L'outil logiciel ne leur étant pas familier, la non maîtrise de la technique efficace n'apparaît pas comme un échec, il n'y aura pas d'attitude d'abandon. Les élèves font même référence à ce qui se serait passé si on avait une feuille de papier « *quand on les plie ils sont l'un sur l'autre...* » [679] ou « *Maître je ne sais pas si ça marche mais pour les... si c'était sur une feuille ça [Matthieu...] on aurait pu mettre une règle comme ça...* » [891], ils y imaginent des solutions possibles.

Sur l'ensemble des séances c'est dans la confrontation à l'impossibilité de résoudre le problème avec des techniques anciennes que Matthieu suggère l'usage de techniques logicielles.

4.1.2.1 Rapport entre la TAL et la TAM

Dans l'environnement logiciel, chaque sous-tâche prise isolément ne se différencie pas de la sous-tâche qui aurait pu être mise en place dans l'environnement papier-crayon. Ce qui va changer, c'est la possibilité de modifier ces essais, de les faire évoluer, ce que dit Matthieu lors de l'entretien suivant la deuxième séance : « *En imaginant un travail "papier-crayon", le fait qu'il bidouille sur Déclic c'est moins contraignant que de bidouiller avec une gomme "papier-crayon". Quand il aurait eu un pataouin sur une feuille c'est raté. C'est raté, là c'est*

pas tout à fait raté. [...] même pour eux il y a pas mal d'effets dans le groupe. [...] sur papier on déchire la feuille, on en prend une autre, c'est raté c'est raté + on en prend une autre et... tandis que là c'est raté, ça se voit, c'est pas sale, c'est clair [...] Le plus c'est qu'on peut le répéter... »

Cette possibilité d'évolution soulignée par Matthieu constitue une évolution sur le milieu objectif des élèves. Le milieu matériel se transforme avec les constructions de nouveaux triangles, le milieu objectif dans lequel il imagine ce qu'il peut faire à partir des outils, disponibles dans la barre d'icônes, se déplace vers l'observation des triangles isocèles qui s'affichent de plus en plus nombreux à l'écran.

C'est cette modification du milieu matériel qui peut favoriser la perception de l'alignement des sommets principaux. Ces éléments caractérisent des liens forts entre la tâche logicielle et la tâche mathématique.

4.1.3 Les contrats

Nous avons établi qu'il s'agissait d'une situation de recherche sur des connaissances nouvelles (la mise en relation entre la droite perpendiculaire au milieu d'un segment et l'ensemble des points équidistants des extrémités de ce segment, sans formulation). Nous dirons que le savoir engagé est donc nouveau.

Dans cette séquence nous observons une diversité des micro-contrats utilisés par l'enseignant. La mise en place de la situation initiale était censée favoriser la construction d'un milieu de connaissances stabilisées. La confrontation avec le milieu matériel, où l'environnement numérique occupe tout l'espace, conduit les élèves à engager leurs connaissances pour réaliser la tâche demandée.

Cette phase d'action est arrêtée pour provoquer une confrontation sur les productions réalisées. Cette phase de formulation pseudo-collective permet de rappeler qu'il y a unicité de dénomination d'un point ce que HERSANT caractérise comme un micro-contrat « d'adhésion »¹⁷⁴. En effet l'enseignant exploite la réaction d'un élève exprimant un désaccord pour faire formuler cette unicité¹⁷⁵.

Lorsque Matthieu provoque un regroupement pour préciser le sens de “superposable”, la

¹⁷⁴au sens de COMITI & GRENIER (1997)

¹⁷⁵Ici nous sommes tenté de parler d'un contrat d'ostension déguisée l'enseignant validant très vite cet savoir et le débat n'ayant plus lieu d'exister.

classe va être placée en situation de formulation de ce qui a été engagé dans la tâche « construire un triangle qui a deux côtés superposables ». L'explicitation des constructions des élèves les place en position de responsabilité sur cette connaissance.

Le premier groupe qui présente sa construction reprend les différentes étapes pour arriver au point clé que Matthieu interroge :

- *Matthieu : Alors le groupe ici (l'écran affiché sur le T.B.I. est celui que nous avons présenté "Superposable Matthieu 1")*
- *rires des élèves*
- *Matthieu : Qu'est-ce que vous avez fait ?*
- *Élève : On s'est trompé*
- *Matthieu : Ah ! je ne sais si vous vous êtes trompés. Vous avez travaillé. Qu'est-ce que vous avez essayé de faire ?*
- *Élève du groupe : On a essayé de superposer /*
- *Matthieu : Donc vous avez fait des triangles superposés. C'est ça ?*
- *Rires dans la classe.*
- *Matthieu : Il y en a qui ont fait autres choses.*
- *Élève : oui*
- *Matthieu : Je pense à ceux là et puis ceux là.*

Matthieu pour présenter les productions doit gérer les fichiers des différents groupes ce qui prend du temps. Puis il choisit la construction du groupe sur lequel il va organiser l'échange ci dessous :

<p>[...]</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. <i>Matthieu : Qu'est-ce qui est superposable ?</i> 2. <i>Élève : Ben les deux traits de triangle.</i> 3. <i>Matthieu : Les deux...</i> 4. <i>Élève : les deux segments du triangle</i> 5. <i>Matthieu : les deux segments. Quels segments ? Ils ont un nom. Ils ont un nom.</i> 6. <i>Élève : Eh ben AB</i> 7. <i>Élèves : non, non...</i> 8. <i>Matthieu : Non relis la consigne</i> 9. <i>Élève : Ah oui AD et BD</i> 10. <i>Matthieu : AD et BD, alors superposable ça veut dire quoi ?</i> 11. <i>Élève : ben qu'ils sont...</i> 12. <i>Matthieu : deux segments superposables</i> 13. <i>Élève : Ben quand on les plie ils sont l'un sur l'autre</i> 14. <i>Matthieu : si on pliait l'écran, on peut pas, une feuille on peut mettre l'un sur l'autre ouai + normalement il faudrait du papier calque. Je décalque AD, je décalque, je le dessine + et je fais glisser mon papier calque et je viens le superposer ça veut dire le poser dessus comme une (inaudible)</i> 15. <i>Élève : Au segment AB on aurait mis (inaudible)</i> 16. <i>Matthieu : ça veut dire quoi ça ? le segment superposable vous pouvez le faire vous ça ? avoir un calque, le faire glisser pour le mettre dessus ?</i> 17. <i>Élève : Oui,</i> 	<ol style="list-style-type: none"> 18. <i>Matthieu : Là ?</i> 19. <i>Élève : non pas là</i> 20. <i>Matthieu : Vous pouvez plier l'écran pour voir s'ils sont superposables ?</i> 21. <i>Élève : non</i> 22. <i>Matthieu : ça veut dire qu'il y a autre chose pour + Il y a un synonyme. Par quoi on peut remplacer superposable dans la consigne ? [silence] Em il me semble que tu l'as dit dans ton groupe.</i> 23. <i>Élève : superposé</i> 24. <i>Matthieu : Non, non, elle a dit il faut que...</i> 25. <i>Élève Em : prendre les mesures</i> 26. <i>Matthieu : Il faut prendre les mesures</i> 27. <i>Élève : pour qu'ils fassent la même taille</i> 28. <i>Matthieu : Pour qu'ils fassent la même taille + voilà c'est ça superposable !</i> 29. <i>Élève : nous on voulait le faire mais on n'a pas réussi</i> 30. <i>Matthieu : superposable ça veut dire qu'ils sont exactement de la même mesure pour pouvoir les poser l'un sur l'autre</i> 31. <i>Élève : c'est ce qu'on a fait hier</i> 32. <i>Matthieu : j'aurais pu mettre dans la consigne : deux segments AB et BD de même mesure. Donc il y en a qui se sont un peu fait perdre avec ce mot superposable. Donc si avec un calque on en décalquait on pourrait le poser sur l'autre.</i>
---	---

Il débute l'échange par des questions permettant de prendre des indices dans la figure construite. Il renvoie collectivement les élèves à la consigne pour invalider la production. Dans cette phase où il tente de construire une adhésion des élèves à ce que peut désigner “superposable”, un élève produit une rupture [ligne 689] qui va placer Matthieu en position de répondre à cette définition qui est plus rattachée au contexte papier-crayon que logiciel. COMITI, GRENIER, MARGOLINAS (1995, p.59) parlent de “résonance” qui caractérise une perturbation du projet du professeur créée par l'intervention d'un élève. Certaines interventions d'élèves ont une résonance forte avec le projet du professeur et conduisent à des écarts par rapport au déroulement prévu.

Dans une position où la maïeutique ne débouche pas, Matthieu va exploiter un échange qu'il a entendu dans un groupe [700] et dans un micro-contrat d'ostension déguisée [704] il pose la définition de “superposable”.

La deuxième séance commence par la mise en place du milieu objectif pour la situation suivante. Pour cela il organise un rappel de ce que sont deux segments superposables. Il tente

de faire nommer ce qu'est un triangle qui a deux côtés superposables, renonce et nomme le "triangle isocèle". Pendant le septième épisode il place les élèves en situation de construire les triangles isocèles ABC, ABD, ABE et ABF. L'épisode se termine sur la mise en commun des productions des élèves où Matthieu fait valider les différences de construction sur les côtés isométriques.

L'épisode huit correspond à la dévolution d'une situation de construction sous la forme d'un défi, défi où l'enjeu déclaré serait la maîtrise de l'outil pour pouvoir gagner.

Le neuvième épisode s'appuie sur les milieux construits dans chaque groupe, les triangles isocèles de base [AB]. La volonté de Matthieu est de poser le faible niveau de réussite¹⁷⁶ comme un problème général qui doit trouver une solution dans la recherche « *d'un moyen d'aller plus vite* ».

Matthieu garde le contrôle de la validation des propositions "pour aller plus vite". Il invalide sans mettre en jeu la proposition de changer d'instrument (outil triangle que nous avons évoqué au sujet de la transparence) ou de superposer les points. en revanche, lorsqu'une élève émet l'hypothèse de l'alignement des sommets principaux, alors il va mettre en place une présentation (l'élève "sherpa" réalisant ce que lui commande Matthieu) pour mettre en œuvre cette technique dans l'environnement logiciel et la retenir, comme une bonne idée de l'élève Ee, pour la prochaine séance.

Matthieu est partagé entre récupérer la responsabilité pour faire avancer la séance et favoriser la confrontation, ce qui place les élèves en position de responsabilité mais seulement lorsque la connaissance visée est présente. La responsabilité de la construction des savoirs correspond à ce que nous avons appelé "non partagée déguisée".

En qualifiant cette technique de « bonne idée » il maintient la situation comme antagonique pour réussir la tâche. Lors de la prochaine séance, elle ne fonctionnera que dans le cas particulier où cette droite sera en « position de médiatrice du côté de base ».

Sur l'ensemble de ces deux séances, nous pourrions situer Matthieu comme un enseignant utilisant plutôt des contrats de type ostension déguisée. La mise en place de situations à potentiel adidactique est abandonnée souvent pour des raisons de résonance, écourtée pour les mêmes raisons. Ces choix permettent à certains élèves de construire dans les situations

¹⁷⁶La tâche demandée « construire le plus grand nombre possible de triangles isocèles... pour gagner » n'induit pas la recherche d'en faire plus que ce qu'on fait les plus performants. C'est par effet de contrat que les élèves envisagent cette recherche.

proposées de nouvelles connaissances tandis que la plupart sera confrontée à une transmission directe du savoir. Ces trois derniers arguments nous font dire que parmi les contrats en jeu l'ostension déguisée est dominante.

4.1.1 Enjeux pour la dévolution et l'institutionnalisation

4.1.1.1 Les points d'appui pour réaliser la dévolution de la situation

On retrouve ici un élément déjà identifié à propos du calcul mental. Matthieu n'est pas très sûr des connaissances mathématiques des élèves de sa classe. Il en a conscience et il se demande si le vocabulaire utilisé dans les consignes sera compris.

Les hypothèses qu'il fait sur le déroulement montrent qu'il n'a pas une idée précise du déroulement dans le temps (il pense pouvoir terminer la séquence lors de la deuxième séance), pas plus que des obstacles que vont rencontrer les élèves (*« ils ne connaissent pas bien le logiciel donc on le découvre au fur et à mesure donc il risque d'y avoir des questions au fur et à mesure et... »*). Après la séance il en fera le bilan *« Ça a été un peu plus long que prévu parce qu'il y avait des moments où il fallait... quand j'avais les points dans tous les sens il fallait arrêter. C'est la logique le temps + c'est toujours comme ça ! On est parti sur plusieurs séances. »*

Cependant sa connaissance des pratiques des élèves dans l'utilisation des TICE montre qu'il identifie des points sensibles à gérer : *« Peut-être qu'on va avoir des gamins qui continuent à bidouiller [...] et le plus dur ça sera de les en sortir. C'est pas sûr que d'eux mêmes ils essaient de s'en sortir. Là c'est la grosse inconnue. »* La contrainte entre l'implication des élèves dans la résolution de la tâche et la gestion du groupe classe ne s'accorde pas d'une attitude que l'on pourrait assimiler à celle de l'exploration d'un jeu vidéo.

Les questions que se posent Matthieu sont des indicateurs de sa volonté de faire des mathématiques dans l'environnement numérique, d'obtenir un entrelacement entre TAM et TAL.

Nous reprenons les propos de Matthieu sur l'introduction de Déclic que nous avons utilisé à propos de l'environnement papier-crayon. Matthieu disait de son choix du logiciel que *« ça nous servira dans tout ce qui nous reste à faire en géométrie. »* Nous ne partageons pas les arguments de son choix *« il y a toute cette démarche un petit peu de recherche de*

l'économie » où il remplace “problème pour apprendre à chercher” par « *démarche de recherche d'économie* ».

Ce qui nous amène à dire que si son choix d'introduire Déclic est justifié pour favoriser la construction de connaissances de géométrie, les arguments en faveur de son choix ne nous semblent pas pertinents concernant la résolution de problèmes.

4.1.1.2 L'institutionnalisation réalisée et les environnements

Lors du premier entretien ante, Matthieu déclare qu'il souhaite que les techniques de construction des triangles soient stabilisées pour la suite de l'activité géométrique et qu'ils retiennent « *le vocabulaire, les termes de géométrie* », mais il n'évoque que « *triangle isocèle* ». Le deuxième point qu'il souhaite institutionnaliser il le formule comme : « *le même objectif qu'en calcul mental [...] trouver des stratégies pour aller plus vite* » dont nous trouvons la formulation en soit équivoque (la vitesse n'étant pas un objectif) et que nous interprétons comme apprendre à chercher des techniques et les argumenter.

Confronté à la contingence de la classe, Matthieu va réaliser plusieurs « initiations » du savoir. Elles constituent des éléments du milieu objectif des situations suivantes mais ne donnent pas lieu à un écrit mémoire de l'activité de la classe à défaut de celle des élèves.

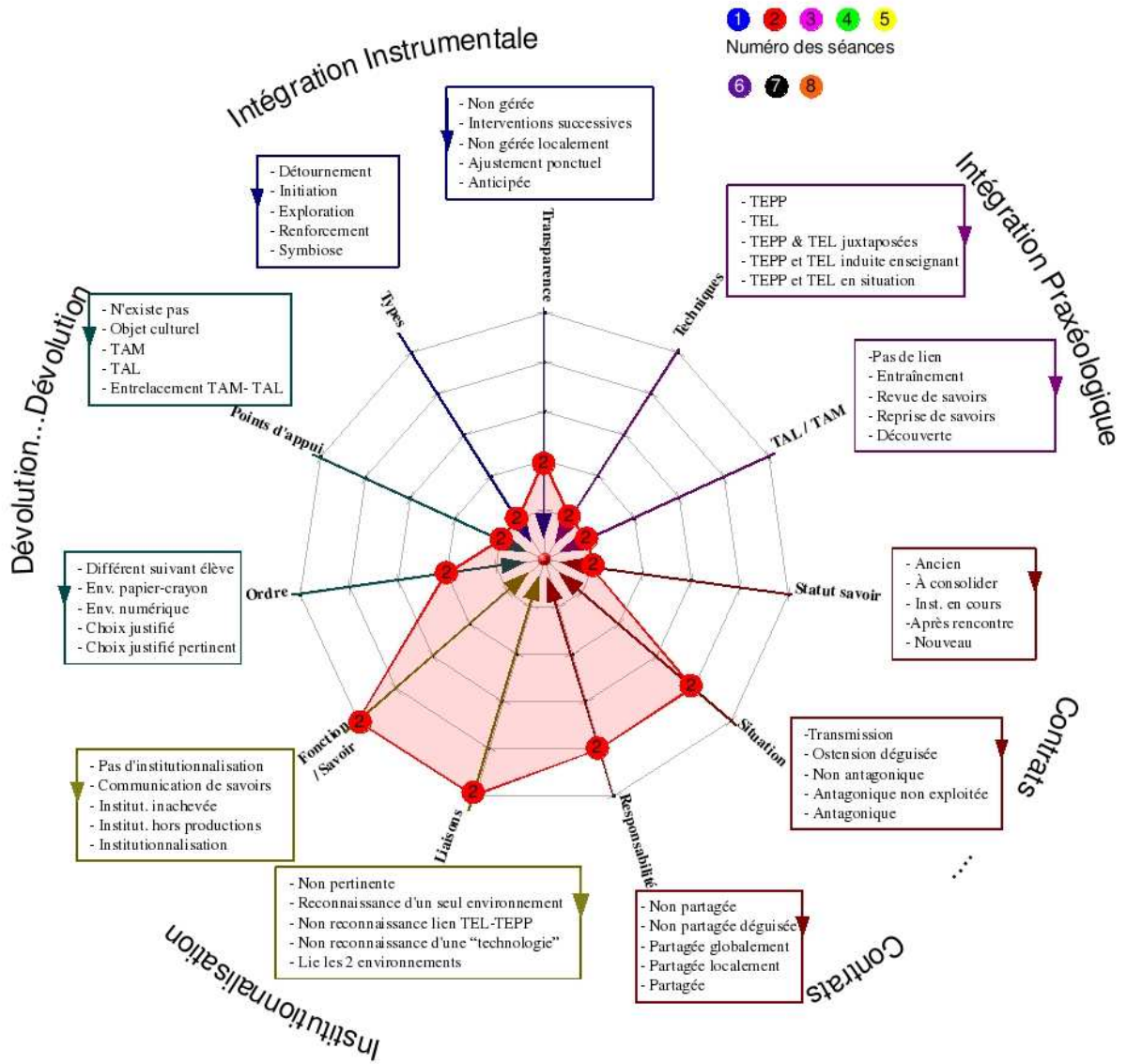
Lors des séances “Calculs” Matthieu utilisait le T.B.I. comme mémoire des descriptions des techniques des élèves, ici le T.B.I. est devenu l'outil qui permet la confrontation, la validation des productions des différents groupes. Il ne sert plus à mettre en mémoire les connaissances engagées.

Ce changement est d'autant plus remarquable que Matthieu a structuré les mises en commun pour exploiter le plus possible les productions des élèves et que l'activité se termine par une absence d'institutionnalisation¹⁷⁷.

Le transfert des fichiers, des ordinateurs vers l'ordinateur sur lequel est relié le T.B.I., nécessite une gestion qui demande beaucoup de temps et de manipulation ce qui constitue une contrainte difficile à gérer. Cela peut expliquer en partie que Matthieu n'exploitera pas toujours la totalité des productions.

Nous pouvons maintenant situer la séquence sur la “toile” par rapport à nos critères d'intégration des pratiques en environnement TICE.

¹⁷⁷Nous avons noté que lors de la séquence “Calcul” Matthieu n'utilisait pas les traces mémorisées sur le T.B.I. pour organiser le bilan de la séquence rédigé dans les cahiers des élèves.



Séquence "triangles isocèles"

4.2 Éléments d'apprentissage de l'enseignant Matthieu dans la séquence “triangles isocèles”

Nous reprenons ici les mêmes critères que lors de la séquence “calcul mental”.

4.2.1 Ce que dit Matthieu

Les entretiens post de ces deux séances montrent un glissement du discours de Matthieu vers les contenus mathématiques de l'activité et les techniques mises en jeu, comme si la situation prenait en charge et assumait la mise en œuvre, alors que dans l'action, lorsqu'un obstacle apparaît Matthieu régule par des mises en commun, non prévues dans le document “compte rendu d'activité”.

Après les deux premières séances, Matthieu trouve cette activité intéressante, alors qu'en environnement papier-crayon, la durée, trop longue¹⁷⁸, l'aurait fait renoncer à la mettre en place. Il trouve que « *le plus c'est qu'on peut répéter* », ce que nous exprimons par la possibilité pour l'élève de faire évoluer ses techniques en fonction des rétroactions du milieu objectif. Ceci n'est pas spécifique de l'environnement numérique mais plutôt du type de situation.

Ces éléments situent l'importance qu'il accorde à l'environnement numérique pour créer les conditions d'une dévolution aux élèves de la mise en jeu de la tâche mathématique.

4.2.2 Conditions et contraintes pour l'apprentissage de Matthieu dans cette séquence

Le fait que la fiche compte rendu d'activité situe la séquence après une phase d'initiation au logiciel ne permet pas de savoir s'il s'agit d'un changement de technique de mise en œuvre. En effet, comme pour le logiciel “calcul”, Matthieu découvre un outil instrumenté en cours de séance.

Nous faisons le constat que, conformément à notre hypothèse de fin de séquence “calcul”, la transparence des outils n'est pas prise en charge et nous pensons que c'est la situation “triangles isocèles” qui prend en charge l'intégration instrumentale sans que l'enseignant n'ait besoin de s'interroger sur celle-ci.

¹⁷⁸Il se rappelle, en marge de l'échange enregistré, la recherche de la construction d'un triangle dont on connaît la mesure des trois côtés et qui se terminait par vous faites comme ça, solution magique pour certains.

La gestion de la transparence, c'est-à-dire une action sur son M_p-Objectif, est facilement perceptible par l'acteur. Elle pourra faire l'objet d'une analyse lors de la préparation ultérieure d'une séance si l'enseignant les reconnaît implicitement comme proches.

Nous remarquerons aussi que conformément à son désir de voir les élèves plus actifs il a choisi une orchestration différente de celle de la séquence précédente, même si elle n'est pas simple à réaliser, ce qui donne encore plus d'importance à son choix. Mais, même si le descriptif permet de mettre en place la situation, Matthieu aurait pu choisir une adaptation qui ne respecterait pas autant les phases d'action des élèves. Pourtant, il ne changera pas globalement le type de situation. Nous sommes dans une succession de temps où le partage des responsabilités entre enseignant et élèves changera souvent de camp. Les moments de mise en commun sont l'occasion de nombreuses ruptures de contrat où l'enseignant reprend le contrôle de la validation. Les phases d'action correspondent à une pseudo-dévolution pour certains et une résolution d'une situation adidactique pour les plus experts.

Il est aussi remarquable que ce qui relève de ses choix personnels dans la gestion de la situation, c'est-à-dire ce qui n'est pas intégré dans la fiche de "compte rendu d'activité", l'induction du partage des responsabilités dans l'apprentissage et l'institutionnalisation sera géré de façon identique à la première séquence.

L'atteinte de l'objectif à partir d'un jeu de tâches et de techniques ne permet pas de questionner la gestion de la situation. Matthieu applique, découvre une séance fonctionnelle sans devoir en assumer les principaux choix.

Ce qui nous fait dire que l'enseignant s'est plongé, dans cette séance, à son niveau, dans un méso-contrat de pseudo-dévolution.

5 Introduction à l'analyse des séances de géométrie sur l'objet parallélogramme

Ici, nous reprenons la même méthodologie générale utilisée pour analyser les séances de calcul mental. Les trois séances suivantes se sont déroulées en mars, initialement prévues sur deux séances. L'activité est une activité de géométrie qui utilise le logiciel de géométrie dynamique, Déclic, utilisé plusieurs fois par les élèves. Ces séances sont une conception de l'enseignant qui s'appuie sur le modèle de la séquence « triangles isocèle ».

Nous rappelons ci-après le contenu disciplinaire des séances observées.

Séance 5	Séance 6	Séance 7
Problème de recherche géométrie en lien avec les parallélogrammes	Reprise de la situation une semaine après	Conclusion de la situation.

6 Les séances “parallélogrammes”

Nous allons présenter les trois séances réunies autour de la situation “parallélogrammes”. Nous présenterons la situation point de départ de l'enseignant, les liens avec la situation « triangles isocèles » et une mise en relation avec les attentes institutionnelles. Après avoir établi une description du milieu matériel, les éléments de description du logiciel n'ayant pas fondamentalement changé, nous ajusterons au cours de la rédaction les points nécessaires au particularisme de l'environnement numérique rattaché au domaine mathématique.

Comme pour la séance précédente nous présenterons le synopsis et nous tenterons d'identifier des éléments d'auto-apprentissage.

6.1 Le milieu envisagé par l'enseignant

6.1.1 La situation : point de départ et objectif

Matthieu compare la situation à la séance triangles isocèles et pense avoir « *repris exactement le même schéma que l'on avait pris pour les triangles isocèles, non équilatéraux, là on va faire ça avec le parallélogramme. Pour essayer d'arriver aux notions de parallèles. Le défi se sera d'arriver à construire une vingtaine de parallélogrammes, ça peut + quand*

même avec des sécantes + ça doit être facile d'en faire beaucoup donc une vingtaine en 5 minutes. Voilà pour leur faire toucher du doigt la notion de parallèles et puis de quadrilatère, de "parallélité" et puis de parallélogramme. »

La notion de parallélogramme est revue dans une reconnaissance globale de la forme pour permettre à tous les élèves d'entrer dans la situation¹⁷⁹. Si nous percevons le projet de recherche d'une propriété des parallélogrammes qui permettrait de simplifier la tâche de construction, quel sens donner à « *leur faire toucher du doigt la notion de parallèles* » ? Nous voyons bien que l'approche de la notion n'est pas définie pour Matthieu et à notre question « *En fin de séance tu souhaites arriver à quoi comme notion retenue ?* » il confirme ce constat « *On part un peu à l'inconnu, je ne sais pas du tout comment ils vont réinvestir ce que l'on avait fait la dernière fois, il y a longtemps, mais ... ça a dû laisser des traces...* » Il n'a pas rédigé de consigne et de fiche de préparation, l'usage des TICE semble justifier le contexte.

6.2 Le dispositif de travail

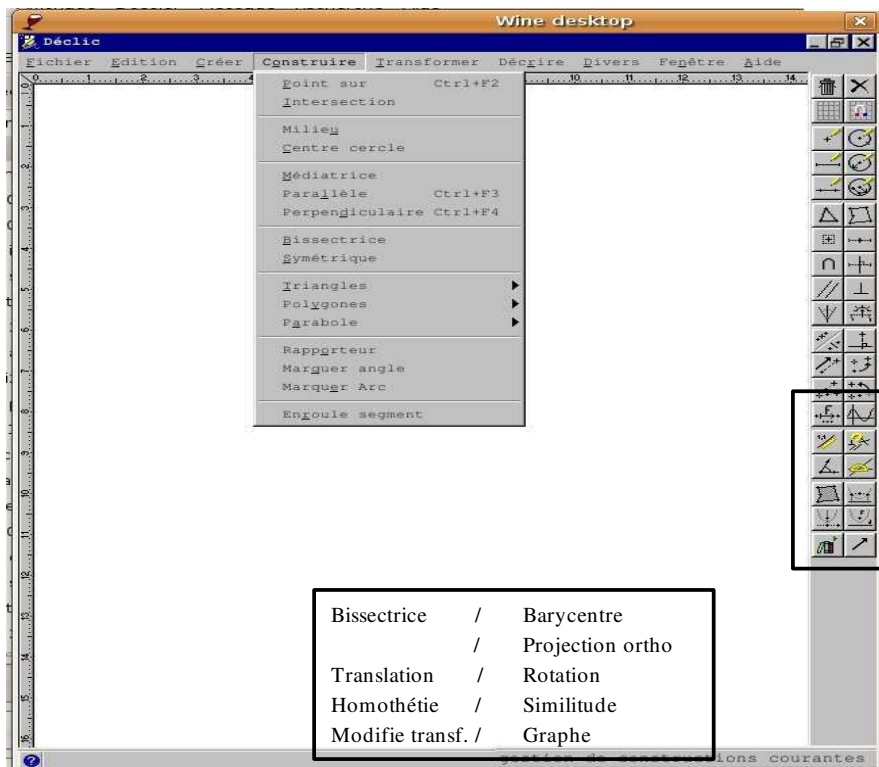
L'orchestration générale de l'activité est identique à celle de la séquence "triangles isocèles"¹⁸⁰. Les élèves sont répartis sur les cinq ordinateurs, dont un groupe sur l'ordinateur associé au T.B.I.

6.2.1 Présentation générale de l'outil logiciel :

Le logiciel utilisé dans ces séances est le logiciel "Déclic". Il faut cependant remarquer qu'alors que nous avons posé à Matthieu la question de la pertinence à maintenir tous les icônes dans la barre d'outils de Déclic, en particulier tous les objets géométriques ou fonctions qui ne sont pas utilisables à l'école primaire, Matthieu ne les a pas supprimés puisqu'il ne le fait pas dans le logiciel de traitement de texte. Il argumente que les élèves n'utilisent pas toutes les fonctions affichées dans les différentes barres d'outil et qu'ils apprennent à sélectionner ceux qui leur sont utiles.

179 « *c'est juste pour donner un nom donc une image du parallélogramme point pour lancer* »

180 Chapitre 4.2, p. 182



6.2.2 Le potentiel adidactique du logiciel, les types de tâches, tâches et techniques associées.

Le milieu potentiel du logiciel est le même que celui de la séquence précédente et pourtant la situation modifie les éléments du milieu objectif dans lequel les élèves vont agir sur le milieu matériel dont Déclic est un des éléments.

Comme dans la situation “triangle isocèle”, le milieu dans lequel est introduit le logiciel n'induit pas les techniques à utiliser pour construire “vingt parallélogrammes en cinq minutes”.

Si les outils disponibles n'ont pas été modifiés dans le menu, les élèves de CM disposent de plusieurs techniques pour construire un parallélogramme :

- τ_5 : L'utilisation du carré comme un parallélogramme particulier aurait pu être réalisé par un élève expert. Ce qui conduirait à un ajustement de la consigne.
- τ_6 : La construction d'un parallélogramme comme objet disponible dans le menu « construire polygones ». Cette construction par défaut nécessite la construction de 3 sommets si l'on nomme ce parallélogramme ABCD si A et B sont les deux premiers points construits alors D est le troisième point à identifier. Cette construction correspond à une

construction vectorielle du parallélogramme sans lien avec la construction que peut en faire un élève de l'école primaire en environnement papier-crayon. Mais l'enseignant peut dans le menu « préférence », instaurer une construction d'une suite de points conforme à la suite de dénomination des sommets ABCD.

- τ_{17} : La construction voisine qui utilise une construction vectorielle, la translation. Elle définit le quatrième point comme l'origine du représentant vectoriel dont il a été donné l'extrémité et les extrémités du vecteur de translation. Ce changement conduit à un rapprochement avec une technique papier-crayon puisque la construction des sommets se fait dans le même sens que leur lecture.
- τ_{18} : Une construction par construction d'un quadrilatère (“polygone ayant quatre côtés” : le menu dispose d'un outil pour construire des polygones suivant leur nombre de côtés) puis par mesurage. Cette instrumentalisation suppose d'avoir implicitement la connaissance de la propriété « deux côtés parallèles et de même mesure ». Une technique moins experte du point de vue de la connaissance du logiciel consisterait à construire les sommets puis les côtés du quadrilatère. Des élèves ayant expérimenté la construction d'un triangle par le menu triangle ne seront pas tentés de l'utiliser puisque le mesurage des côtés n'est pas disponible.
- τ_{19} : Une construction utilisant deux droites sécantes et deux droites respectivement parallèles à chacune d'entre elles.
- τ_{10} : Une construction utilisant une variante de l'utilisation des droites parallèles consistant à tracer deux parallèles et tracer deux segments de même mesure ayant une extrémité sur chacune des deux droites.
- τ_{11} : Enfin l'utilisation de la grille maillée aimantée permet de gérer direction et mesure en se rattachant à une technique ancienne, le tracé sur feuille quadrillée, qu'un élève du cycle des apprentissages fondamentaux a expérimentée plusieurs fois.

Lorsque les élèves ont fait des choix de constructions, la validation est possible sous plusieurs formes :

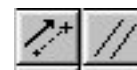
- par la mesure des côtés
- par la reconnaissance du parallélisme (le logiciel dispose d'une reconnaissance des propriétés de “direction” : parallèles, sécants, perpendiculaires pour des droites ou des segments)

- par le croisement “parallélisme et mesure”
- par la reconnaissance directe du type de quadrilatères à partir des sommets.

Quelles sont les connaissances dont disposent les élèves pour agir sur le milieu matériel ainsi créé ?

La technique, τ_{13} , mise en œuvre quatre mois plus tôt, pour la construction du triangle isocèle, induit la construction du quadrilatère comme une suite de segments dont il faut définir les mesures.

La résolution de la situation des triangles isocèles laisse penser que les élèves vont devoir chercher une solution hors mesurage. Le symbolisme des icônes est porteur de pistes pour les élèves qui ont une représentation de l'objet mathématique ; par exemple, on peut se demander quel est l'icône qui évoque le plus le parallélogramme parmi les deux icônes ci-contre.



L'icône parallèle est plus proche du trapèze que du parallélogramme, ce qui laisse penser que la translation sera privilégiée. La construction de deux droites parallèles suppose l'existence d'une première droite, si elle n'existe pas un message d'erreur va apparaître alors que l'utilisation de la translation construit les quatre sommets.

Le milieu matériel a été structuré par une présentation préalable des quadrilatères qui ont été reconnus globalement par leur forme et non pas par leurs propriétés. Le T.B.I. est alors utilisé pour construire un moment de rappel de connaissances en exploitant l'image grand format pour l'ensemble de la classe. Ce type de communication ne permet pas, comme sur une feuille individuelle que les élèves explorent, les formes avec les outils papier-crayon habituels, tracés, pliage, découpage,... les élèves passeront directement dans une reconnaissance verbale des formes.

A ce niveau nous pouvons, comme pour les triangles isocèles, imaginer un niveau d'adidacticité qui favoriserait la construction de la relation entre mesure et parallélisme : Dans la recherche d'une solution au défi, les élèves n'ont pas le temps de réaliser autant de parallélogrammes en utilisant la mesure des côtés, les observations montrent qu'ils en construisent au maximum une dizaine. Mais leur recherche fait émerger la conjecture qu'en traçant des droites parallèles ils peuvent arriver à réussir le défi.

Cette séquence géométrie est ancrée dans le cycle des approfondissements : « Si les compétences attendues en fin de cycle ne concernent que quelques figures et solides, les

problèmes proposés portent sur d'autres objets : quadrilatères particuliers tels que le trapèze, le « cerf- volant », le parallélogramme ;¹⁸¹» De plus « le recours aux instruments vient valider les hypothèses faites sur des propriétés supposées [...], les quadrilatères particuliers figurant au programme sont reconnus à partir de propriétés relatives aux longueurs des côtés, au parallélisme ou à la perpendicularité¹⁸². »

La conception de Matthieu s'inscrit dans « des activités du domaine géométrique qui ne visent pas des connaissances formelles (définitions), mais des connaissances fonctionnelles » en conformité avec les programmes de 2002.

Lors de la première séance le parallélogramme est présenté comme un quadrilatère particulier, le parallélisme a été étudié en CE2 et la construction des figures sous Déclic a été pratiquée à propos de la situation « triangles isocèles ». C'est donc après une première rencontre des savoirs ou des connaissances en jeu que prend place cette séquence.

6.2.1 L'environnement « papier-crayon »

Il n'y a pas de travail en parallèle dans l'environnement papier-crayon. Le travail sur la géométrie ne semble pas faire l'objet d'une attention particulièrement soutenue, ce qui est confirmé puisqu'ils « *n'ont pas particulièrement avancé en géométrie.[...] On a pratiquement rien fait, même rien fait* ». Une autre confirmation vient du fait que Matthieu est surpris par la méconnaissance du nom parallélogramme ce qui laisse penser que les formes géométriques ont été peu explorées. Mais ceci est en contradiction avec le fait qu'à la même époque, l'année scolaire suivant notre observation, la géométrie a été travaillée pendant un équivalent de quatre semaines dans la classe de Matthieu, ce qui correspond à ce que l'on peut observer dans la plupart des manuels de CM1.

Pourtant, pour faire avancer la tâche, Matthieu va faire appel à des images de l'environnement papier-crayon comme l'intersection de deux bandes de papier.

6.3 Synopsis des séances

Nous reprenons la présentation du synopsis avec les mêmes critères que dans la première séquence de géométrie. c'est-à-dire à partir de deux, voire trois moments : les phases de dévolution, les phases de mise en commun et les phases d'action lorsque localement elles permettent un éclairage spécifique sur nos critères d'analyse. Pour chacune d'elles nous

¹⁸¹ ibidem

¹⁸² Document d'application des programmes cycle 3 p. 32

établirons les évolutions dans les différents milieux.

Synopsis des séances 5 à 7

Séance 5, Épisode 1 jusqu'à la 9^e minute

Arrivés dans la salle, les élèves doivent allumer les ordinateurs « *ça nous fait gagner du temps* ». Puis ils sont regroupés devant le T.B.I. où sont affichés six polygones (2 trapèzes isocèles, un rectangle, un carré, un parallélogramme, un triangle et un hexagone). L'objectif semble être l'identification de propriétés spécifiques du parallélogramme en le différenciant des autres polygones. Les élèves sont sollicités pour reconnaître globalement les formes affichées, pour les nommer et pour formuler quelques propriétés. Pour Matthieu les trapèzes isocèles devraient permettre de rappeler aux élèves qu'ils ont étudié les triangles isocèles, triangles qui ont deux côtés de même mesure.

Les élèves reconnaissent dans l'ordre l'hexagone, le triangle, le rectangle et le carré. Matthieu demande de dire ce qu'ils ont de particulier, seul le nombre de côtés sera formulé. Le parallélogramme ne sera pas reconnu, une élève finira par se rappeler du mot par un jeu de devinette (voir ci-après) :

<ul style="list-style-type: none">- <i>Matthieu : « vous ne connaissez pas son nom ?</i>- <i>Élève : Losange !</i>- <i>Matthieu : Losange, Non ! ce n'est pas un losange.</i>- <i>Élève : C'est presque /</i>- <i>Matthieu : C'est vrai que ça peut devenir un losange à une condition qui n'est pas remplie là on s'en sert des fois pour dessiner il s'appelle... dis le ! mais dis le... non ?</i>- <i>Élève : C'est pour faire des toits de maisons</i>- <i>Matthieu : Qu'est-ce qu'elle a dit ?</i>- <i>Élève : Des toits de maison</i>- <i>Matthieu : Des toits de maison, ah je croyais qu'elle avait donné un nom. Non d'accord personne ne connaît son nom. Alors il s'appelle le pa +</i>- <i>Élèves : pa...</i>	<ul style="list-style-type: none">- <i>Élève : pavé</i>- <i>Matthieu : Pavé non !</i>- <i>Élève : le paraléllo +</i>- <i>Élève y : Le parallélo +</i>- <i>Élève x : gramme</i>- <i>Élève y : le parallélogramme.</i>- <i>Matthieu : Le parallélogramme ! Vous voyez que vous en savez des choses. Vous connaissez cette forme. Vous allez bien le repérer. Je vais vous mettre un petit défi. Parce qu'on va prendre Déclic et il faudra me fabriquer un maximum de parallélogrammes, il faudra regarder comment il est fait quand même, un maximum de parallélogrammes on dira vingt.</i>- <i>Onomatopées des élèves. »</i>- <i>Oui on est arrivé à faire 15 triangles !...</i>
---	--

Les élèves partent vers les ordinateurs pour réaliser la tâche.

Séance 5, Épisode 2 jusqu'à la 16^e minute

Les élèves ne posent pas de question sur le parallélogramme, ne semblent pas rechercher d'information supplémentaire sur le parallélogramme. Ils ne le pourraient pas, même s'ils l'avaient voulu, le groupe qui travaille sur le T.B.I passant sous Déclic. Ils travaillent en groupe sur les ordinateurs et Matthieu observe leurs techniques de construction des

parallélogrammes pendant les cinq minutes du défi.

Il récupère les productions sur la clé USB et la met sur le T.B.I.

Séance 5, Épisode 3 jusqu'à la 36^e minute

Mise en commun et validation des productions comme étant des parallélogrammes. En cours de validation de la construction des parallélogrammes du premier groupe émerge la question du comment sous la forme suivante :

<p><i>Matthieu : Est-ce qu'on les compte ces parallélogrammes ? Oui non.</i></p> <p><i>Élève : inaudible</i></p> <p><i>Matthieu : Tu ne sais pas ? Comment on pourrait savoir ?</i></p> <p><i>Élève : mesure</i></p> <p><i>Matthieu : En les mesurant ! et en les mesurant qu'est-ce qu'on devrait trouver ?</i></p> <p><i>Élèves : des côtés [inaudibles] égaux</i></p> <p><i>Matthieu : voilà des côtés égaux. Voilà tu nous fais apparaître la mesure sur tous les côtés.</i></p> <p><i>Élèves : Ils le sont pas tous.</i></p> <p><i>Matthieu : Attends on va voir.</i></p>
--

La validation par la mesure correspond à la reprise par l'enseignant de la proposition d'un élève. Elle est probablement à rattacher à l'évocation de la situation sur les triangles isocèles (épisode 1) où la validation est réalisée si les deux côtés construits ont même mesure.

Cette technique sera utilisée pour valider les productions de tous les groupes. Aucun groupe n'a réussi à construire vingt parallélogrammes.

Séance 5, Épisode 4 jusqu'à la 46^e minute

Nouvelle tentative de relever le défi.

Les élèves de CE2 attendent pour utiliser la salle, Matthieu va gérer le temps en ne réalisant pas la mise en commun des productions. Il demande de dire le nombre de parallélogrammes construits. Tous font le constat qu'ils n'en ont guère construit beaucoup plus qu'au premier essai.

Matthieu relance l'idée qu'il y a une méthode différente de celles déjà présentées. Un groupe d'élèves propose l'utilisation du quadrillage. Matthieu répète la proposition en direction de ceux qui sont autour de l'ordinateur « *Se servir d'un quadrillage, stop ! On ne le dit pas. On le fait la prochaine fois. Pensez à vous servir d'un quadrillage, parfait ! + Donc vous... vous pouvez fermer. Voilà une idée supplémentaire : se servir du quadrillage. Mais on n'est pas obligé de faire tous comme vous. »*

La séance se termine sur ce constat. Arrivé en classe, il n'en parlera pas.

Séance 6 , Épisode 1 jusqu'à la 14^e minute

Rappel pour le groupe de Ej : « *On est en mathématique ! On ne parle pas d'autre chose. »*

Matthieu s'adresse au groupe classe : « *que s'est il passé lors de la dernière séance ?* ». Ex : « *Il fallait construire vingt trap... parallélogrammes en cinq minutes* ». Bilan « *on n'a pas réussi* ».

Matthieu fait identifier la forme parallélogramme pour une élève absente lors de la séance précédente. Puis il va faire formuler les propriétés connues, de quelques élèves, pour faire avancer la résolution du défi.

<ul style="list-style-type: none"> - <i>Matthieu : Est-ce que quelqu'un pourrait me dire, après avoir travaillé une fois, ce qu'il a remarqué sur le parallélogramme. S'il a remarqué des choses et si on a remarqué des choses peut-être qu'on pourra aller plus vite dans le petit défi. Em ?</i> » - <i>Élève : Il y a deux côtés qui sont égaux.</i> - <i>Matthieu : Oui lesquels ?</i> - <i>Élève : Ceux du haut, celui du haut et celui du bas.</i> - <i>Matthieu : Celui du haut et celui du bas.</i> - <i>Élève : ils sont un quadrilatère</i> - <i>Matthieu : C'est un quadrilatère + donc il y a ?</i> - <i>Élève : Quatre côtés</i> - <i>Matthieu : Quatre côtés, celui du haut et celui du bas sont égaux c'est ça ?</i> - <i>Élève : Et celui de la gauche et de la droite aussi sont égaux.</i> - <i>Matthieu : Ah d'accord + oui + est-ce que vous avez remarqué autre chose ?</i> 	<ul style="list-style-type: none"> - <i>Élève : Ils sont parallèles</i> - <i>Matthieu : Qui c'est qui est parallèle ?</i> - <i>Élève : Eh ben les côtés !</i> - <i>Matthieu : Lesquels ?</i> - <i>Élève : Ceux du haut et du bas ils sont parallèles et de la droite et de la gauche</i> - <i>Matthieu : d'accord. Alors il y a quelques années quand je n'avais pas un ordinateur et un tableau je présentais le parallélogramme à mes élèves comme ça vous voyez ! C'est pas facile la notion de parallélogramme alors je leur disais vous découpez deux bandes de papier en suivant bien les carreaux du cahier du classeur et le parallélogramme je le faisais apparaître comme ça.</i> - <i>Élèves : Ah ouai ! (en cœur)</i> - <i>Élèves : C'est trop bien ! Ah ouai c'est trop...</i> - <i>Matthieu : Voilà...</i>
--	---

Matthieu lance le défi. Cinq minutes plus tard fin du défi. Matthieu récupère les fichiers sur la clé et regroupe les élèves pour la mise en commun.

Séance 6 , Épisode 2 jusqu'à la 30^e minute

Les cinq groupes vont présenter successivement sur le T.B.I. leurs constructions.

Le premier groupe a utilisé la grille, « *quadrillage* », « *ça aide à faire les lignes* ». Matthieu relève ce que dit un élève : cela aide « *à la mesure* ». Cette intervention n'aura pas d'effet sur la suite du débat tout au moins immédiatement.

Le deuxième groupe a utilisé le tracé d'une droite horizontale comme le groupe T.B.I. de la séance précédente. Leurs constructions utilisent des côtés parallèles à cette droite mais les mesures ne sont pas égales. La validation est réalisée par l'enseignant « *au coup d'œil, moi je vois qu'il n'est pas...* », les élèves, renforcés dans leur perception par ce qu'a dit Matthieu, vont dire que les côtés ne semblent pas de même mesure et les côtés non horizontaux ne semblent pas parallèles.

Le troisième groupe a utilisé le quadrillage. Matthieu fait expliciter la technique : « *vous m'avez dit on a posé les points sur les points du quadrillage. Quels points ? Les points du quadrillage vous pouvez pas montrer les points qui sont intéressants sur le quadrillage Em ?* » L'élève se déplace au tableau et montre les nœuds du quadrillage. Se met en place un échange que nous avons transcrit ci-dessous :

<ul style="list-style-type: none"> - <i>Matthieu : « Alors comment on pourrait les appeler ces points ?</i> - <i>Élève : Les angles droits</i> - <i>Matthieu : Là où il y a des angles droits, c'est les points d'intersection des lignes du quadrillage.</i> - <i>Élève : Oui mais si on met des points dessus</i> - <i>Matthieu : Alors il n'y a pas quelque chose pour poser dessus ?</i> - <i>Élève : Si !</i> - <i>Matthieu : Tu le connais Er ? Alors laissez la place à Er devant.</i> - <i>Élève : Il a qu'à finir celui-là !</i> - <i>Matthieu : Non non il va juste nous poser un point qu'on voit + Voilà "poser sur" est-ce que</i> 	<ul style="list-style-type: none"> <i>ça marche ?</i> - <i>Non pas trop</i> - <i>Non aïie ! ça ne marche pas + c'est une bonne idée le quadrillage mais apparemment ça ne marche pas. Donc ça vous a aidés à en faire quelques uns mais... Il me semble que voilà... studio par exemple est-ce que ça vous a vraiment aidé pour studio.</i> - <i>Élève : Non !</i> - <i>Matthieu : Dans la mesure où on ne peut pas "poser sur" c'est comme si on avait une page blanche. ça peut nous aider à nous repérer un petit peu mais je crois que le quadrillage il n'est pas très utile. »</i>
---	---

Ce qui constitue la conclusion sur le travail de ce groupe et par conséquent sur celui du premier.

Le quatrième groupe a réussi à faire sept parallélogrammes en utilisant l'outil "translation". Matthieu fait expliciter la technique pour les réaliser. Une élève explique en reprenant les étapes de construction :

<ul style="list-style-type: none"> - <i>Élève : nous déjà on a pris ça (l'icône translation)</i> <i>Matthieu l'arrête.</i> - <i>Matthieu : Alors c'est quoi ça ?</i> - <i>Élève : C'est... on fait un point là un point là /</i> - <i>Matthieu : Attends mets toi aux manettes tu nous en fait un comme ça on va voir. Tu lui laisses la place Ee. Tu te mets debout ou à la place de Em. Oui.</i> <i>Les élèves observent en silence le déroulement et Matthieu ne fait pas de commentaire.</i> - <i>Élève : T'as pas besoin de re-cliquer. (Il fait référence au fait que sous Déclic, le logiciel ne garde pas la mémoire du dernier outil sélectionné, il faut appuyer sur la touche "W"</i> 	<ul style="list-style-type: none"> <i>pour activer la dernière action.)</i> - <i>Matthieu : D'accord ! on mesure pour voir. (silence le temps du mesurage des côtés) Bon c'est rapide ! Apparemment il y a un outil magique /</i> - <i>Élève : Eh oui comment elle fait pour avoir en tout cas la même mesure.</i> - <i>Matthieu : ben oui parce que dans Déclic on avait vu que la dernière fois il y a des outils magiques. Des outils qui permettaient de gagner du temps. Moi si je pose ce défi c'est qu'il est possible. Vingt parallélogrammes en cinq minutes c'est possible. Bon apparemment le groupe Em a trouvé quelque chose qui est intéressant.</i>
---	--

Ce qui constitue la conclusion avant de passer au groupe suivant.

Le cinquième groupe en a réalisé neuf. La technique s'appuie sur une perception globale de la forme. Matthieu commente pour le groupe (et pour nous) le fait que c'est l'élève El qui a

tout fait, les autres n'y arrivant pas. « *Alors El comment fais-tu ? Parce que il n'y a qu'elle qui y arrive dans le groupe. On a essayé avec Ela c'est beaucoup plus long. Puis El a repris la manette parce qu'elle s'est dit y a que moi qui y arrive donc je ne laisse pas la place aux autres. C'est comme ça que ça c'est passé ?* »

Matthieu demande une démonstration à El. La démonstration n'aboutit pas, le parallélogramme n'est pas réussi dans un cri de soulagement de plusieurs élèves et “moins fort” de Matthieu.

En guise de conclusion, Matthieu adapte la consigne en demandant « *on ne va pas mesurer, on le fera après. Il me semble que l'histoire de mesurer, de faire comme ça... c'est trop long. On va essayer de voir s'il y a d'autres outils qui nous permettent d'aller plus vite comme la dernière fois.* »

Les élèves se mettent en place pour un nouveau défi.

Séance 6 , Épisode 3 jusqu'à la 45^e minute

Sur le T.B.I., le premier groupe présente ses constructions avec l'outil translation. Un autre groupe n'a pas su l'utiliser. Une élève de ce groupe vient faire un essai. Suit alors des interactions avec les autres élèves de la classe qui commentent ses actions pour arriver à une construction toujours “magique”.

Matthieu souligne la lenteur pour tracer les segments, « *on a bien tracé les sommets mais les segments* ». Il répète qu'il va falloir trouver un autre outil qui leur permettrait d'aller plus vite pour tracer. Un élève désigne l'icône de la translation parce qu'il a perçu qu'il y avait une ligne droite... il ne finira pas d'exposer ses raisons. Une élève désigne l'icône droite, les autres élèves contestent l'utilité. El désigne l'icône droites parallèles.

Matthieu arrête le groupe et organise une rupture dans l'activité : « *Alors écoutez ! Dernier petit travail que je vous demande. On va repartir sur les feuilles blanches. Attendez écoutez moi ! On oublie le défi. On oublie le chronomètre ! On va juste voir ce que fait cet outil. Vous prenez une page blanche et vous regardez ce que fait cet outil.* »

Les élèves vont explorer l'outil sur un milieu matériel constitué d'un écran vide de Déclic.

Séance 6 , Épisode 4 jusqu'à la 56^e minute

Les élèves répartis sur les ordinateurs font des essais. Matthieu fait des commentaires au fur et à mesure de ses observations en passant d'un groupe à l'autre.

L'activité de recherche du fonctionnement de l'outil va laisser les élèves dans une position d'incompréhension de ce fonctionnement.

L'aide qui s'affiche¹⁸³ dans le bas de la fenêtre de travail n'est pas lue par les élèves. Leur tentative s'apparente à l'exploration d'un jeu vidéo. Les rappels de Matthieu, « *il vous demande quelque chose l'avez-vous fait ?* » lorsque apparaît un message du logiciel n'y change rien. Les élèves tentent d'instrumentaliser un outil sans savoir ce qu'il permet de construire.

La gestion de la salle (les GS attendent) provoque une mise en commun accélérée. Cette mise en commun consistera à la présentation du travail du groupe qui semble s'approcher le plus de ce que Matthieu attend, un réseau de droites parallèles. Il demande à une élève qu'elle explique la technique qu'ils ont utilisée.

<ul style="list-style-type: none"> - Élève : <i>Au début on a cliqué sur les deux barres parallèles.</i> - Matthieu : <i>C'est pas des barres ! c'est des ?</i> - Élève : <i>Lignes ! Et puis ça nous a mis un petit mot que ça manquait de lignes. Alors...</i> - Matthieu : <i>Il manquait une ?</i> - Élèves : <i>droite</i> - Matthieu : <i>une droite, une ligne droite...</i> - Élève : <i>Et après on a cliqué sur ça (icône droite par deux points) et après on en a fait plein et après on les a fait comme ça. Pour donner (inaudible)</i> - Élève : <i>Et après on s'est dit que ça faisait comme vous quand vous mettez les deux feuilles.</i> - Matthieu : <i>Comme moi quand je mettais les deux feuilles ?</i> - Élève : <i>Y avait des + parallèles, + des parallélogrammes.</i> - Réactions d'élèves inaudibles - Matthieu : <i>alors est-ce qu'elles sont parallèles</i> 	<p><i>ces lignes ?</i></p> <p><i>Réactions inaudibles d'élèves</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Matthieu : <i>Si elles le sont ça fait combien de parallélogrammes ça ?</i> - Élèves : <i>Ouf ! je sais pas !</i> <i>... et réactions d'élèves inaudibles</i> - Matthieu : <i>On les compte !</i> - Élèves : <i>(bruits divers) 12</i> - Matthieu : <i>12</i> - Élèves : <i>13, y en a encore d'autres.</i> - Matthieu : <i>Bon écoutez on va arrêter là et la prochaine fois + si on arrive à faire au défi. D'accord ? Est-ce que vous avez tous enregistré et fermé ? On laisse la place aux GS.</i>
---	---

La séance est arrêtée avec la perspective, déclarée, de réussir la prochaine fois, sous entendu avec cette technique.

Séance 7, Épisode 1 jusqu'à la 12^e minute

La séance démarre sur un rappel de ce qui s'est passé lors de la séance précédente. L'invalidation de la mesure pour réussir le défi et la découverte d'un nouvel outil qui pourrait les aider à en faire vingt en cinq minutes. L'outil sert à « *tracer des droites parallèles* ».

Reprise du constat que les élèves ne savent pas se servir de l'outil. La découverte du fonctionnement de l'outil occupe les élèves qui vont tenter, au tableau, la construction en utilisant l'outil "parallèle" sans succès.

Séance 7, Épisode 2 jusqu'à la 19^e minute

¹⁸³Les élèves ont repéré cette aide lors des premières séances.

Matthieu change de stratégie. Il privilégie la compréhension de l'objet mathématique sous-jacent pour permettre l'usage de l'outil logiciel en s'appuyant sur l'environnement papier-crayon.

<p>1250. Matthieu : Alors stop ! je voudrais vous poser une question. (Il prend les deux bandes de papier)</p> <p>1251. Matthieu : J'ai deux bandes de papier. Les bords de cette bande on peut dire qu'ils sont ?</p> <p>1252. Élèves en cœur : parallèles.</p> <p>1253. Matthieu : parallèles + Les bords de celle-là ?</p> <p>1254. Élèves en cœur : parallèles.</p> <p>1255. Matthieu : Voilà. Quelle différence entre la jaune et la rose ?</p> <p>1256. Élèves : inaudibles</p> <p>1257. Matthieu : La jaune elle est plus...</p> <p>1258. Élève : fine</p> <p>1259. Matthieu : la jaune elle est plus fine donc ces deux lignes elles sont plus...</p> <p>1260. Élève : serrées</p> <p>1261. Matthieu : Plus serrées, plus rapprochées... il se déplace vers le TBI. Alors quand vous avez une ligne tracée, que vous voulez en tracer une autre. Vous avez le choix. Soit vous la voulez serrée comme la jaune. Soit vous la voulez plus écartée. Donc qu'est-ce qu'il a besoin l'outil parallèle ? De quoi il a besoin pour tracer la ligne, pour la mettre au bon endroit ?</p>	<p>1262. Élève : inaudible</p> <p>1263. Matthieu : Il a besoin de connaître ?</p> <p>1264. Élève : la largeur.</p> <p>1265. Matthieu : il a besoin de connaître la largeur, l'écartement en termes de parallèles. Alors c'est là qu'on lui pose un point.</p> <p>1266. S'adressant à l'élève au tableau : Tu vas poser un point. Tu as l'outil parallèles c'est bon. Pose un point.</p> <p>1267. Un élève répète.</p> <p>1268. Matthieu : Voilà ! Donc là on cherche à tracer la droite qui passe là et qui sera parallèle à qui ?</p> <p>1269. Élèves : ben à celle d'en haut !</p> <p>1270. Matthieu : Comment il le sait lui ?</p> <p>1271. Élève : eh ben il faut mesurer.</p> <p>1272. Matthieu : Il faut mesurer ?</p> <p>1273. Élèves en cœur : non !</p> <p>1274. Matthieu : Non ! c'est un outil automatique.</p> <p>1275. Élève : il faut tracer...</p> <p>1276. Élève : Il faut cliquer sur l'autre point.</p> <p>1277. Matthieu : il faut cliquer sur la droite simplement. Essaye.</p>
---	---

Deux élèves font la construction d'une parallèle sur le T.B.I. avant que Matthieu ne relance le défi.

Séance 7, Épisode 3 jusqu'à la 45^e minute

Matthieu arrête le défi au bout de cinq minutes.

Il procède à la mise en commun. Un groupe a commencé à construire les parallélogrammes avec l'outil translation puis a utilisé des droites pas toujours parallèles. Les quatre autres groupes ont utilisé les parallèles (un des groupes a subi un blocage de l'ordinateur).

La validation que propose Matthieu s'appuie sur la mesure des côtés, ce qui suppose le traçage des segments.

Matthieu va proposer d'observer et de dénombrer les parallélogrammes dans un document qu'il a réalisé, ce qui lui évite de tracer les points d'intersection des droites (sommets) et les segments (côtés des parallélogrammes).

Après une phase de désignation en les montrant sur l'écran il propose que les élèves les désignent par leur nom.

Le défi est déclaré réussi pour tous les groupes. La séance prend fin sur la mise en perspective : il faudra faire la même chose avec un papier et un crayon.

6.3.1 Analyse a posteriori de la séquence d'apprentissage

Cette séquence porte sur des connaissances qui doivent être construites « dans le cadre de résolution de problèmes »¹⁸⁴, en fin de cycle des approfondissements. Les élèves doivent savoir vérifier à l'aide de la règle et de l'équerre que deux droites sont parallèles, tracer à main levée ou avec des instruments une droite parallèle à une droite donnée. Après cette séquence Matthieu pense pouvoir « *faire un travail sur les polygones, la fiche d'identité des polygones ça, ça viendra dans un deuxième temps.* »

Les droites parallèles ont été rencontrées sans que nous puissions savoir avec quelle approche, droites qui ne se coupent pas ou droites dont la distance à l'autre est constante. Les élèves semblent utiliser une perception globale du parallélogramme.

6.3.2 L'intégration instrumentale

6.3.2.1 Le mode d'intégration :

La séquence démarre par l'utilisation du T.B.I. pour faire verbaliser les connaissances des élèves sur des polygones. Cette présentation s'apparente à un micro-contrat d'information où la maïeutique exclut la possibilité pour certains de formuler des connaissances personnelles sur les polygones présentés. Elle privilégie l'identification des polygones par le nombre de côtés ou par la reconnaissance globale, par la dénomination et éloigne la possibilité d'un recours aux instruments pour valider une propriété spécifique du polygone choisi.

La deuxième phase les élèves actifs recherchent des outils de Déclic qui permettent de construire « *le plus de parallélogrammes* ».

La suite des épisodes montre que les élèves vont passer d'une exploration à une autre à partir des mises en commun et des impossibilités de réussir la tâche demandée. Nous sommes donc dans une phase d'exploration instrumentale.

6.3.2.2 Gestion de la transparence :

Lors du premier défi pour construire le plus de parallélogrammes possibles en cinq minutes, un groupe d'élèves a utilisé la droite comme technique pour construire plusieurs segments rapidement en plaçant les points extrémités sur la droite. Cette technique sera invalidée lorsque les élèves voudront mesurer ces “segments potentiels” dont Déclic ne peut

184ibidem p.31

donner la mesure qu'après qu'ils ont été tracés (les points ne définissent pas des segments mais sont des objets de la droite, s'ils sont **sur** la droite).

Nous sommes confrontés ici à l'idée que les techniques logicielles sont immédiatement compréhensibles par l'utilisateur.

Dans la première séance la barre d'icônes va faire découvrir la possibilité d'afficher une trame maillée de carrés de 1cm de côté. A partir de l'expérience des points qui ne sont pas exactement sur la droite, Matthieu suggère que les élèves utilisent aussi “point sur” à propos de la grille maillée, mais la “trame maillée” n'est pas un objet et “point sur” ne peut pas être utilisé. Matthieu n'a pas une bonne connaissance de l'outil “point sur” ou “trame maillée” ou du logiciel ce qu'il reconnaît. La solution qui consistait à chercher des techniques en utilisant le quadrillage va être abandonné sans que la fonction “trame aimantée” n'ait été découverte.

Les mesures n'interviendront qu'après la première mise en commun dans l'épisode 3 où un élève lance l'idée que l'on peut mesurer pour savoir si ce sont des parallélogrammes, idée reprise par d'autres élèves et institutionnalisée par Matthieu (voir cadre épisode 3). À partir de ce moment la mesure est instrumentalisée pour la validation des propositions et ce pour l'ensemble de la séquence. Ce qui permettait de faire une rupture avec l'instrumentalisation de l'outil pour construire le sommet principal du triangle isocèle.

Lors du troisième épisode de la séance 6, le quatrième groupe d'élèves tente d'utiliser les “parallèles” pour construire le parallélogramme.

Reprenons l'échange lors de la mise en commun : « *au début on a cliqué sur les deux barres parallèles* », le seul objet qui ressemble aux “barres parallèles” de gymnastique c'est l'icône “parallèle” qui peut provoquer l'erreur : « Il n'y a pas de droite à proximité. Impossible de tracer une parallèle ».

Ces élèves pensent la technique de construction des parallèles comme magique. Lorsqu'ils construisent en environnement papier-crayon « la parallèle à... », ils ont le plus souvent une des deux droites qui est donnée. Les programmes sont conçus dans ce sens, les évaluations aussi.

Cette rupture entre le sens de l'objet mathématique et l'outil logiciel est aussi rencontrée par les élèves qui ont trouvé une ressemblance entre l'icône “translation” et les parallélogrammes. Lorsqu'un élève d'un autre groupe teste la technique, il va être perdu dans la localisation du quatrième point. Autant de moments où l'outil n'a pas été instrumentalisé et les ajustements successifs ne suffiront pas à leur donner du sens. Ce qui va à l'encontre de ça première idée

qui était qu'en conservant les menus par défaut de Déclic : « *c'est pas mal à la limite c'est une démarche on cherche autre chose que la mesure... à la limite ça peut m'aider même si ce n'est pas... parce que pour en faire autant en si peu de temps ce n'est pas la réponse*¹⁸⁵ ».

La non prise en compte de la non transparence de l'outil place les élèves et Matthieu dans une situation qui ne débouche pas. Et cela malgré sa connaissance de l'environnement informatique “transversal”, il n'a pas anticipé les obstacles créés par la spécificité de l'outil de géométrie dynamique et de la configuration retenue.

Dans l'épisode 2 de la séance 7, Matthieu va tenter de lier les techniques papier-crayon et logicielles :

Dans un premier temps [1250-1260], il essaie de faire comprendre à travers l'image des bords d'une bande la relation de parallélisme. Il prend pour exemple les deux bandes de papier qui ne sont pas de la même largeur. Ce modèle utilise la distance entre deux droites.

Dans un deuxième temps [1261-1265], il espère pouvoir faire dire aux élèves que si la distance de deux droites parallèles à une droite donnée n'est pas la même alors elles ne passent pas par le même point.

Il n'y a pas de mise en œuvre d'une technique pour favoriser une explicitation de l'objet mathématique sous-jacent. Cela aurait été possible à condition d'ajouter un autre épisode à la séance.

Matthieu revient au T.B.I. et utilise la personnalisation de l'ordinateur [1263] pour favoriser la transposition logicielle.

Dans un dernier temps [1265-1277], il donne de façon ostentatoire la technique de construction de la parallèle à une droite donnée passant par un point donné avec « Déclic ».

La distance entre les connaissances mathématiques et les connaissances instrumentales n'offre pas d'autres solutions que celle de donner la technique pour faire avancer la résolution du problème.

Lors de l'épisode 3 de la séance 7, l'institutionnalisation de l'outil mesure comme outil de validation empêche les élèves de découvrir l'outil “direction” qui permet d'identifier si deux droites sont parallèles, perpendiculaires ou simplement sécantes, n'est pas utilisé. Ce changement d'outil de validation aurait permis de valider la construction sans avoir à construire des objets supplémentaires.

La non gestion de la transparence des outils et des techniques logicielles conduit à des

¹⁸⁵il faut une certaine expertise dans la maîtrise du logiciel (touche de raccourci pour pouvoir le réaliser)

impasses dont Matthieu assume les conséquences pour cette séquence.

6.3.3 L'intégration praxéologique

6.3.3.1 Des techniques anciennes de l'environnement papier-crayon à l'environnement logiciel

La rupture entre la situation dans l'environnement logiciel et dans l'environnement papier-crayon est totale ; les élèves ne peuvent pas réinvestir des techniques papier-crayon de construction de parallélogramme de façon formelle puisque celles-ci n'ont pas à exister d'après les programmes. De plus, tous les élèves sont dans le même type de tâches, celui de l'environnement logiciel.

<ul style="list-style-type: none">- Élève : Au début on a cliqué sur les deux barres parallèles.- Matthieu : C'est pas des barres ! c'est des ?- Élève : Lignes ! Et puis ça nous a mis un petit mot que ça manquait de lignes. Alors...- Matthieu : Il manquait une ?- Élèves : droite- Matthieu : une droite, une ligne droite...- Élève : Et après on a cliqué sur ça (icône droite par deux points) et après on en a fait plein et après on les a fait comme ça. Pour donner (inaudible)- Élève : Et après on s'est dit que ça faisait comme vous quand vous mettez les deux feuilles.- Matthieu : Comme moi quand je mettais les deux feuilles ?- Élève : Y avait des + parallèles, + des parallélogrammes.- Réactions d'élèves inaudibles- Matthieu : alors est-ce qu'elles sont parallèles	<p>ces lignes ?</p> <p>Réactions inaudibles d'élèves</p> <ul style="list-style-type: none">- Matthieu : Si elles le sont ça fait combien de parallélogrammes ça ?- Élèves : Ouf ! je sais pas ! <p>... et réactions d'élèves inaudibles</p> <ul style="list-style-type: none">- Matthieu : On les compte !- Élèves : (bruits divers) 12- Matthieu : 12- Élèves : 13, y en a encore d'autres.- Matthieu : Bon écoutez on va arrêter là et la prochaine fois + si on arrive à faire au défi. D'accord ? Est-ce que vous avez tous enregistré et fermé ? On laisse la place aux GS.
--	---

Même lorsque Matthieu essaie d'induire un lien entre les techniques papier-crayon et logicielle il n'arrive pas à provoquer l'utilisation de la construction d'un réseau de droite parallèles. Lors de la mise en commun de l'épisode 3 il s'agit d'un réseau de droites "à peu près parallèles". Les élèves, de deux groupes sur cinq, justifient leur technique par le lien avec la présentation, de Matthieu, du parallélogramme comme intersection de deux bandes à bord parallèles (voir transcription "en gras" ci-dessus).

Nous considérons que les élèves resteront dans une utilisation des techniques logicielles sans s'appropriier vraiment les propositions d'aller vers des TEPP faites par Matthieu.

6.3.3.1 Rapport entre la TAL et la TAM :

La séquence démarre par la construction des éléments pour stabiliser le milieu de travail de la situation que vont rencontrer les élèves. L'utilisation du T.B.I. pour faire verbaliser les connaissances des élèves exclut la possibilité pour certains de formuler des connaissances personnelles sur les polygones présentés. Elle privilégie l'identification des polygones par le nombre de côtés ou par la reconnaissance globale, par la dénomination et éloigne la possibilité d'un recours aux instruments pour valider une propriété spécifique du polygone choisi.

Par la suite les différents épisodes montreront que la tâche logicielle a pris l'ascendant sur la tâche mathématique qui disparaîtra même au cours de l'épisode 2 de la séance 6 pour tenter de sortir les élèves de l'impasse constituée par la non compréhension de la technique et/ou de l'objet mathématique : “parallèle à...”.

C'est sous l'influence de la présentation de la construction de parallélogramme avec des bandes de papiers qu'émerge l'idée de droites parallèles, mais qui ne favorise pas la résolution du problème.

La tâche logicielle trop différente de la tâche mathématique ancienne ne permet pas de retrouver les savoirs déjà rencontrés et les élèves s'entraînent dans l'environnement logiciel à construire des parallélogrammes.

6.3.4 Les contrats

6.3.4.1 Le savoir engagé

Comme dans presque toutes les séances de Matthieu, l'activité des élèves commence par une phase de verbalisation des connaissances anciennes servant, par un micro-contrat de rappel, à favoriser la dévolution de la situation vers les élèves. Les premières mises en commun des techniques engagées par les élèves ne sont pas réinvesties sous la responsabilité de l'enseignant. L'impression de ne pas avancer, créée par les impasses dans lesquelles sont les groupes qui ne changent pas de techniques, provoque un changement de micro-contrat où Matthieu sélectionne la technique qui correspond à ses attentes, un micro-contrat d'ostension déguisée. L'objectif en est l'avancée dans la tâche.

A propos du rapport en tâche logicielle et tâche mathématique nous avons vu abordé la question de la distance entre elles. C'est ce qui nous semble conduire à la modification du type de contrat où Matthieu assume une certaine responsabilité dans les choix des techniques et leur validation pour faire bouger la situation et ne pas conduire les élèves à l'abandon.

Alors que l'objectif de Mathhieu est de provoquer une situation de recherche : « *là c'est vrai qu'il y a une approche qui met les enfants en recherche. Il y a l'objet ordinateur qui bien sûr les motive* ». Matthieu a participé à une animation pédagogique « *sur les problèmes pour chercher et c'est vrai que la démarche est la même. Donc pour la division je me suis inspiré de cette démarche. Et c'est vrai que c'est sympa + et les gamins s'habituent à ce genre de recherche où ils partent de rien ou de ce qu'ils savent.* » ne gère qu'un aspect des situations de recherche, celui du milieu ouvert à différentes techniques.

En créant un micro-contrat d'ostension déguisée dans les différentes phases de conclusion, Matthieu place certains élèves, les plus influencés par les effets de contrat, dans un méso-contrat d'entraînement et d'autres dans un méso-contrat de pseudo dévolution.

6.3.5 Enjeux pour la dévolution et l'institutionnalisation

6.3.5.1 Les points d'appui pour réaliser la dévolution de la situation

Alors que dans l'environnement papier-crayon, son expérience lui a permis de construire des repères pour organiser ses séances, Matthieu s'interroge sur les connaissances mathématiques des élèves de sa classe lorsqu'ils sont confrontés à l'environnement logiciel.

Malgré cela il engage les élèves dans des situations qui s'appuient entièrement sur des tâches logicielles nouvelles dans cette séquence originale puisqu'il l'a totalement conçue.

Il utilise l'image ludique voir magique, chez les élèves, de l'ordinateur, pour les placer devant un « nouveau défi » à réaliser avec le logiciel.

La tâche logicielle est ici très présente « 20 parallélogrammes en 5 minutes avec Déclic ». Elle constitue à la fois le fil conducteur et le but de la séquence.

Dans la séquence “triangles isocèles” il avait justifié son choix par rapport à la technique de construction du sommet principal qui ne pouvait pas être réalisé par tous les élèves et qui conduisait à donner la technique au compas¹⁸⁶.

Il argumente son choix par un commentaire général « *l'utilisation de l'outil informatique a*

186Entretien ante-post ligne 257-262

changé la manière d'introduire cette question... C'est sûr on n'est plus dans la description pure et dure et l'imitation et la reconstruction ». De plus il semble être convaincu que la situation permet de chercher « là on découvre on bidouille avec les limites de l'instrument... » et donc n'hésite pas dans son choix.

Ce d'autant plus qu'il vient de participer à une animation de circonscription où le conseiller pédagogique a travaillé sur les problèmes de recherche. Nous retrouvons ici l'influence externe des équipes de circonscription.

6.3.5.2 L'institutionnalisation réalisée et les environnements

Lors de ces trois séances il n'y aura pas de phase d'institutionnalisation.

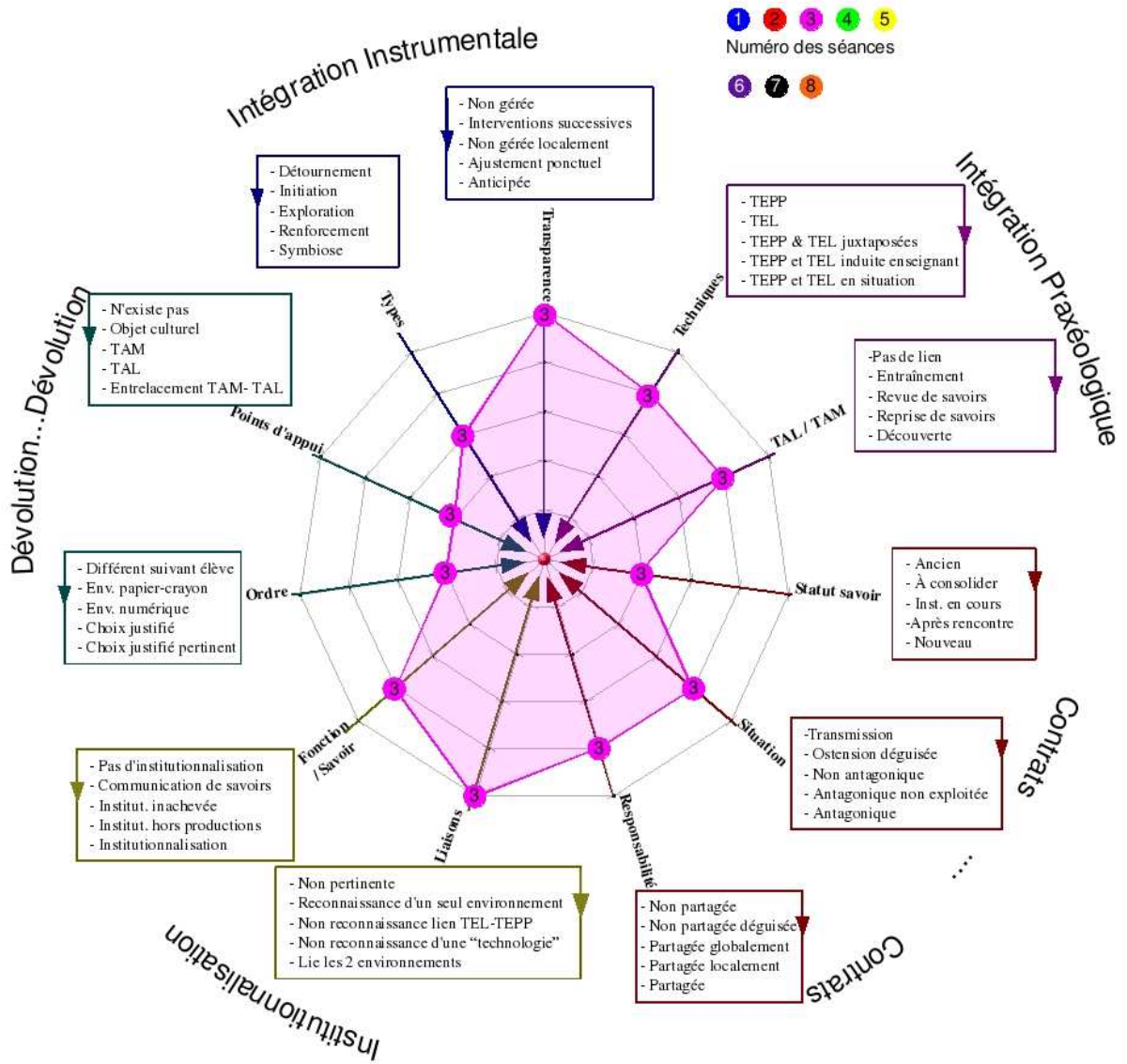
Cela est en cohérence avec le contenu de l'entretien d'après la dernière séance : « L'objectif est atteint. L'objectif c'était de manipuler l'ordinateur, l'outil Déclic pour arriver à tracer à coup sûr des parallèles et le prétexte c'était de tracer le parallélogramme. C'était qu'un prétexte. »

En complet décalage par rapport à sa déclaration avant la première de ses trois séances : « J'ai repris exactement le même schéma que l'on avait pris pour les triangles équilatéraux, non ! isocèles. Là on va faire ça avec le parallélogramme pour essayer d'arriver aux notions de parallèles. »

La situation ne permet pas de construire la connaissance comme une réponse à un problème sans intervention de l'enseignant, et les techniques instrumentales prennent le dessus sur les connaissances mathématiques. Mais ni les techniques instrumentales ni les techniques mathématiques ne seront institutionnalisées.

Matthieu exploitera un document construit où il a identifié les sommets de quelques parallélogrammes pour en nommer plus de vingt, la solution du défi.

Nous pouvons maintenant situer les critères d'intégration sur la toile de cette séquence.



6.4 Éléments d'apprentissage de l'enseignant Matthieu dans la séquence “parallélogramme”

Nous reprenons ici les mêmes critères que lors des séquences précédemment étudiées.

6.4.1 Ce que dit Matthieu

Après la dernière séance “parallélogrammes”, Matthieu dit à mi-mots qu'il a perdu du temps, même s'il dit que ce n'est pas du temps perdu... parce que « *on va passer au “papier-crayon” avec un acquis, un vécu.* » Mais lorsqu'il dit que « *l'objectif est atteint* », il parle de l'objectif qui « *était de manipuler l'ordinateur, l'outil Déclic pour arriver à tracer à coup sûr des parallèles et le prétexte c'était de tracer le parallélogramme. C'était qu'un prétexte.* »

Comme lors des entretiens post de la séquence “triangles isocèles” Matthieu s'est recentré sur les techniques logicielles et la tâche mathématique. Cette dernière est une situation d'entraînement à la construction de parallélogrammes avec des techniques logicielles alors qu'il avait imaginé, de façon non approfondie, que les élèves rencontreraient le parallélisme comme réponse au défi posé.

Parce qu'il est conscient d'un dysfonctionnement, son discours ressemble à une justification a posteriori, ce qui ne facilitera pas un retour sur ce qui s'est passé dans la séance.

6.4.2 Conditions et contraintes de l'apprentissage de Matthieu dans cette séquence

6.4.2.1 Du côté de l'intégration instrumentale

Dans cette séquence, la tâche logicielle n'étant pas suffisamment définie par rapport à la tâche mathématique, les élèves glissent dans une recherche des potentialités des outils instrumentés pour découvrir l'objet magique qui sera la solution pour réussir le défi posé par l'enseignant.

Il s'agit d'une vraie régression dans l'utilisation de l'outil puisque son exploration se fait dans un espace numérique où les élèves doivent tout interpréter, souvent sans pouvoir donner du sens à ce qu'ils voient.

Leurs actions sur leur milieu objectif (choix d'une icône puis clics au hasard d'une

interprétation de l'aide contextuelle) ne peut produire la plupart du temps que des rétroactions incompréhensibles pour les élèves.

Matthieu va tenter de donner du sens à l'utilisation de l'outil parallèle. Cette action sur son milieu objectif, M_P -Objectif, est une réponse aux rétroactions (« *ça marche pas* ») que lui renvoient les élèves pendant toute la séance 6. Pour ce faire, il met en place un micro contrat de formulation, abandonné au profit d'une transmission de la technique [séance 7 : épisode 2].

6.4.2.2 Du côté de la dimension praxéologique

Les connaissances engagées dans les différentes phases de la situation ne correspondent pas à celles de l'objectif initial : la reconnaissance des côtés parallèles comme un moyen efficace de construire des parallélogrammes rapidement, pour passer à la recherche de techniques de construction des parallélogrammes avec un outil qui permet de tracer des droites parallèles. C'est probablement ce décalage qui lui donne cette impression de perte de temps.

Ici les élèves n'utilisent plus que les techniques logicielles pour résoudre leur problème, leurs techniques dans l'environnement “papier-crayon” sont abandonnées même si elles avaient pu les aider à construire du sens. Matthieu n'a pas perçu, au moment de la conception, la relation qui existe entre la TAM et la TAL dans la situation “triangles isocèles” qu'il utilise comme “modèle”.

Nous sommes dans le milieu matériel de l'enseignant, M_P -Matériel, et il en fait au mieux le constat. Nous nous demandons si la difficulté à modifier le milieu objectif des élèves n'est pas perçue comme provoquant une perte d'action des élèves qui est un point important retenu par Matthieu.

6.4.2.3 Du côté des contrats

Nous retrouvons le constat réalisé à propos de la séquence des triangles isocèles : nous sommes dans une succession de temps où le partage des responsabilités entre enseignant et élèves changera souvent de camp. Les moments de mise en commun sont l'occasion de nombreuses ruptures de contrat où l'enseignant reprend le contrôle de la validation. Les phases d'action correspondent à une pseudo-dévolution pour certains et une résolution d'une situation adidactique pour les plus experts.

En faisant cela Matthieu agit sur son milieu objectif. Mais ses actions ne sont évaluables que

dans les séances ultérieures lorsque le réinvestissement des savoirs ne correspondra pas à ce qu'il pensait avoir institutionnalisé.

7 Introduction à l'analyse des séances « Organisation et représentation des données numériques »

Ici, nous reprenons la même méthodologie générale utilisée pour analyser les séances précédentes. Cette séquence s'est déroulée sur une unité de temps de 1 h 50 min, 40 min dans l'espace de la classe, 60 min dans la salle "informatique" et 10 min à nouveau dans la salle de classe. Ce déroulement exceptionnel résulte de la volonté de Matthieu de nous permettre d'observer ce qu'il voulait faire avec le tableur-grapheur et nos contraintes d'emploi du temps ; en effet, la dernière séance de géométrie n'était pas initialement prévue, ce qui a empêché l'observation de deux séances sur l'organisation et la représentation des données numériques. Nous avons hésité à utiliser cette séquence en raison du dispositif retenu et des tentatives de Matthieu pour savoir ce que nous attendions qu'il mette en place. Lors d'un moment de coordination au mois de mars Matthieu nous a explicitement demandé : « *Alors là ! c'est toi + J'attends des idées de ta part on en est là. Alors on en est à comment passer au tableur ?* » Notre réponse a été de ne pas fuir la question, de proposer « *une idée : une fois qu'on a un graphique on peut le faire évoluer en modifiant les données. C'est finalement l'interaction entre le tableur et le graphique qui permet de donner plus de sens au graphique [...] puisqu'on agit en direct.* » Nous concluons quelques minutes plus tard par une position lui renvoyant la responsabilité de structurer la séance à sa façon : « *je ne voudrais pas me mêler de comment + après tu vas décider de la mise en œuvre.* » Mais les nouveautés observées nous ont fait pencher pour une exploitation. En effet, il nous a semblé que Matthieu associait des ressources relevant d'une utilisation transversale, la dimension disciplinaire et pour la première fois un lien entre l'activité "papier-crayon" et l'environnement numérique.

8 La séance “données numériques”

Nous présenterons l'état des connaissances à partir des documents élèves que Matthieu a mis à notre disposition et d'un document « Lecture et [la] compréhension des graphiques¹⁸⁷ ». Ce dernier document a été réalisé et exploité par une PE1, lors d'un stage de quinze jours dans sa classe, dans le cadre de la préparation au concours de professeur des écoles. Nous présenterons la séquence en suivant la même démarche que pour les autres séquences avant de souligner des éléments pour l'analyse ultérieure des évolutions dans l'auto-apprentissage.

8.1 Le milieu envisagé par l'enseignant

8.1.1 La situation point de départ

Antérieurement à la séance observée, Matthieu a utilisé la gestion du budget des sorties scolaires pour introduire le tableau. Au mois de novembre, sous la responsabilité de Matthieu¹⁸⁸, l'étudiante PE1, a organisé et conduit une séance dont l'objectif était la lecture et l'interprétation des données présentées sous forme de graphiques ou de diagrammes. Elle a aussi construit une enquête sur les pratiques sportives de deux classes, CM1 et CM2, qui a conduit à la réalisation d'un graphique¹⁸⁹; nous n'avons pas de trace de ce qui a été institutionnalisé.

Parmi les représentations graphiques, distribuées aux élèves, figure une représentation dont le titre est “Diagramme en barres” avec le commentaire “Voici un autre type de graphique : un diagramme en barres”. Nous ne savons pas si les élèves ont établi une différence entre les deux objets : diagramme et graphique. Les exemples choisis sont une représentation des graphiques tels qu'ils sont construits dans un grapheur associé à un tableur ; nous reviendrons sur ce point à propos des attentes institutionnelles¹⁹⁰. Les catégories de diagrammes ou

187Titre des deux feuilles A4 recto-verso distribuées aux élèves de la classe comme support d'activité de la première séance de 50 min réalisée au mois de novembre. Annexes internes – Annexes Matthieu - Annexe 3 -

188Matthieu a accueilli ponctuellement cette étudiante mais il n'est pas maître formateur.

189Annexes internes – Annexes Matthieu - Annexe 4-

190Non comme des choix structurés par des critères quantitatifs (discret ou continu) et/ou qualitatifs. Par exemple l'histogramme n'est pas défini par rapport à son aire.

Une variable en statistique descriptive est une application définie sur un ensemble fini (échantillon ou population) de taille n . Les effectifs sont des cardinaux de sous-ensembles de cette population et les fréquences sont les effectifs divisés par n . Les distributions d'effectifs et de fréquences sont bien souvent présentées dans des tableaux à trois colonnes, valeurs distinctes de la variable, effectifs et fréquences correspondants.

Pour un tableau de données déjà groupées du style : moyenne des tailles par âge d'une population d'élèves,

graphiques qui ont été proposés sont : deux diagrammes circulaires (camembert), quatre histogrammes, trois diagrammes cartésiens dont un ensemble est discret et l'autre continu et une représentation graphique « pseudo-continue ».

La séance observée est la continuité d'un projet de l'école, la visite à la "Cité de l'espace" de Toulouse. Après cette visite, les CM1 ont réalisé une enquête pour connaître la préférence des élèves parmi les moments de la visite.

La première partie est organisée en classe où Matthieu distribue des feuilles quadrillées pour construire les graphiques. Après la mise en commun des productions numérisées sur le T.B.I., Matthieu va justifier la découverte du tableur-grapheur. L'initiation rapide au tableur et la production de diagrammes constituent les deux phases dans la salle informatique. Les productions sont imprimées pour un retour en classe. Le retour en classe est l'occasion de comparer les productions par rapport à la proportionnalité.

8.1.2 Les objectifs d'enseignement

Les objectifs de la séance sont interprétés à partir de la tâche demandée par écrit aux élèves et dont nous transcrivons ci-après la variation orale. Ci-dessous le document distribué.

Enquête

A la suite de la visite de la Cité de l'Espace, les élèves de l'école ont été interrogés pour savoir ce qui leur a plu le plus. Chacun pouvait citer deux animations ou lieux du parc. 31 élèves déclarent avoir préféré le Planétarium, 4 la station Mir, 6 les ateliers et les expériences du matin, 35 le film en 3D, 17 les jeux et les expositions du bâtiment principal et 4 la boutique aux souvenirs.

1/ Construis un graphique qui illustre leurs préférences.

2/ Quels commentaires peux-tu formuler en observant ce graphique ?

Matthieu : Données de l'enquête « Cité de l'Espace »

L'objectif de la séance est donc de construire des représentations graphiques qui permettent de bien se représenter la répartition des préférences des élèves de l'école lors de cette visite et de les interpréter.

L'idée exprimée par l'élève de relation entre les données et le dessin n'est pas reprise par Matthieu : « *alors vous voyez un graphique c'est + on a dit ce matin je dirais c'est plutôt un dessin. Parce que ça illustre + alors ce n'est pas un dessin que l'on fait n'importe comment ! c'est pour voir plus clair ! Est-ce que si je vois ce texte de loin ça vous dit quelque chose ?* »

les points, représentant les moyennes de taille par âge, peuvent être reliés entre eux ce qui rend davantage visible la liaison qui pourrait exister entre taille et âge.

les élèves : « non ! »

Matthieu : « non ! quand vous avez fait un graphique de loin, d'assez loin on pourra l'afficher, le commenter. Alors que ça si je l'affiche ça ne vous apporte pas plus qu'un texte. voilà ! C'est quelque chose qui doit amener un plus à un texte. C'est quelque chose qui doit amener un plus à un texte, ça illustre un texte, une réalité. Voilà ! Deuxième question Ee ? » Matthieu garde l'idée d'une fonctionnalité de « lecture de loin » et que ça apporte un plus à un texte puis se reprend « ça illustre une réalité ». On retrouve alors l'idée d'une représentation dont l'objectif est de souligner les propriétés utilisées. On peut penser qu'à l'école primaire c'est la mise en commun des choix de représentations qui permettra de donner un sens à une représentation plutôt qu'à une autre pour une série de données spécifiques. Le deuxième objectif est déclaré par Matthieu en cours de séance lorsque les productions des élèves se révèlent insuffisantes [55:50] « vous voyez ce n'est pas facile donc les ordinateurs, encore une fois, vont nous aider. Alors pour nous aider on va aller sur Excel¹⁹¹. » pour construire des diagrammes.

Qu'attend l'institution ? Dans les programmes il est demandé que « les moyens modernes de calcul (calculatrices et, dans une moindre mesure, **tableurs**) doivent devenir d'usage courant pour les élèves. Outre **l'allègement de la charge de travail qu'ils permettent pour traiter des données tirées de "vraies situations"**, ils offrent l'occasion d'une approche plus expérimentale des mathématiques. »

Et à propos de l'exploitation des données numériques, dans le chapitre "Organisation et représentation des données numériques" deux compétences reprises dans le tableau ci-dessous précisent les attendus.

Compétences	Commentaires
– Organiser des séries de données numériques (listes, tableaux...).	Les situations qui conduisent à utiliser diverses représentations d'un ensemble de données (tableaux, graphiques, diagrammes) s'appuient sur des données effectives : enquêtes, mesurages en physique ou en biologie (exemple de l'évolution de la taille d'un enfant, d'un animal ou d'une plante), documents en géographie...
– Lire, interpréter et construire quelques représentations : diagrammes, graphiques. ¹⁹²	

191 ©2008 Microsoft Corporation.

192Les programmes du primaire font référence à des "tableaux, diagrammes, graphiques" sans jamais préciser ce que l'on met dedans.

Un diagramme en bâtons est une représentation graphique d'une série statistique de variable quantitative discrète. Il est constitué de segments de droite verticaux dont les hauteurs sont égales aux effectifs ou aux

Compétences	Commentaires
Document d'application des programmes définis au BO du 14 Février 2002 en vigueur au moment de l'étude pp. 6-17.	des cas simples, en situation de production (voir rubrique « Proportionnalité »). Les situations de construction de diagrammes ou graphiques se limitent à des cas simples ou ayant recours à l'outil informatique (une première initiation au tableur peut être envisagée)

Il nous semble donc que Matthieu répond aux attentes institutionnelles sur le type de données, le niveau d'intégration attendu du tableur, en lien avec le domaine « organisation et représentation des données numériques ». On remarquera qu'il n'a pas formulé de questionnement sur le sens à donner aux objets étudiés, nous verrons qu'il ajuste sa représentation pour communiquer avec les élèves en cours de séance.

8.1 Le dispositif de travail

Nous avons partagé la séance selon trois orchestrations que l'on affinera au moment de la présentation des épisodes du synopsis, l'orchestration de la partie papier-crayon, les présentations au groupe classe, le travail sur les ordinateurs et la mise en commun finale. L'orchestration générale de l'activité est identique à celle de la séquence “triangles isocèles”¹⁹³. Les élèves sont répartis sur les cinq ordinateurs dont un groupe sur l'ordinateur associé au T.B.I.

8.1.1 Présentation générale de l'outil logiciel

Pendant cette séance Matthieu va exploiter la numérisation de documents, le T.B.I. comme support de présentation des productions numérisées, le T.B.I. pour réaliser une initiation au tableur et la production des graphes, les ordinateurs équipés du tableur pour construire les graphiques et les imprimer.

fréquences de chaque modalité. Sur l'axe des abscisses sont reportées les modalités de la série.

Quand les valeurs sont trop nombreuses ou trop continues, la taille de 500 personnes par exemple, on utilise un regroupement en classe, le diagramme associé est appelé **histogramme**. Pour estimer la moyenne dans de tels problèmes, on utilise le centre de classe comme représentant de la classe.

Le **polygone des effectifs** (ou des fréquences) est obtenu **en reliant les extrémités des bâtons** du diagramme bâton.

Un **diagramme circulaire** est une représentation graphique d'une série statistique de **variable qualitative**. Il résulte du découpage d'un disque en secteurs circulaires dont les mesures d'angle sont proportionnelles aux effectifs.

Dans une enquête statistique, lorsque le caractère statistique peut prendre des valeurs multiples (taille, superficie, salaire...) le caractère statistique est considéré comme continu.

Un diagramme permet aussi de décrire des phénomènes, de mettre en évidence des corrélations en certains facteurs ou de représenter des parties d'un ensemble.

193 page 182, chapitre 4.2

C'est Matthieu qui pilote le logiciel de numérisation, les élèves placent leur document sur la vitre du numériseur.

Le tableur n'est pas vraiment un objet culturel connu des élèves de CM, seulement deux élèves disent connaître "Excel", une élève a vu son père l'utiliser comme un « *calendrier de travail* ». L'usage qui va être fait du tableur le réduit à sa plus simple expression : une fenêtre écran « *comme un tableau* » dit une élève. L'utilisation d'un tableau et d'un grapheur dans un traitement de texte permet de produire les mêmes diagrammes.

En faisant référence à la pratique sur papier-crayon Matthieu dit « *on a autant de colonnes que l'on veut* », « *il y a plein de cases* ». La différenciation du format des cellules selon qu'il s'agit de données numériques ou alphanumériques est un problème que peuvent rencontrer des élèves dans le cas de la construction d'un tableau de données au moment d'effectuer des calculs instrumentés de type somme de nombres.

Le passage à la réalisation d'un graphique instrumentalise "l'assistant de diagramme". La forme simplifiée de son usage consiste à sélectionner des cellules et à cliquer sur l'icône "Diagramme" prolongé par une suite de clics sur l'icône "suivant" jusqu'au moment où apparaît l'icône "terminé". Un bon affichage permet d'observer l'évolution de la réalisation du diagramme. Sur l'ensemble des postes la configuration du grapheur est telle que l'échelle sur l'axe des ordonnées est adaptée automatiquement, les étiquettes de l'axe des abscisses sont positionnées, le nom des axes et le titre sont demandés, la légende est créée en fonction des éléments contenus dans les cellules.

8.1.2 Le potentiel adidactique du logiciel, les types de tâches, tâches et techniques associées.

Dans un tableur, la construction d'un graphique qui utilise l'instrumentation "Assistant de diagramme", à partir d'une sélection de cellules, contenant une seule ligne de données numériques, n'est pas antagonique avec le choix d'un graphique de type histogramme ou diagramme circulaire. Dans le cas de la construction d'un histogramme, le choix de la représentation des données selon la colonne ou la ligne produit un graphique interprétable. Ce qui n'est pas le cas pour la construction d'un diagramme circulaire.

Dans ce cas le type de tâches est logiciel, il s'agit de construire un diagramme de son choix dans un menu pour des raisons qui n'ont pas à être expliquées. La technique consiste en une suite de clics sur icônes "suivant" jusqu'au moment où apparaît l'icône "terminé".

Pour parler du potentiel adidactique du tableur nous situons ce qui aurait pu être le point de départ si nous avions eu à construire avec Matthieu une séquence exploitant le tableur-grapheur pour le “traitements des données numériques”. Après une phase d'initiation à la construction d'un tableau de données, similaire à ce que nous propose “Pour comprendre les maths”¹⁹⁴, nous aurions structuré cette « *idée : une fois qu'on a un graphique on peut le faire évoluer en modifiant les données. C'est finalement l'interaction entre le tableur et le graphique qui permet de donner plus de sens au graphique [...] puisqu'on agit en direct.* »

Le deuxième élément de l'environnement numérique est comme dans toutes les séquences précédentes le T.B.I.. Son utilisation ou celle d'un vidéo-projecteur favorise, par son affichage dans un format très grand écran, la mise en débat des remarques ou des questions qui auraient pu se poser lors de la construction en environnement papier ou numérique. Il favorise la réalisation d'un micro-contrat de production collective.

8.1.3 L'environnement “papier-crayon”

L'environnement papier-crayon est construit à partir d'un contexte proche des élèves puisqu'il s'agit des résultats de l'enquête qu'ils ont réalisée à propos du voyage qu'ils ont fait.

Les connaissances mathématiques engagées ne sont pas suffisantes pour réaliser la tâche demandée en une seule fois. Leurs techniques personnelles leur permettent de s'engager dans la tâche et de construire une technique experte. Il s'agit d'une reprise de savoirs engagés dans une situation voisine. Les élèves disposent des documents précédemment étudiés.

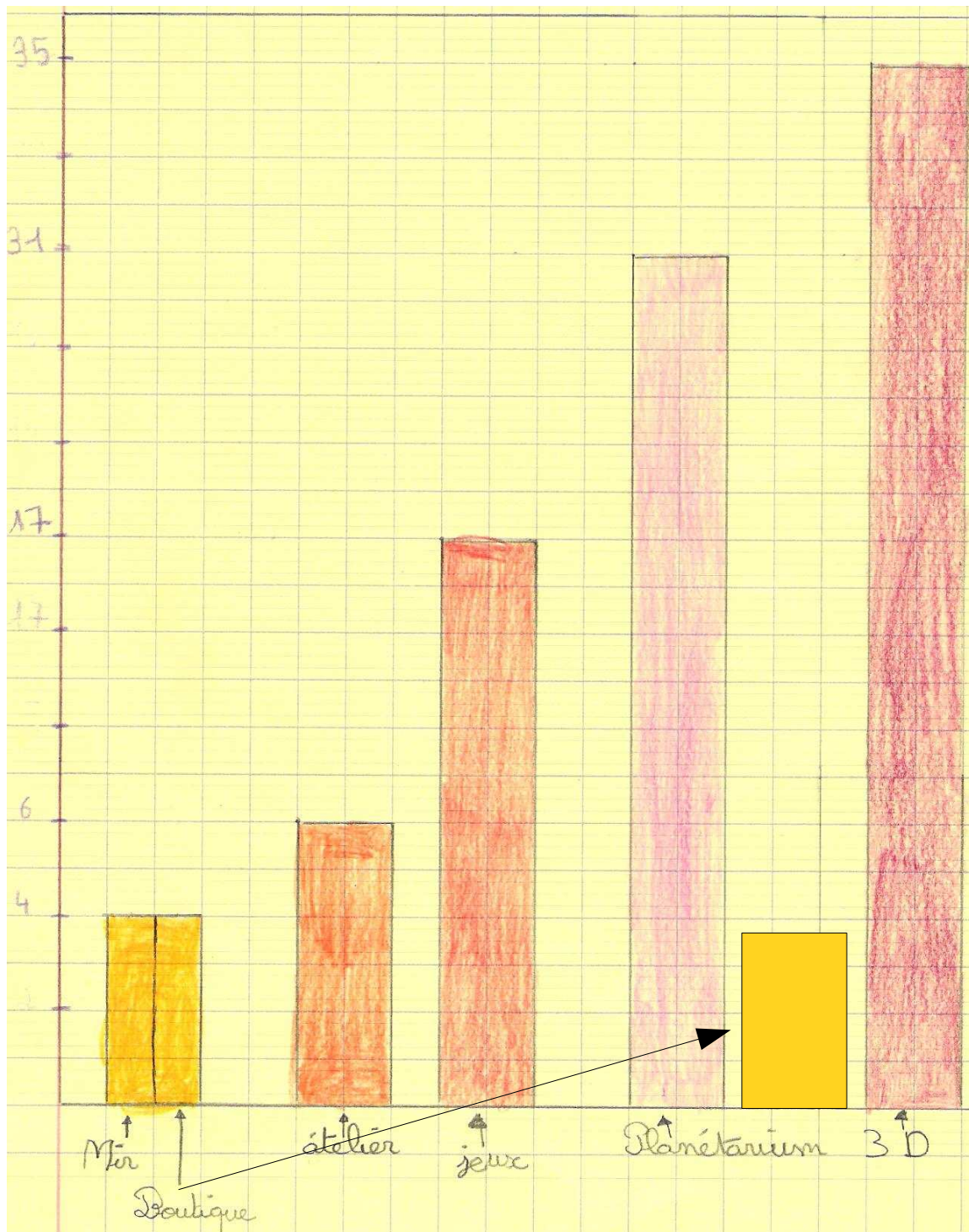
Les critères de choix d'un type de diagramme ne semblent pas être ceux de la statistique descriptive. Les histogrammes sont des diagrammes bâtons “un peu larges” et les élèves ne disposent pas du rapporteur dont l'usage n'est introduit qu'au collège. Les feuilles de construction A4 qui ont été distribuées n'ont que 31 carreaux, ce qui ne permet pas de résoudre le tracé en utilisant la correspondance une unité, un carreau, l'effectif du “ciné 3D” étant de 35.

Les techniques disponibles des élèves pour construire l'histogramme sont celles du tracé d'un rectangle de longueur donnée, la largeur n'étant qu'un effet visuel.

Nous en trouverons une confirmation dans l'échange entre deux élèves confrontées à l'oubli d'une donnée, dans le graphique ci-après, qui se demandent comment elles vont faire :

194 Annexes externes - Annexes Manuels - Annexe 2 -

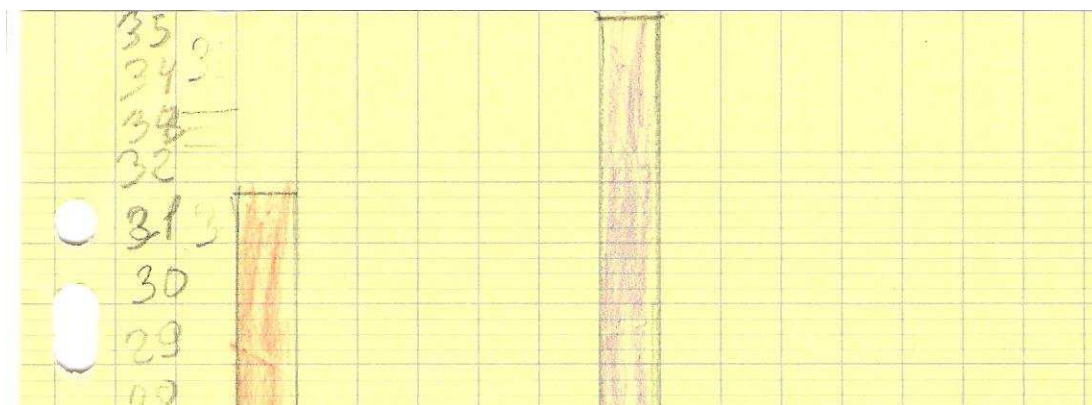
- « Ex : On va mettre un trait c'est joli.
- Ey : C'est pas beau du tout ça ! »



Histogramme Croissant

Puis elles optent pour la solution “joli” !... Mais on peut se demander ce qui n'est pas “joli” pour l'élève qui défend ce point de vue. Il apparaît alors que le graphique met en évidence la croissance des effectifs dans la présentation des résultats. L'introduction entre la quatrième et

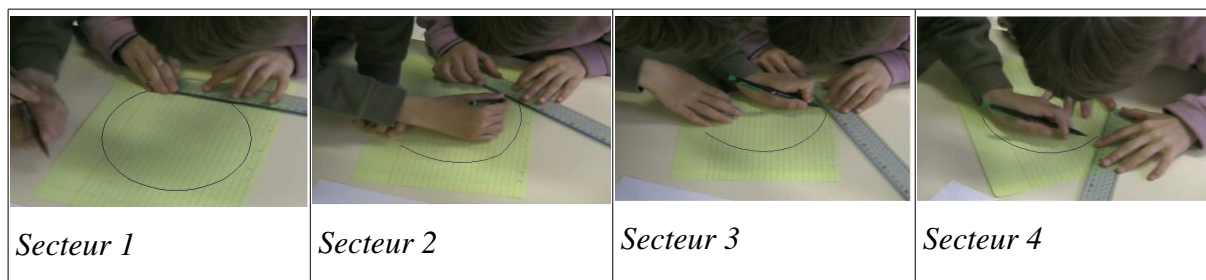
cinquième colonne, solution possible avec la même largeur que les autres rectangles, schématisée ci-dessus, des effectifs de la “Boutique” aurait provoqué un changement de mise en évidence de cette propriété. Elles ont abandonné l'idée pour des arguments d'esthétique mais lesquels : ceux de la croissance ?



Adaptation de la graduation hors carreaux

Un autre problème pour ces deux élèves a été le problème de l'échelle de représentation des effectifs. Elles opteront pour un changement d'échelle entre les petites valeurs et les grandes. D'autres élèves choisiront aussi ce modèle mais en traçant des carreaux moins larges, « *c'était un peu serré en haut* », sur la partie de la feuille non quadrillée pour arriver à 35 graduations.

Le deuxième type de représentation graphique est le diagramme circulaire dont le cercle est tracé au compas et les secteurs circulaires sont mesurés à la règle sur des cordes comme sur la série de photos ci-dessous.



Les autres binômes feront des constructions similaires comme l'expliquent Ew et Ee lors de la mise en commun [48:01]

1410.El : <i>En fait on a compté.</i>	<i>alors ?</i>
1411.Matthieu : <i>Qu'est-ce que vous avez tracé en premier ?</i>	1433.E : <i>8 c'est normalement plus grand que 6</i>
1412.El : <i>un rond ! un camembert ! un cercle avec un compas et on a construit</i>	1434.Matthieu : <i>c'est pas facile à faire ! c'est pas facile !</i>
1413.Matthieu : <i>Qu'est-ce que vous avez compté ? Comment vous avez compté ? Qui c'est qui a fait des camemberts comme ça ?</i>	1435.E : <i>Elles l'ont fait au pif !</i>
1414.Ew : <i>Moi</i>	1436.Matthieu : <i>Voilà c'est dur de mesurer quand on fait ce genre de travail. Après on voit bien qu'il y en a plus là ! plus là ! Mais là... Qui pense l'avoir bien fait celui-là ? C'est lequel Axel, Eloise, Manon c'est celui-là ?</i>
1415.Matthieu : <i>Alors comment vous avez compté ?</i>	1437.E : <i>Lequel ? celui-là ?</i>
1416.Ew : <i>Ben nous au début on avait fait + y en avait 4 + alors on a fait deux de 4. Alors on a fait deux de 4 cm.</i>	1438.Matthieu : <i>(il ne retrouve plus le bon fichier) Bon on va voir s'il est bien fait celui-là. Qui c'est qui l'a fait celui-là ? Ben comment vous avez mesuré vous ?</i>
1417.Matthieu : <i>les deux portions de 4. 4 cm Vous avez pris</i>	1439.Ee : <i>Ben ! ces deux là on l'a fait de 4 cm. Après +</i>
1418.Ew : <i>Oui ! Après on a vu qu'il y avait 6 + alors on a pris un peu plus grand.</i>	1440.Matthieu : <i>6 c'est plus petit que 8 là !</i>
1419.Matthieu : <i>Un peu plus grand ?</i>	1441.Ee : <i>Oui 6. Après il y avait 17 /</i>
1420.Ew : <i>Après il y avait 17.</i>	1442.Matthieu : <i>alors vous avez pris 17</i>
1421.Matthieu : <i>ça vous va ça ? Attendez ça c'est 4 et ça c'est 6.</i>	1443.Ee : <i>On a pris 10 cm, c'est trop grand...</i>
1422.E : <i>moi je dirais</i>	1444.Matthieu : <i>10 cm, 3 fois 6 ça fait combien ?</i>
1423.Matthieu : <i>alors ça c'est combien les deux ensemble.</i>	1445.E : <i>9 + Euh ! Trois fois six</i>
1424.Ex : <i>8</i>	1446.Matthieu : <i>18 ! si je prends trois fois celle-là est-ce que je dépasse un peu celle-là ?</i>
1425.Matthieu : <i>8</i>	1447.Elèves : <i>euh + hein onomatopées</i>
1426.Ex : <i>8 ça doit être plus grand que 6 !</i>	1448.E : <i>Oui</i>
1427.Ey : <i>Ouh là ! Eh les filles !</i>	1449.Matthieu : <i>je ne sais pas si c'est trop exact celle-là. On va regarder hop celle-là. Comment ils ont mesuré ? 6, 8 tout ça, ça fait 8 et tout ça, ça fait 30</i>
1428.Matthieu : <i>Il y a une petite contestation. Si je prends ça 4 plus 4 ça fait ?</i>	1450.E : <i>le 17, 30, 31 c'est pareil</i>
1429.E : <i>8</i>	1451.Matthieu : <i>Le 17 et le 31 c'est pareil</i>
1430.Matthieu : <i>Et ça, ça fait ?</i>	1452.E : <i>Non c'est pas pareil !</i>
1431.E : <i>6</i>	
1432.Matthieu : <i>6 ! Comment vous avez mesuré</i>	

La validation est gérée sous la forme d'un micro contrat d'adhésion où Matthieu sollicite au minimum les élèves avant de donner une validation. La mise en commun se termine sur un constat que « *ce n'est pas facile et donc encore une fois les ordinateurs vont nous aider* ».

8.1 Synopsis de la séance

Épisode 1 jusqu'à la 41^e minute

Nous regroupons ici la phase de dévolution de l'activité avec la phase d'action. La phase de dévolution de l'activité se déroule sous la forme d'un rappel des activités et des connaissances (ou savoirs) déjà étudiées de façon collective. La phase suivante est une phase en groupe de deux élèves qui vont produire sur papier le graphique de leur choix, associé aux données "Cité de l'Espace". Un groupe sur deux a construit un "histogramme" et l'autre un "diagramme circulaire".

Lorsque les élèves ont fini ils vont en salle informatique pour numériser leur réalisation.

Épisode 2 jusqu'à la 56^e minute

Lorsque tous les élèves ont numérisé leur graphique papier, Matthieu organise une mise en commun pour valider les graphiques. L'impasse dans la réalisation des graphiques permet à Matthieu d'introduire l'informatique dans sa dimension magique. L'institutionnalisation constitue le premier élément de la dévolution de l'activité dans l'environnement logiciel.

Épisode 3 jusqu'à la 109^e minute

La présentation au T.B.I du fonctionnement du tableur et du grapheur est très contextualisée à l'enquête, avec un ensemble de données limitées à trois variables. Les élèves, en groupes de trois ou quatre, vont expérimenter "Excel" pour réaliser la représentation graphique de leur choix, sur l'enquête complète ; Matthieu ajuste les consignes en se déplaçant d'un poste à l'autre.

Épisode 4 jusqu'à la 121^e minute

La mise en commun porte sur les techniques de production des graphiques. Matthieu tente de faire émerger les difficultés liées à la proportionnalité qui ont été levées par le logiciel.

8.1 Analyse a posteriori de la séquence d'apprentissage

8.1.1 L'intégration instrumentale

8.1.1.1 Le mode d'intégration

Nous devons parler des modes d'intégration dans la séance. L'intégration commence sur une dimension anthropomorphique du logiciel "Excel" par association avec Axel un élève de la classe. Elle n'a pour objectif que de préparer à l'orchestration de la séance puisque les élèves devront aller dans la salle informatique.

La deuxième étape se situe dans l'utilisation du numériseur pour préparer la mise en commun des productions sur grand écran. L'utilisation du numériseur correspond à la capacité « à créer et produire un document numérique », compétence D4 du B2i¹⁹⁵ : les élèves ne semblent pas avoir la maîtrise de l'outil et Matthieu pilote le logiciel de numérisation pendant que les

¹⁹⁵Brevet Informatique et Internet défini au B.O. du 23 novembre 2000.

élèves placent leur document sur le numériseur¹⁹⁶.

La troisième forme d'intégration des TICE est associée à l'usage des fichiers numérisés sur l'ordinateur qui est relié au T.B.I. pour l'affichage. Cette fonction correspond à une évolution de l'usage des rétro-projecteurs pour les mises en commun. Elle facilite la lecture des documents par tous les élèves et est relativement peu coûteuse en temps de numérisation. Il s'agit alors d'un outil pour l'enseignant qui intègre les TICE pour gérer la mise en commun, favoriser la lecture des documents affichés dans un format de un mètre sur un mètre, indépendamment de la forme qu'elle peut prendre et que nous analyserons par la suite.

Si la tâche mathématique des élèves est d'évaluer la pertinence des productions, l'orchestration retenue ne leur permet pas de valider la pertinence des productions. Matthieu pilote le visionneur d'images qui s'il favorise la présentation, ne permet pas à l'élève d'engager une procédure personnelle de validation des résultats affichés, tout au moins à ce niveau de connaissance des outils numériques et des artefacts existants (il n'existe pas à notre connaissance de générateur de « calques » qui permettent de comparer deux secteurs circulaires et le détournement de quelques logiciels intégrant l'image numérisée – et la transparence des images - nous semble demander un investissement incompatible avec la dynamique de la classe). L'utilisation de photocopies individuelles auraient permis une lecture plus adaptée pour favoriser le débat. L'usage des TICE dans cette phase ne semble pas très pertinent et pourrait être remplacée par une activité papier-crayon. Ce ne peut donc être qu'un support d'une verbalisation d'une observation sous la forme d'un micro-contrat d'adhésion.

L'utilisation du T.B.I. comme outil de présentation pour la construction d'une représentation graphique à partir d'un tableau de données constitue une des phases de l'initiation instrumentale. Ce type d'utilisation est comparable à ce que les enseignants peuvent trouver comme propositions d'utilisation dans les documents tutoriels, nous pensons que l'introduction d'une situation comme celle extraite du document « utiliser un tableur pour tracer des graphiques¹⁹⁷ » transformerait le micro-contrat d'adhésion en micro-contrat de production collective et donc changerait la nature de l'apprentissage.

Dans le cas de la présentation sur le T.B.I. l'enseignant a la possibilité de choisir le support en lien avec les activités déjà rencontrées. La découverte du tableur se fait sans intermédiaire,

196 L'élève expérimente quelques techniques de saisie et de représentation en jouant sur les notions de cadrage et de point de vue : dessin d'observation saisi à travers une fenêtre, relevé au calque, **utilisation des technologies analogiques et numériques** (appareil photo traditionnel ou numérique, **scanner**, ordinateur, logiciels). Extrait de Qu'apprend-on à l'école élémentaire Programme associé aux **Arts visuels** p.135

197 Op. Cit. page 58

seule la taille de l'écran change. Les cellules, les lignes, les colonnes et les icônes sont des objets qu'un échange permet de mettre en évidence. L'avantage de cette information visuelle sur la façon de construire un graphique porte son inconvénient, la fragilité de la mémoire d'observation. Deux facteurs peuvent l'accentuer : des changements non prévisibles de la configuration sur des postes soumis à des utilisateurs multiples et les difficultés de concentration des élèves les plus fragiles. Les réponses de l'enseignant pour pallier ces difficultés peuvent être un renforcement de sa présence lors de la mise en œuvre ou l'organisation des groupes de travail hétérogènes avec le risque d'une prise en main par l'élève le plus expert.

L'apport du manuel ou d'un autre document comme mémoire de la technique logicielle à effectuer, pourvu qu'elles soient identiques ou très voisines, pourrait compenser cette difficulté, ce qui ne libère pas l'enseignant d'une présentation minimale. Cependant la densité de données à lire dans la page "tutorielle" et la spécificité du langage placent l'élève qui a le plus de difficultés dans une position inconfortable. La conséquence en est une demande d'aide en direction de l'enseignant.

La deuxième phase d'initiation instrumentale correspond à une phase d'action par reproduction de la technique présentée qui se termine par la production d'un document papier. Il est assez explicite que le tableur est un outil qui permet de construire le bon graphique, facilement, rapidement, comme l'enseignant attend qu'il soit fait. L'objectif de l'activité n'est pas, comme nous lui avons proposé ou comme c'est proposé dans « Pour comprendre les maths », d'établir entre le tableau et le graphique une interaction. Cette interaction serait le résultat d'une modification des valeurs du tableau qui permettrait d'observer les effets sur le graphique associé.

Nous restons donc tout au long de cette séance dans une phase d'initiation instrumentale. Nous n'en sortirons qu'exceptionnellement dans le moment associé à un micro-contrat d'adhésion au moment de la projection des constructions sur le T.B.I..

8.1.1.2 Gestion de la transparence

Lors de la présentation pour construire le graphe, Matthieu utilise les connaissances des élèves pour structurer les données dans les cellules. D'autres expériences nous ont montré que la notion de données numériques et de texte n'étaient pas distinguées par les élèves de cet âge. La saisie du texte constitué de la mesure et du symbole de l'unité n'étant plus reconnue

comme une donnée numérique, le graphique pouvait être vide. Ici l'exemple choisi facilite le dépassement de cet obstacle mais ne le résout pas.

Cependant lorsque les élèves commencent la saisie des données sur le tableur, la configuration initiale du tableur ne permet pas un ajustement des cellules à la longueur du texte, ce qui provoque une première demande d'intervention de l'enseignant. Quelques secondes plus tard le tableur a gardé en mémoire la dernière saisie clavier, et lorsque les élèves saisissent les deux premiers caractères identiques le logiciel propose la suite de la saisie préalable, les élèves sont désorientés par ce qu'ils voient apparaître « *maître on avait mis un truc. On avait mis "le film" et ça nous mettait "les ateliers" »*. Matthieu propose de modifier la « case » sans maîtriser l'origine du problème, tout du moins dans l'instant. Les problèmes de sélection de la zone de données sont rencontrés dans l'action et la présence de Matthieu est nécessaire pour régler le problème. Les problèmes de gestion de la taille d'affichage du graphique n'ont pas été anticipés, Matthieu doit intervenir pour montrer comment la modifier avec la poignée du cadre. Un autre groupe rencontre des problèmes d'affichage des données comme étiquettes de l'axe des abscisses. Matthieu pense agrandir le graphique mais c'est insuffisant. Il pensera un peu plus tard qu'il pouvait modifier la taille de la police de caractères, un élève le lui dit mais Matthieu ne réagit pas, il évoquera plus tard la solution qui consiste à orienter le texte de la légende, mais il est difficile d'anticiper ce problème sans l'avoir rencontré.

Le fait que quatre groupes sur cinq construisent un histogramme sur le grapheur nous interroge sur l'éventuelle influence de la configuration de l'assistant de création de graphique. En effet, dans la configuration de base, les histogrammes sont sélectionnés comme première représentation des données, dans le choix suivant ils sont présentés en haut des possibles. Mais nous n'avons pas pu évaluer la validité de cette hypothèse. Pour Matthieu la question ne semble pas s'être posée.

L'utilisation de l'imprimante ne sera possible que pour quatre groupes sur cinq (problème de papier) et un retour supplémentaire de l'enseignant vers la salle informatique n'aurait pas facilité la gestion de la classe qui était impliquée depuis une heure et quart.

Dans cette séance Matthieu utilise sa connaissance du logiciel pour pallier au coup par coup les incompréhensions successives des élèves dans l'utilisation des différents artefacts. Nous retiendrons qu'il n'a que très superficiellement anticipé les problèmes d'utilisation du grapheur et procède par des interventions successives.

8.1.2 L'intégration praxéologique

8.1.2.1 Des techniques anciennes de l'environnement papier-crayon à l'environnement logiciel

Les obstacles rencontrés lors de la construction du graphique sur papier justifient l'utilisation du tableur. Des embryons de proportionnalité sont évoqués pour invalider les productions et les techniques des élèves [1410-1436]. La situation choisie ne permet pas de poser, de faire émerger la relation d'additivité des propriétés de linéarité. Le choix de valeurs adaptées à l'objectif ne peut pas toujours émerger d'un contexte familier.

Lorsque les élèves ont travaillé sur la construction de secteurs circulaires proportionnels aux données, l'apport possible du tableur n'a pas été exploité pour comparer les secteurs, par exemple par découpage et recollage. Les prolongements ne pouvaient pas se réaliser dans cette unité de temps.

La perte d'expertise des élèves sur la proportionnalité entre le moment où ils tentent de résoudre le problème de la graduation de l'axe des effectifs et le passage sur l'ordinateur qui associe de façon magique les graduations, n'a pas été compensée par l'organisation d'une nouvelle tâche. Le choix de présenter la construction de diagramme circulaire aurait permis la construction d'une expertise qui ne pouvait pas exister dans l'environnement papier-crayon puisque les connaissances sur la mesure des secteurs angulaires, circulaires, ne relèvent que du collègue.

Ici, les techniques engagées le sont de façon différente selon l'environnement. Elles sont un réinvestissement de connaissances rencontrées dans l'environnement papier-crayon et elles sont données par l'enseignant comme nouvelles techniques dans l'environnement logiciel. Nous choisissons de regrouper les techniques engagées sous l'étiquette "induites par l'enseignant".

8.1.2.1 Rapport entre la TAL et la TAM :

Initialement, l'objectif de l'enseignant était centré sur la construction de graphiques et leur interprétation. La situation construite permettait que les élèves soient confrontés à une prise de sens. Matthieu va progressivement changer son attente sur la situation en fonction des obstacles rencontrés par les élèves. Nous constatons qu'en fin de séance les objectifs que

Matthieu évoque et qui semblent correspondre à ses actions de validation, sont principalement associés à la proportionnalité mais il ne précise que très évasivement ce qu'il veut engager comme connaissance. Il évoque « *la proportionnalité sur [la mesure] des segments. Sur des choses beaucoup plus simples [que les mesures des secteurs circulaires] et même si on n'a pas... + et échelle + et même si on n'a pas assez de place on prend un carreau pour deux, hein. La notion d'échelle et ça la dernière fois, ils l'avaient fait d'eux même et là c'est pas revenu*¹⁹⁸. [...] *Y a aussi lecture de graphiques [...] La notion la plus importante qu'il faudrait que je dégage de là pour continuer à travailler, c'est l'idée de proportionnalité* ».

La fonction du tableur se résumant à un outil magique qui réalise facilement ce que les élèves ont du mal à faire. Les liens sont donc très fluctuants entre la TAL et la TAM sans vrai rapport entre elles.

D'autre part, comme le dit Matthieu, le savoir déjà rencontré n'a pas été repris dans cette séance même si c'était son intention.

La réalisation sur deux séances aurait probablement permis de confronter les différences entre les productions dessinées et celles imprimées.

8.1.3 Les contrats

La situation en environnement papier-crayon s'appuie sur des connaissances anciennes qui sont réinvesties dans une situation où le milieu est antagonique, la mise en commun pourrait faire apparaître des différences entre les productions d'un même type. Elles sont en nombre suffisant pour que ce soit efficace.

Le moment de mise en commun est géré comme un compromis entre la reconnaissance des obstacles perçus dans les techniques des élèves et l'aboutissement de son projet initial. Ce qui correspond à un contrat d'ostension déguisée.

Les moments de dévolution utilisent l'image sociale des ordinateurs, l'attrait pour cette dimension magique chez les enfants.

La tâche de création des représentations graphiques est une tâche logicielle dont l'objet est de produire un support pour une comparaison avec le support initial. Mais la mise en commun resitue l'objet sur sa dimension magique.

La responsabilité de la validation n'est pas le fait des élèves mais bien celui de l'enseignant.

¹⁹⁸Il fait référence à l'enquête sur les loisirs des CM2 dont l'effectif le plus grand est de 6, et aux relevés de températures dont la valeur maximale a été de 22°. Sachant qu'il y a 31 carreaux dans la feuille A4 cela ne crée pas des conditions antagoniques à la construction du graphique.

8.1.4 Enjeux pour la dévolution et l'institutionnalisation

8.1.4.1 Les points d'appui pour réaliser la dévolution de la situation

Après la première mise en commun des obstacles mathématiques rencontrés pour construire les graphes, Matthieu introduit le tableur comme une recette miracle à leur construction. Ce sont les insuffisances des techniques papier-crayon qui justifient la présentation du tableur. Les élèves séduits par l'ordinateur s'impliqueront dans la tâche.

La dévolution de la situation est en lien avec l'introduction d'une nouvelle tâche sur le logiciel, la construction de graphiques. Si elle n'aboutit pas, elle n'en reste pas moins pertinente.

8.1.5 L'institutionnalisation réalisée et les environnements

Lorsqu'il tente de rattacher la construction réalisée avec le tableur aux difficultés rencontrées par les élèves, il cible d'abord ses questions sur la forme de la production finale puis confronte les productions dans un milieu et dans l'autre. Les difficultés de la technique logicielle sont réduites à une portion congrue :

Matthieu : *Qu'est-ce que vous en pensez de ce...*

Élève : *C'est pratique.*

Matthieu : *Pourquoi c'est pratique ?*

Élève : *Parce qu'on peut faire plein de graphiques et c'est pas compliqué.*

Matthieu : *Qu'est-ce qu'il faut faire ?*

Élève : *Un tableau*

Matthieu : *Un tableau. Quand on a fait un tableau c'est fini. On n'a plus qu'à choisir + Ben on a le*

choix ! D'accord ? Alors qu'est ce qu'il doit faire cet ordinateur + que vous avez du mal à faire vous. Qu'est-ce qu'il doit faire automatiquement ?

Élève : *Il va mettre que 2. Il va pas avoir la place de mettre les nombres.*

Matthieu : *Oui là il a été embêté. Là il a été malin. Là il les a mis en travers (il montre un graphique) + et après là (deuxième graphique) ça ne contenait pas et là il n'a pas su les mettre en travers.*

Les défauts des graphiques liés à la technique instrumentale sont écartés rapidement pour être remis à un apprentissage ultérieur comme nous le restitue l'échange ci-après.

Élève : *Oui nous ça contenait sur l'ordinateur mais... (inaudible)*

Matthieu : *Il fait ça. ça, ça peut se régler. Il faut choisir une police plus petite.*

Élève : *Nous on l'a fait.*

Matthieu : *Vous vous l'avez fait. Il me semble que l'on*

va pouvoir choisir sa police, le sens dans lequel on veut écrire. Il me semble qu'il y a des choses que l'on doit pouvoir mettre. Là on doit pouvoir écrire aussi un titre. On verra il y a plein de choses à faire. On ne peut pas tout faire d'un coup.

Il revient alors sur la proportionnalité des longueurs des rectangles dans les histogrammes. La classe est silencieuse, Matthieu montre au tableau les affichages des histogrammes et

commente mais quelques élèves ne semblent plus très attentifs.

<p>Matthieu : Alors voilà qu'est-ce qu'il calcule tout seul ? Que vous avez du mal à calculer vous. D'ailleurs y a des erreurs. Et ?</p> <p>El : Pourcentage</p> <p>Matthieu : Pourcentage + Il sait les calculer mais là il n'a pas fait des pourcentages.</p> <p>Élève : Si tu mets le 4 et le 4 ensemble ça fait plus grand que le 6 tout seul.</p> <p>Matthieu : Voilà lui il a respecté la même règle du jeu que vous vous avez changée en cours de route. (Il montre l'histogramme croissant)</p>	<p>Jusque là vous avez fait 4, 4, 6 et puis là vous mettez 17 c'est 12, 37 c'est 22. Lui je pense si on comparait. (Il déplace la création à la main à côté d'une réalisation sur le tableur) Là c'est un peu petit + il faudrait comparer avec quelque chose de la même taille. On s'aperçoit quand même que les deux qui se détachent beaucoup plus. celui-là il fait le double presque de celui-là. Normalement ça, ça serait le double de de celui-là... Vous avez un petit, un petit décalage. »</p>
---	---

La dernière étape sera associée aux diagrammes circulaires.

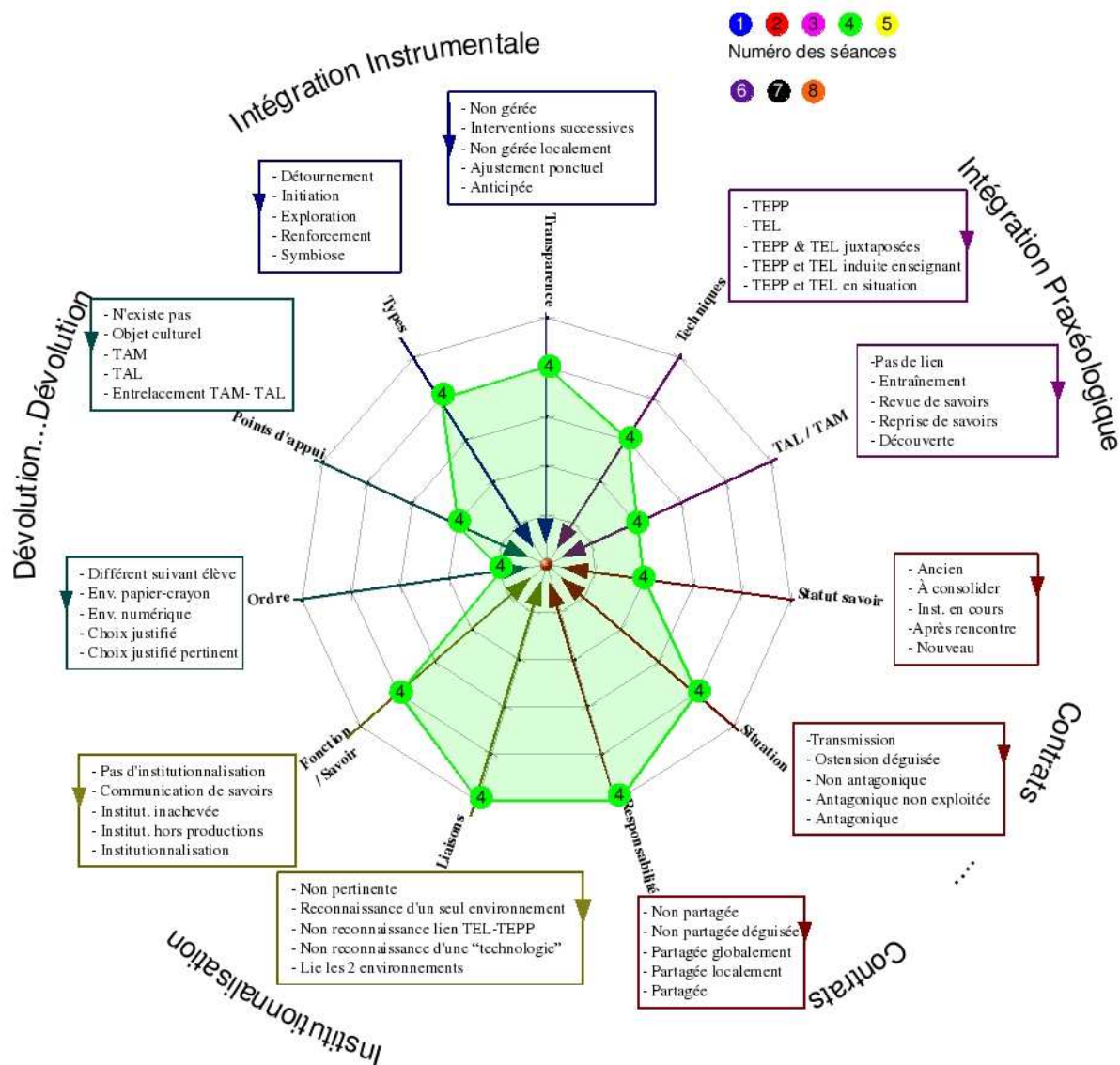
<p>Matthieu : Et ici qu'est-ce que vous pensez de "la boutique" et de "Mir" ?</p> <p>Élèves : c'est pareil !</p> <p>Matthieu : C'est exactement superposable. Là il a bien calculé. C'est difficile + oui ? + oui + c'est très dur. ça c'est peut-être une solution (inaudible) à mettre en place. Donc on verra un jour comment on fait. Qui peut me dire comment on fait ? On a parlé de mesures. Qu'est-ce qu'on pourrait mesurer ?</p>	<p>Élève : Diamètre</p> <p>Matthieu : Diamètre+ On en a parlé l'autre jour de tour complet, de tour complet sur soi-même.</p> <p>Élève : Ah... onomatopées... 360 (plusieurs élèves)</p> <p>Matthieu : 360</p> <p>Élève : degrés</p> <p>Matthieu : Donc on essaiera de se débrouiller avec ça. 180, 360 on essaiera de se débrouiller avec les degrés. Lui sait faire. C'est une machine à calculer. Il fait ce que + bon on en reste là.</p>
--	---

Matthieu ne va pas exploiter la perception qu'ont les élèves des deux secteurs circulaires superposables et va s'égarer dans un discours sur la mesure des angles qui n'est pas au programme et sur laquelle il resterait à faire un travail introductif.

Les productions ou les photocopies des représentations graphiques qu'ils ont réalisées resteront dans le cahier. Il n'y aura pas d'écrit supplémentaire ni sur la connaissance mathématique ni sur la connaissance instrumentale.

Nous résumerions l'institutionnalisation de la façon suivante : « Ce tableur est un outil pratique dont il faut renforcer notre connaissance. C'est un outil qui sait calculer les mesures des graphiques comme il faut. » L'institutionnalisation n'a pas abouti.

Nous pouvons maintenant situer les critères d'intégration sur la toile de cette séquence.



8.2 Éléments d'apprentissage de l'enseignant Matthieu dans la séquence “traitement des données”

8.2.1 Ce que dit Matthieu

Après la séance, Matthieu est soulagé d'avoir fini. Il a trouvé que la séance était longue, deux heures, malgré les changements entre la salle de classe et la salle des ordinateurs. Il constate qu'il a ouvert de nombreuses pistes pour la proportionnalité, pour l'utilisation du tableur, sans vraiment les formuler.

Matthieu : La notion la plus importante qu'il faudrait que je dégage de là, pour continuer à travailler, c'est l'idée de proportionnalité.

Nous : Du point de vue technique comment tu trouves qu'ils se sont approprié l'outil, c'était la première fois que tu leur présentais ?

Matthieu : Oui ! Comme ils ont bataillé "papier-crayon" ils espèrent. Ils ont été déçus parce qu'il leur mange la moitié des écrits...

Nous : De combien de séances tu vas avoir besoin ?

Matthieu : Je sais pas du tout, j'ai pas réfléchi... On utilise pas les propriétés de proportionnalité pour le graphe mais c'est le graphe qui nous amène à dire tiens là il y a des choses à voir + qui nous amène aux propriétés de proportionnalité.

Si le "on" désigne les utilisateurs du tableur, alors sa dernière phrase laisse entendre qu'il perçoit une interaction forte entre la dimension instrumentale et la dimension praxéologique mais nous n'avons pas d'éléments plus précis pour identifier cette interaction.

8.2.2 Conditions et contraintes pour l'apprentissage de Matthieu dans cette séance

8.2.2.1 Du côté de l'intégration instrumentale

Matthieu instrumentalise l'artefact :

- pour son côté magique dans la dévolution aux élèves des différentes situations qu'il va leur proposer ;
- pour sa dimension "communication" lorsqu'il veut favoriser la phase de formulation sur l'objet mathématique ;
- pour s'approprier la maîtrise d'éléments qui sont instrumentés dans le tableur.

L'intégration de l'outil est une réponse adaptée à l'attente institutionnelle formulée dans les programmes, même si les traitements de texte disposent d'outils équivalents pour construire ce type de représentation graphique.

L'instrument dans son milieu matériel, M_p -Matériel, est bien finalisé, ce qui devrait favoriser l'identification des éléments de son milieu de référence, M_p -Référence, associés à cette séance. Cependant, nous émettons quelques réserves sur la pertinence que peut apporter le grand écran pour comparer les représentations graphiques qui n'auront été objet d'étude que pour les élèves qui les auront construites.

8.2.2.1 Du côté de la dimension praxéologique

La distance importante entre ce que Matthieu avait imaginé et ce qui s'est produit nous semble être le résultat d'une difficulté à gérer l'entrelacement des objectifs mathématiques sous-jacent à l'usage des tableurs¹⁹⁹ pour le traitement des données et la transparence lors de l'initiation à l'outil²⁰⁰.

8.2.2.2 Du côté des contrats

Les situations que Matthieu met en place ouvrent un espace où les élèves peuvent engager leurs connaissances. Lors des phases de mise en commun il ferme par un jeu de micro-contrats d'adhésion le potentiel de la situation. Il reprend la responsabilité de la situation sous la forme d'un micro-contrat d'ostension déguisée pour éviter une rupture dans la dévolution de la tâche.

Nous constatons que Matthieu utilise, ici aussi, l'outil TICE pour que les élèves construisent des connaissances en cours d'acquisition après une première rencontre, avec une différence très nette entre la dévolution où Matthieu semble aller vers une intégration optimale et une pseudo-institutionnalisation, résultat d'une pratique ostensive déguisée.

199Au cycle 3 : « Organiser des séries de données numériques (listes, tableaux...) » en lien avec la proportionnalité. Documents d'application C3 page 17 Programmes 2002

200Graduations ou repérage des axes, Pourcentage,...

c) Les séances de l'enseignante Coralie

1 Les séances conduites par Coralie

Lors de notre première rencontre pour définir le projet d'observation, Coralie, avec qui nous avons travaillé pendant un stage de formation continue sur la construction de documents multimédia, choisit de ne pas travailler sur la géométrie parce qu'elle « *ne se sent pas à l'aise* ».

Elle connaît le Cdrom²⁰¹ et choisit, pour commencer, d'utiliser un logiciel sur les mesures de masses avec les CM1. Elle poursuivra les séances en se fixant comme objectif : la maîtrise du calcul réfléchi, d'abord avec les CM1 puis avec les CM2.

Nous présentons ci-après un tableau synthétique, en termes de contenu disciplinaire, des séances observées.

Séance 1	Séance 2	Séance 3	Séance 4	Séance 5	Séance 6	Séance 7	Séance 8
Problèmes pour chercher, mesure de masses	Calcul réfléchi multiplicatif réinvestissement	Calcul réfléchi additif et multiplicatif	calcul additif en arbre avec des nombres de trois chiffres	Calcul soustractif en arbre avec des nombres de trois chiffres	Reprise de l'activité de la séance précédente	CM2 calcul mental réfléchi multiplicatif	CM2 calcul additif en arbre avec des nombres de trois chiffres

Nous avons découpé les séances observées en quatre séquences :

Les trois premières correspondent à la première période d'observation du début du mois d'octobre à la mi-novembre.

La première séquence correspond à une seule séance, spécifique par les logiciels utilisés et le contenu mathématique “mesure de masses”.

La deuxième et la troisième portent sur du calcul réfléchi ; nous effectuons un découpage à partir des connaissances mathématiques en jeu qui correspond aussi aux logiciels utilisés.

La dernière correspond à deux séances de calcul réfléchi observées au mois d'avril.

Pour présenter les séances nous reprenons une présentation très voisine de celle que nous avons réalisée pour les séances de l'enseignant Matthieu.

201Déjà évoqué avec Fanny et Matthieu

2 La séance “Masses”

Pour présenter cette séance nous décrirons le milieu matériel, choisi par l'enseignant, que vont rencontrer les élèves. Après avoir présenté les objectifs et réalisé une mise en relation avec les attentes institutionnelles formulées dans les programmes, nous identifierons le dispositif de travail dans la classe (analyse descendante ou point de vue du professeur). Nous avons choisi de décrire, à la suite, le logiciel utilisé pour faciliter la lecture de l'étude et le rattacher au domaine mathématique. La présentation du synopsis devrait faciliter l'observation et le repérage, dans la situation, des épisodes clés. Nous terminerons cette partie par une description-analyse des deux environnements, l'environnement logiciel avec des techniques associées et, s'il existe, l'environnement « papier-crayon ». Cette analyse ascendante correspond au point de vue de l'élève générique (MARGOLINAS, 2003).

Après cette étape nous croiserons notre regard, par une analyse a posteriori, avec les conclusions de l'enseignante, ce qui nous servira pour identifier des éléments d'auto-apprentissage réalisé par Coralie.

Nous reprendrons cette trame de description pour chaque séance.

2.1 Le milieu envisagé par l'enseignant

2.1.1 La situation point de départ

Le choix de Coralie d'utiliser ces logiciels correspond à l'attente de répondre à des exercices de comparaison d'objets selon leur masse, d'utiliser une balance virtuelle comme une représentation d'un des instruments. Elle s'inscrit à un moment où les savoirs ont été donnés ou bien les connaissances ont été construites.

Dans la classe, il existe une balance de Roberval et elle nous a déclaré qu'ils l'avaient manipulé. Elle « *souhaite les évaluer* », nous pensons que cette formulation correspond pour Coralie à la question : Comment réinvestissent-ils le travail sur les masses dans ces exercices ? En effet elle voudrait « *voir s'ils sont efficaces pour des questions de pesées ; s'ils choisissent les masses de suite ou s'ils font beaucoup par tâtonnement.* »

2.1.2 Les objectifs d'enseignement en adéquation avec les programmes

Lors de l'entretien ante de la première séance, Coralie situe les objectifs de la séance :
« *C'est une séance d'évaluation sur les maths, on a fait des manipulations... des exercices donc bon... C'est pour voir un peu s'ils ont compris.* »

Pour approfondir l'objectif de cette séance nous avons tenté un éclairage supplémentaire en posant la question de ce qu'elle voudrait qu'ils retiennent ? Dans un premier temps elle répond
« *voir s'ils sont efficaces dans les histoires de pesée, parce qu'il faut mettre des poids les enlever etc. Voir s'ils arrivent à choisir les bonnes masses de suite ou s'ils font beaucoup par tâtonnement.* »... « *je pense que sur les masses ils l'ont acquis !* ».

Elle n'a pas rédigé de fiche de préparation, ni même la consigne.

A propos des connaissances et capacités à structurer chez les élèves du cycle, 3 les programmes précisent que

« Au cycle 2, les élèves (...) sont sensibilisés à celle [la notion] de masse (...). Ils apprennent à mesurer longueurs, masses... Au cycle 3, les activités proposées aux élèves se situent dans le prolongement de celles du cycle 2 : les élèves étudient donc les longueurs, les masses... ».

« L'attention des enseignants est également attirée sur le fait que certains mots sont utilisés en mathématiques avec un sens qui diffère de celui usuellement pratiqué (...) À l'école primaire, le mot masse est considéré comme synonyme de poids, comme dans le langage courant. (...)

L'usage adapté du « bon mot » ne peut être exigé de la part de tous les élèves, mais l'enseignant doit veiller à utiliser correctement ce vocabulaire (...) [Si] les premières activités visent à construire chez les élèves le sens de la grandeur, indépendamment de la mesure et avant que celle-ci n'intervienne, le concept s'acquiert progressivement en résolvant des problèmes de comparaison, posés à partir de situations vécues par les élèves, suivis de moments d'institutionnalisations organisés par le maître. De tels problèmes amènent notamment à classer des objets »

« Les problèmes posés peuvent donner lieu à : des comparaisons directes : (...) soupesage ou utilisation de la balance Roberval pour les masses ; des comparaisons indirectes : recours à un objet intermédiaire (... masse fixée servant d'étalon) »²⁰²

Ces commentaires complètent les documents d'application que nous présentons dans le tableau²⁰³ ci-après.

²⁰²document d'accompagnement, pages 78-80

²⁰³Ce texte a pour objet de compléter les indications des documents d'application « Mathématiques cycle 2 » et « Mathématiques cycle 3 », pour l'enseignement des « grandeurs et mesures » (cycle 2, page 29 et cycle 3, page 35). Il requiert une lecture préalable de ces documents. » (page 78 document d'application du cycle 3)

Compétences	Capacités
Utiliser des instruments pour mesurer des objets physiques ou géométriques. Choisir l'unité appropriée pour exprimer le résultat d'un mesurage.	Ces grandeurs ont fait l'objet d'une première approche au cycle 2 qui a permis aux élèves de leur donner du sens. Les objets mesurés doivent être de nature et de dimensions variées, le choix de l'instrument approprié constituant un objectif important. En particulier, les élèves sont entraînés à la lecture de résultats sur une graduation. ... pour les masses : fruit, personne, voiture... ; les instruments utilisés sont la balance Roberval et les balances à lecture directe ; document d'application p 36 C3
Exprimer par un nombre ou un encadrement le résultat d'un mesurage, l'unité (ou les unités) étant imposée(s).	Il est important que les élèves disposent de références pour certaines grandeurs : 1 m, c'est un grand pas, ou la longueur du tableau mesure 2 m ; 1 kg, c'est la masse d'une boîte de sucre ordinaire ou celle d'un litre d'eau. Concernant les masses, l'enseignant privilégie la terminologie spécifique : masse de 40 kilogrammes. En situation, l'expression courante : « Mon poids est de 40 kilogrammes » est tolérée. La notion de poids sera distinguée de celle de masse seulement au collège.
Estimer une mesure (ordre de grandeur).	
Connaître les unités légales du système métrique : de longueur (mètre, ses multiples et ses sous-multiples usités), de masse (gramme, ses multiples et ses sous-multiples usités), de contenance (litre, ses multiples et ses sous-multiples usités). – Utiliser les équivalences entre les unités usuelles de longueur, de masse, de contenance.	Les exercices de transformations de mesures par des changements d'unités ne doivent pas occuper une place excessive et les conversions entre unités trop lointaines doivent être bannies (par exemple, exprimer 3 km en mm). En revanche, les élèves doivent avoir une bonne connaissance des relations entre les unités les plus utilisées : [...] – pour les masses (1 kg = 1 000 g, 1 t = 1 000 kg) ; [...]

Si « le domaine de la mesure²⁰⁴ est important » [...] c'est parce que les élèves doivent acquérir des compétences et des connaissances spécifiques relatives à différentes grandeurs et à leur mesure ;
« Les activités proposées aux élèves du cycle 3 se situent dans le prolongement de celles du cycle 2. **Il s'agit de résoudre des problèmes**, réels ou évoqués, en utilisant des procédés directs, des instruments de mesure, des estimations ou des informations données avec les unités usuelles.

On peut ainsi distinguer trois catégories d'activités :

- celles où il s'agit de comparer des objets selon une grandeur ou d'opérer sur des

²⁰⁴Quelques références historiques peuvent être fournies aux élèves ou donner lieu à des activités. On peut évoquer des unités arbitraires ou liées à des références humaines (pied, pouce...) et, en liaison avec le programme d'histoire, souligner l'importance de la Révolution française dans la mise en place d'un système basé sur des références universelles (mètre défini, à l'origine, en référence à la mesure du méridien terrestre, kilogramme comme masse d'un litre d'eau pure) et sur la volonté de faciliter les calculs (système métrique décimal).

grandeurs, sans mesurer, en utilisant des procédés de comparaison adaptés : [...] équilibre des plateaux de la balance Roberval pour les masses, [...]; ces activités permettent aux élèves de construire le sens de la grandeur, indépendamment de la mesure et avant que celle-ci n'intervienne (notamment de prendre conscience de l'invariance de certaines grandeurs par déplacement ou par décomposition et recombinaison) ;

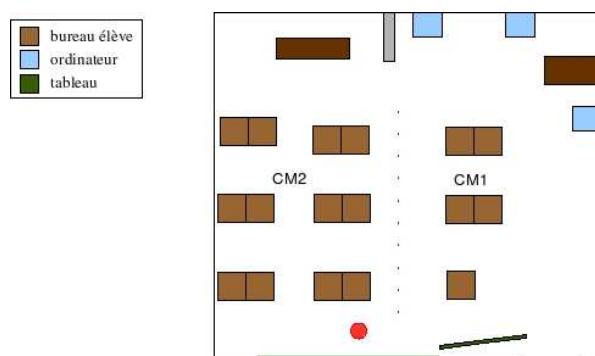
- celles où il s'agit de mettre en relation des objets visibles et la mesure d'une des grandeurs qui peuvent leur être attachées [...];
- celles dans lesquelles un mesurage effectif n'est pas possible ou n'est pas nécessaire : des informations sont disponibles sur les objets considérés et des calculs permettent d'obtenir la mesure d'une grandeur attachée à ces objets²⁰⁵. »

2.1 Le dispositif de travail

Pendant que les cinq élèves de CM1 travailleront sur l'ordinateur, les dix élèves de CM2 effectueront une activité « autonome » de recherche sur des problèmes de mathématique pour lesquels il s'agit de donner du sens au texte (recherche de questions, reformulation de données,...) à partir de documents photocopiés²⁰⁶. Dans le contexte de la classe, le groupe des CM2 qui est relativement fragile dans ses comportements scolaires sollicite très souvent l'enseignante. En ce sens on peut considérer qu'il constitue un élément du milieu qui agit sur les pratiques du groupe CM1.

L'orchestration générale des activités est assez stable et est liée à la particularité des classes multi-niveaux. Dans ces conditions, le passage des consignes constitue un moment délicat pour la dévolution de la tâche. Pour l'enseignante se pose la question des contraintes temps, espace, support de travail,... pour gérer les deux groupes.

Nous présentons ci-après le dispositif spatial dans lequel Coralie travaille. La classe est spatialement partagée pour séparer les deux niveaux CM1 et CM2, mais aussi pour pouvoir provoquer et gérer des moments collectifs.



205 Documents d'application des programmes de 2002 cycle 3 page 35

206 Annexes internes - Annexes Coralie - Annexe 1 -

Au fond de la salle, Coralie dispose de trois ordinateurs équipés de “Windows 98” et elle n'a pu installer « masses » que sur un seul ordinateur pour des raisons de “puissance”. Bien sûr ces conditions ne sont pas idéales pour intégrer les TICE. Pour nous montrer ce qu'elle fait, elle commencera par le groupe de CM1. Lorsqu'elle voudra faire travailler les CM2 elle devra organiser le passage sur les ordinateurs en trois étapes.

Pour comprendre la séance nous présentons maintenant les logiciels, peu connus, qu'elle a utilisés dans la séance.

2.1.1 Présentation générale de l'outil logiciel

Ces deux logiciels utilisés sont le logiciel « Balance virtuelle » et le logiciel « Masses ». Ils correspondent en partie à l'appellation « Logiciel d'entraînement » des documents d'application. L'analyse de ces logiciels permet d'identifier les types de tâches et les techniques qui sont exploitables dans l'usage en classe pour l'activité mathématique.

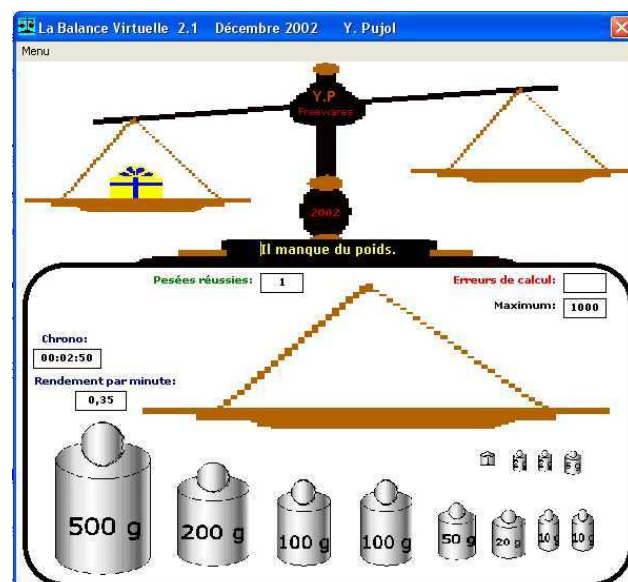
2.1.1.1 « Balance virtuelle »

Ce logiciel se résume à un type d'exercice. Les élèves ont à réaliser le type de tâches T0 « utiliser le calcul pour obtenir la mesure d'une grandeur » qui se décline en deux types de tâches successifs que nous noterons T1 et T2.

Les pré-requis à cet exercice se situent dans le cadre théorique de la mesure.

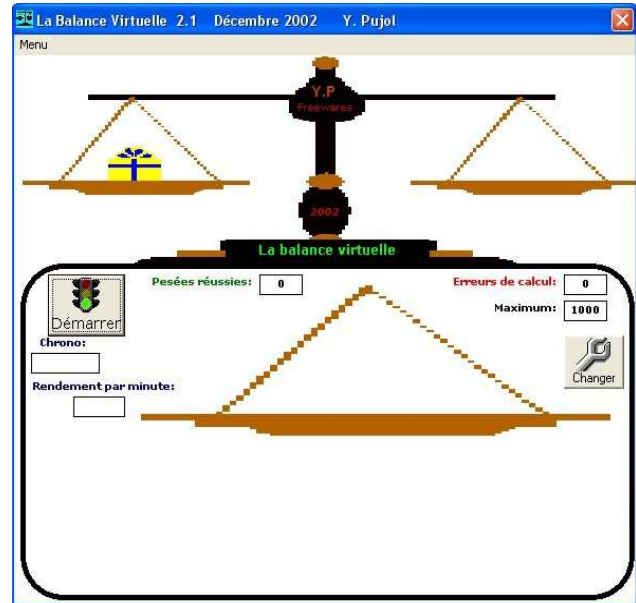
La technologie associée à T1 est « le moment d'une force F_1 produit à une distance d par une masse M_1 est supérieur à celui d'une force F_2 produit à une distance d par une masse M_2 si la masse M_1 est supérieure à la masse M_2 ». Les élèves diraient que les plateaux de la balance penchent du côté où il y a la masse la plus grande ou encore que la balance est en équilibre si les masses disposées sur chacun des plateaux sont « égales ». Nous noterons que l'auteur du logiciel confond masse et poids.

La technologie associée à T2 est « la mesure d'une masse est égale à la somme des mesures des masses de ses parties »



Le type de tâches T1 consiste à rechercher par approximations successives une série de nombres associés à des « masses marquées » (copie d'écran ci-contre).

Le type de tâches T2 consiste à calculer la masse d'un objet virtuel à partir des valeurs masses marquées.



Les techniques τ_{1i} associée à T1 ont des niveaux d'expertise différents, la plus experte consiste à rechercher une mesure de la masse supérieure à la mesure recherchée en commençant par les plus grandes masses marquées puis, par ajustement successif, en retranchant ou en ajoutant des masses pour obtenir l'état d'équilibre des plateaux de la balance de Roberval. La technique la moins experte consistant à faire des essais sans prise en compte des états d'équilibre précédents.

L'auteur du logiciel a développé un compteur de durée de l'activité qui peut permettre de prendre des indices sur l'expertise de la technique utilisée. Cependant ce compteur continue d'incrémenter pendant l'usage de la technique τ_2 décrite ci-après.

La technique τ_2 associée à T2 consiste à effectuer la somme des nombres marqués sur les masses, le résultat attendu étant le nombre somme.

Du point de vue de l'environnement logiciel, rien ne permet de savoir si l'élève a compris que la position des fléaux de la balance à l'écran correspond à la technologie sous-jacente à T1. Comme elle n'est pas testée lors de l'entrée dans le logiciel, l'auteur a renforcé l'imagerie de la balance de Roberval par des indicateurs textuels « il manque du poids »,... mais ce n'est qu'après son lancement que les élèves ont accès à cette information.

T1 et T2 peuvent être évalués par rapport au temps.

Un compteur du nombre d'erreurs de calcul de la valeur de la masse correspond à T2.

Un compteur du nombre de pesées réussies permet de pondérer le compteur « erreur ».

Une icône permet de changer de problème.

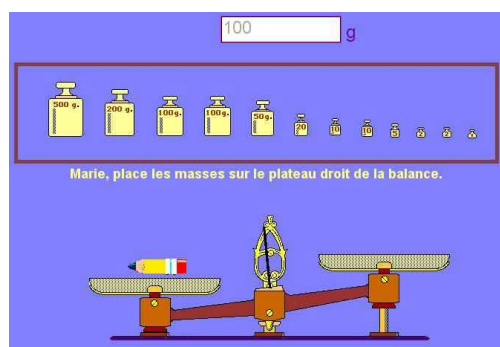
Une aide dans un menu permet de savoir qu'il faut cliquer sur les masses qui vont apparaître pour les ajouter ou les retirer. La zone de travail est différente de la zone de représentation de l'action sur la balance.

2.1.1.1 Masses »

Ce logiciel propose de réaliser des mesures ou des comparaisons de masses. Dans le but de se rapprocher des représentations des enfants qui auraient déjà utilisé une balance de Roberval, des objets différents sont représentés à chaque pesée mais leur masse est rarement en adéquation avec leur masse réelle, comme nous pouvons l'observer sur les copies d'écran ci-après. La modélisation de l'action « mettre une masse marquée vers le plateau choisi » correspond à un déplacement à la souris (copier-glisser) des masses marquées.

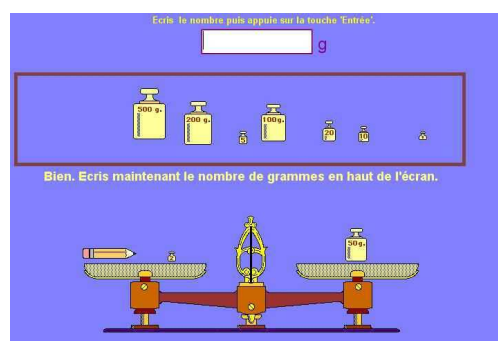
Ce milieu permet d'engager les élèves dans quatre types de tâches mathématiques.

- T3 : Décomposer la masse en gramme sous la forme d'une somme ou d'une différence de masses marquées ;

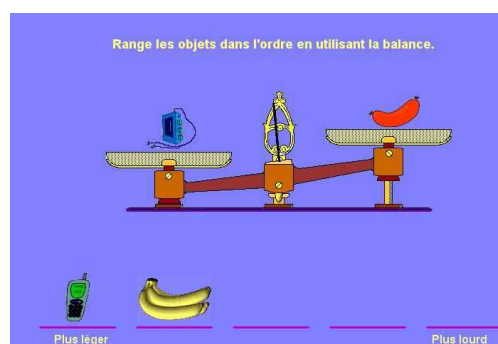


- T0: Déterminer la masse d'un objet virtuel ; T0 est identique au type de tâches T0 du logiciel « Balance Virtuelle » ;

- T4 : Calcul de masse, par différence, en équilibrant les deux plateaux avec des masses marquées ;



- T5 : Rangement de 2 à 5 objets, par ordre croissant de leur masse, sans utiliser les mesures.



Le type de tâches T4 se différencie de T0 en ce que les élèves vont devoir utiliser une technique τ_4 où la soustraction est la technique experte.

Le type de tâches T5 se différencie de tous les autres types de tâches puisqu'il faut effectuer des comparaisons sans utiliser les masses marquées mais en continuité d'usage de la balance de Roberval.

Les techniques expertes sont de deux types :

- faire une pesée en évitant trop d'opérations inutiles

- ranger les objets selon leur masse, en effectuant le moins de comparaisons possible.

Le concepteur du logiciel semble avoir intégré cet aspect en introduisant un compteur qui doit permettre, comme dans la « Balance Virtuelle », d'identifier des techniques plus ou moins expertes. La tâche doit être réalisée dans un temps choisi initialement, le dépassement de ce temps provoque la fin de l'exercice.

Le logiciel « Masses » dispose d'un module simplifié de bilan de l'activité. Ce module est une mémoire individuelle et/ou collective des activités effectuées, scores obtenus et temps de réalisation. Cependant il faut faire une démarche auprès de l'auteur qui permet d'obtenir gratuitement le code pour saisir les noms des élèves de la classe et pouvoir en lire les résultats. Sans ce code il n'est pas possible de personnaliser ce module d'évaluation.

2.1.1 Les interactions didactique s'appuyant sur le logiciel, les types de tâches, tâches et techniques associées

Le décalage entre les potentiels des logiciels et son projet d'utilisation se mesure en nombre de types de tâches identifiées par Coralie. Ce qu'elle souhaite institutionnaliser devient ce qu'elle va pouvoir « voir ». Ce qui correspond à ce qu'elle déclare ou du moins ne dit pas, puisque, lors de l'entretien ante, elle n'envisage pas de mise en commun pour juger le degré d'expertise des techniques des élèves, pas plus d'ailleurs que la dévolution de la tâche mathématique.

Cette idée qu'elle peut « voir » les performances des élèves n'est pas rattachée au module interne de bilan du logiciel puisqu'il ne fonctionne pas pour les raisons que nous avons présentées dans le descriptif du logiciel. Les conditions de cette observation sont donc liées d'une part à la possibilité de sa présence auprès des ordinateurs et d'autre part à l'anticipation de ce qu'elle pense pouvoir « voir ».

Enfin, alors que dans le logiciel « Calcul » (voir Matthieu) son compteur crée les conditions d'une entrée possible dans une situation adidactique, ici l'environnement logiciel de « Balance virtuelle » dispose d'un compteur mais celui-ci n'est pas défini initialement avec une valeur qui pourrait provoquer un obstacle et ainsi invalider des essais non organisés. Dans le logiciel « Masses » son compteur a une valeur par défaut qui permet de réaliser la tâche sans avoir une

procédure experte.

2.1.2 L'environnement “papier-crayon”

Nous ne disposons pas de suffisamment d'informations pour pouvoir présenter ce que Coralie met derrière les termes de manipulations, d'exercices, ni dans quelles conditions l'étude a été organisée.

Nous savons simplement que les élèves ont d'abord travaillé sur la Balance de Roberval de la classe et à partir d'exercices extraits de manuels. Il n'y a pas de référence à une utilisation d'autre support pendant le temps d'activité.

2.1.3 Le sous-groupe classe des CM2

Par rapport à la classe de Fanny, l'absence d'un aide-éducateur pour réguler le groupe après la mise en activité de l'enseignante contribue à créer des conditions spécifiques que nous présenterons pour chaque séance.

Le contenu mathématique et la forme de l'activité de ce groupe sont différents d'une séance sur l'autre. Leur autonomie, même relative, est un facteur qui influence la gestion que peut faire Coralie de la classe et plus spécifiquement les interactions qu'elle aura avec le groupe qui travaille sur les ordinateurs.

2.2 Synopsis de la séance

Premier épisode jusqu'à la 9^e minute

Coralie a distribué une fiche “problème” aux CM2 et leur explique le travail qu'il y a à faire. La présentation dure jusqu'à la neuvième minute.

Elle revient vers les CM1 qui attendaient, sans travail à réaliser, qu'elle ait fini.

Deuxième épisode jusqu'à la 11^e minute

Coralie organise les groupes de deux élèves puis présente le dispositif de travail, les logiciels qu'ils vont utiliser et leur localisation sur les ordinateurs.

Ci-après nous relatons les échanges que va provoquer Coralie pour faire émerger les représentations des élèves sur ce qu'ils pensent devoir faire à partir des noms des logiciels, par rapport à l'activité et aux connaissances mathématiques en jeu.

À la question « <i>Ces logiciels parlent de quoi ?</i> », Coralie attend comme réponse : « de pesée », les élèves répondent « <i>je ne sais pas</i> », « <i>de masses</i> ». Quand Coralie renforce sa question : « <i>qu'est-ce qu'on va faire ?</i> »,
--

le contrat est clair : c'est « *des maths* », mais « *c'est quoi une balance virtuelle ?* ». Coralie doit se résoudre à constater que « *la balance virtuelle* » est comprise comme une balance qui « *pèse sur ordinateur* » ou « *une balance électronique* ». Coralie, qui n'avait pas envisagé cette situation, met fin à l'échange en rappelant qu'il y a la vraie balance, elle la montre, et que là, avec la balance virtuelle, ils vont faire des exercices...

Troisième épisode jusqu'à la 13^e minute

Découverte du logiciel “Balance virtuelle”. « *Je vous le montre. A votre avis qu'est-ce qu'on va faire ?* »

Coralie sollicite un élève pour jouer le rôle du « pseudo-sherpa ».

Passage à l'ordinateur sur lequel est installé le logiciel “Masses”.

Quatrième épisode jusqu'à la 20^e minute

Présentation successive des cinq exercices composant le logiciel.

Les groupes initiaux sont répartis sur les ordinateurs.

Cinquième épisode jusqu'à la 32^e minute

Coralie gère le lancement des logiciels sur les trois postes.

Observe en passant d'un poste à l'autre.

Minute 24 : Commence à intervenir en direction des CM2.

Intervient sur un groupe qui a un problème de passage d'un exercice à l'autre.

Premières sollicitations des CM2.

Sixième épisode jusqu'à la 39^e minute

Changement de logiciel. Les trois élèves qui étaient sur “Balance virtuelle” passe sur “Masses”.

Coralie fait un ajustement de la tâche pour ce groupe, elle donne la consigne : « *On ne va pas faire les mêmes exercices que vous avez faits avec la “Balance virtuelle” ce n'est pas la peine. Donc on va faire ajouter des masses des deux côtés attends ! Trente secondes... chacun votre tour ! Allez !* »

Les deux élèves qui étaient sur “Masses” passent sur le même poste à “Balance Virtuelle”.

Septième épisode jusqu'à la 49^e minute

Les CM2 sollicitent de plus en plus Coralie qui observe les CM1.

Minute 47 Coralie organise une mise en commun.

Deux minutes plus tard fin de la mise en commun.

Fin de la séance.

2.3 Analyse a posteriori de la séquence d'apprentissage

Nous situons maintenant l'activité de la classe par rapport aux trois critères présentés dans le cadre théorique, l'intégration instrumentale, l'intégration praxéologique, les contrats en jeu puis nous observerons les liens avec deux contrats particuliers, la dévolution et l'institutionnalisation.

2.3.1 L'intégration instrumentale

Pour Coralie la gestion des deux niveaux de classe est une contrainte importante qu'elle va chercher à résoudre pendant tout la durée de notre observation. Habituellement Coralie gère cette phase par l'affichage de l'activité à faire pendant qu'elle passe des consignes ou donne des informations nécessaires à l'autre groupe. Pour cette séance, Coralie va présenter aux CM2 le travail à faire sous la forme d'une fiche d'exercices sur la résolution de problème. Pendant ce temps les CM1 attendent, patiemment regroupés autour des ordinateurs sans tâche à réaliser. Ils attendront neuf minutes avant de passer aux ordinateurs. Il est difficile de savoir si cette situation est liée à notre présence ou à une faible anticipation des questions posées par les CM2 à propos de leur travail. Mais il est peu probable que dans un autre contexte l'enseignante ait laissé les élèves autant de temps sans rien faire.

2.3.1.1 Le mode d'intégration

Coralie choisit d'être présente lors de la prise en main des logiciels et de la piloter comme « *chef d'orchestre* » (TROUCHE). La découverte des logiciels se fait par une alternance entre présentation par l'enseignant et découverte par l'élève « pseudo-sherpa²⁰⁷ » en sa présence. Le lancement du logiciel « Balance virtuelle » présente un problème sous la forme d'une image avec un commentaire « il manque du poids ».

Coralie décrit les étapes pour entrer dans le logiciel et oublie le problème mathématique. Le problème est explicité lorsqu'un élève formule que l'on ne connaît pas le « poids » du paquet posé sur un des plateaux de la balance. C'est à ce moment que l'enseignante précise le contrat « *c'est bien le problème !* » bien que cela ne constitue pas vraiment la formulation d'une consigne.

Les élèves vont se construire une consigne, une tâche, en suivant la présentation. A chaque

²⁰⁷Voir Matthieu l'étiquette pseudo signifiant que les autres élèves ne suivent pas le « sherpa » dans un environnement similaire.

étape Coralie sollicite les élèves qui commentent, proposent des pistes pour répondre aux rétroactions du logiciel « *il y a trop de poids* », « *il manque du poids* », « *la balance est équilibrée* », « *calcule et tape la masse du paquet en grammes* ». Coralie conclut l'observation de la résolution, sans difficulté apparente, par l'élève « pseudo-sherpa » par « *vous avez compris, c'est pas très compliqué* ».

Cette connaissance mathématique que nous avons présentée dans le descriptif du logiciel est totalement indépendante de la connaissance instrumentale à mettre en œuvre ici, qui consiste à savoir “réaliser une sélection” et un “glisser” à la souris. La tâche mathématique en jeu pourrait être réalisée dans un environnement matériel constitué d'une balance de Roberval, d'une collection d'objets et de masses marquées.

Nous avons dans ce cas un mode d'intégration instrumental que nous qualifions de détournement.

Si les tâches sont différentes dans le logiciel “Masses”, les connaissances instrumentales et mathématiques n'ont pas plus de rapport entre elles, comme dans la plupart des logiciels d'entraînement.

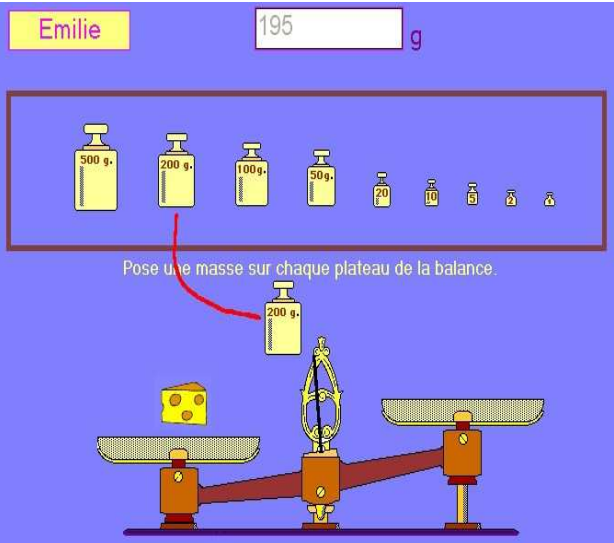
2.3.1.1 Gestion de la transparence

Dans le cas du logiciel “Masses”, réaliser le type de tâches T0 proposé par le logiciel est un obstacle pour les élèves. En effet, il n'existe pas de relation entre la masse réelle de l'objet et sa masse dans le logiciel. De plus il n'est pas sûr qu'un objet soit toujours associé à la même masse. Coralie n'y accorde pas d'attention particulière, bien que les élèves puissent difficilement, dans ces conditions, mettre en œuvre une technique experte, le choix initial de la première masse étant complètement aléatoire.

Les élèves de CM1 ayant déjà travaillé à la production de documents multimédia, Coralie ne juge pas nécessaire de leur rappeler les règles de sélection et de déplacement des masses. Pourtant l'élève qui contrôle la souris a besoin de l'intervention d'un camarade (« *Clique !* »), pour savoir ce qu'il doit faire. De la même manière sur le logiciel “Masses”, l'élève qui contrôle la souris pense que pour placer la masse sur le plateau il doit, comme pour la “balance virtuelle”, cliquer dessus. Coralie réagit alors et dit que pour la poser sur le plateau il faut « *faire glisser la masse* ». Sa connaissance de ces techniques instrumentales différentes (elle en parle dans l'entretien ante) ne suffit pas à lui faire prendre en charge cette instrumentation.

Suit alors cet échange :

É4 : *Oui mais comment ?* [Se tourne vers un autre élève] *tu fais comment ?*
Coralie : *ben ! Comment ? Tu la mets où à ton avis ?*
É3 : *Ben il faut faire le tour !* Désigne d'un geste le contournement du fléau de la balance
É2 qui contrôle la souris est bloqué dans son déplacement à la position que nous avons représentée sur la copie d'écran.
É4 : *Aïe !*
É3 : *Qu'est-ce qu'il fout lui ?*
É4 : *Tu appuies là et tu fais le tour là comme ça !* [Elle reprend le geste de É3]
Coralie : *Tu ne passes pas ! Tu ne passes pas le cadre ?*
É4 : *Et ça ne veut pas faire...*
Coralie prend la souris, déplace la masse en regardant l'élève, aussi interloqués l'un que l'autre.
Commentaire de É1 : *il faut y aller un peu plus fort !*
La tâche est finie, Coralie passe à la phase suivante.



Lorsque l'élève ne peut plus déplacer la masse, il n'y a aucun obstacle logiciel qui l'en empêche. C'est sa représentation de la "virtualité-réalité" qui fait obstacle car il pense que le fléau constitue un obstacle au passage de la masse. Coralie n'a pas perçu cette représentation (difficile à anticiper !) et donc elle se résout à montrer la technique du "glissé" sans commentaire.

Lors de l'affichage de l'écran de « Masses Ex3 », pour présenter l'exercice suivant Coralie ne propose pas de consigne mais désigne le texte « Pose une masse sur chaque plateau de la balance » dans la fenêtre du logiciel avec le commentaire : « *Attention regardez là !* » dont nous pouvons dire que certains élèves n'auront pas eu le temps de le lire avant le clic de l'élève « pseudo-sherpa ».

Nous allons observer l'influence de l'environnement sur la dévolution de la tâche mathématique.

Coralie vient de dire que cet exercice du logiciel fonctionne comme le précédent ; c'est alors qu'intervient l'élève "E" :

- | | |
|--|--|
| <i>E : Mais on n'a pas... »</i> | Il parle du compteur |
| <i>E2 : C'est comme ce qu'on avait.</i> | Elle parle de la balance |
| <i>Coralie : « On n'a pas quoi ? »</i> | Coralie réagissant à E |
| <i>E : On n'a pas...</i> | |
| <i>E : Sauf qu'on n'a pas le temps.</i> | |
| <i>E2 : Si y a un temps</i> | |
| <i>E4 : Il te l'indique</i> | |
| <i>E2 : Sauf qu'il faut peut-être les séparer.</i> | Elle est revenue à la tâche mathématique |

L'élève ne voit pas le chronomètre dans la forme qu'il connaissait sous l'environnement de "Balance virtuelle". Cette perturbation va le détourner momentanément de la tâche mathématique.

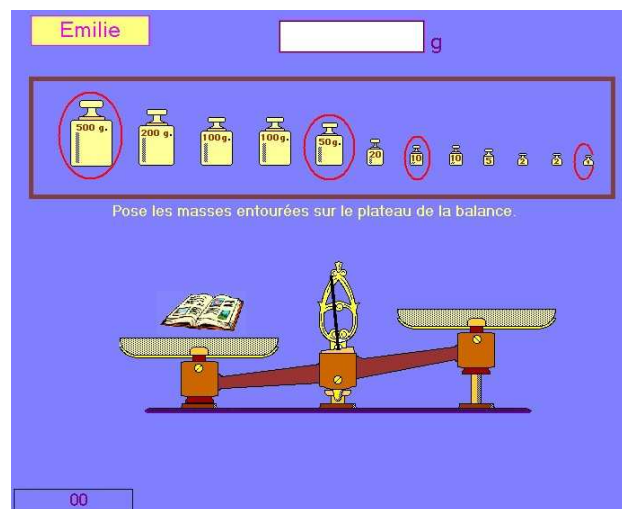
Si c'est vrai pour les élèves, ce peut l'être aussi pour les enseignants. Voilà un exemple d'incident auquel a été confrontée Coralie.

Pendant la dernière étape de la présentation de "Masses", alors que Coralie prend la main pour passer à l'exercice suivant, le temps imparti pour faire l'exercice est écoulé.

Le logiciel affiche une proposition de correction comme sur la copie d'écran ci-contre.

Un élève : « Pourquoi il te donne ça ? »

Coralie : « Parce qu'on n'a pas eu le temps de le faire. Ça c'est la correction si tu veux... Quand tu n'as pas le temps de le faire ou quand tu fais faux on te dit de faire ça. Donc tu le fais et puis... »



Cette situation nécessiterait un réajustement pour pouvoir continuer mais, en l'absence d'anticipation, il alourdirait la gestion du moment, ce qui la fait renoncer à cet ajustement.

Nous pensons que cela devrait lui montrer la nécessité d'anticiper le fonctionnement du logiciel.

La simplicité d'usage, pour un adulte, semble avoir fait oublier la recherche des obstacles que peuvent rencontrer les élèves dans l'usage du logiciel. Ce qui nous fait dire que l'enseignante ne gère pas la "transparence" de l'environnement logiciel.

2.3.2 L'intégration praxéologique

2.3.2.1 Des techniques anciennes de l'environnement papier-crayon à l'environnement logiciel

L'enseignante, sans connaissance suffisante des techniques des élèves dans ce nouveau

milieu, doit agir²⁰⁸ sur ce qui constitue son milieu objectif, MP-Objectif, pour favoriser l'appropriation du logiciel par les élèves, gérer leurs difficultés et les maintenir dans l'activité. La réponse que semble avoir trouvée Coralie correspond à la délégation à un élève, « pseudo-sherpa », des tâches à effectuer dans l'activité sous le pilotage du groupe, ce qui lui permet de « voir ».

Nous allons observer la stabilité et les évolutions pendant la phase de présentation des deux logiciels.

Des obstacles sont stables dans la durée de la présentation :

Lorsque Coralie lance le logiciel, ce sont ses manipulations à la souris qui montre la façon de procéder pour arriver au choix de l'activité. Elle propose que les élèves traitent les exercices les uns après les autres dans l'ordre proposé par l'auteur. Cela constitue la seule consigne émise. C'est donc l'environnement logiciel qui va dicter les tâches que vont faire les élèves.

Après le lancement du type d'exercice « peser avec indication de masse », que j'appellerai « Masses Ex1 », Coralie va tenter de faire formuler aux élèves ce qu'ils comprennent de la situation. Les élèves sont regroupés autour de l'ordinateur ; suit alors l'échange retranscrit ci-après.

<p>Coralie : <i>Alors ça... qu'est-ce que vous voyez là ?</i> E1 : « Ben il faut mettre des grammes comme l'autre » E2 : « pourquoi il y a des min... ? » Coralie : « On met n'importe / » E3 : « Ben non ! C'est marqué il faut mettre 200 grammes. » Coralie : « Ah ! » E1 : « Ça y est pas ! si... » E3 : « Si ! » Coralie : « Ben alors ? » E4 : « Ben que quelqu'un le fasse ! » E2 prend la main sur la souris Coralie : « Alors celui-là il faut pas cliquer. Il faut glisser la masse. » E4 : « Oui mais comment ? » Coralie : « Comment ? Tu la mets où à ton avis ? » (noter le repérage</p>	<p><i>spatial de référence / à une question instrumentale)</i> E1 : « Ben il faut faire le tour ! » E1 crie à l'idée que E2 se trompe. E2 est coincé dans la manipulation de la souris et n'arrive plus à déplacer la masse sélectionnée. E4 : « Tu la mets là (et pointe du doigt l'écran) et fais le tour comme ça ! » (geste montrant le contournement de l'axe de la balance). Coralie : « Tu ne passes pas ? Tu ne passes pas le cadre ? » Questionne pour évaluer un incident logiciel E2 : « Ben ça ne veut pas faire. » difficulté de déplacement de la souris Coralie reprend la main sur la souris et montre que c'est possible.</p>	<p>E3 : « Ah si ! » E5 : « Faut y aller un peu plus fort. » Coralie : « Qu'est-ce qui est marqué ? [On ne comprend pas la réponse] Non ! Qu'est-ce qui est marqué dessous le cadre ? Plusieurs élèves ensemble : « très bien tu peux passer à la pesée suivante » E4 : « On n'a pas de temps ! » E3 : « suite !suite ! » Coralie : « Si! regarde le temps. » E4 : « Si! tu avais quand même du temps ! » Coralie : « Vous avez la masse qui est marquée. C'est facile il faut choisir les bonnes masses. Bon maintenant... »</p> <hr/> <p>Échanges « Masses Ex1 »</p>
---	---	---

L'activité y est problématisée implicitement par référence à l'exercice précédent de la

208 Cette action constitue les prémices d'une technique (au sens de partie visible d'un schème d'utilisation)

“Balance virtuelle”. En moins de deux minutes de présentation, aucune question d'ordre mathématique n'a été présentée aux élèves qui se sont appropriés la tâche à exécuter comme une suite de techniques logicielles.

Nous identifions ici que le manque d'anticipation de ce que les élèves vont percevoir de l'environnement logiciel provoque un délaissement du problème de mesure posé aux élèves.

Lorsqu'il y a une difficulté, Coralie reprend la main pour montrer comment on fait. Cependant elle ne donne pas d'outil pour dépasser ultérieurement le renouvellement de ce type de problème.

L'utilisation de l'environnement ne permet pas toujours de comprendre la tâche mathématique en jeu. Dans le premier exercice, la tâche à effectuer est la tâche T3. Or, la masse (200g) indiquée, tirée de façon pseudo- aléatoire, est un mauvais tirage logiciel puisqu'il existe une masse marquée de cette valeur. Les élèves n'ont pas à la décomposer comme somme de masses marquées et ils devront comprendre ce type de tâche au cours de l'activité ! De plus dans ce cas, la technique associée consiste à sélectionner la masse sur laquelle est marquée le nombre écrit en haut de l'écran. Alors que la technique attendue était la décomposition du nombre affiché sous la forme d'une somme dont les termes sont fixés par les valeurs des masses.

Le dispositif d'évaluation du temps de l'activité n'est pas évoqué alors que deux élèves ont parlé du compteur qui affiche le temps restant. Cela renforce notre idée que Coralie n'a pas étudié l'utilisation qu'elle pouvait en faire.

C'est la résolution par l'élève “Pseudo-Sherpa” qui constitue la fin de la présentation. La sortie de l'activité pour présenter l'exercice suivant est faite sans commentaire sur les actions à réaliser dans l'environnement logiciel pour y arriver.

Le passage à l'exercice « peser sans indication de masse », « Masses Ex2 », permet d'observer que Coralie est influencée par les questions²⁰⁹ précédentes des élèves ce qui l'amène à se positionner sur cette question de durée « *là c'est moi qui vous réglerai...* », même les élèves ne seront pas en mesure de savoir quand et comment ce sera fait.

L'échange²¹⁰ entre Coralie et les élèves fait apparaître les conflits de représentation entre eux accentués par l'absence de consigne mathématique. De plus Coralie ne fait aucune référence à l'exercice « Balance Virtuelle » dont le type de tâche est identique.

209 Voir transcription : Échanges « Masses Ex1 »

210 Annexes internes - Annexes Coralie - Annexes 7 -

Les lignes 8 à 22 (annexe 6) montrent la mise en œuvre collective d'une technique de résolution. Le reste des échanges porte sur l'environnement (ergonomie du) logiciel. La consigne est une fois de plus dictée par l'environnement.

Alors que l'environnement d'évaluation avait été évoqué (« *là c'est moi qui vous réglerai...* ») un incident, la durée accordée pour résoudre le problème est écoulée avant la fin de la présentation (ligne 25 ci-dessous), renforce l'idée que l'anticipation n'a pas été vraiment conduite lors de la préparation de la séance.

Les lignes suivantes correspondent aux échanges entre le groupe d'élèves et l'élève « pseudo-sherpa ».

1.Coralie : <i>Attention regardez là ! (en montrant du doigt la consigne. Les élèves lisent. On n'entend que quelques mots...)</i>	12.E : <i>Sauf qu'il faut peut-être les séparer.</i>	25.E : <i>On n'a pas eu le temps (le corrigé apparaît)</i>
2.Coralie : <i>Qu'est-ce que ça veut dire ?</i>	13.E : <i>Oui mais il n'y a pas les...</i>	26.E : <i>Il fallait mettre le 2 ici et le 500 là</i>
3.E4 : <i>On peut les poser de chaque côté.</i>	14.E : <i>On peut pas faire comme ça</i>	27.Coralie : <i>« D'accord et c'est ce qu'elle te dit depuis un petit moment »</i>
4.Coralie : <i>voilà</i>	15.E4 : <i>Ben t'en rajoutes là</i>	28.E : <i>parce que 8 plus 2, dix.</i>
5.E : <i>mais on n'a pas... »</i>	16.E4 : <i>450, met déjà 450 puis après on va voir.</i>	29.Coralie : <i>D'accord ?</i>
6.E : <i>C'est comme ce qu'on avait</i>	17.E : <i>Non ! Mets 500 de ce côté.</i>	30.E : <i>Ah mais je n'avais pas vu ça je croyais qu'il fallait deviner.</i>
7.Coralie : <i>« On n'a pas quoi ? »</i>	18.E : <i>C'est ce que j'allais faire</i>	31.Coralie : <i>« Oui mais il faut regarder. »</i>
8.E : <i>on n'a pas...</i>	19.E : <i>pose là</i>	
9.E : <i>Sauf qu'on n'a pas le temps.</i>	20.E : <i>mais c'est pas ça...</i>	
10.E : <i>Si y a un temps</i>	21.E4 : <i>enlève 100</i>	
11.E4 : <i>Il te l'indique</i>	22.E : <i>mets 2 de ce côté</i>	
	23.E : <i>enlève ça</i>	
	24.E4 : <i>mets 2 de ce côté et enlève 100</i>	
Échanges « Masses Ex3 »		

Coralie en position d'observation pendant leur tentative de résoudre le problème valide la démarche de l'élève E4 sans s'appuyer sur l'exemple et ne conclut pas sur le type de tâches à accomplir. Le passage à l'exercice suivant se fait sans bilan intermédiaire. Même le fait que l'activité n'ait pas pu être finie dans le temps disponible n'est pas intégré dans une perspective de travail des élèves.

La présentation de l'exercice suivant « Masses Ex4 » est l'occasion d'un changement, avec la reconnaissance d'un savoir ancien selon Coralie.

Coralie lance l'activité, l'écran s'affiche et elle dit « *Là ça va être la même chose mais ça ne sera pas marqué au dessus donc ce sera à vous de le trouver. Ça sera plus difficile.* »

Cette « *même chose* » fait référence implicitement au type de tâche T4 de « Masses Ex3 » que les élèves viennent de découvrir. « *Ça sera plus difficile* » fait référence à T1. Selon nous, cette activité est une résolution de problèmes complexes (où il faut plusieurs étapes pour résoudre le problème) qui nécessite que les exercices antérieurs soient maîtrisés.

Coralie considère maintenant que les élèves connaissent le fonctionnement de l'environnement logiciel, ce qui permet d'éviter un essai supplémentaire. En fait, on peut considérer que Coralie a reconnu cet exercice comme ancien et donc elle instrumentalise cette connaissance pour faire avancer le temps de la présentation.

Cette connaissance ne lui permet cependant pas de favoriser l'objectif mathématique puisqu'on ne peut pas parler de consigne mathématique. C'est l'environnement logiciel qui contrôle les apprentissages en jeu.

Le dernier exercice, « Masses Ex5 », est le seul où il s'agit de comparer des grandeurs sans recours à leur mesure.

Coralie recourt à la prise d'indices dans le nouvel écran. Pour faire avancer la présentation elle montre, en le pointant du doigt, le texte au-dessus la balance, « place les objets sur les traits, du plus léger au plus lourd, grâce à la balance ».

À la demande de l'enseignante, les élèves vont faire des hypothèses sur la tâche à accomplir. L'enseignante invalide les hypothèses erronées jusqu'à l'émission de la bonne tâche testée par l'élève qui l'a émise.

L'ensemble de ces exercices sont résolus avec les techniques anciennes de calcul ou par la connaissance du principe d'équilibre de la balance ce qui nous fait dire que ce sont des techniques papier-crayon.

2.3.2.1 Rapport entre la TAL et la TAM

La description réalisée de la situation nous a permis de montrer que les types de tâches sont transposables dans d'autres types de problèmes que ceux étiquetés ici en rapport avec les "Masses".

Nous pourrions alors envisager de remplacer les TAL par des TAPP de type calcul qui engageraient la même connaissance mathématique. Ceci correspond donc à un entraînement dans un environnement voisin.

2.3.3 Les contrats

2.3.3.1 Le savoir engagé, le type de situation et la répartition des responsabilités entre élève et enseignant

Les connaissances mathématiques qu'utilisent les élèves sont des connaissances

anciennes comme nous l'avons établi précédemment. Le type de tâches, voire la tâche, a été présenté et les élèves doivent appliquer dans un travail personnel ou en binôme dans une situation qui n'est pas antagonique.

Les élèves n'ont aucune responsabilité dans la validation de leurs résultats. Par la réponse du logiciel ils sauront si leurs réponses sont justes ou fausses mais n'en connaîtront pas les raisons.

2.3.4 Enjeux et conséquences pour la dévolution et l'institutionnalisation

2.3.4.1 Les points d'appui pour réaliser la dévolution de la situation

Les conditions de mise en œuvre de l'activité sont une contrainte importante sur l'appropriation que peut en faire un élève.

La mise en place de l'activité des CM1 ne s'appuie pas sur une consigne écrite sur laquelle les élèves pourraient revenir. C'est le dispositif de présentation, déjà présenté, qui permet à Coralie d'improviser une consigne, non anticipée dans la préparation de la séance, mais cela suppose une grande dextérité dans la maîtrise du milieu d'apprentissage et dans la gestion des contraintes du logiciel. De plus cette organisation est rattachée à la contrainte matérielle, le logiciel « Masses » qui ne fonctionne que sur une machine et au temps de réalisation des tâches pour pouvoir organiser la permutation de 5 élèves sur 2 logiciels et 3 ordinateurs.

La connaissance des logiciels mal maîtrisée ne permet pas d'exploiter des outils par exemple le chronomètre pour en faire un instrument d'évaluation. L'absence d'anticipation laissera les élèves devant des non-réponses, pourquoi un chronomètre s'il ne sert à rien ?

Nous avons montré que la distance entre l'enjeu mathématique pensé par Coralie et celui mis en œuvre est très grande ce qui nous fait dire qu'elle n'a pas pensé la dévolution sur les mathématiques.

Il ne restait à Coralie que l'image ludique de l'ordinateur pour motiver les élèves.

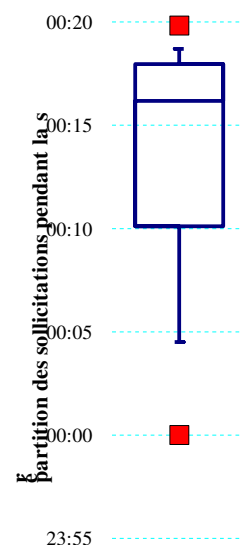
2.3.4.2 Influence du groupe CM2 sur la dévolution et l'institutionnalisation

La présence d'un autre groupe, ici les CM2, modifie considérablement les conditions d'intégration d'un logiciel dans la classe si l'enseignant n'a pas suffisamment anticipé leur tâche. Pour mettre en évidence cette influence, nous allons étudier la capacité de Coralie,

comme elle en a exprimé le souhait, à observer les élèves de CM1 pour maintenir leur implication dans la tâche et évaluer leur pratique.

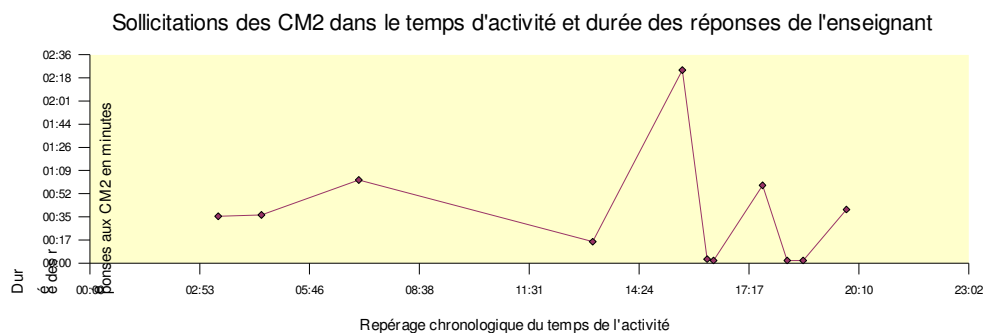
Nous évaluerons sa disponibilité à partir du nombre de sollicitations des CM2, de leur répartition dans le temps d'activité des CM1 et du temps de réponse de Coralie à ces sollicitations.

Il apparaît qu'en 27 minutes²¹¹ Coralie a été sollicitée 11 fois mais, comme le montre la « boîte à moustache » associée, la valeur médiane des sollicitations se situe à 16 min 11s.



Nous avons simplement remarqué l'influence de la tâche des CM2 dont la difficulté²¹² progressive conduit de plus en plus d'élèves à solliciter l'enseignant.

Nous observons la relation entre les sollicitations et la durée de leur réponse dans le temps de la séance que présente le diagramme ci-dessous à partir des données du tableau des sollicitations.²¹³



Sachant que le changement de logiciel a eu lieu au bout de 12 minutes, il ne reste que peu de temps à Coralie pour « voir » ce que font les élèves pendant la deuxième phase. Toute tentative est dès lors vouée à une dépense d'énergie importante, avec peu de chance d'aboutir.

211 Annexes internes - Annexes Coralie - Annexe 2 -

212 Annexes internes - Annexes Coralie - Annexe 1 -

213 Annexes internes - Annexes Coralie - Annexe 2 -

2.3.4.1 L'institutionnalisation réalisée et les environnements

Nous pensons que c'est notre présence qui fait que Coralie organise un bilan dont nous retranscrivons l'intégralité et que nous commentons parallèlement :

<p><i>Coralie : Allez ! Bon ! Dites-moi... Qu'est-ce que... Écoutez moi les CMI !</i></p>	<p>Les élèves sont encore devant l'ordinateur. Coralie n'a pas pensé le dispositif de mise en commun, l'indicateur qui constitue la fin de l'activité pour les élèves (par exemple le chronomètre) et va devoir gérer cette difficulté.</p>
<p><i>Coralie : Qu'est-ce qui vous a semblé le plus difficile dans ces exercices ? E4 : Attends maîtresse ! E3 : C'est ici... Coralie : Écoutez-moi ! E1 !</i></p>	<p>Ils sont toujours devant leur écran et renvoient à Coralie qu'ils n'ont pas fini. un élève se tourne vers elle.</p>
<p><i>Coralie: Qu'est-ce qui est le plus difficile dans les exercices qu'on a faits ? Est-ce que c'est celui-là ? Est- ce que c'est celui-là ? En montrant les ordinateurs. E5 : C'est celui-là ! (il montre l'ordinateur avec le logiciel « Masses ») Coralie : Et quel exercice en particulier ? E3 : Surtout celui où tu devais trouver la masse sans que ce soit indiqué en haut.</i></p>	<p>Trois élèves sur cinq sont maintenant tournés vers elle. Tentative de centrer la question sur l'image du logiciel E3 renvoie que le plus difficile est celui où il faut faire « des manipulations » pour trouver la masse, comme voulait l'évaluer Coralie</p>
<p><i>Coralie : Avec les masses dans les deux plateaux. C'est ça qui vous semblait le plus difficile. Ça c'est facile ? E3 : Oui ! Mais dommage que le temps passe très vite. Coralie : Bon ! C'est ça ! Ce qui vous embête c'est qu'il y ait du temps ?</i></p>	<p>Cette réponse est contradictoire avec ce qu'elle avait pu observer des difficultés de E1 et E2 sur « Masses Ex5 » Elle fait une tentative pour les amener à parler de comparaison sans masses marquées, sans faire formuler le pourquoi. E3 répond à sa sollicitation mais Coralie n'a pas intégré le chronomètre comme une caractéristique du logiciel et ne sait pas l'exploiter</p>
<p><i>E4 : Maîtresse c'est quand que c'est fini [ce logiciel] ? Coralie : Essayez... mais ça finit jamais si tu ne l'arrêtes pas. Écoute moi ! Et vous qu'est-ce vous en pensez de ce logiciel? qu'est-ce qui vous a semblé plus difficile ?</i></p>	<p>E4 est replongé dans l'exercice “Balance virtuelle” Nouvelle tentative de trouver un élève qui pense que “Masses Ex5” est le plus difficile.</p>
<p><i>E5 : C'était le dernier ! Coralie : Les objets à ranger ? E5 ! E5 tu veux écouter ! E5 : les objets à ranger !</i></p>	<p>E5 par effet de contrat lui donne la réponse qu'elle attend mais il s'est de nouveau plongé dans le logiciel.</p>

*E4 : On est obligé de finir sinon on ne peut pas quitter.
Coralie: ben laisse le...*

Coralie abandonne et se tournant vers moi : *«Je peux les y laisser tout l'après midi je crois ! C'est bon...»*
Elle arrête l'activité et fait fermer les logiciels, laisse les ordinateurs allumés.

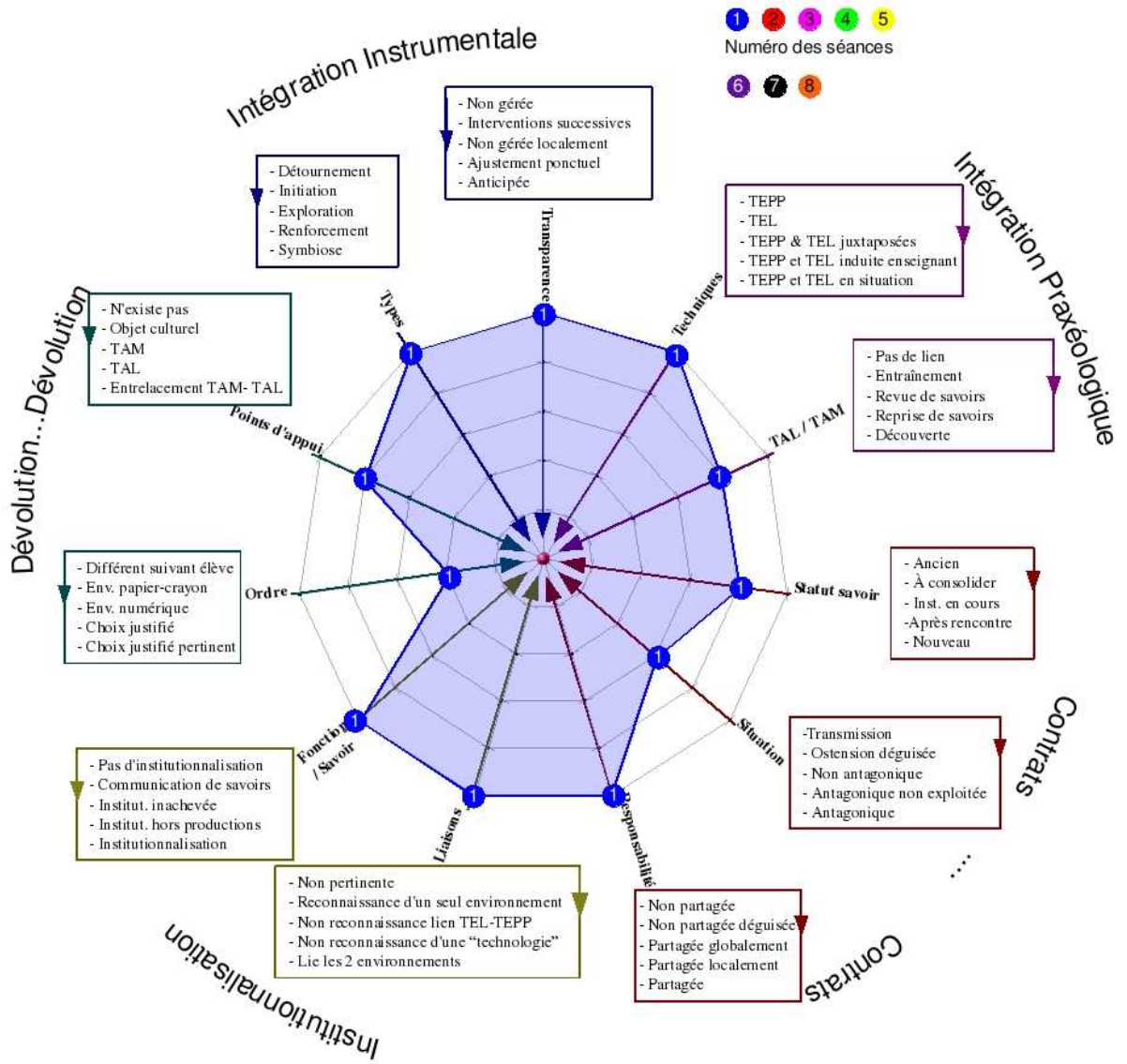
Le constat, ci-avant, confirme que le manque d'anticipation de la phase de bilan laissera les élèves comme l'enseignante dans une incertitude sur les compétences en jeu.

Ce bilan en forme de “mise en commun” où l'enseignante met en avant ses représentations, sans succès, pour pallier l'absence de mémoire des tâches, des types de tâches et des techniques qui empêche toute institutionnalisation.

Ce qui revient à dire qu'elle n'est pas satisfaite de la durée de la présentation.

Nous y voyons une impossibilité à structurer l'usage de cette activité comme un apprentissage mathématique.

Nous pouvons maintenant situer la séance sur la “toile” par rapport à nos critères d'intégration des pratiques en environnement TICE.



2.4 Éléments d'apprentissage de l'enseignante Coralie

2.4.1 Ce que dit Coralie

Nous le résumons en quatre points :

- Elle s'attendait à ce que les élèves soient motivés et ils le sont ! Même l'élève E5 qui ordinairement manque de concentration et dont Coralie dit « *devant l'ordinateur ça lui plaît !* ».
- Les exercices ne sont pas un problème « *c'est classique* »
- La gestion du logiciel avec trois ordinateurs est une difficulté qui justifie le dispositif, même s'il est un handicap à l'implication personnelle des élèves.
- la gestion de l'autre groupe est aussi une difficulté mais qui n'est pas un spécifique au travail avec l'ordinateur dans une classe à deux niveaux.

2.4.1 Éléments d'apprentissage de l'enseignante dans la séance

2.4.1.1 Du côté de l'intégration instrumentale

Pour Coralie l'intégration de l'outil s'est bien passée, « *un peu long !* » Elle n'avait pas prévu que ça durerait autant.

Dans ces conditions, nous pensons qu'elle ne perçoit pas la nécessité d'une phase d'initiation pour utiliser les logiciels et nous faisons l'hypothèse qu'elle ne sera pas prise en compte dans la séance suivante.

De plus rien ne nous permet de penser que lors de la préparation de la séance elle intégrera la gestion de la transparence.

En revanche elle est convaincue que le fait de disposer de trois ordinateurs lui facilitera l'organisation de l'activité, ce qui s'entend facilement.

Nous n'avons pas d'indice qui permette d'imaginer une évolution significative pour la séance suivante du côté de l'intégration instrumentale.

2.4.1.2 Du côté de la dimension praxéologique

En n'ayant pas questionné la différence entre l'utilisation du logiciel et des exercices de son manuel, Coralie ne perçoit pas de différence entre les tâches qui sont mises en jeu dans

cette séance et celles qui sont attendues dans les programmes, par rapport à un travail sur les masses.

Coralie n'ayant pas de repère pour anticiper les techniques des élèves, elle s'adapte à la contingence de la classe en tentant de les observer le plus possible. Mais elle convient que son observation est partielle, elle sait qu'il y en a qui n'ont pas compris mais dit qu'elle « *n'a pas vu dans les détails* ».

En l'état de son questionnement pour préparer les séances suivantes, il ne semble pas que cette dimension puisse être prise en compte.

2.4.1.3 Statuts des savoirs

Coralie ne reprendra pas l'utilisation des logiciels "Balance virtuelle" et "Masses" ni d'activités dans l'environnement papier-crayon concernant la mesure ou la comparaison de masses. Les difficultés des élèves dans la séance n'ont pas donné lieu à une reprise des savoirs engagés.

Nous resterons sur le doute que cette situation a été introduite d'avantage comme essai d'un environnement logiciel et mathématique simple pour notre première observation, que comme une séance pour favoriser un apprentissage.

Sur les critères de nos trois catégories, nous n'avons pu identifier qu'une seule évolution. Coralie pourrait envisager de modifier le type de tâche demandé aux élèves de CM2 pour contrôler leur autonomie.

Dans sa situation de référence, son action sur l'élément "CM2" de son milieu objectif, M_p-Objectif, elle construit donc une connaissance qu'elle devrait pouvoir réinvestir dans les séances suivantes.

3 Les séances “calcul”

Les séances que nous allons étudier étaient programmées dès notre première rencontre. Il s'agit de deux séances de “calcul mental”, nom d'une activité du logiciel “Calcul”. Ce logiciel est le même que celui qu'a utilisé Matthieu. Les deux séances se dérouleront à quatre jours d'intervalle.

3.1 Le milieu envisagé par l'enseignante

3.1.1 Les objectifs d'enseignement

Nous nous appuyons sur l'entretien ante pour identifier les objectifs de cette séance en l'absence de fiche de préparation de la séance. Lors de la première séance, « *comme ils découvrent le logiciel [« Calcul »] aujourd'hui, je fais une révision de ce que l'on a fait en calcul mental.* » A notre question sur ce qu'elle souhaite qu'ils retiennent elle répond : « *Pfff Retenir + je sais pas ... le fait d'être efficace ... + c'est un peu la même chose que l'autre fois c'est-à-dire qu'il faut surtout ... en calcul mental t'as pas... + il n'y a pas dix manières de faire... + à chaque calcul, il faut essayer de trouver des stratégies, être efficace pour trouver le résultat !* ».

Cependant elle a préparé une fiche de mise en œuvre de l'activité où nous identifions, à partir du descriptif du contenu logiciel, les types de tâches “calculer le double de”, “calculer le produit par 10 de”, “calculer la moitié de” et “ajouter 11 à” que les élèves vont avoir à réaliser.

La deuxième séance est organisée à partir du constat « *qu'ils avaient des difficultés à passer les dizaines donc j'ai fait un exercice là-dessus²¹⁴* » et qu'il fallait différencier l'exercice de chaque élève parce « *qu'ils se souvenaient des résultats* ».

Coralie n'explicite pas les objectifs ou les types de tâches qu'elle a envisagés dans les exercices qu'elle a conçus dans le logiciel (nous pouvons y identifier : ajouter 5 ou 6, multiplier par 6, 7, 10, 100 ou 1000, retrancher 10, 100 ou 1000), elle présente une suite de tâches logicielles où les élèves devront reconnaître les opérations en jeu. Alors qu'elle avait rédigé une fiche de consignes distribuée lors de la première séance, elle abandonne le dispositif dans cette

²¹⁴Correspond à “ajouter 5” à un nombre dont l'unité est supérieure à 5

deuxième séance.

Lorsque nous essayons de savoir ce qu'elle souhaite leur voir retenir en fin de séance elle dira « *des méthodes pour multiplier avec les centaines et les tables* ». A propos du “calcul en pluie” elle « *l'envisage pour les entraîner à aller un peu plus vite en relation avec un travail que l'on a fait jusque là* ».

Ces types de tâches, à l'exception de retrancher 1000²¹⁵, sont conformes aux programmes de l'école élémentaire. Ils relèvent du cycle 3 et sont identifiés dans les documents d'application comme des compétences associées au chapitre « *résultats mémorisés ou procédures automatisées* ».

Coralie évoque la recherche « *de stratégies* », mais ne formule pas l'objectif de les faire expliciter comme Matthieu l'avait fait et ceci en conformité avec les programmes. Si elle évoque le fait d'aller « *un peu plus vite* », il s'agit d'un entraînement et non pas comme pour Matthieu d'un calcul rapide.

3.2 Le dispositif de travail

La durée des deux séances est prévue de 40 minutes, contrainte par les limites de la récréation et le ramassage scolaire de midi. Pour cette séance, Coralie dispose de trois postes avec le logiciel « Calcul » installé sur chaque poste. Les élèves travailleront en deux groupes de deux et un élève seul.

Le groupe CM2 va finir une fiche²¹⁶ d'exercices de mathématique en cours, puis réaliser une évaluation d'orthographe distribuée au début de la séance. La fiche sera corrigée par l'enseignante et reprise ultérieurement.

Pour cette première séance avec le logiciel “Calcul”, Coralie a organisé le passage des consignes pour les CM1 à partir d'une fiche descriptive des étapes à suivre qui, pour elle, doit permettre, après le lancement du logiciel, d'accéder aux exercices.

Pour la deuxième séance, Coralie a repensé l'organisation du passage des consignes. Après avoir demandé aux CM1 de l'attendre devant les ordinateurs, Coralie rédige au tableau la consigne pour les CM2. De retour auprès des CM1 elle donne la consigne oralement sans support papier. « *Bon vous savez comment on démarre !* » puis elle présente les activités que nous présenterons ultérieurement.

215La compétence identifiée est « *soustraire mentalement des dizaines entières (nombres inférieurs à 100) ou des centaines entières (nombres inférieurs à 1000)* » Documents d'application cycle 3 p. 26, mais il n'est fait aucune référence à des milliers entiers.

216Annexe 4 - Annexes Coralie – Annexes internes -

3.2.1.1 Présentation générale de l'outil logiciel

Coralie utilise l'activité "Calcul Mental" du logiciel "Calcul" déjà utilisé par Matthieu dans sa première séance et que nous avons présenté à cette occasion. Les types de tâches structurés dans les exercices sont différents de ceux de Matthieu.

Son choix de mettre en œuvre le logiciel « Calcul » est justifié par le changement qu'il apporte dans sa pratique des mathématiques. Le discours est radical, en réponse à notre question « Pourquoi ce logiciel ? » elle trouve que « ...c'est intéressant parce qu'on peut programmer ce qu'on a fait.[...] tu peux vraiment rentrer tes données à toi. »

3.2.2 Le potentiel adidactique du logiciel, les types de tâches, tâches et techniques associées

Comme nous l'avons dit à propos du travail organisé par Matthieu, les contraintes définies par le logiciel n'obligent pas les élèves à pratiquer un calcul réfléchi, ni même dans certains cas un calcul. Nous allons présenter les types de tâches que Coralie introduit dans les scénarii.

Lors de la première séance, les scénarii "doublede" et "moitiède" qu'elle propose aux élèves sont des créations personnelles ; "add11" et "sous5" sont disponibles à l'installation du logiciel. Coralie proposera "sous5" « en pluie pour sa simplicité ».

Nous avons vu²¹⁷ à propos de T_{+9} que les techniques associées, en calcul mental, peuvent varier en fonction du nombre sur lesquels les tâches s'appliquent pour économiser les sous-tâches de mise en mémoire.

C'est aussi le cas à propos des T_{+11} et T_{-5} qui peuvent engager des techniques différentes et moins de mise en mémoire pour arriver à l'écriture du résultat.

$\tau_{+11}1$: la technique algorithme posé en commençant par les unités suppose une mise en mémoire de la somme du "chiffre" des unités avec un ; identifier s'il y a une "retenue" ; en fonction de l'existence d'une retenue calculer la somme du "chiffre" des dizaines avec un ou deux. auquel il faut ajouter un s'il y a une retenue.

$\tau_{+11}2$: la recherche si le chiffre des unités est 9, si oui on ajoute deux au nombre de dizaines sinon on ajoute un au nombre de dizaines et un au chiffre des unités.

$\tau_{-5}1$: l'application de l'algorithme de calcul d'une soustraction « à la française » en appliquant

²¹⁷Matthieu 2.2.2 le potentiel adidactique du logiciel, les types de tâches, tâches et techniques

la règle des écarts (si $a=b$ alors $a+c=b+c$)

soit : $34 - 5 = 3 \text{ dizaines} + 14 - (1 \text{ dizaine} - 5) = (3 - 1) \text{ dizaines} + 14 - 5$

$\tau_{5,2}$: si le chiffre du nombre auquel on retranche 5 est supérieur ou égal à 5 il s'agit de mémoriser le nombre de dizaines et d'écrire la différence entre les "chiffres" des unités. C'est le cas de $166 - 5$.

$\tau_{5,3}$: Si le chiffre dans une unité est inférieur à 5 alors on peut utiliser la technique anglo-saxonne consistant à mémoriser le nombre précédent le nombre de dizaines et ajouter 5 au "chiffre" des unités.

Nous avons dit que T_{*10} utilisait comme technique la règle des zéros.

Lors de la deuxième séance, Coralie annonce trois exercices qui correspondent à des regroupements de types de tâches identiques T_{+5} et T_{+6} , T_{*6} et T_{*7} , T_{*10} , T_{*100} et T_{*1000} :

- T_{+5} : Ajouter 5 unités à un nombre dans le cas où l'unité est supérieure ou égale à 5 ; T_{+6} : Ajouter 6 unités à un nombre dans le cas où l'unité est supérieure ou égale à 4.
- T_{*6} : Multiplier par 6 un nombre entier ; T_{*7} : Multiplier par 7 un nombre entier.
- T_{*10} : Multiplier par 10 ; T_{*100} : Multiplier par 100 ; T_{*1000} : Multiplier par 1000 ;

Puis un exercice particulier qu'ils feront "en pluie" dont les types de tâches sont :

T_{-10} : Retrancher 10 ; T_{-100} : Retrancher 100 ; T_{-1000} : Retrancher 1000.

Pour Coralie T_{+5} , T_{+6} , T_{*6} , T_{*7} , T_{*10} , T_{*100} et T_{*1000} sont en rapport avec les difficultés rencontrées par des élèves lors de la séance précédente et T_{-10} à T_{-1000} « *pour les entraîner à aller un peu plus vite. J'ai mis des soustractions et enlever des dizaines des centaines et des milliers.* »

Alors que les types de tâches T_{+5} et T_{+6} relèvent d'un calcul réfléchi, les types de tâches T_{-10} ou T_{-100} consistent pour T_{-10} à identifier le nombre de dizaines, à prendre son prédécesseur avant de recopier le chiffre des unités et pour T_{-100} à identifier le nombre de centaines, à prendre son prédécesseur avant de recopier les chiffres des dizaines et des unités. De même les types de tâches associés aux scénarii "fois 6" et "fois 7" qui sont de même nature engagent d'autres techniques.

Dans la série des termes du scénario "fois 6", { 30 6 ; 50 6 ; 80 6 ; 90 6 ; 40 6 ; 700 6 ; 600 6 ; 10 6 ; 200 6 } la technique experte utilise la mémorisation des résultats de la table de 6 et la règle des zéros.

Dans la série des termes du scénario "fois 7", { 30 7 ; 50 7 ; 800 7 ; 90 7 ; 70 7 ; 600 7 ; 100 7 ;

20 7 ; 50 7 } la technique experte utilise la mémorisation des résultats de la table de 7 et la règle des zéros.

Elle a aussi prévu des scénarii doubles pour le type de tâches T_{+5} . Les tâches sont différentes comme nous pouvons le lire dans les deux séries ci-dessous :

{59 5 ; 95 5 ; 77 5 ; 29 5 ; 66 5 ; 99 5 ; 79 5 ; 57 5 ; 48 5 ; 88 5 ; 69 5 }

{58 5 ; 96 5 ; 87 5 ; 28 5 ; 67 5 ; 89 5 ; 78 5 ; 56 5 ; 49 5 ; 88 5 ; 48 5 }

Si les élèves peuvent écrire les calculs intermédiaires, s'ils disposent d'autant de temps qu'ils le souhaitent pour faire les calculs, ils n'ont pas de raison de devoir utiliser une autre technique que celle qui a pu être automatisée. En revanche, la contrainte « temps limité » et l'usage du clavier où les nombres s'écrivent de la gauche vers la droite créent un contexte où la question du changement pourra se poser.

3.2.1 L'environnement “papier-crayon”

A aucun moment nous n'identifierons une référence à ce qui a été pratiqué habituellement dans la classe en dehors des ordinateurs, ni à la possibilité d'un recours à un support papier comme aide intermédiaire. Nous considérons qu'il est absent de l'activité.

3.3 Synopsis des séances

Séance 2 : Premier épisode jusqu'à la 2^e minute

Les ordinateurs sont allumés et « A nous les nombres » est ouvert sur l'écran.

Coralie organise la mise en activité des CM2

Séance 2 : Deuxième épisode jusqu'à la 7^e minute

Elle distribue une fiche ci-contre d'utilisation de “Calcul” intitulée “Abuledu”.

Elle passe d'un poste à l'autre pour régler les difficultés d'entrée dans le logiciel.

Les élèves se lancent dans l'activité.

Les élèves n'arrivent pas à réaliser les calculs dans le temps imparti. Moment de contestation généralisée.

Devant les échecs répétés, Coralie modifie la valeur

Abuledu

- 1) Activités : Cliquer sur calcul mental
- 2) Taper son nom et sa classe
- 3) Double clic sur « doublede »
- 4) Cliquer sur lancer les calculs
- 5) Tapez le résultat de l'opération affichée

A la fin de l'exercice cliquez sur « résumé du travail » puis quitter

Recommencer à partir de 3) avec « multiplier 10 »
« moitiéde »
« add11 »

pour le dernier exercice appeler la maîtresse.

du temps de calcul.

Séance 2 : Troisième épisode jusqu'à la 19^e minute

Coralie passe d'un poste à l'autre, est sollicitée par les CM2.

A la dixième minute, un élève dit avoir fini.

Coralie lui demande d'aller voir son bilan mais le logiciel est fermé et il n'est pas en mesure de trouver l'information. Coralie lui relance l'activité.

Les élèves des autres ordinateurs vont voir leur bilan sans que Coralie ne le leur demande.

Séance 2 : Quatrième épisode jusqu'à la 39^e minute

Coralie introduit pour la première fois « calcul en pluie »

L'utilisation en est faite comme une suite d'exercices où en fonction du nombre de réussites Coralie règle le temps de calcul.

Les CM2 finissent leurs activités et deviennent de plus en plus présents.

A la 31^e minute, les autres groupes passent au calcul en pluie.

Séance 2 : Quatrième épisode jusqu'à la 41^e minute

Mise en commun : Les élèves sont encore devant leur machine et Coralie demande à la cantonade : « *Dans ce qu'on a fait aujourd'hui, qu'est-ce qui vous a paru facile, difficile ?* »

Les élèves commentent de façon générale. Pas de question sur les mathématiques...

« *Bon c'est l'heure du bus allez on sort !* »

Séance 3 : Premier épisode jusqu'à la 5^e minute

Mise en place de l'activité des CM2, consigne écrite au tableau associée à une page du manuel.

Retour de Coralie vers les CM1 qui ont allumé leur ordinateur.

Consigne : « *il y a trois exercices différents et le quatrième c'est + on va le faire avec pluie comme quand il y a plusieurs nombres qui tombent.* »

Coralie présente les adaptations réalisées par rapport à la dernière séance. Elle a prévu un exercice du même type pour chaque élève lorsqu'ils sont deux sur l'ordinateur.

Coralie rappelle qu'il faut marquer « *son nom parce qu'après moi j'ai les bilans qui s'enregistrent* ».

Séance 3 : Deuxième épisode jusqu'à la 23^e minute

Premier retour vers les CM2 pour réguler la mise en activité.

Retour vers les CM1. Passe d'un groupe à l'autre, repère les difficultés

Séance 3 : Troisième épisode jusqu'à la 43^e minute

Organise une mise en commun autour de l'exercice "fois 6" ou "fois 7".

Dans le brouhaha produit par les CM2, elle tente de faire émerger les difficultés rencontrées. Coralie rappelle que si on ne connaît pas la table... Une élève explique « *par exemple 90 fois 7 tu fais 9 fois 7 et puis après tu rajoutes le zéro.* » Reformulé par Coralie qui dit : « *90 fois 7 c'est comme si on avait 9 fois 7 fois 10. Tu comprends ou pas ? 90 c'est 9 fois 10. Si j'ai 90 fois 7 c'est comme si j'avais 9 fois 10 fois 7. Je fais d'abord le 9 fois 7 et puis après pour multiplier par 10 qu'est-ce qu'on fait ?...* »

Abandonne les CM1 pour réguler les CM2.

Fait des aller retours pour suivre les activités des élèves.

Séance 3 : Quatrième épisode jusqu'à la 45^e minute

Début de la mise en commun.

Qu'est-ce qui vous a semblé facile ? Qu'est-ce qui vous a ennuyé dans cet exercice ? Chacun apporte sa difficulté ? Repérage que les tables « *je ne peux pas les apprendre pour vous !* »...

« *Il va falloir les apprendre !* »

« *C'est l'heure les enfants il va falloir sortir.* »

3.4 Analyse a posteriori de la séquence d'apprentissage

3.4.1 L'intégration instrumentale

3.4.1.1 Le mode d'intégration

Pour les mêmes raisons que dans l'usage qu'en fait Matthieu, l'indépendance entre les connaissances mathématiques et les connaissances instrumentales mises au service de la tâche mathématique situe l'intégration instrumentale dans ce que nous avons qualifié de "détournement".

3.4.1.2 Gestion de la transparence

Le décalage entre les connaissances instrumentales qu'ont les élèves sur l'environnement logiciel et celles de l'enseignant sont un obstacle à l'intégration du logiciel.

Plusieurs indices vont confirmer cette hypothèse sans que l'enseignant puisse en prendre conscience au moment où se produit l'événement.

- En l'absence de pratique du logiciel, Coralie doit se construire des repères pour intégrer le logiciel, elle ne sait pas comment ils vont réagir alors la fiche d'utilisation de "calcul" « *je l'ai faite en pensant à moi* ».
- La connaissance par E3 de logiciels commerciaux où la difficulté de l'exercice proposé est fonction du niveau de classe lui fait se demander s'il doit saisir dans le champ "classe" : CM1. Coralie, surprise, ne comprend pas ! E2, son voisin, qui se situe en CM1, lui, trouve évident que c'est leur niveau de classe CM1. L'étonnement de Coralie peut s'expliquer par deux conditions sur l'utilisation des logiciels :
 - Très souvent, dans les environnements informatiques, l'utilisateur est amené à s'identifier sans qu'il sache pourquoi ;
 - En tant qu'auteur du contenu Coralie a donné un nom pour identifier la compétence en jeu. Elle n'avait donc que peu de raisons de penser à la fonction « classe » qui peut dans certains logiciels déterminer le niveau d'utilisation.

L'anticipation de l'usage qu'elle souhaitait avoir du "bilan" aurait pu lui permettre d'anticiper cette question, la saisie du nom de la classe n'est nécessaire qu'en cas d'utilisation des bilans avec différentes classes. De plus, dans sa classe, Coralie aurait pu ne pas faire saisir le champ "classe" puisque le nom des élèves aurait suffi à les identifier dans le bilan général.

Lors du lancement de la première activité « doublede » dont les expressions sont codées par « $23 * 2$ » ou « $2 * 16$ », E3 demande en lisant la fiche « *c'est quoi doublède ?* » indiquant par là qu'il n'a pas compris le codage. E2 n'entre pas dans l'activité mathématique car il n'a reconnu dans l'astérisque qu'un bonhomme. Coralie semble découvrir les particularités des écritures mathématiques dans l'environnement logiciel où, ici, le signe de la multiplication « \times » est remplacé par le signe « $*$ ».

Ici, l'interférence des codes vides de sens avec une absence de consigne laisse les élèves dans une incertitude sur leur tâche. Lorsque Coralie reformule la tâche, les élèves se lancent immédiatement dans la tâche mathématique.

Lors de la deuxième séance, elle considère que l'initiation de la séance précédente est suffisante à l'utilisation du logiciel. Le fait que les élèves changent de poste nous laisse penser

qu'elle n'a pas anticipé la façon de gérer les bilans des élèves sur les deux séances et qu'elle ne compte pas leur faire utiliser le bilan de la dernière séance.

La non prise en compte de la distance entre les connaissances qu'ont élève et enseignante de l'outil nous fait dire que la transparence n'est pas gérée.

3.4.1 L'intégration praxéologique

3.4.1.1 Des techniques anciennes de l'environnement papier-crayon à l'environnement logiciel

Dans l'entretien, Coralie dit « *qu'avec l'histoire de la vitesse là, elle est sûre qu'ils vont avoir des faiblesses* » mais on ne perçoit pas l'usage qu'elle veut en faire. En l'absence, dans sa fiche, d'indication sur la durée des calculs, il semblerait qu'elle souhaite utiliser la durée initialement fixée à 1000 ms.

Cette valeur initiale fixée au compteur met tous les élèves en échec. Ce pourrait être, comme nous l'avons expliqué à propos de Matthieu, l'occasion de formaliser les techniques utilisées. Elle ne le fait pas et rallonge le temps du compteur ce qui bloquera toute possibilité de changement de techniques.

Aucune technique nouvelle ne sera construite dans le temps de ces deux séances.

3.4.1.1 Rapport entre la TAL et la TAM

Pour Coralie il s'agit d'exercices d'entraînement. Pour nous, certains élèves n'ont pas toujours les savoirs pour s'entraîner.

L'instrumentalisation du “Bilan” sous la forme d'une lecture rapide des réussites et des échecs à partir d'une dominante de couleurs sur une fenêtre noire (voir présentation du logiciel Matthieu) écarte la possibilité d'en faire un instrument pour faire formuler les erreurs produites en liaison avec les techniques. Le logiciel, en n'explicitant pas les raisons d'un « trop tard » ou d'un « mauvais calcul », favorise la dimension « réussi », « pas réussi », laissant à la charge d'une analyse de l'enseignant une interprétation possible, sous certaines conditions, comme nous l'avons présenté à propos de Matthieu.

3.4.2 Les contrats

3.4.2.1 Le savoir engagé

Sur l'ensemble des scénarii, Coralie a conçu des types de tâches « *en relation avec le travail fait jusque là* ». Les difficultés de plusieurs élèves à gérer les calculs avant qu'ils ne soient plus disponibles, “Trop tard”, nous font dire que ces savoirs sont à consolider.

3.4.2.2 Le type de situations

Coralie ne prend pas en compte l'utilisation potentielle du temps de calcul, qui est instrumenté avec une valeur d'une seconde. Cette valeur est un obstacle pour des élèves de CM1 qui n'ont pas stabilisés des techniques de calcul mental. Lorsque le problème se pose elle augmente la valeur ce qui lève l'obstacle.

En faisant cela elle n'exploite pas le potentiel antagonique de l'environnement numérique.

3.4.2.3 Répartition des responsabilités entre élèves et enseignant

Les élèves sont livrés à un moment de travail sans que l'enseignante n'envisage de donner des réponses aux difficultés qu'ils rencontrent. Coralie utilise la validation du logiciel comme outil pour gérer son absence. Lors de ses retours auprès des élèves, elle parcourt la fenêtre bilan pour repérer globalement les réussites et les échecs.

Elle lit à haute voix le bilan en forme de constat de la validation puis donne la suite des scénarii à réaliser. Ce faisant elle enlève toute responsabilité aux élèves dans la conduite de l'activité et dans sa validation.

Cependant nous avons pu observer des élèves qui ouvrent la fenêtre “bilan” pour “voir” ce qu'ils devaient répondre, qui échangent avec leur voisin pour confronter les réponses à l'insu de Coralie qui doit gérer les CM2. Ils se ré-approprient la situation pour entrer dans ce que l'on peut considérer comme un méso-contrat de pseudo-dévolution, mais d'autres renoncent.

3.4.3 Enjeux pour la dévolution et l'institutionnalisation

3.4.3.1 Les points d'appui pour réaliser la dévolution de la situation

L'utilisation de l'outil informatique semble être une réponse à l'attrait de l'outil informatique pour les élèves.

Rien dans les tâches engagées ne permet de comprendre pourquoi utiliser un outil aussi difficile à gérer pour aussi peu de résultats. Pourtant Coralie argumente la pertinence à utiliser un logiciel de ce type, en opposition avec un logiciel fermé comme Atoumath.

3.4.3.1 L'institutionnalisation sous influence

En l'absence d'objectif initial clairement défini il ne pourra pas être réalisé d'institutionnalisation.

Nous relatons ci-après ce qui en fait fonction.

<p>1.Coralie : <i>Quand vous avez fini on va discuter un petit peu. Ej tu ne relances pas l'exercice maintenant. Non ! Stop stop ! Bon vous m'écoutez !</i></p> <p>2.Les élèves sont devant les ordinateurs. Quelques secondes plus tard sans qu'ils aient changé de place.</p> <p>3.Coralie : <i>Chut ! Alors E_Q tu écoutes ?</i> Puis à la cantonade : <i>Qu'est-ce qui vous a semblé facile ? Qu'est-ce qui vous a ennuyé dans cet exercice ? Qu'est-ce qui était difficile ?</i></p> <p>4.E_M : <i>tout !</i></p> <p>5.Coralie : <i>Oh !</i></p> <p>6.Ex inaudible</p> <p>7.Coralie : <i>Multiplier par 10, 100, 1000 ça vous a semblé facile.</i></p> <p>8.Ey : <i>Non</i></p> <p>9.E_M : <i>Oui, même soustraire</i></p> <p>10.Ex : <i>Moi c'était tout dur pas surtout soustraire</i></p> <p>11.E_Q : <i>avec surtout des fois</i></p> <p>12.Coralie : <i>Le problème c'était surtout le fois 6 et le fois 7. Pourquoi ?</i></p> <p>13.Ey : <i>Oui parce que c'était dur !...</i></p> <p>14.E_Q, Ey : <i>Ça allait trop vite.</i></p> <p>15.Coralie : <i>Oui mais quand on a ralenti qu'est-ce qui vous a</i></p> <p>16.Ex : <i>Oui en fait il faut calculer.</i></p> <p>17.E_M : <i>il faut calculer et si tu ne le connais pas par cœur...</i></p>	<p>18.Coralie : <i>Oui ça les tables je ne peux pas les apprendre pour vous.</i></p> <p>19.Ex inaudible</p> <p>20.Coralie : <i>C'était juste les tables qui vous ont gênées ?</i></p> <p>21.Ez : <i>Oui mais ça allait trop vite les tables eh !</i></p> <p>22.Dans un brouhaha de plus en plus fort.</p> <p>23.Coralie : <i>inaudible</i></p> <p>24.E_M : <i>Parce que le défi plus +</i></p> <p>25.Coralie : <i>Le fait qu'il y en ait beaucoup à la fois</i></p> <p>26.Ex, Ey, Ez : <i>Et aussi</i></p> <p>27.Coralie : <i>Ne parlez pas tous à la fois ! On ne comprend pas.../</i></p> <p>28.E_Q : <i>Inaudible on ne peut jamais y arriver ceux qui suivent</i></p> <p>29.Coralie : <i>Ceux qui tombent en pluie ?</i></p> <p>30.Ez : <i>Oui parce qu'il y en a souvent deux qui partent en même temps.</i></p> <p>31.E_Q : <i>après vos calculs et hop trop tard</i></p> <p>32.Coralie : <i>Les CM2 on n'a pas besoin de parler fort. Bien ! + Ça veut dire qu'il va falloir peut-être revoir les tables de multiplication aussi.</i></p> <p>33.Ex : <i>Oui</i></p> <p>34.Ey : <i>J'ai eu 20 sur 20 au contrôle c'est pas /</i></p> <p>35.Coralie : <i>Oui mais + les tables de multiplication c'est obligatoire. Bon ! C'est l'heure les enfants on va sortir.</i></p>
--	--

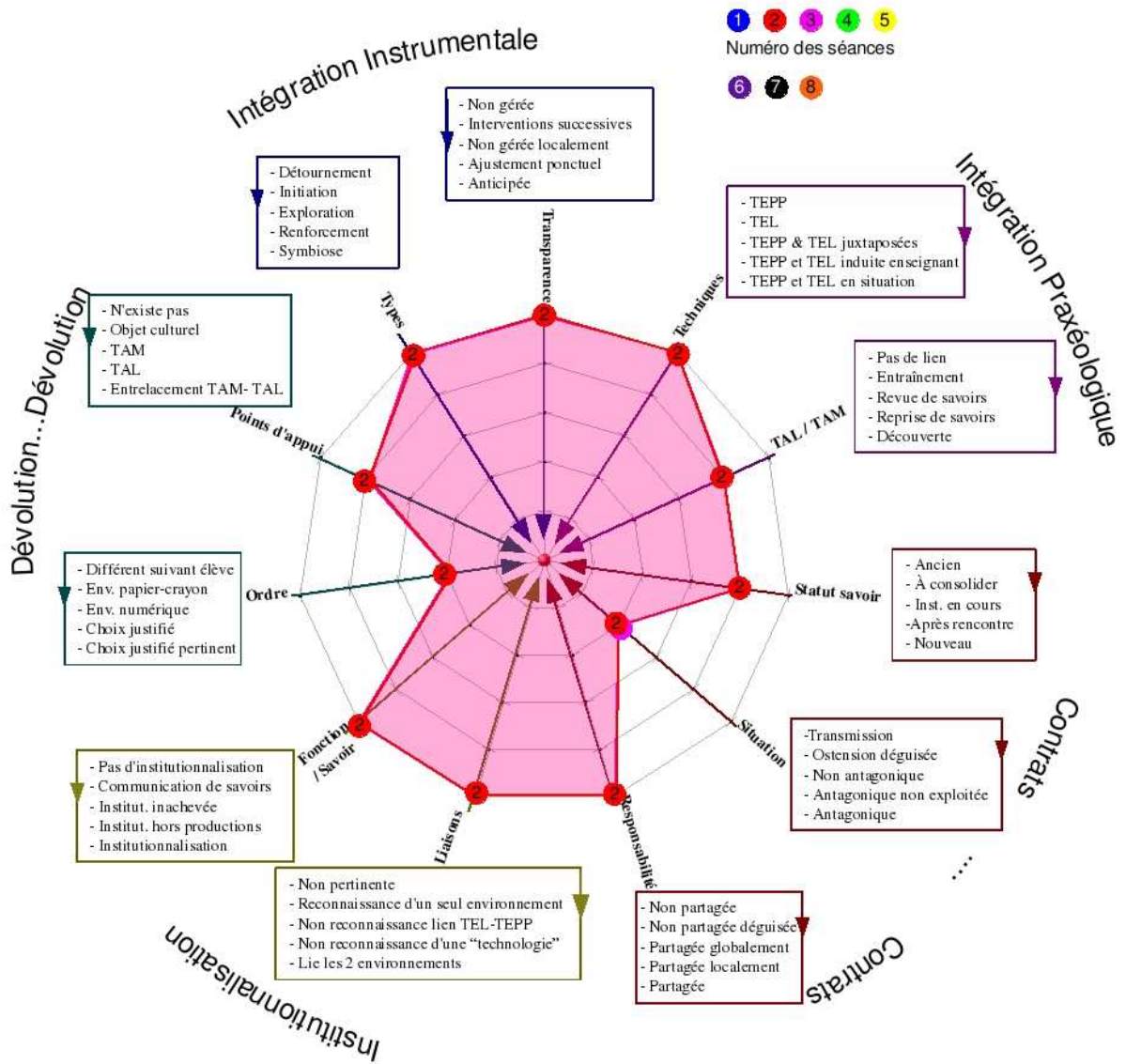
L'échange porte d'abord sur la multiplication par 10, 100 ou 1000, ligne 7. Trois élèves évoquent la soustraction comme difficile (ligne 7 à 10) Coralie ne les reprend pas.

Un élève évoque des problèmes avec les "fois" (ligne 11) que Coralie reprend (ligne 12). Les autres élèves acquiescent. Coralie leur renvoie qu'il faut qu'ils apprennent leurs tables (ligne 18).

Un élève parle du calcul en pluie qui portait sur retrancher 10, 100 ou 1000 (ligne 24). L'échange se prolonge sur la pluie de nombres jusqu'à la ligne 31. En ligne 32 Coralie conclut qu'il faudra revoir les tables de multiplication.

Nous ne pouvons pas parler d'institutionnalisation.

Nous pouvons maintenant situer la séquence sur la "toile" par rapport à nos critères d'intégration des pratiques en environnement TICE en sachant que le repérage des critères est le même pour les deux séances.



3.1 Éléments d'apprentissage de l'enseignante Coralie

3.1.1 Ce que dit Coralie

Coralie est satisfaite du logiciel qui lui permet de construire des exercices adaptés qui obligent les élèves à « *connaître ses tables* ». Elle argumente les choix sur la tâche en disant que comme « *[elle ne se rendait] pas compte les premiers j'avais choisi des nombres qui étaient un peu faciles* » et pour l'exercice où les élèves rencontrent des obstacles « *ce n'est pas moi qui l'ai fait. C'est un exercice qui est pris et si tu veux il y a toujours des nombres + comment dire + il y a eu des passages de dizaines je pense que c'est ça qui les a gênés...* ». Elle anticipe alors à partir de cet obstacle la séance suivante dont nous savons maintenant qu'elle ne répondra pas à cet objectif.

Elle est satisfaite de son utilisation parce que les élèves sont complètement investis dans la tâche même si elle a dû réexpliquer sa consigne.

3.1.2 Les éléments d'apprentissages dans la séance

Du côté de l'intégration instrumentale, praxéologique l'optimisme de Coralie nous semble antagonique avec la transformation de sa pratique. Les rétroactions de son milieu ne lui ont pas permis d'identifier les obstacles, ce qui ne lui permet pas d'imaginer une action sur son milieu objectif.

La quatrième séance ne devrait pas être modifiée par les acquis de cette expérience.

4 Les séances “calcul en arbre”

Le dispositif de la classe change. Les élèves vont passer un par un sur les ordinateurs. Le support logiciel est toujours le logiciel « calcul » déjà présenté mais l'activité exploitée s'appelle “Calcul en arbre”.

Les séances “calcul en arbre” correspondent aux trois séances suivantes, séparées de 4 et 10 jours.

Séance 4	Séance 5	Séance 6
Calcul additif en arbre avec des nombres de trois chiffres	Calcul soustractif en arbre avec des nombres de trois chiffres	Reprise de l'activité de la séance précédente

4.1 Le milieu envisagé par l'enseignant

4.1.1 La situation point de départ et objectif

Au cours du cycle 2 les élèves ont résolu des problèmes additifs sans totalement maîtriser la technique opératoire. Les techniques personnelles sont alors utilisées. L'arbre de calcul permet de garder la mémoire des associations réalisées entre les termes en utilisant implicitement l'associativité et la commutativité pour arriver à une expression contenant le plus possible de nombres “faciles” pour organiser la suite des calculs. Repris dans d'autres problèmes, l'arbre de calcul²¹⁸ permet de mettre en relation les données d'un problème sous forme schématique et d'en garder une trace permettant une explicitation par exemple dans les mises en commun.

En fin de cycle 2, il est devenu un schéma qui permet l'explicitation et aide à la formulation d'une technique de calcul réfléchi, par exemple pour mettre en relation les différentes unités dans l'écriture linéaire d'additions ou de soustractions.

L'objectif déclaré lors des entretiens est un renforcement de la technique opératoire de l'addition et de la numération de position.

²¹⁸Il est utilisé dans de nombreux manuels : Bordas Place aux Maths CE1 p. 8 ; Nathan CE1 p.36 (vive les maths) ; Hachette Éducation Optimath CE1 p. 13, Les maths à la découverte du monde CE1 ; Retz J'apprends les maths avec Picbille CP p118 , J'apprends les maths avec Tchou p112 ; Sedrap En avant Maths CE1 p.60 ;

4.2 Le dispositif de travail

Coralie a choisi de faire évoluer le dispositif de travail des CM2 en leur donnant des exercices de géométrie dans le but qu'ils soient un peu plus autonomes que lors de la dernière séance. Il nous semble qu'ici elle organise son milieu matériel, M_p-Matériel, de telle sorte qu'elle n'ait pas trop de rétroactions. Nous présentons sommairement le milieu objectif des élèves : Il s'agit de six exercices extraits du « Nouvel objectif calcul »²¹⁹. Pour la première série d'exercices les élèves doivent identifier dans une série de onze quadrilatères ceux qui ont des angles droits, ceux qui ont des côtés parallèles ou de même longueur et ceux dont les diagonales se coupent en leur milieu, sont perpendiculaires et/ou sont de même longueur. Les élèves maîtrisent tous les instruments, règle graduée et équerre, nécessaires à la réalisation des tâches. Pour la deuxième série d'exercices, la tâche consiste à construire des quadrilatères à partir des propriétés de leurs diagonales²²⁰. Le corrigé de ce travail est prévu pour le lendemain matin.

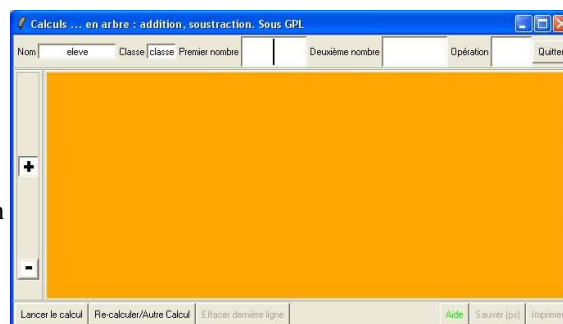
A propos de l'utilisation du logiciel, lors de l'entretien post de la séance précédente, Coralie s'est interrogée sur le bien fondé d'un travail de ce type à deux sur l'ordinateur. Après notre question « *Est-ce que tu pourrais envisager qu'il y ait des CM1 sur une autre activité ?* » elle semble envisager la possibilité de l'organiser, d'autant plus, dit-elle, que « *ça serait plus facile à organiser que ça [référence à la séance du jour]* ». Elle se pose la possibilité de « *commencer directement sur l'ordinateur* » mais ce jour là elle ne prend pas de décision et reste sur son questionnement « *enfin je ne sais pas. Je ne me rends pas compte.* » Ce qui l'inquiète c'est sa capacité à être disponible par rapport aux trois groupes les 2 de CM1 et les CM2.

Le jour de la séance elle met ce projet en place. Trois élèves travaillent sur les ordinateurs. Les deux autres réalisent des « calculs en arbre » sur papier ; ils disposent de la calculatrice pour éventuellement vérifier leurs résultats. Ils passeront ensuite sur les ordinateurs.

4.2.1 Présentation générale de l'outil logiciel

Les élèves s'identifient par leur nom et leur classe et doivent saisir deux nombres et l'opération à effectuer.

²¹⁹ Annexe internes - Annexes Coralie - Annexe 5 : Édition
²²⁰ Annexes internes - Annexes Coralie - Annexe 5 : p. 37

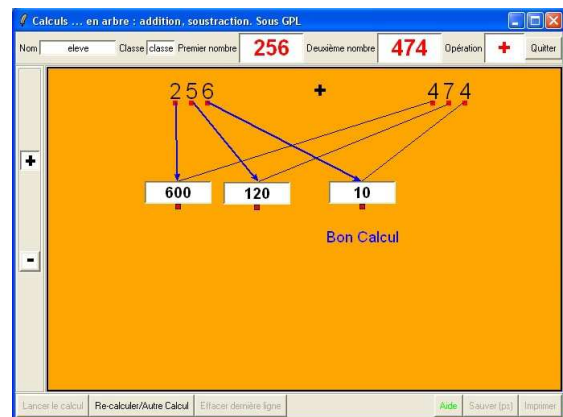


Il n'y a que deux types de tâches possibles : calculer une somme ou calculer une différence.
Après avoir cliqué sur le bouton « lancer le calcul », la somme ou la différence apparaît dans la zone orange de calcul.

La tâche se décompose en plusieurs sous-tâches :

T_1 : choisir deux unités pour les additionner

T_2 : associer à la souris les deux chiffres choisis en un point de la zone de l'espace de calcul. Chaque chiffre est souligné par un carré. L'association entre plusieurs carrés par des « flèches » désigne les termes d'une ou plusieurs sommes (ou différences) par rapprochement avec un arbre de calcul tel qu'il est utilisé dans un environnement « papier-crayon ».

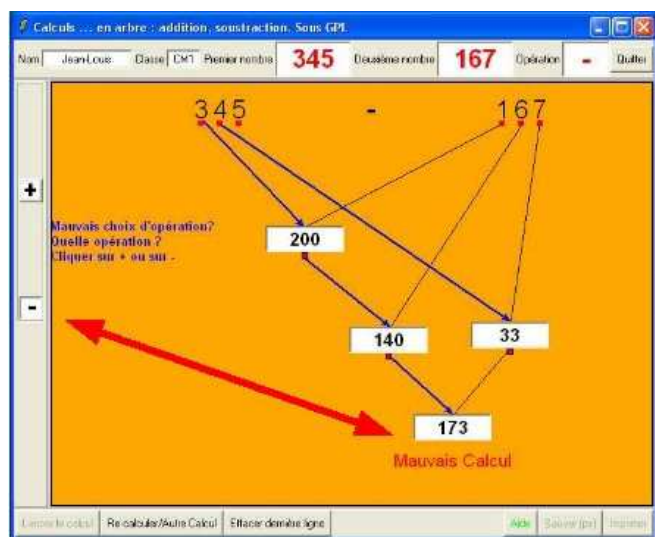


T_3 : activer une zone de saisie à la pointe des deux « flèches » et sélectionner l'opération à effectuer

T_4 : calculer la somme ou la différence

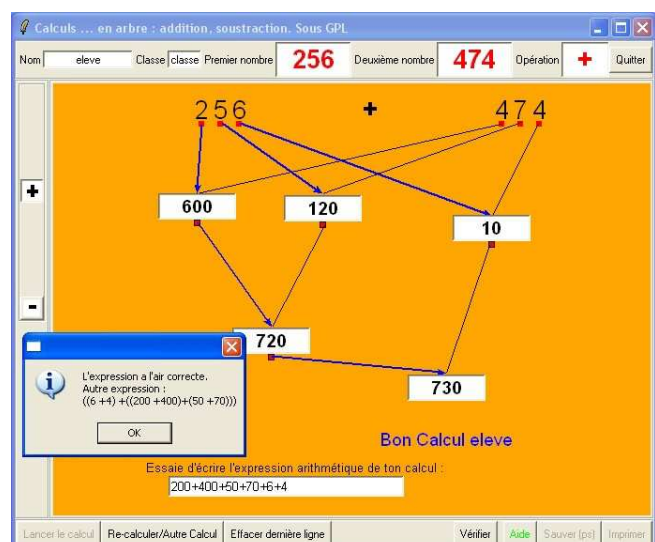
T_5 : saisir dans la zone la valeur du calcul. Si la valeur est exacte le logiciel affiche pendant 15 s « Bon Calcul » sinon il faut saisir une nouvelle valeur. On ne peut continuer que si le résultat est exact.

La validation est fonction de l'opération choisie sur la partie gauche de l'écran.



T_6 : Lors de la dernière étape de calcul il est demandé d'écrire globalement la technique de calcul.

T_7 : la validation de cette écriture est réalisée par un clic sur le bouton



« vérifier ». Ce qui provoque l'affichage d'un message de validation de l'expression.

Ce module ne dispose pas d'un accès à la mémoire de l'activité, sous Windows, la seule possibilité consiste à effectuer une copie d'écran ce qui est indiqué dans l'aide disponible.

4.2.2 Le potentiel adidactique du logiciel, les types de tâches, tâches et techniques associées

Dans les manuels, l'arbre de calcul apparaît comme une pratique de formulation d'une technique de calcul réfléchi ou comme un outil méthodologique pour conduire un calcul réfléchi suivant les phases de l'apprentissage. Si les manuels y font référence nous n'avons pas trouvé de texte d'explicitation de la pertinence de sa construction en classe.

Dans ce logiciel, les deux aspects, support pour une formulation d'une technique et outil méthodologique de calcul réfléchi, se renforcent pour contraindre l'élève à un usage réfléchi de techniques de calcul et de compréhension du nombre. Ce sont eux qui devraient définir la consigne qui pourrait être « calculer la somme ou la différence de ces deux nombres en utilisant des calculs simples à faire de tête dont vous garderez la mémoire en utilisant les “flèches” du logiciel.»

Les principales compétences mises en jeu dans « calcul en arbre » relèvent de la numération et du calcul.

Dans le domaine de la numération, il s'agit de savoir déterminer la valeur d'un chiffre selon sa position dans le nombre et décomposer le nombre sous la forme de sa décomposition canonique en puissance de 10.

Dans le domaine du calcul, il s'agit de connaître les tables d'addition et savoir additionner ou soustraire des dizaines entières ou des centaines entières.

L'usage du calcul en arbre pour l'addition n'est plus un obstacle pour les élèves du CM1. Leur maîtrise de l'addition de dizaines entières ou de centaines entières est relativement stable. Coralie a fait ré-investir lors de la dernière séance “Calcul” ajouter 10, 100 ou 1000 à un nombre. De plus, pour l'addition, la technique de calcul en arbre est relativement voisine de la technique de calcul posé.

En revanche, le calcul en arbre pour la soustraction est en rupture

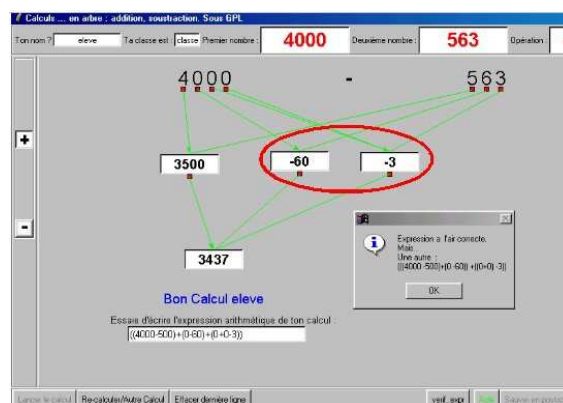
$$\begin{array}{r|l|l|l|} & 6 & 14 & & \\ & 7 & 5 & 13 & 7 \\ - & & 8 & 5 & \\ \hline & 6 & 6 & 8 & \end{array}$$

avec la technique traditionnelle et s'apparente avec la technique de calcul anglo-saxone. Cette technique anglo-saxone est présentée dans les documents d'accompagnement de l'école primaire comme une technique consistant à réécrire le premier terme de la différence. Mais cette technique n'est que faiblement utilisée dans les classes.

La disposition des “flèches” peut rendre illisible les liens entre les calculs intermédiaires si l'élève n'a pas anticipé suffisamment l'organisation spatiale de l'arbre de calcul.

Nous allons repérer quelques difficultés que va rencontrer l'enseignante dans sa mise en œuvre.

Lors de la préparation, la documentation de ce module est porteuse d'une technique qui n'a pas à être enseignée et qui ne relève pas de l'école primaire, puisqu'elle utilise un passage par les nombres entiers relatifs négatifs, comme le montre cette copie d'écran extraite de la documentation diffusée avec le logiciel. Ce type de document pèsera sur les pratiques des enseignants s'ils n'ont pas beaucoup de temps à consacrer à la préparation de leur séance.



Dans la gestion de la situation, l'enseignante va être confrontée à d'autres problèmes :

- Les élèves de CM1 disposent d'un algorithme de calcul de la soustraction posée qui n'est pas directement ré-investissable ici, et les élèves n'ont pas de raison immédiate d'en chercher un autre puisque, à propos de l'addition, ils ont pu utiliser l'algorithme de l'addition posée. L'enseignante devra justifier, imposer un changement de technique sans avenir pour la suite des apprentissages.
- Cette technique complexifie la tâche de calcul des élèves sans apporter des éléments de connaissances nouvelles, ni par rapport au calcul ni par rapport à la connaissance du système de numération. En effet, les élèves doivent juxtaposer des techniques logicielles (utilisation de l'espace restreint de l'écran, jeu complexe de flèches, sélection de l'opération intermédiaire) et les techniques mathématiques (décomposition des nombres, reconnaissance de la valeur du chiffre dans un nombre, calcul intermédiaire avec une technique ancienne). Dans tous les cas, l'usage que pourrait en faire l'enseignante pour confronter les élèves à la décomposition des nombres selon les unités devrait être associé à la résolution de problèmes, ce qui obligerait à

sortir de cet environnement logiciel.

- Enfin, l'enseignante devra gérer des mises en commun où les élèves vont devoir expliquer les difficultés qu'ils rencontrent. Les conditions matérielles et logicielles ne sont pas favorables à une mise en commun efficace (écran petit et pas de vidéo projecteur, problèmes liés autant aux techniques instrumentales que mathématiques) ce qui complexifie encore la tâche de l'enseignante.

4.2.3 L'environnement “papier-crayon”

Lors de la première séance, l'environnement papier-crayon n'est pas utilisé pour les élèves de CM1.

Lors de la séance 4, deux élèves commencent l'activité sur leur cahier de brouillon par la même tâche mathématique que ceux qui travaillent sur le logiciel. Ils disposent d'une calculatrice pour éventuellement valider leurs résultats.

Coralie aura recours au tableau noir pour une mise en commun de la technique utilisée sur l'ordinateur par deux élèves.

Cette utilisation du tableau noir sera reconduite au cours de la troisième séance, mais pour tenter de faire formuler une technique en vue de dépasser un obstacle.

Le dispositif de travail des CM2 ne change pas dans la forme, il s'agit d'un travail individuel sur papier mais la recherche d'informations dans un énoncé ne permet pas d'avoir un travail en autonomie, les élèves ne pouvant pas valider leur travail avant de passer à la question suivante. Ce qui nous fait dire que Coralie n'a pas fait le bilan des choix du type d'activité pour les CM2 ou n'en a pas été suffisamment satisfaite pour le renouveler.

4.3 Synopsis des séances 4 à 6

Séance 4 : Épisode 1 jusqu'à la 7^e minute

Coralie réalise la présentation d'un calcul additif avec le logiciel. Elle présente les techniques logicielles que les élèves devront utiliser et exploite les réponses des élèves pour les tâches mathématiques intermédiaires.

Les élèves sont répartis individuellement sur les trois ordinateurs. Elle distribue à tous la fiche contenant les calculs à réaliser. Les deux autres élèves sont envoyés à leur place avec la consigne « *vous allez le faire sur une feuille. Vous faites la même chose sur le cahier de brouillon en traçant les traits puis après vous allez à l'ordinateur.* » Puis s'occupe des CM2.

Séance 4 : Épisode 2 jusqu'à la 21^e minute

Coralie passe d'un poste à l'autre pour régler des difficultés de gestion des “flèches”, d'organisation de l'espace de la fenêtre de calcul, d'écriture de l'expression arithmétique.

Gère le groupe des CM2 qui ne sont pas du tout autonomes.

Lorsque le premier élève de chaque atelier a fini, elle les fait changer en retournant la fiche qui contient une nouvelle liste d'additions.

Deux minutes plus tard elle procède à l'échange d'atelier.

Séance 4 : Épisode 3 jusqu'à la 31^e minute

Coralie doit gérer les CM2 qui la sollicitent très fréquemment.

Rappelle des éléments de technique instrumentale pour les deux nouveaux venus sur le logiciel.

Gère une erreur logicielle en relançant le logiciel.

Coralie intervient vers les CM2 qui n'ont pas encore fini le premier des exercices qu'ils ont à résoudre.

Un élève de l'atelier papier-crayon vient apporter son aide technique à celui qui l'a remplacé. Il pose la question de l'utilisation des signes + et – situés dans la barre verticale située à droite de la fenêtre de calcul dont la fonction est de définir les calculs intermédiaires dans la zone de saisie.

A la 29^e minute un élève a fini tous les calculs de l'atelier papier-crayon et l'annonce à Coralie qui lui demande s'il a vérifié avec la calculette.

L'élève qui est resté sur l'ordinateur n'a toujours pas fini sa liste de calculs.

Mise en commun surprise.

Séance 4 : Épisode 4 jusqu'à la 33^e minute

Mise en commun surprise transcrite ci-dessous :

Bon écoutez moi ! Qu'est-ce qui a été difficile dans ce logiciel ?

Les deux élèves qui n'ont pas fini continuent leurs calculs sur le logiciel et répondent en continuant leur travail.

E_M : Rien !

E_S : C'est facile ?

E_J : Si de faire les traits !

Coralie : D'accord ! Bon ça va.

E_M : De trouver où il fallait cliquer /

Coralie : Pour la case.

E_Q : C'est trop facile.

Coralie : Sinon ça ne vous paraît pas compliqué.

E_Q : Non pas du tout.

Les deux élèves qui n'ont toujours pas fini continuent leurs calculs sur le logiciel.

A la 32^e minute, Coralie abandonne les CM1 pour les CM2, ce qui provoque la fin de la mise en commun.

Les élèves rangent progressivement leurs affaires. Jusqu'à ce que Coralie annonce « *Bon les CM1 vous arrêtez c'est l'heure* » en direction des deux derniers qui sont encore sur les ordinateurs.

Séance 5 : Épisode 1 jusqu'à la 2^e minute

Les CM1 finissent un choix d'images sur l'ordinateur pour une présentation pendant que Coralie passe les consignes aux CM2. Les CM2 travaillent sur une tâche de gestion des données pertinentes pour résoudre des problèmes.

Les CM1 sont répartis en deux groupes de deux et un élève seul.

Séance 5 : Épisode 2 jusqu'à la 6^e minute

Passage de la consigne « *On va faire le même travail que la semaine dernière chut ! sur le calcul en arbre, mais... hou ! hou ! mais cette semaine avec des soustractions. D'accord ! L'autre fois on avait fait des additions cette semaine des soustractions. On va ouvrir le logiciel.* »

Elle ne distribue pas une fiche d'opérations, elle donne la soustraction qu'ils vont faire au départ.

Première réaction des élèves à l'impossibilité de réaliser le calcul « *40 moins 80* ».

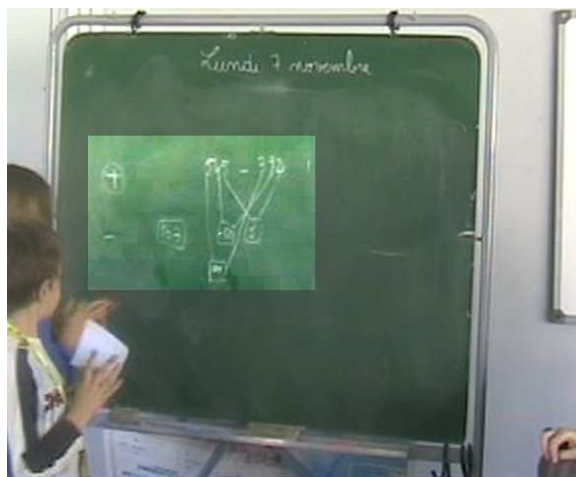
Séance 5 : Épisode 3 jusqu'à la 23^e minute

A la 9^e minute un élève suggère la possibilité de faire « *140 – 90* »

A la 10^e minute, un élève demande « *On peut aller sur Aide ?* »

A la 11^e minute nouvelle suggestion : « *il faudrait qu'on mette une retenue* »

A la 18^e minute l'enseignante procède à la mise en commun, avec écriture au tableau, de la technique de deux élèves qui ont utilisé le signe “-” « *avec le moins en dessous de zéro quoi !* »



Les élèves reviennent à leur place et Coralie interpelle Ey pour lui demander sa démarche mais ne le fait pas écrire au tableau et il n'a pas la possibilité de développer ses arguments. Échec de la formulation de la technique de Ey.

Séance 5 : Épisode 4 jusqu'à la 30^e minute

« *Je vais vous en donner une autre et vous allez voir si vous avez une autre façon de faire* » sous entendu « *qu'avec des nombres négatifs* » mais cela peut s'entendre « *autrement que la dernière proposition* » ! Puis elle se reprend pour dire : « *on n'a plus le droit de mettre de signe moins dans les nombres ! [...] donc il faut faire autrement.* »

Coralie gère les questions des CM2 pendant que les CM1 se lancent dans les calculs.

Séance 5 : Épisode 5 jusqu'à la 55^e minute

Devant l'impasse des échanges des élèves, la séance se termine par un échange collectif pour résoudre $832 - 198$ en utilisant un arbre de calcul. Puis la reprise de la technique sur la différence $123 - 98$.

Séance 6 : Épisode 1 jusqu'à la 2^e minute

Coralie donne la consigne : « *vous mettez activités ensuite calcul en arbre chut ! Bien par contre on fait sérieusement et vous avez quatre soustractions à faire. Alors consigne pas de nombre négatif. La dernière fois E_S vous savez y a pas de retenue là. On essaie de retrouver comment on avait fait... Quand vous êtes par deux vous faites chacun deux soustractions. De toute façon vous pouvez vous aider.* »

Les élèves se lancent dans l'activité en même temps que les CM2.

Séance 6 : Épisode 3 jusqu'à la 20^e minute

Coralie passe des CM1 aux CM2.

Les CM1 relancent le logiciel lorsqu'ils n'aboutissent pas. Les tentatives de formulation provoquées par Coralie n'aboutissent pas.

Séance 6 : Épisode 4 jusqu'à la 27^e minute

Regroupement autour du tableau pour étudier « *comment décomposer les nombres* ».

Coralie écrit le problème sous la forme $(200+50+4)-(100+80+8)$ pour ouvrir une piste de recherche. Le travail de la séance précédente ne semble pas réinvesti.

Construction collective d'un début d'arbre de calcul. Les élèves sont dans une impasse par incompréhension de la règle «retrancher une somme est équivalent à retrancher les différents termes de la somme».

Tentative d'utiliser la droite numérique pour représenter les écarts, en vain.

Retour aux ordinateurs pour poursuivre la recherche.

Séance 6 : Épisode 5 jusqu'à la 45^e minute

Coralie, en plus de gérer les CM2, tente de solliciter les CM1 qui sont dans l'impasse.

Fin de la séance sans bilan.

4.4 Analyse a posteriori de la séquence d'apprentissage

4.4.1 L'intégration instrumentale

4.4.1.1 Le mode d'intégration

Coralie organise le travail des CM2 très rapidement en donnant la consigne écrite au tableau « réaliser sur le cahier de géométrie les exercices numéro 1, 2 et 3 page 36... ».

Elle regroupe tous les CM1 autour d'un ordinateur comme elle l'avait fait lors de la première séance. Elle revient à une présentation collective comme lors de la séance «Masses», ce qui remet en cause le dispositif qu'elle avait choisi pour les séances 2 et 3.

Alors qu'à la première séance elle avait fait exécuter la présentation à un élève, c'est elle qui va présenter, en 6 minutes, les techniques instrumentales de ce nouvel environnement. Nous avons émis l'hypothèse qu'elle pouvait y prendre des indices sur les obstacles qu'y rencontreraient les élèves. Nous faisons l'hypothèse que les difficultés d'explicitation des techniques instrumentales sont à l'origine de ce changement.

Elle annonce : « *Aujourd'hui on va faire ce que l'on appelle du calcul en arbre* ». Elle va présenter la saisie des données, nom, nombres et opération sans donner de consigne

mathématique. Au moment de saisir les termes de la somme elle dit « *je vous ai fait une fiche avec des nombres, c'est à vous de taper les nombres parce qu'on ne peut pas programmer celui-là ce n'est pas comme l'autre* ». En fait cette fiche est une suite d'additions posées en ligne. C'est en cours de présentation comme nous le verrons dans la transcription qui suit qu'elle dira « *on va faire des additions aujourd'hui* ». Elle semble considérer dans un premier temps que la suite des sommes de la fiche, qu'elle montre d'un geste, est suffisamment explicite pour ne pas avoir à le reformuler.

La technique de « calcul en arbre » n'a pas été représentée avant d'être utilisée dans l'activité sur l'ordinateur. Elle dira dans l'entretien post qu'elle n'avait pas re-travaillé sur cette technique dont nous savons que les élèves l'ont utilisée dans les classes antérieures. Elle considère que la technique du calcul en arbre sur papier n'avait pas besoin d'être expliquée avant d'être transférée dans l'environnement ordinateur. Ce qui s'explique peut-être par le fait qu'elle est pratiquée depuis le cycle 2.

Elle va donc centrer sa présentation sur la technique instrumentale pour organiser l'arbre de calcul. Elle utilisera l'interaction avec le groupe pour obtenir les réponses mathématiques aux tâches T₁ et T₃.

Elle institutionnalise une technique instrumentale, présentée et commentée dans le tableau ci-après, qui reprend la technique de calcul posé : calcul des unités, des dizaines,... qui va influencer sur les tâches mathématiques et particulièrement celles associées à la soustraction.

<p><i>Coralie : Premier nombre, 823, deuxième nombre 145, opération</i> <i>E2 : Plus</i> <i>Coralie : On fait des additions aujourd'hui. Alors...</i> <i>E3 : C'est un exemple ?</i> <i>Coralie : C'est un exemple, là... On met les deux nombres puis le signe que l'on veut...</i> <i>Interruption par les CM2.</i></p>	<p>C'est par une succession de tâches instrumentales que Coralie entre dans la présentation de l'activité :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Saisie de deux nombres, - Saisie du signe plus. - Cliquer sur « lancer le calcul ».
<p><i>Coralie : Après on met « lancer le calcul ». Bien vous avez les deux nombres. Quand on fait une addition par quoi on commence ?</i> <i>E3 : Par les unités !</i></p>	<p>La vision du changement de zone d'affichage des 2 nombres semble être suffisante pour Coralie qui n'explique pas.</p>

<p><i>Coralie : Bien ! Par les unités. Les unités dans 823 c'est ?</i> <i>E3 : 3</i> <i>Coralie bien c'est le 3 dans 145 c'est le 5</i> <i>Interruption de régulation du volume sonore des CM2.</i> <i>Coralie : Bon écoutez moi. Vous cliquez sur le 3 vous ne lâchez pas le bouton et vous allez jusque là, par exemple au milieu, puis vous cliquez juste sur le 5 et ça fait un genre de flèche. Et c'est là que c'est un peu plus compliqué. Là vous cliquez... elle essaie de trouver la zone active...</i> <i>E4 : Entre les deux ?!</i> <i>Coralie : Voilà (la zone de saisie vient d'apparaître) l'astuce c'est entre les deux. Donc après on vous dit "quelle opération ? le bouton plus ou le bouton moins". Alors on a dit que l'on voulait faire une addition donc je clique sur le plus et je tape le résultat qui est égal à ?</i> <i>E? : 8</i> <i>Coralie : Et entrée !</i> <i>E2 : Bon calcul !</i> <i>Coralie : Alors maintenant on prend les ?</i> <i>E3 : 2 !</i> <i>Coralie : les ?</i> <i>E? : les dizaines</i> <i>Coralie : je fais comme ceci. Je vais sur 4.</i> <i>E2 : 6</i> <i>Coralie : il me dit 6. Donc je mets 6 et je mets entrée.</i> <i>E? : Ah !</i> <i>E5 : 60 !</i> <i>Coralie : pourquoi ?</i> <i>E? : parce que c'est des dizaines.</i> ... <i>Arrivé à la fin du calcul Coralie fait lire le message qui s'affiche à l'écran : « Essaie d'écrire l'expression arithmétique de ton calcul ».</i> <i>E? : C'est quoi l'expression ?</i> <i>Coralie : Qu'est-ce qu'on a fait ? Qu'est-ce qu'on a fait d'abord ? Comment on peut le mettre avec des parenthèses ?</i> <i>E2 : il faut faire les unités dizaines centaines</i> <i>Coralie saisit la souris en disant : (5 + 3) + (20 + 40) + (800 + 100)</i></p>	<p>Coralie leur présente une mise en forme différente de l'algorithme traditionnel du calcul posé. Elle abandonne même l'idée de calcul mental.</p> <p>Description de la technique instrumentée de mise en relation des unités</p> <p>Rappel sur le sens des chiffres dans le nombre. Fin de la présentation de la technique du calcul en arbre dans l'environnement logiciel. Hors programme, ce travail trouve du sens si l'enseignant sollicite le passage d'une trace de la technique « de l'arbre » à la trace des opérations élémentaires effectuées. Un élève évoque l'idée et Coralie reformule en retenant la chaîne des signes utilisés (, 5, +. Elle aurait pu évoquer les calculs intermédiaires (somme des unités,...)</p>
---	--

Pour toutes ces séances le logiciel est un prétexte à la rencontre avec une connaissance mathématique qui aurait pu être traitée sans environnement numérique. On a une intégration que l'on qualifie de détournement instrumental.

4.4.1.2 Gestion de la transparence

Dans la première séance, si la technique globale de présentation d'un calcul est réalisée dans l'interaction avec le groupe, nous allons voir comment les questions d'usage restent non explicitées.

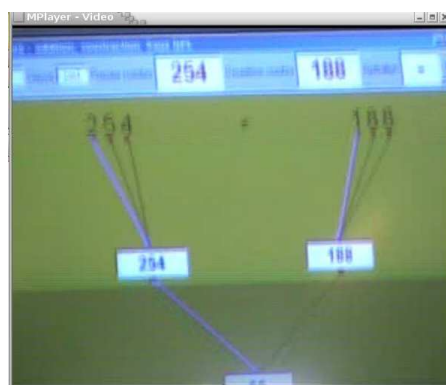
Nous avons vu que lors des séances "calcul" Coralie avait attaché de l'importance à l'écriture

du nom pour le bilan. Ici le bilan n'est pas disponible mais Coralie continue à demander le nom de celui qui fait le calcul. Sans d'ailleurs contrôler qu'en cas de changement d'élèves le changement de nom soit fait.

Dans la zone de saisie, le logiciel valide le résultat à partir de l'opération sélectionnée sur la gauche de l'écran. C'est en cours d'utilisation, en réaction à la remarque d'une élève, que Coralie donnera l'information. Elle n'a pas d'importance dans le cas de la somme de deux nombres (initialement le choix d'opération est positionné sur l'addition) mais elle en aura dans le cas d'une soustraction.

La gestion de l'espace de la fenêtre est l'occasion pour les élèves de jouer avec l'organisation spatiale (symétrie, alignement) mais ce type de présentation n'est pas forcément compatible avec une lisibilité dans l'organisation des calculs, ce que Coralie n'a pas anticipé. C'est dans la rencontre avec cette difficulté qu'elle en avertira les élèves.

Les élèves vont découvrir avant Coralie la possibilité d'associer plus de deux “flèches” à une zone de calcul intermédiaire, ce qui peut favoriser des détournements de la tâche mathématique comme sur l'image ci-contre.



Le fait que l'aide soit disponible et contienne un exemple avec deux nombres négatifs n'a pas été réfléchi et a peut-être provoqué la découverte d'une utilisation non contrôlée du signe “moins”.

Un autre aspect de la non anticipation de l'activité correspond à l'absence de réflexion sur l'utilisation de la copie d'écran pour réaliser des mises en commun pour valider des techniques et en proposer d'autres à l'utilisation.

La répétition sur trois séances de l'utilisation du même environnement permettra de passer d'interventions successives lors de la première séance à une intervention ponctuelle pour la deuxième et la troisième.

4.4.2 L'intégration praxéologique

4.4.2.1 Des techniques anciennes de l'environnement papier-crayon à l'environnement logiciel

Lors de la première de ces trois séances chaque élève a une fiche avec deux séries de neuf sommes à calculer. Chaque terme de la somme est un nombre de trois chiffres. Coralie a essayé avec des nombres de « *quatre chiffres on complique la chose ; j'ai essayé honnêtement ça ne rentre pas* » ce qui correspond à une importante surcharge graphique qui rend la gestion difficile, (flèches, zones de saisie) sur des écrans 14 pouces avec un nombre de pixels limités (800×600). Coralie a voulu une progressivité : « *dans mes additions j'ai essayé de mettre sans retenues, avec retenues, etc. Ça passe aux milliers, les nombres à trois chiffres sont plus grands.* »

Elle justifie l'absence de consigne par écrit par la lourdeur... En fait Coralie évoque la fiche de suivi de la séance calcul que les élèves n'ont pas réussi à suivre. Elle n'a pas recherché une autre entrée possible, ce qui sera confirmé lorsqu'elle utilisera cette même situation avec les CM2. De plus une consigne comme « Calculer mentalement les sommes suivantes en utilisant un arbre de calcul sur l'ordinateur », ne semble pas être particulièrement lourd à rédiger s'ils connaissent l'utilisation d'un arbre de calcul !

Cinquième séance :

En début d'entretien ante, Coralie pense ne pas mettre en place « calcul en arbre » avec des soustractions « *parce qu'il faut utiliser des nombres négatifs* ». Après que nous lui avons présenté une technique de calcul ne nécessitant pas l'utilisation des nombres négatifs, elle sort chercher les élèves qui sont en récréation. A son retour, est-ce sous l'influence de la résolution de son problème, elle lance l'activité « calcul en arbre » avec des soustractions. Nous pouvons penser que c'est une réponse à notre demande mais qui montre le peu d'anticipation de la séance.

Les CM2 sont mis au travail en deux minutes puis Coralie se centre sur les CM1. La consigne passée est la suivante :

« *On va faire le même travail que la semaine dernière sur le « calcul en arbre » mais cette semaine avec des soustractions. Je vous donne la soustraction que vous allez faire au départ : "545 – 392". Ça fonctionne exactement pareil sauf qu'il faut mettre moins !* »

Il faut bien sûr entendre « l'interface est la même et l'opération mathématique est la soustraction ». Nous retiendrons que les élèves auront peut-être entendu « *qu'il faut mettre moins* » mais où ?

Au bout de cinq minutes les élèves sont bloqués par l'impossibilité de retrancher 90 de 40. Coralie sollicite l'ensemble des CM1 et demande quel est leur problème. Faisant passer l'obstacle du statut d'une difficulté personnelle à celui d'une difficulté de tous.

Un élève, suggère $140 - 90$, sans expliquer comment il trouve 140, personne ne valorise cette idée qui sera abandonnée provisoirement. A croire que seul le microphone a entendu sa proposition qui permet d'aboutir !

Après plusieurs tentatives, E_1 trouve que « -50 » est validé par le logiciel. Après une aide soutenue de Coralie, les élèves E_1 et E_2 réussissent à écrire 153 comme somme et différence de leurs calculs intermédiaires.

Dans l'entretien ante, Coralie avait choisi de ne pas se lancer dans les nombres négatifs. Lorsqu'un élève l'introduit, elle ne l'écarte pas. Nous pensons qu'elle ne l'aurait pas mis en place en dehors de notre présence. Mais cela laisse supposer qu'elle a pu imaginer que ses élèves allaient pouvoir dépasser ce problème, comprendre, ou utiliser l'informatique comme un outil qui peut donner la solution...

Les autres élèves n'ont pas de réponse et les tentatives sont nombreuses, infructueuses, de plus en plus magiques. Coralie choisit de faire une mise en commun au tableau pour favoriser la formulation. C'est la première fois qu'elle sort de l'environnement ordinateur.

La proximité de la technique en arbre dans l'environnement papier-crayon et dans l'environnement numérique laisse croire à Coralie qu'elle pourra mieux faire expliciter les opérations en jeu sur le tableau plus grand, plus lisible que l'écran de l'ordinateur dans une interaction avec tous les élèves.

Elle demande aux deux élèves qui ont trouvé 153 en utilisant “-50” de venir présenter au tableau comment ils ont fait. E_1 va tenter une justification dont nous ne sommes pas sûr qu'elle corresponde à son raisonnement initial :

E₁ : quarante moins neuf on n'a pas pu ! Oh ! Quarante moins quatre vingt dix !
Coralie : Oui !
E₂ : Alors on a fait quatre-vingt dix moins quarante.
E₁ : Ça faisait cinquante.
E₂ : Moins cinquante.
E₁ : Comment dire avec le moins... En dessous de zéro quoi ! Combien ça faisait en dessous de zéro.
Coralie : Bon !
E₁ : Ça faisait moins cinquante !

L'image mentale d'une température négative, « *en dessous de zéro* » correspond au repérage, sur l'axe des températures, au mieux d'un écart de température, tout au moins de la graduation lue conventionnellement « moins cinquante » en opposition avec le « 50 ». Le mot « moins cinquante » évoque la façon familière de retrancher 50. Ces deux aspects ne vont pas simplifier le travail de l'enseignant.

Par exemple, lorsque les élèves E_1 et E_2 qui ont trouvé comme résultats intermédiaires 200, -50 et 3 vont prolonger leur calcul, l'expression « + (-50) » devient, dans leur façon de le dire, « moins 50 » c'est-à-dire « soustraire cinquante ». Si ce résultat est juste il n'est pas possible de le justifier dans un arbre de calcul. La représentation sur une droite numérique, comme le tentera Coralie lors de séance suivante, aurait pu en faciliter le sens.

La mise en commun se termine par une demande d'explicitation, sans passage au tableau, de l'élève qui a proposé “140 – 90”.

<p><i>Coralie : E_s tu as fait autre chose ?</i> <i>E₁ : Non il a fait pareil</i> <i>E_s : Non moi j'ai laissé avec des moins j'ai fait 153</i> <i>E₂ : moins 500</i> <i>Coralie : Qu'est-ce que tu as laissé avec des moins ?</i> <i>E_s : eh ben j'ai essayé avec des moins et j'ai fait 153</i> <i>et</i> <i>Coralie : est-ce que tu as fait autrement ? Comment tu voulais essayer de faire ? Comment tu as procédé ? Tu as fait quoi ? Tu as commencé par quel nombre ?</i> <i>E_s : ?</i> <i>Coralie : et après ?</i> <i>E_s : 500 moins 300</i> <i>Coralie envoie les deux élèves qui sont encore au tableau et qui n'écoutent pas à leur place : écoutez ce qu'il dit allez vous asseoir. Pourquoi tu as fait 500</i></p>	<p><i>moins 300 ?</i> <i>E_s : Ben pour essayer de trouver le résultat de 40 moins 90</i> <i>Coralie : bon alors Qu'est-ce qu'on aurait dû faire après ?</i> <i>E_s : ben on rajoute 100</i> <i>Coralie pour elle : on rajoute cent ?</i> <i>E_s : parce que si on fait une soustraction on met une retenue</i> <i>Coralie : oui mais après tu as repris 40 moins 90 donc tu es retombé sur le même problème. Tu es retombé sur le même problème là le 4 moins le 9 ?</i> <i>E_s : Oui</i> <i>Coralie : est-ce qu'il y avait d'autres solutions ? Vous vous avez fait comme eux ? Bon je vous en donne un autre vous allez essayer de voir si vous avez une autre façon de faire.</i></p>
--	---

Il est surprenant que Coralie valorise par un écrit au tableau noir une situation qu'elle ne veut pas et peut pas valider et qu'elle ne favorise pas l'émergence d'une technique qui aurait permis d'aboutir à partir des connaissances des élèves.

Elle propose aux élèves de résoudre sur l'ordinateur $832 - 198$.

Les élèves ne réussiront pas dans le temps restant. L'obstacle principal étant la transformation des résultats intermédiaires obtenus comme différence en une somme de trois nombres dont le résultat est la différence de 832 et 198 c'est-à-dire :

$$\begin{aligned}832 - 198 &= (800 + 30 + 2) - (100 + 90 + 8) \\ &= 800 + 30 + 2 - 100 - 90 - 8\end{aligned}$$

La technique posée traditionnelle impose aux élèves le retrait unité par unité, ce qui constitue un obstacle lié au contrat que l'enseignante a rappelé en présentant l'activité, ce qui provoque l'écriture : $800 - 100 + 30 - 90 + 2 - 8$ et la résolution par étape $800 - 100$ suivi de $30 - 90$ qui bloque les élèves.

Les techniques consistant à calculer $832 - 198$ comme

$$\begin{aligned}800 - 100 - 90 - 8 + 30 + 2 \\ \text{ou } [(800 - 100) - 90] + (30 - 8) + 2 \text{ soit } 800 - 100 - 90 - 8 + 30 + 2\end{aligned}$$

ne sont pas apparues.

Ces techniques n'ayant pas de point d'appui sur un problème, les élèves ont des difficultés à donner du sens aux opérations intermédiaires.

Alors que la difficulté est d'ordre mathématique, Coralie va chercher une réponse dans les outils de gestion de la classe qu'elle connaît le mieux, la « mise en commun » autour du tableau.

Elle va essayer d'exploiter la proximité entre les techniques instrumentales et les techniques « papier-crayon » pour faire verbaliser leurs techniques nouvelles. Elle utilise la possibilité d'une même représentation de l'arbre de calcul dans les deux environnements pour favoriser les échanges devant le tableau noir mais ne pose pas la question du sens de ces calculs.

Lors de la séance suivante²²¹, Coralie a fait le choix de prolonger l'activité « calcul en arbre » avec des soustractions : « .. je suis curieuse de savoir parce que je ne suis pas sûre que tous... certains vont trouver mais... Depuis on n'en a pas reparlé. On va voir ce qui reste. [...] ce qui va leur faire un sac de nœuds [...] il y a des soustractions puis tout d'un coup il y a des additions je ne sais pas s'ils ont bien compris de quoi il retourne. Peut-être que ça leur fait comprendre exactement ce qu'ils font. Une fois qu'ils ont la technique ils font ça machinalement, je ne suis pas sûre qu'ils revisitent trop... enfin nous verrons... »

²²¹Initialement Coralie nous avait proposé de mettre en place une activité de géométrie, même si elle avait rejeté cette possibilité lors de notre première rencontre. Elle nous a demandé une proposition d'activité. Nous lui avons transmis plusieurs avec Déclic et Apprenti géomètre elle renoncera à les utiliser.

On retrouve dans son dispositif l'instrumentation de l'ordinateur et du tableau : l'activité individuelle sur l'ordinateur et l'activité de mise en commun sur le tableau.

L'activité individuelle doit déboucher sur une procédure experte qu'elle identifie par « ... *Il faut repartir avec les classes des nombres [...] Quels sont les nombres qu'on additionne, pourquoi on les additionne, c'est l'associativité. [...] S'ils arrivent à trouver dans quel sens il faut... qu'est-ce qu'il faut commencer par soustraire.* »

Nous ne sommes pas loin d'une absence de sens dans la construction d'une technique qui est justifiée par un "gros mot" mathématique « associativité ».

Et lorsqu'elle évoque la possibilité de rechercher du sens, elle reste dans les outils TICE et tableau au détriment des mathématiques ; c'est ce qu'elle exprime dans son anticipation de la dernière séance « ...*quand on est empêtré que ce soit sur l'ordinateur ou sur le papier il s'agit des fois de... de voir autrement les choses parce que avec les flèches emmêlées tu ne vois plus, tu peux avoir pareil au tableau mais enfin bon. On va voir !* »

Lors de la sixième séance :

« *Vous avez 4 soustractions à faire. Alors consigne : pas de nombre négatif.* »

Suit l'échange ci-après à la réaction des élèves.

- *Coralie : Vous vous souvenez la dernière fois, il n'y a pas de retenue, E1 avait trouvé une solution en mettant des nombres avec le signe...*
- *moins*
- *Coralie : devant le nombre*
- *comment ?*
- *Coralie : comment je ne sais pas... peu importe*
- *On n'a plus le droit de faire avec...*
- *Là il avait mis moins cinquante*
- *Coralie : on n'a pas le droit de mettre comme résultat -12, -13, -50 etc, mais bien sûr on utilise le signe moins pour faire l'opération. D'accord ?*
- *C'est comme la deuxième fois.*
- *Coralie : Voilà. On essaie de retrouver comment on avait fait*
- *Sans le plus.*
- *Coralie : Je n'ai pas dit qu'on n'utilisait pas le signe plus. J'ai dit en résultat dans les cases blanches vous n'avez pas le droit de mettre de nombre avec moins devant.*
- *Ah d'accord !*

La première différence à calculer est « 254 - 188 »

A bout de 12 minutes les élèves n'ont pas réussi à trouver la réponse. Coralie propose une mise en commun au tableau « *pour voir comment on peut faire* ». Les élèves veulent continuer leur recherche !

Ils sont partagés entre des difficultés dans la décomposition du calcul et la consigne qui situe le problème dans la technique instrumentale et non pas dans les mathématiques.

Dans un contexte de classe où Coralie est particulièrement sollicitée, son problème va être d'identifier les techniques erronées dans les images d'écran. Ce qui était possible facilement pour l'addition devient très difficile pour la soustraction si un élève ne suit pas la procédure experte.

Comme le montre l'exemple ci-contre : l'enseignante va devoir identifier l'erreur de l'élève à partir des couleurs des branches de l'arbre. La première est bleue la seconde noire. Si la caméra a le temps de fixer ce moment, l'enseignante, sollicitée en plus par l'autre groupe, n'a que le temps de voir disparaître l'écran sous le clic pour une nouvelle tentative de résolution de problème.



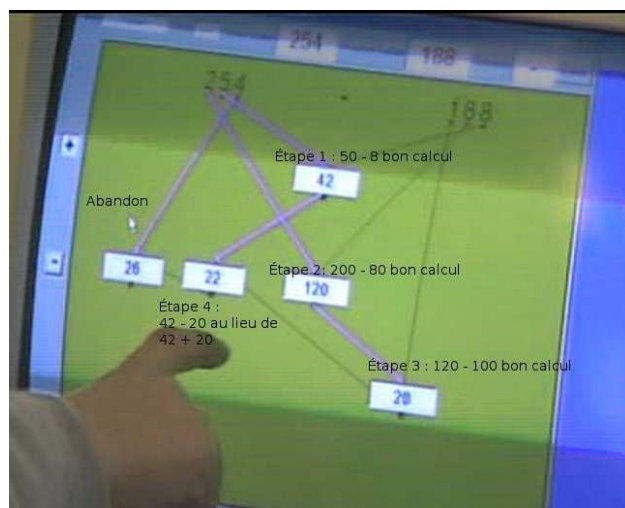
La contrainte « retrancher deux nombres ne peut se faire que si le premier est plus grand que le second » place les élèves dans une perte de sens après quelques étapes.

Comme dans l'exemple ci-contre :

Les trois premières étapes du calcul sont les résultats d'une soustraction.

$50 - 8$, $200 - 80$, $120 - 100$;

A la quatrième étape l'élève continue à effectuer une soustraction alors que l'opération attendue est l'addition. $42 - 20$ au lieu de $42 + 20$.



Redonner du sens à partir de leur procédure personnelle sans faire expliciter, cela suppose une bonne connaissance du logiciel ou des erreurs que peuvent produire les élèves.

Ces connaissances nécessaires sont absentes des tutoriels et lorsqu'on les y trouve, comme dans ERMEL géométrie, il manque encore les erreurs possibles des élèves comme les

enseignants peuvent les trouver pour des situations “papier-crayon” dans les livres du maître d'Euro-Maths.

La volonté d'aider les élèves en changeant de point de vue « *quand on est empêtré que ce soit sur l'ordinateur ou sur le papier il s'agit des fois de... de voir autrement les choses parce que avec les flèches emmêlées tu ne vois plus* » conduit Coralie à proposer deux changements, l'un en utilisant un support papier, qui pourrait solliciter l'usage d'écriture en ligne ou des représentations sur une droite graduée ou d'autres représentations plus figurative, l'autre en changeant l'écriture des nombres à partir de la formulation suivante : « *Si vous avez besoin d'un papier vous pouvez en prendre un, si ça vous arrange voyons...* » et « *essayez de décomposer les nombres pour vous aider.* »

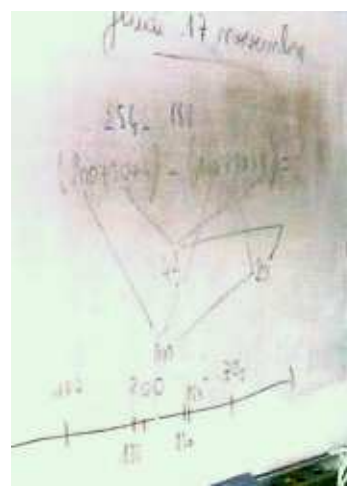
En l'absence de réaction des élèves elle va prendre la situation en main pour orienter la technique des élèves. Mais elle ne connaît pas suffisamment le logiciel et va se faire entraîner vers une technique détournée découverte par un groupe :

<p>Coralie : « Regardez au tableau comment on va décomposer les nombres »</p> <p>Coralie : Qu'est-ce qu'on a comme nombres ?</p> <p>E : 254 et 188</p> <p>Coralie : Qu'est-ce que c'est 254 ?</p> <p>E₃ : 200 + 50 + 4</p> <p>et pendant qu'elle écrit $(200+50+4) - (100+80+8)$</p> <p>E₃ : moins 100 moins 80 moins 8.</p> <p>Coralie : Il faut réfléchir à comment on peut faire ça en utilisant cette décomposition et pas en utilisant</p>	<p>n'importe quel chiffre que je soustrais au petit bonheur...</p> <p>Coralie : Alors comment on peut faire ?</p> <p>E : 50 – 8</p> <p>E₂ : 54 – 8</p> <p>Coralie : mais 54 on ne l'a pas.</p> <p>E₂ : Si on fait 50,4 et on met 8</p> <p>Coralie : On peut le faire sur le logiciel ?</p> <p>E₂ : Oui on l'a fait regarde !</p>
--	---

Le plaisir du jeu devient le moteur de l'activité lors du retour vers le logiciel. Les élèves jouant à associer tous les chiffres à une flèche pour trouver la valeur du nombre et faire la différence avec le second dont ils ont calculé depuis longtemps le résultat avec l'algorithme de la soustraction posée.

La difficulté instrumentale vient s'ajouter à la difficulté mathématique pour bloquer la situation. Coralie arrête l'activité et regroupe les élèves autour du tableau pour donner “la” technique mais c'est sans compter sur les propositions des élèves. Un élève relance l'idée d'un calcul unité par unité. Dans l'interaction, dans le groupe, les élèves proposent la suite 50 – 8, 200 – 100, 100 – 80.

Mais un élève lance tout le monde sur une fausse piste en parlant de « plus ». Coralie pour comprendre ce qu'il veut dire le laisse parler ce qui éloigne de la piste initiale.



Elle tente un recentrage en écrivant la suite des opérations :

« *C'est comme si on avait...* », en écrivant au tableau

$$(200-100) + (50-8) + ?$$

Un élève propose une fausse piste $100 - 42$ et à ce moment un élève de CM2 vient demander un document.

Coralie propose de représenter le problème sur la droite numérique dans l'espoir de faire apparaître 254 comme $200 + 54$ et la distance $200 - 188$. En fait cette représentation du problème de la distance entre deux nombres est complexe puisqu'il s'agit d'élaborer la technique de résolution suivante :

τ_{pr1} : Reconnaître la mesure du segment entre les nombres 254 et 188 comme la différence entre ces deux nombres. Étape qui ne sera jamais formulée dans la représentation et qui invalide tous les discours.

τ_{pr2} : situer le nombre 200 en tant qu'élément de la décomposition de 254 et le situer sur la droite numérique comme un nombre intermédiaire entre 188 et 254.

τ_{pr3} : Identifier le problème comme une composition de transformations positives²²², ici « combien je dois ajouter à 188 pour arriver à 200 ? » ; « combien je dois ajouter à 200 pour trouver 254 ? » et « j'ai ajouté 12 à 188. J'ai ajouté 54 à 200. J'ai ajouté 66 à 188 pour atteindre 254. »

Coralie n'a pas à être surprise de son manque de succès dans ces conditions. Elle abandonne et revient à l'arbre et aux calculs que tout le monde a validés. Les élèves perdus dans des calculs qui n'ont pas de sens n'arriveront pas à s'approprier la dernière incitation de Coralie qui décompose en « $200-100$, $100-80$, $50-8$ ». Coralie va utiliser la proposition d'un élève de vérifier sur l'ordinateur pour faire invalider la proposition « $20 + 42$ » (différent de 66). Le logiciel sert alors à dire “Bon calcul” ou “Mauvais calcul” sur des opérations qui ne présentent aucune difficulté pour un élève de CM1.

Les éléments que nous venons de présenter nous semblent fixer le mode d'intégration sur le critère “Techniques” au niveau d'une juxtaposition de techniques des deux environnements sans que l'une enrichisse l'autre comme nous l'avons dit dans l'analyse du logiciel.

²²²En référence à la classification des problèmes additifs soustractifs de VERGNAUD.

4.4.2.1 Rapport entre la TAL et la TAM

La tâche logicielle utiliser « un calcul en arbre pour calculer une différence » se confond avec la tâche mathématique, elle peut être réalisée comme c'est le cas dans la cinquième séance en environnement “papier-crayon” ou sur le tableau. Pour des élèves de cycle 3 il s'agit d'un problème complexe, plusieurs étapes sont nécessaires, les tâches intermédiaires sont des tâches maîtrisées depuis le début du cycle 3. Il s'agit globalement d'organiser une suite de calcul qui structure, une technique particulière, « le calcul en arbre ».

En l'absence d'obstacle sur l'organisation des calculs intermédiaires, c'est le cas des additions dans la séance 4, les élèves font de l'entraînement au calcul additif.

C'est la rupture entre les situations antérieures où l'arbre de calcul avait un sens et celles-ci qui empêche les élèves de réinvestir dans cette situation, l'utilisation de l'environnement numérique ne favorisant pas ici le retour vers des situations déjà rencontrées. La recherche de plusieurs façons de résoudre un problème soustractif complexe aurait pu lever cet obstacle²²³.

Dans ces deux dernières séances les élèves doivent donc réinvestir leurs savoirs dans une situation nouvelle et n'ont pas les outils pour y réussir.

4.4.3 Les contrats

Le savoir engagé, les situations et la responsabilité des acteurs ayant été largement présentés, nous reprenons ici les éléments clés qui permettront au lecteur de les situer sur notre “toile”.

Les problèmes additifs de la première séance sont des problèmes anciens qui ne présentent pas d'obstacle à la résolution. Coralie leur laisse une part de responsabilité dans la conduite des tâches, le logiciel assurant ponctuellement, pour un élève moins autonome, la responsabilité de l'évaluation.

Pour les deux séances suivantes, la recherche d'une technique de calcul intégrant les propriétés des nombres place les élèves en situation d'utiliser des savoirs déjà rencontrés mais qu'il

²²³On aurait pu imaginer que $254 - 186$ représente la réponse au problème suivant :

Samuel a 254 € sous la forme deux billets de 100 €, un billet de 50 € et deux pièces de 2 € dans son portefeuille. Il a dépensé chez un maroquinier 100 € pour acheter un blouson de cuir. Chez le marchand de chaussures il a dépensé 80 € et chez le pâtissier il a acheté 6 € de gâteaux. On ne sait pas dans quel ordre il a fait ses achats. Décrire les échanges qu'il a dû faire pour payer ses dépenses en déduire combien il lui reste dans son portefeuille.

faudra organiser pour résoudre le problème proposé.

Pour ces deux séances, nous l'avons dit à propos des tâches, Coralie n'a pas su exploiter les limites des techniques de calcul posé, bien maîtrisées par la plupart des élèves, qui, ici, ne peuvent pas être appliquées directement, ce qui crée une situation antagonique.

Mais les échecs dans la conduite des deux séances font que Coralie organise plus l'activité, oriente plus le choix d'une technique, contrôle plus les productions et, même s'il reste aux élèves quelques possibilités de valider leurs résultats, il nous semble que c'est Coralie qui garde la responsabilité générale de la dévolution et la validation.

4.4.4 Enjeux pour la dévolution et l'institutionnalisation

4.4.4.1 Les points d'appui pour réaliser la dévolution de la situation

Le fait que la première séance réalisée en environnement logiciel n'apporte qu'une surcharge dans la complexité de la gestion d'une séance nous fait dire que Coralie utilise l'image sociale positive de l'ordinateur pour impliquer les élèves dans la tâche mathématique. Elle justifie cette séance comme une activité d'entraînement, renforcement de la technique de l'addition qu'elle vient de revoir.

Nous pensons que si Coralie n'envisageait pas la mise en place de la séance autour des soustractions et si elle l'a fait malgré tout, c'est probablement dans la croyance que les élèves étaient capable de faire mieux qu'elle le calcul en arbre dans l'environnement numérique, comme elle le laisse entendre dans l'entretien post où elle le constate en riant.

On peut dire qu'elle fait le choix d'exploiter la dimension logicielle pour revisiter ces savoirs. L'échec relatif de cette séance conduit Coralie à placer la recherche individuelle dans la tâche logicielle, mais les moments de formulation, d'explicitation s'appuient sur la trace du tableau qui regroupe les élèves.

Une telle organisation ne peut pas être le fruit du hasard et si les résultats n'ont pas l'efficacité escomptée elle nous semble avoir des éléments de pertinence.

Cette évolution nous semble faiblement entrelacer des actions différentes dans les deux environnements.

4.4.4.2 Influence du groupe des CM2 sur la dévolution et l'institutionnalisation

Alors que dans l'entretien ante Coralie avait simplement évoqué son appréhension à

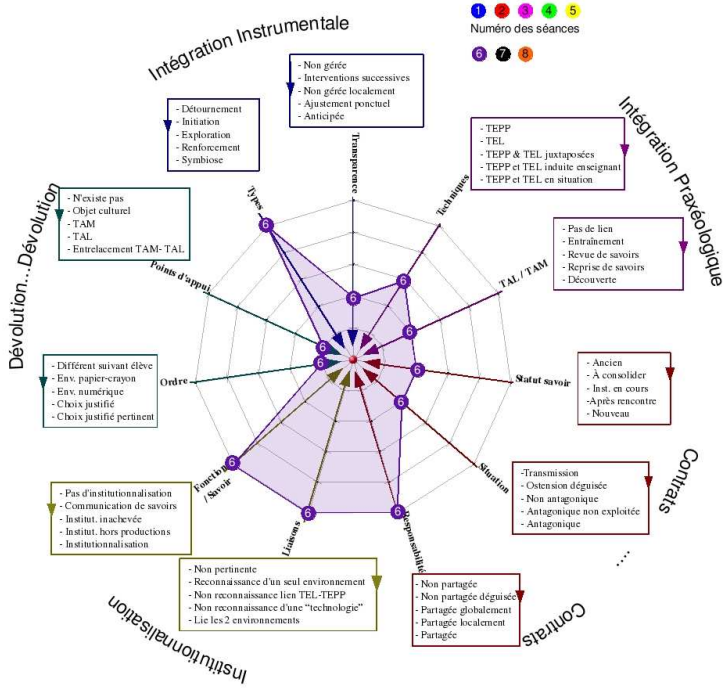
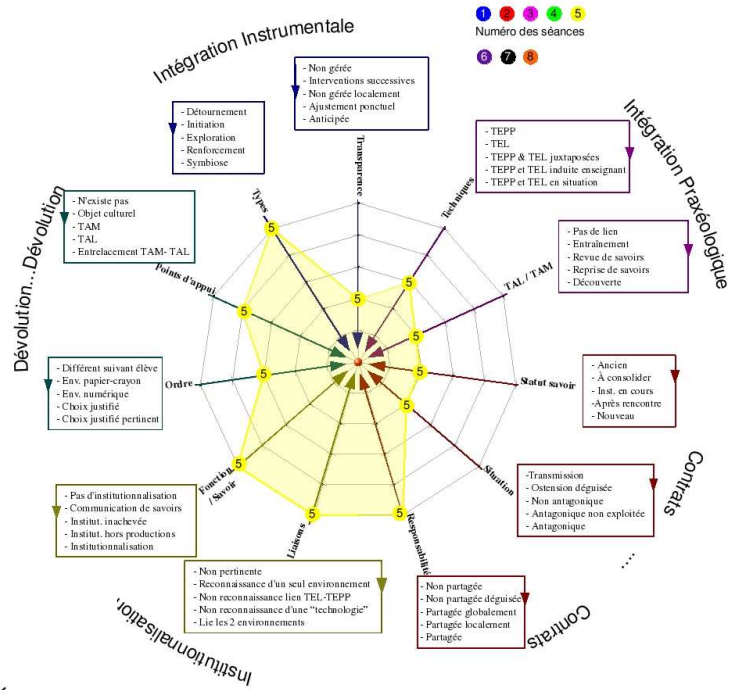
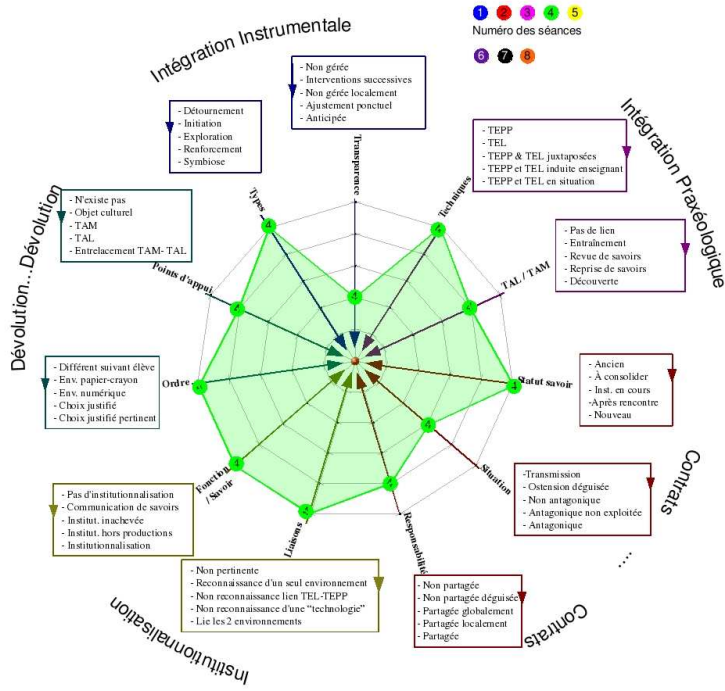
gérer les deux groupes, lors de la mise en œuvre de l'activité nous constatons qu'elle a changé le milieu des CM2, support et tâches.

Coralie a abandonné l'idée de faire travailler les CM2 sur des problèmes pour chercher, et leur propose des exercices du manuel qui correspondent pour eux à des exercices d'application ou d'entraînement. Cette évolution, marquée par l'utilisation d'activités « fermées », est pour nous un indicateur d'une recherche d'une solution à la gestion des deux groupes.

4.4.4.3 L'institutionnalisation réalisée et les environnements

Nous avons souligné la difficulté de Coralie à organiser une institutionnalisation. Elle se résume à une mise en commun d'impressions sur la séance sans contenu mathématique réel. Elle ne donne pas un statut de savoir aux connaissances étudiées, elle va même à l'encontre de ce qui est attendue dans la mise en commun intermédiaire. Elle est plus une réponse à notre présence comme le confirment les entretiens ante, qu'une nécessité réfléchie pour la classe.

Nous pouvons maintenant situer ces trois séances sur la “toile” par rapport à nos critères d'intégration des pratiques en environnement TICE.



4.5 Éléments d'apprentissage de l'enseignante Coralie dans la séquence “Calcul en arbre”

4.5.1 Ce que dit Coralie

En fin de séance 4, quand Coralie annonce que « *lundi je peux faire la même chose avec les soustractions pour voir ce que ça donne et puis après on fait de la géométrie* », nous entendons qu'elle est partagée entre la curiosité de voir les élèves utiliser le logiciel et la non pertinence de la séance vécue.

L'échec des élèves à la résolution d'une soustraction va pousser Coralie à reprendre la séance avec d'autres nombres une semaine plus tard. Elle reprend l'activité pour voir s'ils ont compris. A la fin de la séance 6, l'heure de la sortie va libérer élèves et enseignante d'une séance dont Coralie dira « *j'avais l'impression d'être dans un sous-marin qui prenait l'eau sans savoir comment boucher, colmater les brèches.* »

4.5.2 Éléments d'apprentissage dans ces trois séances

Lors de l'entretien post de la séance 3, lorsque Coralie parle des changements d'attitude, d'implication d'un élève seul sur l'ordinateur, elle annonce qu'elle va essayer de mettre en place un dispositif pour que cela se reproduise. Et même si, lors de l'échange, elle émet des réserves sur sa capacité à « *être là, là et là !* » elle passera à l'acte dans la séance 4. C'est la seule modification que nous avons pu repérer par nos critères entre les séances 3 et 4. Mais cette modification ne résistera pas à la séance suivante.

Si du côté de l'intégration instrumentale le logiciel reste le même, si Coralie ne gère pas plus la transparence, c'est le changement de situations qui va transformer sa pratique dans la séance 5.

En fait, Coralie n'a pas vraiment anticipé l'influence du remplacement de l'addition par la soustraction. Ce changement de savoir en jeu a créé un antagonisme entre les techniques usuelles des élèves et les techniques utilisables dans l'environnement du logiciel, un incident dans son milieu matériel. C'est ce qui va provoquer des bouleversements du côté des critères associés à l'intégration praxéologique. Les connaissances en jeu ne seront plus utilisables pour s'entraîner à calculer des sommes, les élèves vont devoir revenir sur leur connaissance de la décomposition de l'écriture d'un nombre, revenir sur le sens de ce qui est en jeu dans la

technique de la soustraction.

Pour sortir les élèves de l'impasse dans laquelle ils sont, Coralie va revenir à ses techniques anciennes de l'environnement "papier-crayon". Mais pour ça Coralie reprend le contrôle de la responsabilité. C'est elle qui valide ou qui sollicite fortement les pistes ouvertes par les élèves. Le passage d'une technique à l'autre pour faire avancer le travail des élèves devient ce qui va soutenir l'activité des élèves, ce qui va faire qu'ils resteront dans l'activité, ce que Coralie n'avait jamais utilisé avant cette séance.

Il nous semble que quels que soient les changements observés ils influencent la gestion de la dévolution alors que l'institutionnalisation ne semble pas affectée.

Les modifications observées sur les critères associées à la dimension praxéologique et aux situations sont à nouveau observables dans la séance suivante.

Nous attendrons trois mois pour savoir si Coralie reproduit l'intégration des TICE selon les mêmes critères.

5 Les séances “CM2”

Nous pensons que le travail en direction des CM2 est une tentative de recherche d'un équilibre dans l'utilisation des TICE par les CM1 et les CM2.

5.1 Le dispositif de travail

Nous sommes cinq mois plus tard et l'environnement de travail change par rapport aux CM1 en raison du nombre d'élèves. De plus Coralie a choisi de faire passer la classe entière sur les trois ordinateurs dans le temps de chaque séance.

Lors de la première séance, les élèves du premier groupe des CM2 passent par deux sur l'activité “calcul mental”. Ils réalisent les exercices à tour de rôle. Les élèves du deuxième groupe sont seuls sur les ordinateurs.

Pour la deuxième séance des CM2, les élèves passeront de façon individuelle sur les ordinateurs, ce qui conduit à faire un travail en trois passages.

5.1.1 Présentation générale de l'outil logiciel

Les activités réalisées sont organisées autour des deux activités “calcul mental” et “calcul en arbre” du logiciel “Calcul”. Coralie évalue les CM2 comme ayant le même niveau que les CM1, ce qui explique qu'elle reprenne les mêmes scénarii que nous avons présentés lors de la deuxième séance. Nous renvoyons à la présentation réalisée à propos des séances 2 à 6 pour la description des types de tâches, tâches et techniques que les élèves et l'enseignante peuvent engager dans les activités étudiées.

L'environnement “papier-crayon” des différents groupes de CM2 n'est pas en rapport avec l'activité de calcul réfléchi qu'ils vont réaliser sur les ordinateurs.

5.2 Synopsis des séances 7 et 8

Séance 7 : Épisode 1 jusqu'à la 14^e minute

Les élèves passent par groupes de deux sur les ordinateurs. Le passage de la consigne aux CM2 est réalisé à partir de la fiche d'utilisation déjà utilisée pour les CM1.

Au bout de 5 minutes, un groupe de deux élèves a fini ses calculs. Coralie leur demande de changer celui qui saisit les calculs au clavier et de reprendre la fiche.

La plus grande partie du temps de Coralie est consacrée à apporter des explications sur les

énoncés des problèmes proposés.

Séance 7 : Épisode 2 jusqu'à la 27^e minute

Entre les 14^e et 17^e minutes, les élèves passent de l'atelier ordinateur à l'atelier problème. Les élèves de ce groupe passent seuls sur les ordinateurs. Coralie passe d'un poste à l'autre pour lancer le logiciel qu'un élève a déjà lancé. L'expérience des autres élèves semble leur avoir suffi pour lancer le logiciel jusqu'à l'appel de \acute{E}_T qui n'a que des "trop tard"... Suit alors l'échange :

<p><i>\acute{E}_T : je comprends rien moi ! Il n'appuie pas sur la touche "entrée". Coralie : Qu'est-ce qu'il y a ? \acute{E}_T : Mettre 42 fois 2 Coralie : \acute{E}_s va t'asseoir ! en s'adressant à un CM1 plus intéressé par le travail de \acute{E}_T que par le sien \acute{E}_T : Trop tard ! Coralie : Ben c'est que c'est trop tard. Qu'est-ce que tu veux que je te dise. Les élèves autour s'en mêlent inaudible Coralie : Tape le ! Tape le résultat. \acute{E}_s : Mets sur entrée ! Dans un grand brouhaha les élèves à proximité</i></p>	<p>donnent leur avis <i>Coralie : je n'ai rien compris... \acute{E}_s : Il faut que tu tapes avant que ce soit en bas ! Coralie : Allez 32 fois 2, 64 entrée \acute{E}_T : Tu vois ça le fait pas ! \acute{E}_s : Si ça l'a fait, il y a marqué bon calcul. Tu vois ! Coralie : Mais si 54 fois 2 ça fait 108. Là + pourquoi ? Là ça marche. Allez ! L'ordinateur un peu lent gère mal le temps d'affichage d'un calcul. Coralie retourne vers les CM1. Une minute plus tard \acute{E}_T recommence et n'appuie pas sur entrée.</i></p>
---	---

Les élèves de CM1 qui ne sont pas très impliqués dans la résolution de leur problème s'intéressent au travail des CM2 sur les ordinateurs en commentant les "trop tard". Coralie observe les bilans et évalue la réussite au nombre de "Trop tard" sans essayer d'en faire expliquer les raisons par les élèves concernés.

Séance 7 : Épisode 3 jusqu'à la 30^e minute

Présente « calcul en pluie » en passant d'un ordinateur à l'autre. Les élèves du premier groupe qui ont fini leurs exercices reviennent sur les ordinateurs pour faire « calcul en pluie ».

Coralie arrête l'activité pour faire un bilan.

Séance 7 : Épisode 4 jusqu'à la 32^e minute

A partir de la question "facile / difficile" les élèves vont exprimer plutôt ce qui est facile en termes de tâche mathématique et exprimeront leur difficulté en termes de tâche logicielle comme cela transparait dans l'ensemble de l'échange bilan transcrit ci-après.

Coralie : Stop ! Deux minutes ça va être l'heure du bus. Les enfants qui sont allés à l'ordinateur ! Qu'est-ce que vous en avez pensé ? Bon É_T tu t'arrêtes (il est encore sur l'ordinateur). Tu t'arrêtes !

Coralie : É_M ! Qu'est-ce qui était facile, difficile ?

É_M : J'aurais pensé qu'il faut un peu plus bâcher les calculs quand ça va vite et tout ça... un peu plus les travailler parce que c'est pas tout à fait ça.

Coralie : Qu'est-ce qui t'a gêné ? Qu'est-ce qui t'a /

É₂ : Je suis d'accord avec toi !

Coralie : Qu'est-ce qui t'a /

É_M : Ce qui m'a gêné + ben...

Coralie : Oui !

É_M : C'est le truc (inaudible)

Coralie : Attends ! Attends personne ne t'écoute. É_S ta feuille ! É_R ! + Recommence (en s'adressant à É_M)

É_M : L'exercice où + quand les opérations descendaient /

Coralie : En pluie ? Quand il y en avait plusieurs ?

É_M : Oui et puis aussi au début il y en avait une où j'avais pas bien compris donc il fallait que je regarde ce jeu.

Coralie : Bon d'autres remarques ? É_L ?

É_L : Ce qui est facile ? Calcul divise par 2.

Coralie : Diviser par 2 c'est facile.

É_T : Moi ce que j'ai aimé c'est tous les nombres plus 11. Ça c'était super-facile !

Coralie : Bon alors quelle était la difficulté principale de ces exercices.

É₂ : Le dernier (pluie)

Coralie : Le dernier et puis ?

É₂ : Le dernier je l'ai pas fait (inaudible)

Coralie : La vitesse ? On peut la régler la vitesse.

É₂ : Inaudible

Coralie : Bon on s'arrête c'est l'heure du bus.

Séance 8 : Épisode 1 jusqu'à la 7^e minute

La séance commence par une présentation collective aux CM2 de l'activité qu'ils feront pendant la séance dans les moments où ils ne travailleront pas sur les ordinateurs.

Les CM1 sont informés qu'ils continuent l'activité sur l'addition et la soustraction des décimaux « *comme on l'a fait hier.* »

Présentation très rapide aux trois élèves de CM2 du lancement de “calcul en arbre”, déjà utilisé par les CM1. Ils disposent d'une fiche des calculs à réaliser sur le logiciel {252+914 ; 156+473 ; 454+324 ; 536+ 275}.

Séance 8 : Épisode 2 jusqu'à la 34^e minute

Reprise de la présentation avec trois nouveaux élèves de CM2.

Coralie saisit les deux nombre 823 et 145 puis le signe + pour l'addition. Puis suit l'échange :

Coralie : « Je marque “lancer le calcul” en bas. J'ai ça (les deux nombres se sont affichés dans la fenêtre). Je commence par faire quoi ? »

Elle s'adresse à une élève É_L qui n'a aucune idée de ce que Coralie attend. Interruption par les autres élèves.

Reprise de l'échange,

Coralie : « par quoi on commence ? Qu'est-ce qu'on fait ? Quand tu fais l'addition tu la poses tu fais quoi ?

É_L : Euh, ben.

Coralie : Ben ! ne cherche pas midi à quatorze heures, comment tu fais l'addition. Tu sais les faire les additions ?

É_L : Oui !

Coralie : « Bon ! comment tu fais ?

É_L : Ben on fait 823 plus 145

Coralie : Bon tu l'as posée qu'est-ce que tu fais en premier ?

Interruption des autres CM2 puis se tourne vers l'élève.

Coralie : Alors qu'est-ce que tu fais d'abord ? Eh ben on va pas rester dix ans là + qu'est-ce que tu fais d'abord ? Bon É_D ?

É_D : 3 plus 5

Sans que personne ne lui demande rien, la troisième élève, É_M : Tu commences à calculer les unités.

Coralie clique sous le 3 déplace la souris lâche le bouton gauche, clique sous le 5 et dit en même temps « 3 plus 5 ».

Puis « je clique là au bon endroit » la zone de saisie apparaît « combien ça fait É_L ».

La présentation se poursuit sans plus d'information sur le fonctionnement de la construction logicielle de l'arbre de calcul.

Quatre minutes plus tard et après quelques interruptions par les autres élèves la présentation se finit par « *On met "recalculer autre calcul" on efface ça et on marque les deux autres nombres et on y va. Aller hop !* »

A la 25^e minute Coralie observe \acute{E}_L : « *voilà tu cliques et tu tires et sur l'autre tu n'as qu'à cliquer sur le carré noir.* » \acute{E}_L semble avoir compris.

A la 34^e minute Coralie intervient « *Les autres vous venez là. C'est fini \acute{E}_L* » qui n'a fait qu'une addition.

Séance 8 : Épisode 3 jusqu'à la 52^e minute

Troisième présentation : « *il s'agit de faire des additions avec un arbre. Les additions elles sont là (en montrant la fiche avec quatre opérations). Je vous fais la première pour vous montrer.* »

Les élèves se lancent dans les calculs.

Fin de la séance sans bilan.

5.3 Analyse a posteriori de la séquence d'apprentissage

5.3.1 L'intégration instrumentale

Comme nous l'avons établi pour les CM1, le mode d'intégration ne change pas et se situe pour les deux séances dans le détournement.

Concernant la gestion de la transparence de l'outil dans la septième séance, alors qu'elle a du ré-expliquer le sens de “ * ” dans “doublede”, elle ne pense pas à anticiper le “ / ” qui va gêner une élève à la huitième minute de la séance à propos de “moitiede”. Quand \acute{E}_T ne comprend pas, ce sont les élèves à proximité qui lui donneront l'information « *il faut taper entrée* ».

Ce qui nous fait dire que Coralie ne gère pas la transparence.

5.3.2 L'intégration praxéologique

5.3.2.1 Des techniques anciennes de l'environnement papier-crayon à l'environnement logiciel

Pour Coralie, les élèves de CM2 ont beaucoup de difficultés ; elle leur donne donc les

mêmes exercices qu'aux CM1. Cependant, en fin d'année, le calcul du double ou de la moitié d'un entier ne pose plus de problème à des CM2. Les calculs des doubles et des moitiés n'ont pas fait l'objet d'une mise en commun des techniques des différents élèves, et lorsqu'un élève dit qu'il a aimé faire « *les nombres plus onze* » Coralie ne lui demande aucune explication.

Dans la dernière séance, les élèves sont plongés dans l'environnement logiciel avec un rappel de la technique posée pour effectuer le calcul de la somme de deux nombres. Coralie ne fait pas de rappel d'une situation²²⁴ qui pourrait justifier la présentation de l'opération sous la forme d'un arbre de calculs.

Cependant ce travail n'a de sens que si les élèves doivent être confrontés à une situation où la technique de calcul posé est antagonique avec la technique instrumentale.

Les élèves utilisent donc des techniques de l'environnement papier-crayon pour résoudre les types de tâches proposés.

5.3.2.1 Rapport entre la TAL et la TAM

Pour l'ensemble des tâches engagées dans ces deux séances, les élèves réinvestissent des savoirs pour obtenir de meilleures performances par rapport à la tâche mathématique. L'environnement numérique est considéré par Coralie comme proche de celui des séances de calcul mental et lorsqu'il s'en écarte, comme à la deuxième séance, les techniques utilisées peuvent s'appliquer dans ce nouvel environnement.

Nous dirons que la TAL constitue un entraînement à propos d'une TAM dans un environnement voisin.

5.3.3 Les contrats

5.3.3.1 Le savoir engagé

Lors de la septième séance, la compétence « calculer la moitié d'un nombre pair inférieur à 100 ou le double d'un nombre entier » est travaillée depuis le cycle 2 sur des nombres inférieurs à 10 ou des dizaines entières et est approfondie au cycle 3 « *avant la rencontre avec les fractions [...] les élèves sont amenés à les reconnaître rapidement* »²²⁵. La technique de calcul réfléchi associée à « ajouter 11 » fait partie des apprentissages qui sont organisés dès la fin du cycle 2 et prolongés au cycle 3.

²²⁴Du type de celui que nous avons présenté lors des séances CM1

²²⁵Document d'application du cycle 3 page 20.

Ce sont donc des savoirs anciens qui sont en jeu dans les activités proposées.

Lors de la deuxième séance, en déclarant les techniques à utiliser, Coralie place la situation dans une référence à des techniques de calcul anciennes, calcul posé d'une addition.

A aucun moment la situation n'est antagonique avec les connaissances ou les savoirs des élèves et lorsque cela pourrait se produire, si la durée du temps du calcul est trop courte alors Coralie propose de rallonger la durée.

Le contexte de la classe avec des groupes d'élèves peu autonomes ne permet pas à Coralie de contrôler les acquis des élèves. Les bilans, dans la septième séance, ne permettent ni aux élèves ni à Coralie d'identifier réellement leur niveau de réussite dans les exercices. Dans l'utilisation du "calcul en arbre", les connaissances et la situation permettent aux élèves de décider de passer à un autre exercice même s'ils n'ont pas résolu l'exercice c'est-à-dire sans raison mathématiques. De plus, lors de la mise en commun, ils ne sont pas responsabilisés sur leurs techniques.

Face à la difficulté de gérer les trois groupes Coralie semble déléguer une part de responsabilité dans les phases de calcul sur le logiciel. Les connaissances en jeu, anciennes, permettent à certains élèves d'avoir une autonomie dans la conduite de leur activité mais l'échange, épisode 2 de la séance ⑧, avec l'élève E_L montre comment Coralie reprend le contrôle sur la conduite de la tâche.

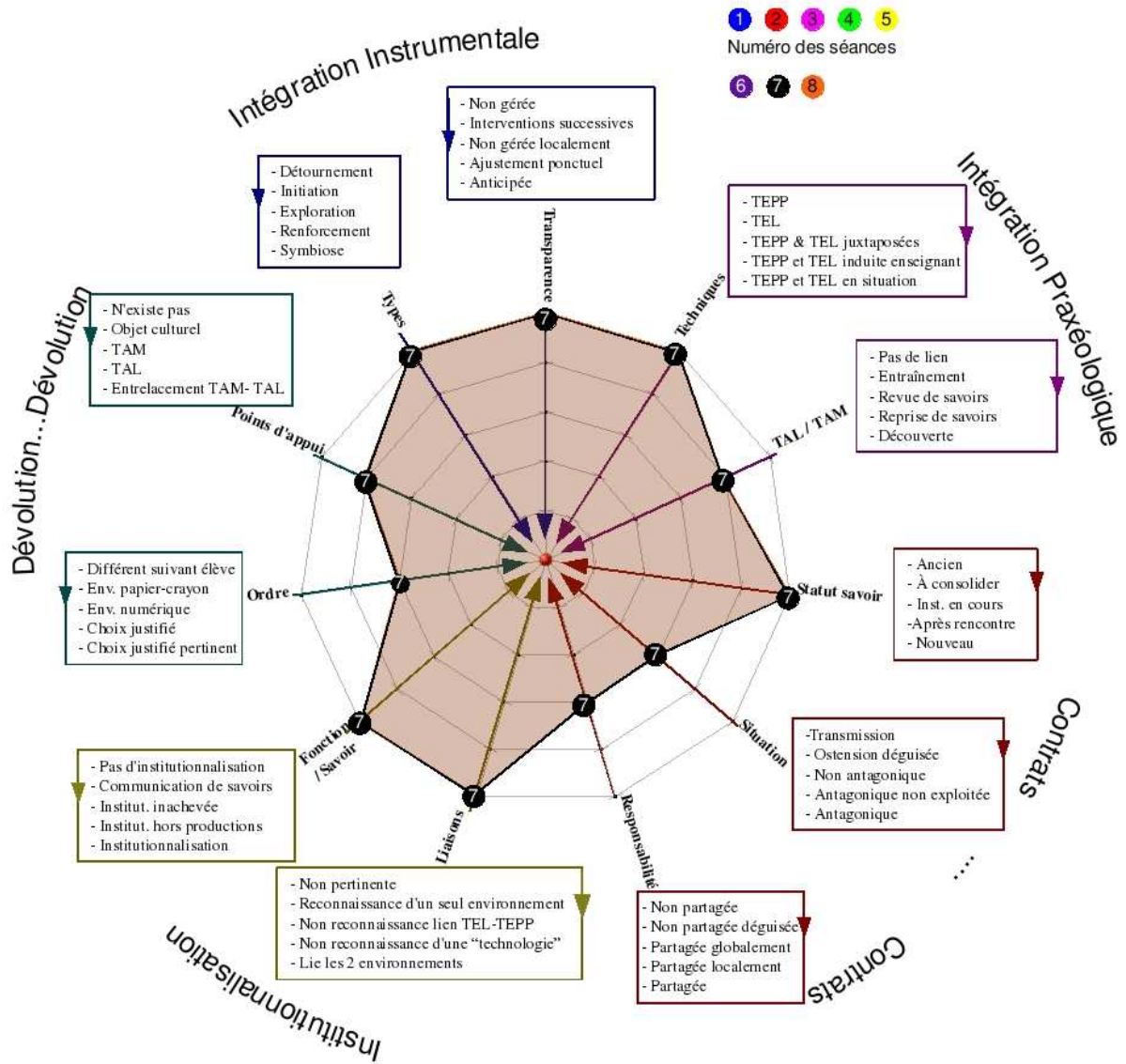
En cela nous dirons que la responsabilité est globalement partagée entre l'enseignant et les élèves mais pour gérer l'avancée de l'activité, elle provoque des ruptures de contrats localement avec certains élèves.

5.3.4 Enjeux pour la dévolution et l'institutionnalisation

La dévolution de l'apprentissage en cours est attachée à l'image sociale positive et ludique de l'ordinateur chez les élèves et chez l'enseignante. Les tâches sont données directement dans l'environnement du logiciel sans que les arguments présentés lors des séances des CM1 ne soient repris. Les seuls arguments avancés portent, concernant les CM2, sur le choix du contenu en liaison avec le niveau mathématique des élèves mais pas sur le choix du logiciel.

Quant à l'institutionnalisation, elle est inexistante; même lorsqu'il existe un embryon de mise en commun, cela n'aboutit pas à une reconnaissance de savoirs.

Nous pouvons maintenant situer ces deux séances sur la “toile” par rapport à nos critères d'intégration des pratiques en environnement TICE.



5.4 Éléments d'apprentissage de l'enseignante Coralie avec les CM2

5.4.1 Ce que dit Coralie

Arrivé en fin d'année « *disons que je l'utilise plus parce que je vois d'autres possibilités que je ne connaissais pas forcément* » et puis « *je suis sûre qu'ils vont me le redemander et puis on va continuer à faire des exercices plus compliqués, etc* ».

Enfin, lors du dernier entretien, elle s'attache à dire que les élèves sont plus impliqués « *tu vois Fl. il s'est pas mal débrouillé alors que devant sa feuille souvent c'est...* » et « *si ça permet de faire d'autres activités, de différencier un peu + celui qui n'arrive pas à apprendre ces tables de multiplication + quelques fois c'est des trucs, tu sais, de multiplication et tout ça (...)* mais bon c'est toujours l'organisation qui pose un souci. C'est pas facile d'avoir cinquante activités dans la même classe ».

5.4.2 Éléments d'apprentissage dans ces deux séances

En reprenant les séances telles qu'elles avaient été réalisées avec les CM1 nous pensions que les CM2 bénéficieraient d'une intégration plus structurée qu'en début d'année notre repérage ne fait apparaître une différence entre la séance 4 et la séance 8 les élèves “découvrant” tous sur l'ordinateur le calcul en arbre. Coralie reprend exactement la même fiche de “calcul” alors qu'elle l'avait critiquée quelques mois au par avant.

Enfin la question de la pertinence mathématique d'un tel logiciel n'a pas poussé Coralie à explorer d'autres logiciels.

La mémoire des incidents des séances 5 et 6 n'ont pas permis à Coralie d'anticiper ces deux séances. Elle semble être revenue à une utilisation qui permet plus de gérer la vie de la classe que de travailler des connaissances mathématiques.

Notre observation de Coralie se termine donc sur une intégration qui est très éloignée de l'intégration optimale mais l'accumulation d'expériences permet d'imaginer une autre évolution dans les séances à venir.

d) Les séances de l'enseignant Pascal

1 Les séances conduites par Pascal

Lors de notre première rencontre pour définir les conditions d'observation, Pascal envisage d'utiliser les TICE pour faire un travail en géométrie qu'il argumente par :

« J'ai jamais travaillé avec... Je n'ai pas d'expérience mais ça me dit bien parce que je vois l'intérêt de pouvoir modifier des figures, se rapprocher... Bon, un losange quand est-ce qu'il se rapproche du carré ? Quand est-ce qu'il s'en éloigne... Le triangle quand est-ce qu'il devient rectangle ? Quand est-ce qu'il l'est plus ? Tout ça me paraît très riche sur le plan de la construction de l'idée de la figure ! » « l'idée que j'aimerais voir c'est "agrandissement réduction" parce que j'ai un CM2 donc c'est un domaine que j'aimerais approfondir... Je ne sais pas trop s'il y a des possibilités de travailler ça là. Avoir une idée des figures qui ne soit pas une idée figée ! » parce qu'il « ne se sent pas à l'aise ».

Dans sa classe les ordinateurs sont régulièrement utilisés dans des activités transversales : recherche documentaire, production d'écrits mais c'est la première fois qu'il les utilise pour une activité mathématique. Il connaît le logiciel Déclic qu'il a découvert en formation continue mais ne connaît pas « Apprenti Géomètre ». Il dispose des liens vers des bases documentaires associées aux deux logiciels et nous avons mis à sa disposition le CDRom créé par LEBRETON que nous diffusons en formation initiale ou continue.

Quinze jours plus tard, son choix de faire travailler les élèves avec « Apprenti Géomètre » est justifié parce qu'il est « *plus simple dans la première approche. Plus intuitif ! Quand on s'approche... le segment, le point, la figure vont montrer qu'ils sont concernés...* ».

Nous retrouvons là un des points de choix de Coralie, « *la simplicité d'utilisation* ». L'idée que l'environnement permet de « *voir ce qui se passe* » pour mieux gérer les tâches est mise en avant. Enfin les objets mathématiques à l'écran deviennent tout puissants, ils disposent d'une fonction magique « *montrer qu'ils sont concernés* ».

L'observation des séances où Pascal utilise les TICE dans des activités mathématiques s'est déroulée sur huit séances. Nous utiliserons la méthodologie générale d'étude des séances comme nous l'avons fait pour les autres enseignants.

Les six premières séances se sont déroulées avec la classe entière entre la fin du mois de septembre et la mi-décembre. Les deux dernières séances, qui se sont déroulées au mois de mars, sont des séances de découverte en demi-classe d'un nouveau logiciel de géométrie dynamique. Nous présentons ci-après un tableau synthétique, en termes de contenu

disciplinaire, des séances observées.

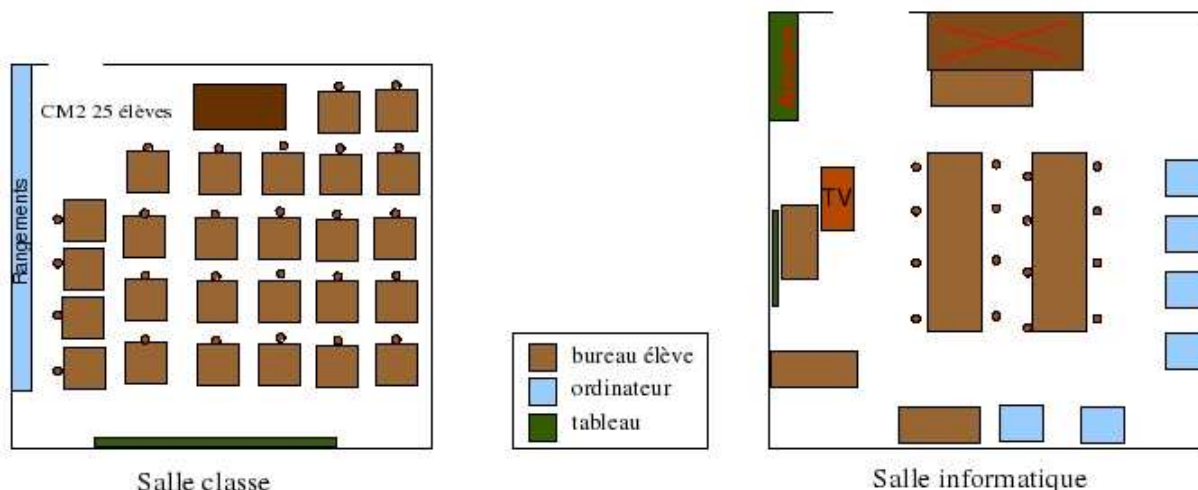
Séance 1	Séance 2	Séance 3	Séance 4	Séance 5	Séance 6	Séance 7	Séance 8
Tracé de perpendiculaires	Construction de quadrilatères	Construction de quadrilatères ayant des côtés parallèles	Construction ou reproduction de quadrilatères	Construction et description des diagonales de quadrilatères	Situation d'émission réception sur les notions abordées précédemment	Construire et décrire des objets géométriques Groupe 1	Construire et décrire des objets géométriques Groupe 2

Théoriquement, nous avons convenu que nous observerions la première rencontre de la classe avec le logiciel. Pascal a préféré donner des éléments d'initiation dans une séance en notre absence. Cette situation est à rapprocher du comportement de Fanny et nous faisons l'hypothèse que Pascal s'est protégé de la caméra pour ses premiers pas dans l'utilisation du logiciel "Apprenti Géomètre".

Nous avons découpé les séances en 2 séquences qui correspondent à des changements à la fois de gestion de la classe (classe entière – demi-classe) et de logiciel (Apprenti Géomètre - Déclic).

Nous présentons ici les conditions matérielles et générales de la classe de CM2 de Pascal, ainsi que la description générale du logiciel utilisé que nous affinerons au moment de l'étude de chaque séance.

La classe de Pascal est une classe de CM2 avec 25 élèves. Pour organiser ses séances il utilise la salle informatique qui est suffisamment grande pour permettre à toute la classe de travailler en deux ateliers. Il dispose de six ordinateurs de type PC, en réseau poste à poste avec une imprimante partagée. Nous reproduisons ci-dessous le plan des salles de sa classe et d'informatique qui dans leur organisation spatiale sont très différentes.



Présentation générale du logiciel :

Le logiciel retenu est le logiciel de géométrie dynamique « Apprenti Géomètre »²²⁶ développé par l'équipe du Centre de Recherche sur l'Enseignement des Mathématiques (CREM) de Belgique. Il correspond à l'attente formulée dans les documents d'application du cycle 3, offrir « l'occasion d'une approche plus expérimentale des mathématiques... permettre de varier les points de vue sur un même concept »²²⁷.

L'analyse de ce logiciel nous permettra lors des séances d'identifier des types de tâches et des techniques qui sont exploitables dans l'usage en classe pour l'activité mathématique retenue par l'enseignant. Ces tâches sont réalisées dans des conditions et des contraintes de l'environnement logiciel qui constituent des éléments importants de la dimension instrumentale du milieu.

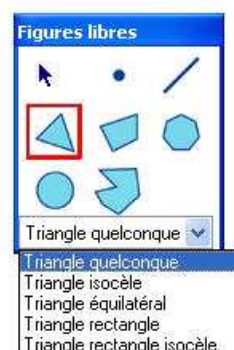
Dans ce logiciel, l'utilisateur peut activer plusieurs champs d'expériences que les auteurs ont appelés « Kit ». Le « Kit Libre » est celui qui a été utilisé pendant les séances observées.

Il propose principalement, des cercles, des triangles, quadrilatères et autres polygones classiques (triangle isocèle, triangle rectangle, trapèze, parallélogramme, etc.). La copie d'écran ci-contre présente les ressources instrumentées sous forme de menus, directement accessibles sur l'écran de travail.

Dans le menu général sont accessibles des transformations d'une figure qui conserve ses propriétés ou relations attribuées lors de sa construction.

Ce kit permet aussi de dessiner des segments perpendiculaires ou parallèles et de créer des intersections. Enfin, il dispose de deux types de grilles maillées dont les points sont « aimantés » pour la construction de figures. En revanche, il n'est pas possible de nommer les objets construits (points, droites, polygones ou cercles).

Nous associons en annexe un descriptif plus détaillé des fonctions que les élèves ont utilisées pendant notre observation²²⁸.



226 Ce logiciel est adapté à tous les types d'ordinateurs et peut être téléchargé gratuitement à partir du site Internet <http://www.enseignement.be/geometre/>

227 Document d'application cycle 3, page 14.

228 Annexes Internes - Annexes Pascal - Annexe 1 -

2 La séquence “Apprenti Géomètre”

Comme nous l'avons fait pour les autres observations nous attachons le nom de la séquence à celui du logiciel,

A l'exception de la sixième séance, l'orchestration générale de la classe restera inchangée. La classe est partagée en deux groupes qui effectueront les mêmes tâches dans les deux environnements logiciel et “papier-crayon” pendant une séance de 50 minutes environ. L'atelier papier-crayon est rassemblé autour des tables centrales où les élèves de cet atelier peuvent entendre les échanges entre Pascal et les autres élèves. Nous reviendrons sur les spécificités des dispositifs de travail à propos de chaque séance.

3 La séance “droites perpendiculaires”

3.1 Le milieu envisagé par l'enseignant

3.1.1 La situation point de départ

A partir des résultats d'une évaluation du début de CM2 (12 septembre), Pascal pense que les élèves sont en difficulté par rapport à la construction de parallèles et de perpendiculaires à une droite²²⁹. Ce que confirment les résultats que nous avons observés sur les trois items (Gé1 ; Gé2 ; Gé3).

		Gé1	Gé2	Gé3
Parallèles	Réussite			11
	Tracé de 2 segments de 2cm parallèles			1
	Droites parallèles dont la distance est différente de 2cm			7
	Tracé approximatif de 2 droites parallèles (non sécantes dans la feuille)			5
	Non Réponse			1
Perpendiculaires	Réussite	6	6	
	Prolongement approximatif du tracé réalisé à l'équerre		1	
	Perpendiculaire à un bord de la feuille	2	1	
	Réussite à 5° près	2	2	
	Tracé passant par la lettre désignant le point	5	5	
	Sécantes passant par...	4	4	
	« Droites » d'origine le signe d1 ou d2	1	1	

229 Annexes internes – Annexes Pascal – Annexe 2 -

	Parallèles ou approximativement parallèles	2	2	
	Droites reconstruites et ~ perpendiculaires en d1 ou d2	2	2	

Un quart seulement des élèves a réussi les items 1 et 2 de G1 et G2 qui portent sur les perpendiculaires, 9 élèves sur les 24 maîtrisent de façon très approximative le sens de « perpendiculaire ». Environ un sur deux trace correctement des droites parallèles, ce qui constitue une réussite relative. Ces résultats justifient le choix d'un apport prioritaire sur la notion de perpendiculaire à une droite.

Pascal en déduit son objectif : *« concernant les perpendiculaires je voudrais qu'ils sachent tracer une perpendiculaire [à une droite passant] par un point, sur la droite, extérieur à la droite, extérieur mais assez loin du segment représentant la droite ce qui les pousserait à la prolonger. Concernant le logiciel : tracer des droites, des points et utiliser l'outil perpendiculaire. »*

3.1.2 Les objectifs d'enseignement en adéquation avec les programmes

A l'occasion de cette première séance, nous revenons sur l'extrait du bulletin officiel définissant les programmes de 2002 qui souligne que *« l'enseignement des mathématiques doit intégrer et exploiter les possibilités apportées par les technologies de l'information et de la communication : calculatrices, logiciels de géométrie dynamique,... »* Pascal, en début de CM2, a évalué, en utilisant des extraits de manuels, les compétences du domaine **« espace et géométrie »** dont *« l'objectif principal est de permettre aux élèves d'améliorer leur “vision de l'espace” (repérage, orientation), de se familiariser avec quelques figures planes [...] et de passer progressivement d'une géométrie où les objets et leurs propriétés sont contrôlés par la perception à une géométrie où ils le sont par explicitation de propriétés et recours à des instruments. Les activités du domaine géométrique ne visent pas des connaissances formelles (définitions), mais des connaissances fonctionnelles, utiles pour résoudre des problèmes dans l'espace ordinaire, dans celui de la feuille de papier ou sur l'écran d'ordinateur, en particulier des problèmes de comparaison, de reproduction, de construction, de description, de représentation d'objets géométriques[...]. Si les compétences attendues en fin de cycle ne concernent que quelques figures [...], les problèmes proposés portent sur d'autres objets : quadrilatères particuliers tels que le trapèze, le “cerf-volant”, le parallélogramme ; » [...] Les connaissances relatives à l'espace et à la géométrie concernent :*

- le repérage de cases ou de points sur un quadrillage,

-[...]

-les relations et propriétés géométriques: alignement, perpendicularité, parallélisme, [...]

-l'utilisation d'instruments (règle, équerre, compas) et de techniques (pliage, calque, papier quadrillé),

-les figures planes (en particulier: triangle et ses cas particuliers, carré, rectangle, losange, cercle) : reconnaissance, reproduction, construction, description, décomposition d'une figure en figures plus simples »²³⁰.

La première séance est une tentative de réponse aux difficultés des élèves à maîtriser la propriété de perpendicularité.

3.2 Le dispositif de travail

Les élèves arrivent dans la salle avec leurs instruments de tracé, règle, équerre, compas. Les productions sont réalisées sur papier libre. Pascal a mis sur le bureau de l'ordinateur l'icône qui va servir au lancement du logiciel.

Alors que les élèves doivent imprimer leur production, un poste n'accède pas à l'imprimante. Pascal rassure par un « *Ce n'est pas grave !* » mais faut-il entendre : Je n'ai pas de solution pour le moment, pas la peine de déstabiliser les élèves avec ce problème supplémentaire.

3.2.1 Présentation spécifique de l'outil logiciel en lien avec la séance

Le logiciel « Apprenti Géomètre » (“AG”) ne permet de construire que des segments. Ces segments sont assimilables aux “droites” que tracent les élèves sur leur feuille de papier. Il est possible de construire des segments perpendiculaires ou parallèles à un segment donné. Il est possible de construire des “gabarits” d'angle droit en utilisant les artefacts “carré”, “triangle rectangle”, “trapèze rectangle” disponibles dans le pavé “figures libres” du kit libre.

3.2.2 Les interactions didactiques s'appuyant sur le logiciel, les types de tâches, tâches et techniques associées

Quatre types de tâches, répondant à un texte descriptif, sont en jeu dans cette séance :

T₁ : construire une droite (segment)

T₂ : construire des points appartenant ou pas à une droite

T₃ : construire des perpendiculaires

230 Bulletin Officiel n°1 du 14 Février 2002 pages 85-86

T_4 : nommer ces objets (fonction non disponible dans l'environnement logiciel)

Les techniques de construction d'une "droite" peuvent ou non utiliser l'existence de points déjà construits.

L'appartenance d'un point à une droite n'est pas une propriété géométrique implémentée dans le logiciel mais une appartenance de type "dessin".

Les techniques de construction de "droites" perpendiculaires dans l'environnement logiciel peut se réaliser en utilisant plusieurs techniques :

τ_1 : tracé d'une droite et de sa perpendiculaire par un point à sélectionner (le logiciel prend en charge la perpendicularité)

τ_2 : tracé d'un angle droit avec un "gabarit" (carré, triangle rectangle,...) puis superposition des côtés du gabarit par des "droites".

(les élèves doivent prendre en charge le choix du "gabarit" et identifier l'angle droit.)

τ_3 : tracé d'un angle droit en utilisant un tracé sur la grille maillée.

τ_4 : la construction utilise un parallélisme approximatif avec les bords de l'écran pour réaliser une construction approximative de l'angle droit.

τ_5 : la construction utilise une construction approximative de l'angle droit.

3.2.3 L'environnement "papier-crayon"

Placés au centre de la salle, les élèves peuvent écouter les échanges autour des ordinateurs voisins.

Depuis la rentrée, les élèves disposent d'un jeu d'équerres (petites et grandes) et règles non graduées que Pascal a fait fabriquer. Ces instruments ont été valorisés auprès des élèves, ils sont importants pour l'enseignant.

La tâche à réaliser, sur feuille blanche, est décrite par la même consigne que celle de l'environnement logiciel (voir plus loin le premier épisode du synopsis). Les élèves travaillent en groupe et une forme d'entraide devrait permettre à ceux qui ne maîtrisent pas la construction de s'approprier la technique de leur voisin.

3.3 Synopsis de la séquence

Première séance : Premier épisode jusqu'à la 10^e minute

Pascal organise la mise en place du dispositif de travail. Les élèves lancent "AG" sans difficulté.

Pascal présente la consigne, ci-dessous, qui est rédigée et destinée aux deux ateliers.

Voici un travail que tu devras faire deux fois, (une fois dans chaque atelier).

- Sur une feuille ou à l'écran, trace une droite appelée (d).*
- Place un premier point appelé A sur cette droite, et un second point appelé B à l'extérieur de la droite.*
- Trace maintenant une deuxième droite appelée (e), perpendiculaire à la première, et passant par le point A (Si tu n'y arrives pas, passe au point suivant)*
- Trace ensuite une troisième droite appelée (f), toujours perpendiculaire à (d) mais passant cette fois par le point B.*

Les élèves se lancent dans l'activité et Pascal passe d'un ordinateur à l'autre pour observer puis circule autour des tables de l'atelier papier-crayon.

Réactions des élèves à la découverte du tracé d'un segment en escalier. Réactions de Pascal qui évolue d'un poste à l'autre.

Première séance : Deuxième épisode jusqu'à la 20^e minute

Premiers incidents : les consignes ne sont pas réalisables.

Pascal réagit par des ajustements successifs aux problèmes rencontrés.

Les élèves de l'atelier papier-crayon marquent leur feuille et changent d'atelier sans que les élèves de l'atelier "AG" n'aient produit une trace de leur travail.

Première séance : Troisième épisode jusqu'à la 32^e minute

Les élèves ont changé d'atelier.

Pascal circule d'un ordinateur à l'autre, prend des informations sur ce que font les élèves.

Intervention d'aide d'un élève du premier groupe à un élève en difficulté sur un ordinateur voisin. Pascal régule le groupe mais ne répond pas à la demande des élèves à l'ordinateur.

L'activité est arrêtée pour réaliser la mise en commun.

Première séance : Quatrième épisode jusqu'à la 45^e minute

Mise en commun, comparaison entre les deux environnements, formulation sur les différences entre les techniques "papier-crayon" et logicielles.

Institutionnalisation : l'ordinateur va être un outil pour apprendre

3.1 Analyse a posteriori de la séquence d'apprentissage

3.1.1 L'intégration instrumentale

3.1.1.1 Le mode d'intégration

Pascal a présenté le logiciel aux élèves « *oralement et rapidement. J'ai utilisé donc la*

fonction tracer des droites, tracer des points et utiliser l'outil perpendiculaire ». C'est tout ce que nous saurons de la première phase d'initiation à l'utilisation du logiciel. Nous pensons qu'elle s'est déroulée sous la forme d'une transmission devant un écran, l'école ne disposant pas d'un vidéo-projecteur.

Lors du lancement, il demande aux élèves s'ils savent comment lancer "AG" et ils répondent d'une seule voix « *en double cliquant sur l'icône* ». Cependant il ne se préoccupe pas du choix du "Kit" et les images vidéo montrent deux élèves rechercher et décider à partir du choix de leur voisin le lancement du "Kit libre".

L'utilisation de la connaissance logicielle (IK) pour développer des aspects du concept de perpendicularité aurait pu favoriser un renforcement instrumental, mais la sollicitation de la technique τ_1 ne justifie plus la construction de la connaissance mathématique (MK) qui est là comme prétexte à utiliser le logiciel. Nous avons alors affaire à une exploration instrumentale²³¹.

3.1.1.1 Gestion de la transparence

Après une première minute de travail, en passant près d'un ordinateur, Pascal va faire le premier ajustement dans la gestion de l'environnement numérique, la droite n'est pas droite ce qui donne comme échange :

É	: <i>Pourquoi c'est en escalier comme ça ?</i>
Pascal	: <i>Ça c'est parce que... c'est l'écran qui fait comme ça. Tu peux le mettre comme tu veux sur le papier ça sera pas en escalier.</i>
É	: <i>Ah d'accord.</i>

Dans le deuxième groupe quelques minutes plus tard les élèves reviennent sur l'apparence de la droite.

É1	: <i>En fait nous quand on fait ça, ça fait droit et puis ça fait des montagnes.</i>
Pascal	: <i>Ah oui ! montre moi les petites montagnes. C'est ça que tu veux dire, l'escalier ? Alors tu ne te soucies pas de ça. Quand ça passera à l'impression, à l'imprimante, ça sera droit. C'est l'écran qui fait ça ! Parce que l'écran c'est que des petites lignes verticales et horizontales, des petits points qui font des petites lignes donc quand on est en travers de ces petites lignes ça fait des escaliers. Pour vous c'est comme une droite ! D'accord ?</i>

Ce qui provoque une réaction en chaîne.

²³¹La tâche mathématique étant très présente il ne peut s'agir d'une initiation instrumentale

Élèves : Maître ça fait des barres !

Pascal : Ne vous inquiétez pas de ça. Ça sera tout droit quand vous imprimerez.

Élèves : [rires]... Ça fait des immeubles !

Pascal : C'est pas grave ça disparaîtra !

Dans ces trois réponses Pascal n'a pas stabilisé une réponse idoine, ce qui montre qu'il n'a pas envisagé de devoir répondre à cette question sur l'apparence de la droite.

La première réponse écarte le problème qui, dit-il, disparaîtra quand ils reviendront au papier, les mystères de la technologie.

La deuxième réponse tente d'apporter une réponse technologique (structure de l'écran) en écartant le problème puisque, en disant « *c'est comme une droite* », il dit que ce n'en est pas une.

Enfin, la dernière semble être une réponse échappatoire, les élèves étant dans une attitude de jeu. Mais il n'envisage pas une mise en commun qui ferait passer ce problème instrumental en une connaissance.

L'organisation de l'atelier en groupes de deux élèves suppose la gestion du partage du pilotage instrumental (qui contrôle la souris ?), ce que Pascal doit réguler en demandant à chacun de le faire à son tour. Mais cela suppose de définir la tâche du deuxième élève qui, sinon, se trouve dans une situation de reproduction de la tâche réalisée avec le premier élève, voire sans tâche, ce que Pascal n'avait pas initialement prévu.

Le codage des points, des segments, dont les programmes disent qu'il doit être « introduit avec prudence », c'est-à-dire plutôt comme un outil pour simplifier la description et la construction de figures géométriques, ne trouvera pas de justification dans cette séance par méconnaissance du logiciel. Pascal découvre, lorsqu'un élève lui demande « Comment on fait marquer une droite d ? » qu'il n'y a pas d'outil pour nommer les points. Pour que les élèves continuent malgré son manque d'anticipation, il va demander aux élèves de s'adapter : « *Là vous avez un problème. Pour l'instant c'est marqué euh, uniquement dans vos têtes. Vous savez que tel point s'appelle comme ça, tel point s'appelle comme ça. On en reste là pour l'instant. Vous essayez de continuer malgré ce petit problème.* »

Un groupe tentera d'écrire avec les segments les lettres des noms des objets construits.

Il n'a pas davantage anticipé la construction de la perpendiculaire et à trois reprises il oriente la construction des élèves vers l'outil "perpendiculaire" qu'il désigne en pointant avec le doigt la zone du menu où il est accessible.

Lorsque les élèves ont utilisé la $\tau 5$, il n'a pas d'argument mathématique, ni dans l'environnement papier-crayon (impression pour vérification par pliage), ni dans l'environnement logiciel (comparaison avec l'angle d'un carré), pour invalider cette construction comme nous le transcrivons ci-dessous.

Pascal : « Pour tracer cette droite vous avez fait à peu près avec la souris. Vous n'avez pas utilisé l'outil... »

Élève : Non !

Pascal : D'accord. »

Ce sont les élèves qui lui diront que la construction d'une perpendiculaire à une droite passant par un point appartenant à la droite n'est pas possible :

Élève : « Les collés on peut pas les construire ! »

Pascal : Effectivement d'accord. Essayez de voir si le logiciel permet ça. Hein ! »

Sa connaissance de l'instrument n'est pas suffisante pour formuler une proposition d'instrumentalisation d'autres fonctions du logiciel qui permettraient aux élèves de construire la perpendiculaire à une droite à leur niveau de connaissance mathématique, comme nous l'avons présenté dans l'analyse précédente.

Pascal n'a pas anticipé l'intégration de ce logiciel et les rétroactions qu'il en a dans la conduite de la classe sont nombreuses et explicites.

3.1.2 L'intégration praxéologique

3.1.2.1 Des techniques anciennes de l'environnement papier-crayon à l'environnement logiciel

En ayant présenté la fonction “perpendiculaire”, Pascal a induit, pour les élèves les plus attentifs, l'utilisation de cette technique logicielle pour la construction de la droite perpendiculaire à une droite donnée. La possibilité d'un renforcement instrumental n'est alors possible que pour ceux qui, soit n'ont pas entendu ou écouté, soit sont influencés par la construction qu'ils viennent de réaliser dans l'environnement papier-crayon. De plus, localement, il demande à certains s'ils se rappellent « où on a trouvé perpendiculaire ?²³² ».

Cette fonction instrumentale prend en charge le concept de perpendicularité et empêche les élèves de se confronter à leur représentation (perpendiculaire correspond à vertical, perpendiculaire correspond à sécante ou encore confusion entre des terminologies apprises en

232 8:50 de la bande son.

même temps : perpendiculaire et parallèle). L'enseignant peut, s'il le souhaite, la désactiver dans le menu « préférence » en décochant la fonction.

Son manque de connaissance des techniques que les élèves peuvent utiliser le laissera sans réponse comme dans le cas ci-dessous :

Pascal : Pour tracer cette perpendiculaire vous avez fait ?

Élèves : On a choisi le segment, le point et ça a fait la perpendiculaire

Pascal : Et pour tracer celle-là ? La machine vous a tracé cette ligne ou pas ? Ou c'est vous ?

Les tracés comme le montre l'image de l'écran sont des horizontales et des verticales.

Élèves : Non c'est nous !

Pascal : Mais la machine elle est capable de tracer les perpendiculaires.

L'échange s'arrête là.



De plus, cette fonction ne prend pas en charge la perpendicularité dans le cas où le point “est sur” la droite²³³, ce qui pourrait être une incitation à faire évoluer les techniques pour aller vers τ_2 comme ci-contre où les élèves ont utilisé le triangle rectangle (que nous avons entouré) comme gabarit pour construire deux droites perpendiculaires.



En effet, ce même groupe va poursuivre sa recherche après l'échange avec Pascal et tente d'utiliser le triangle rectangle, puis le menu polygone avant de l'effacer sans que Pascal n'ait eu le temps de l'observer.

Cette posture à vouloir marquer une technique logicielle, à ne pas mettre en débat avec les autres élèves les techniques utilisées lorsqu'elles ne sont pas conformes à celles qui sont attendues, empêche l'accès à l'entrelacement des techniques papier-crayon et logicielle. Nous dirons que les choix de Pascal n'ont favorisé que les techniques logicielles.

233 Annexes internes – Annexes Pascal – Annexe 1 -

3.1.2.1 Rapport entre la TAL et la TAM

Dans le cas où les élèves ont commencé par l'atelier logiciel, la construction de la perpendiculaire à une droite avec l'outil "perpendiculaire" donne une perception de l'angle droit associé aux directions des "droites" construites. L'utilisation de l'équerre donne une autre perception de l'angle droit correspondant au gabarit dans le "triangle rectangle". Si nous pensons que c'est la somme de ces perceptions qui contribue à construire le concept de perpendicularité, seule la consigne commune crée les liens entre les deux ateliers.

Dans le cas où les élèves ont commencé à réaliser la tâche dans l'environnement papier-crayon, le ré-investissement de ces techniques aurait pu favoriser l'émergence de τ_2 . L'insistance de l'enseignant à rappeler qu'il existe une technique logicielle a inhibé cette possibilité, et ce d'autant plus qu'aucun bilan intermédiaire n'a été conduit sur l'activité papier-crayon.

Dans les deux cas, le renforcement entre la tâche logicielle et la tâche mathématique n'a pas pu émerger des techniques des élèves.

L'environnement change, les outils changent, le savoir en jeu reste le même ; potentiellement l'élève peut se l'approprier pour réaliser la tâche dans un environnement voisin. L'utilisation des deux environnements permet de gérer deux aspects d'un même concept dans la classe. Nous sommes dans le cas d'un entraînement dans un environnement voisin.

3.1.3 Les contrats

3.1.3.1 Le savoir engagé

Comme nous l'avons évoqué à propos de la situation point de départ, les élèves ont plusieurs fois travaillé la construction de droites perpendiculaires ; certains n'en ont pas une maîtrise suffisante, ce qui justifie que Pascal ait pensé consolider ce savoir.

Pour nous, l'obstacle identifié à partir des évaluations n'est pas la maîtrise de la technique de construction des perpendiculaires à une droite mais le sens que les élèves attribuent au mot « perpendiculaire ».

Dans les deux cas, il n'en reste pas moins que les élèves doivent continuer à consolider ce savoir.

3.1.3.2 Le type de situation

Dans l'environnement “papier-crayon”, soit les élèves savent et l'apprentissage se situe au niveau de la maîtrise de l'outil, soit ils ne savent pas et leurs pairs leur transmettent leur technique.

Dans l'environnement logiciel, c'est l'insistance de Pascal à leur transmettre le “bon outil” qui caractérise la situation. Si la situation initiale est potentiellement ouverte, les injonctions de Pascal placent les élèves dans un contrat d'ostension déguisée.

3.1.3.3 Répartition des responsabilités entre élève et enseignant

Dans la conception de Pascal, il s'agit de donner une maîtrise des outils pour construire des droites perpendiculaires à une droite donnée passant par un point donné.

Si un élève ne sait pas le faire, son coéquipier devra lui dire comment faire. Si aucun des deux ne le sait, l'enseignant devra intervenir.

La situation ne permet pas à l'élève de valider la réalisation de la tâche.

3.1.4 Enjeux et conséquences pour la dévolution et l'institutionnalisation

3.1.4.1 Les points d'appui pour réaliser la dévolution de la situation

Pascal commence le lancement de l'activité par le constat qu'il faut s'approprier l'outil pour l'utiliser : il faut « *s'habituer à travailler sur les ordinateurs. Après ça ira plus vite* ». Si sa remarque est pertinente, nous pensons qu'il se convainc qu'il ne perd pas de temps autant qu'il essaie de convaincre les élèves de la pertinence de son choix qui valorise l'entrée par l'utilisation d' « Apprenti Géomètre ».

Nous retrouvons cette idée lorsqu'il assure les élèves qu'il faut s'impliquer dans ce qu'ils font parce que « *On va travailler très régulièrement ! Pas une fois en passant ! Une fois par semaine avec ce logiciel là !...* ».

Nous faisons aussi l'hypothèse qu'il pondère le poids de cette activité au cas où elle ne fonctionnerait pas aussi bien qu'il l'attend et attribue par avance la responsabilité à l'apprentissage du logiciel.

Quelques séances plus tard, en exploitant l'image sociale positive d'Internet, « ce que l'on trouve sur Internet c'est bien », il renforce le statut de “bon outil” pour la classe en donnant l'adresse de téléchargement de “AG”.

Le quadrilatère est connu des élèves comme figure qui a quatre côtés. Il n'y a pas d'obstacle du côté des connaissances mathématiques et Pascal leur demande « *de l'originalité* ».

Lors de l'entretien ante il formule une « *inquiétude sur l'étanchéité des regards + ça peut me faire + ça va pas me faire rater la séance simplement ça va diminuer le côté surprise, découverte, l'aspect un peu ludique* » sur lequel il compte pour dynamiser la séance.

Comme le reconnaît et le craint Pascal dans les propos ci-dessus, extraits de l'entretien ante, les élèves n'auront pas la même approche selon qu'ils commencent par l'environnement papier-crayon ou l'environnement logiciel.

3.1.4.1 L'institutionnalisation réalisée et les environnements

La mise en commun commence par une tentative d'exploiter la vision positive de l'ordinateur chez les élèves, l'atelier papier-crayon restant inexploité.

La question : « *Avez vous trouvé, puisque c'était la même consigne, plus facile d'y répondre sur la table avec les instruments de traçage ou à l'ordinateur ? Donc qui pense que c'était plus facile sur les ordinateurs ?* » ne permet pas d'identifier l'objectif mathématique. Comme chez Fanny et Coralie, nous retrouvons cette question « *Est-ce facile ?* », question qui peut englober tout ce qui a pu se passer dans l'activité.

Le fait que seulement 9 élèves sur les 25 trouvent que c'est « *plus facile à l'ordinateur* » rappelle que l'outil reste à être construit comme instrument.

Pascal tente ensuite de faire expliquer leurs difficultés à réaliser la consigne. « *Qu'est-ce que vous avez eu comme difficultés ?* » pour cette question encore très ouverte il obtiendra des réponses générales : gestion du groupe (« *c'était difficile parce qu'on n'arrivait pas trop à s'entendre* ») ou problème de compréhension de la consigne « *On arrivait à manipuler mais on ne voyait pas ce qu'il fallait faire* » mais aucune référence à l'objet mathématique.

Pascal choisit de présenter une difficulté dans les techniques logicielles, l'impossibilité de nommer des points, à partir d'une production de deux élèves qui ont complété leur feuille imprimée avec les noms des droites et des points écrits au crayon. Une institutionnalisation en forme d'initiation instrumentale.

Dans sa tentative de faire exprimer des techniques logicielles, Pascal est confronté à la difficulté des élèves de les décrire. Difficulté objective, puisque les concepteurs de tutoriels

eux-mêmes utilisent des copies d'écran, pour pallier la difficulté de conception d'un texte descriptif suffisamment explicite. Les élèves, confrontés au problème de description auquel s'ajoute l'absence de vocabulaire, ont recours aux gestes qui ont accompagné leurs actions pour expliquer leur technique. S'ils ne disposent plus de l'image de l'écran et qu'ils ne peuvent plus manipuler la souris alors la demande de Pascal « *Tu expliques avec des mots. Avec des mots...* » ne provoque aucune adhésion et il doit prendre en charge une description bien difficile à entendre pour l'auditoire.

Nous allons observer comment Pascal ne permet pas la reconnaissance des techniques utilisées par les élèves à partir de la transcription ci-après :

<p>1 Pascal : <i>Troisième point de la consigne : Trace maintenant une deuxième droite appelée (e) perpendiculaire à la première. perpendiculaire à la première, et passant par le point A. le point A c'était lequel ?</i></p> <p>2 Brouhaha</p> <p>3 Pascal : <i>C'était ?</i></p> <p>4 Brouhaha</p> <p>5 É : <i>C'était celui qui était sur le segment.</i></p> <p>6 Pascal : <i>Est-ce qu'il y en a qui sont arrivés à faire ça ?</i></p> <p>7 É : <i>Oui !</i></p> <p>8 É : <i>Ben Oui ! C'était facile il fallait mettre un point A pour aller à un point E et faire une [mot inaudible]</i></p> <p>9 Pascal : <i>Donc en fait vous êtes en train de m'expliquer comment vous avez vous même tracé la droite, la droite appelée (e)... passant par le point A... à l'aide de cet outil ici (il montre le segment sur le « kit libre » de l'écran d'un ordinateur proche). Mais alors là. Aviez vous une équerre pour faire ce tracé ?</i></p> <p>10 Non ! (plusieurs élèves proches)</p> <p>11 Pascal : <i>Comment pouvez-vous être sûrs que la droite était perpendiculaire ? + Vous avez fait...</i></p> <p>12 É : <i>Au pif !</i></p> <p>13 Pascal : <i>Ça veut dire quoi au pif ? Ça veut dire à peu près.</i></p> <p>14 É : <i>Au hasard.</i></p>	<p>15 Un élève essaie de prendre la parole</p> <p>16 Pascal : <i>Y en a qui prétendent /</i></p> <p>17 É : <i>Ben nous pour avoir on a d'abord fait deux points en haut. Puis on a tracé. Puis on a mis le point en bas juste là.</i></p> <p>18 Réaction d'incrédulité chez d'autres élèves</p> <p>19 É : <i>En fait ce qu'on devait faire c'était de mettre le A et le E puis avec perpendiculaire dans outil et ça nous fait une droite...</i></p> <p>20 Pascal : <i>Parmi tous les groupes quels sont ceux qui ont utilisé l'outil perpendiculaire. Vous vous rappelez sur le menu ici. Outils, je clique sur Outils et je trouve un menu déroulant et en bas j'ai perpendiculaire. Quels sont ceux qui l'ont utilisé ? Un groupe ?... Sept groupes ? Y en a qui ne l'ont pas utilisé ?</i></p> <p>21 Non ! Plusieurs élèves</p> <p>22 Pascal : <i>Et vous avez quand même tracé des perpendiculaires ?</i></p> <p>23 Oui ! Plusieurs élèves</p> <p>24 Pascal : <i>Bon ! Vous avez vérifié comment ?</i></p> <p>25 É : <i>Nous avec l'équerre. Avec l'équerre juste après...[on ne sait pas si c'est à l'écran ou sur la feuille imprimée]</i></p> <p>26 Pascal : <i>D'accord. Bon très bien. On arrive à la fin de la séance. On reviendra. On continuera. Chut chut chut... Ce qui est important c'est de conserver notre travail. Sur vos feuilles je veux qu'il y ait vos noms et prénoms du groupe.</i></p>
--	---

Lorsque les élèves désignent [ligne 12] une construction « *au pif* » Pascal ne peut pas savoir si comme le groupe suivant [ligne 17] ils n'ont pas utilisé le parallélisme avec les verticales et les horizontales de l'écran.

En l'absence d'un support et de possibilité pour les élèves d'expliquer leur technique [ligne 21 à 25], ni Pascal ni les autres élèves ne pourront savoir s'ils ont trouvé une technique

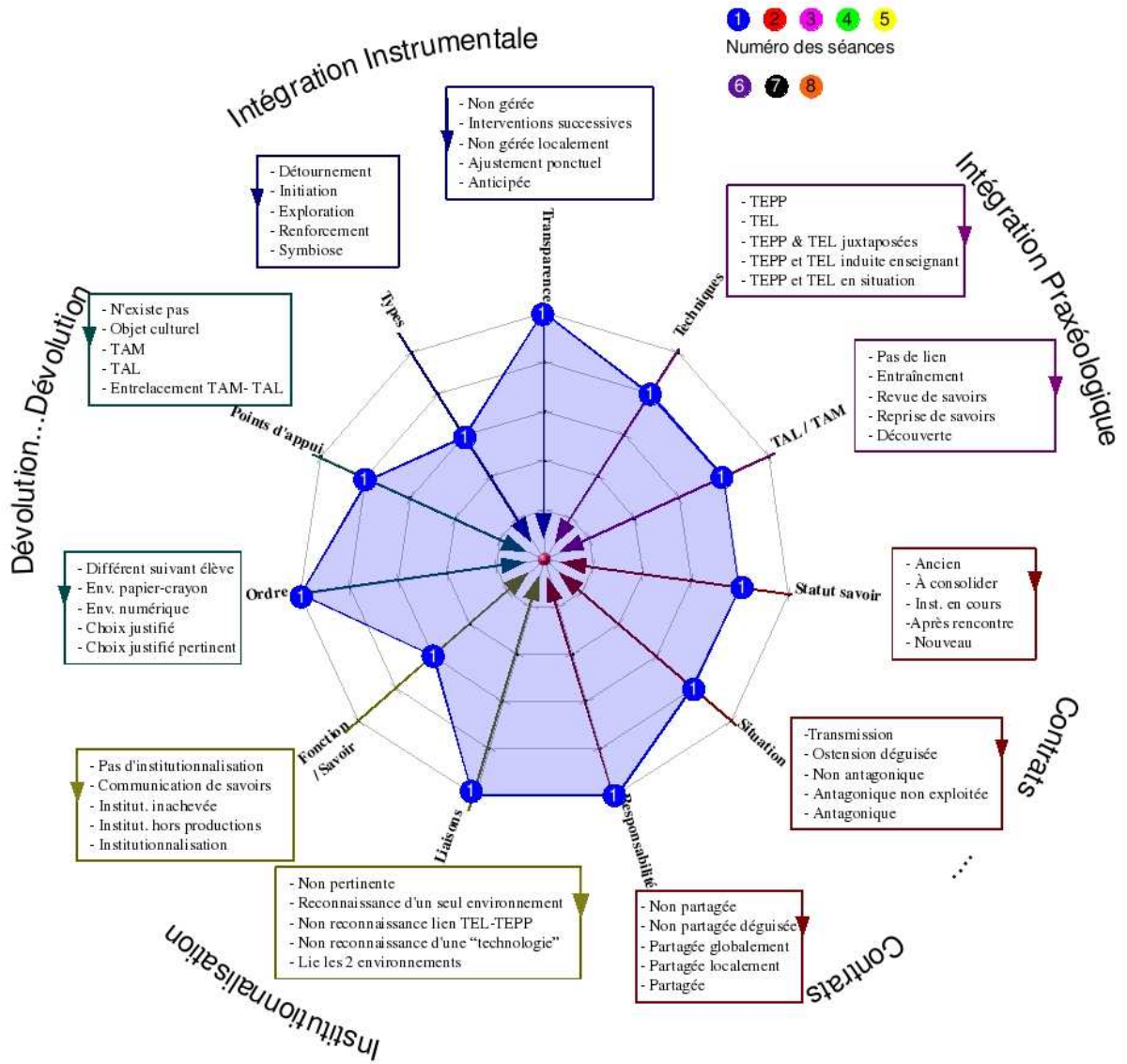
logicielle ou papier pour vérifier l'existence d'un angle droit.

Les élèves qui ont utilisé d'autres techniques, le triangle rectangle (voir la copie d'écran présentée ci-avant), ne s'exprimeront pas et le potentiel en sera perdu.

Dans cette partie de la mise en commun, Pascal ne semble pas réceptif à la diversité des techniques qu'il aurait pu mettre en débat pour justifier de la pertinence de l'une ou de l'autre. De même, alors qu'il met en évidence l'impossibilité de donner un nom à un point, il néglige l'absence d'outil pour construire la perpendiculaire à une droite passant par un point lui appartenant.

L'enseignant, sans connaissance suffisante des techniques des élèves dans ce nouveau milieu, ne peut pas les anticiper et donc les percevoir lors de la mise en commun. Pascal ici choisit de valoriser la recherche de formulations dans lesquelles il va pouvoir identifier un savoir au détriment des techniques des élèves qui ne pourront être que partiellement formulées, faussement débattues voire ignorées.

Nous pouvons maintenant situer ces deux séances sur la “toile” par rapport à nos critères d'intégration des pratiques en environnement TICE.



3.1 Éléments d'apprentissage de l'enseignant dans cette séance

3.1.1 Ce que dit Pascal

« Il aurait peut-être fallu une petite séance de mise en route par rapport à Apprenti Géomètre. » Il se défend seul contre lui-même en trouvant que *« ce n'est pas un échec parce que tracer à main levée s'il n'y a pas la précision exacte de l'angle droit ça reste quand même ... qui montre que l'enfant a su comprendre ça, donc pour moi c'est plutôt un aspect positif ! »*

Mais il fait aussi le constat d'un décalage important entre son objectif, présenté dans la situation point de départ, et ce que les élèves ont produit. Ce constat le conduit à envisager une séance de reprise de celle-ci mais dans l'environnement papier-crayon *« Ceux qui sont au traçage je veux revenir sur utiliser la règle comme support de l'équerre. Ça facilite beaucoup ! Recentré sur la technique avec en arrière plan une vision de la perpendiculaire déjà vu oubliée et qu'il faut... bon ! »*. Ce qui invalide son constat *« ce n'est pas un échec »*.

3.1.2 Conditions et contraintes pour l'apprentissage de Pascal dans cette séance

3.1.2.1 Du côté de l'intégration instrumentale

Dans la phase de préparation de la séance Pascal n'a pas suffisamment exploré les outils instrumentés dans le logiciel ce qui ne lui permet pas d'anticiper quels outils pourrait être identifiés par les élèves. Nous pensons que si les élèves avaient besoin, comme le disait Pascal, d'une initiation à l'outil, il aurait été judicieux que lui aussi ait une initiation instrumentale, en dehors du temps d'activité des élèves.

Dans ces conditions, il n'est pas surprenant, que le rôle de certaines connaissances instrumentales ne soit pas vraiment utilisé ou parfois même bien identifié par les enseignants, certains ne pouvant pas les penser en dehors du milieu d'usage.

3.1.3 Du côté de la dimension praxéologique

Un manque d'anticipation des tâches logicielles et leur rapport avec les tâches mathématiques ne favorise pas un questionnement sur les techniques potentiellement

utilisables par les élèves. L'absence de document d'aide aux enseignants lorsqu'ils construisent leur séance complexifie leur tâche et peut leur faire oublier la relation entre les deux environnements. Nous pouvons attendre un changement de Pascal par l'observation de son milieu matériel, M_p -Matériel, lui renvoyant que les élèves qui ont échoué dans l'environnement papier-crayon restent dans un même état de connaissance et par la nécessité de construire une séance supplémentaire pour palier cet échec.

3.1.4 Statuts des savoirs

En mettant en jeu des savoirs anciens qu'il pourra institutionnaliser sous la forme d'un rappel Pascal se réserve la possibilité de revenir à l'environnement papier-crayon. Il se déresponsabilise d'avoir introduit les TICE pour travailler sur la perpendicularité.

Nous pensons qu'il s'agit d'un savoir faire qui est antagonique avec l'évolution nécessaire ou au moins avec des ruptures de contrats qui se constitueraient en rétroactions de son milieu objectif pour l'inciter à des changements.

4 La séance “quadrilatères”

A la suite de la première séance, Pascal a « *poursuivi la semaine suivante dans sa progression* ». Il considère que la réussite à l'évaluation “droites parallèles” est suffisante pour privilégier une autre activité, les quadrilatères.

4.1 Le milieu envisagé par l'enseignant

4.1.1 Les objectifs d'enseignement

Du point de vue des mathématiques, Pascal constate que les élèves sont souvent dans la « *construction de quadrilatères conventionnels* », dans des positions prototypiques et « *souhaite qu'ils sortent de cette représentation figée, c'est essentiel !* » Pour préciser la place de la séance, Pascal avance que « *la séance d'aujourd'hui c'est une parenthèse, c'est ouvrir l'esprit des enfants et je réinvestirai le travail sur les perpendiculaires un petit peu plus tard quand on fera, bon, toutes les figures avec les angles droits* ».

La tâche proposée, dans les deux ateliers, n'oblige pas à sortir de la construction des quadrilatères référencés dans les programmes, ceux qu'il appelle « *conventionnels* », n'oblige en rien de tracer un carré avec ses côtés non parallèles aux bords de la feuille ou de l'écran. Enfin elle ne correspond pas aux attentes des programmes du cycle 3. Elle pourrait éventuellement être associée à des activités du cycle 2 si elle conduisait à une situation de reproduction ou de comparaison.

4.2 Le dispositif de travail

On retrouve le même dispositif que lors de la dernière séance, les élèves ont le même type de tâches à réaliser dans les deux ateliers papier-crayon et logiciel. Les élèves devant faire preuve d'originalité dans leurs tracés, Pascal disperse les binômes de l'atelier papier-crayon dans la salle. Dispersion toute relative, puisqu'ils restent à proximité des ordinateurs qui eux sont côte à côte. Dans la consigne, Pascal leur demande explicitement de ne pas regarder ce que font les autres, il leur dit que c'est difficile mais qu'il faut essayer.

Dans l'entretien ante, Pascal évoque la possibilité d'une modification du dispositif. Il évoque la possibilité d'utiliser la disponibilité d'une aide-éducatrice pour lui faire surveiller l'atelier papier-crayon dans la salle de classe. Il conclut cette hypothèse par un « *mais* » qu'il ne

développera pas, que nous laisserons échapper et donc, il ne nous donnera pas les clés. Il ne mettra pas en place cette possibilité.

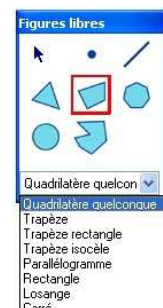
4.2.1 Présentation des outils instrumentés correspondant à cette séance sur les quadrilatères.

Dans l'atelier « Apprenti Géomètre », les élèves produisent successivement ou de façon partagée des figures sur l'écran. Si l'écran représente une fenêtre de l'espace, il est peu probable que les élèves en sortent, construisent des figures en ne gardant pas visible l'ensemble de leur production. Les outils disponibles sont ceux du « Kit Libre ». Les élèves n'ont pas de raison d'utiliser le point puisqu'ils savent que le segment n'a pas besoin d'une construction préalable de ses extrémités. Les instruments disponibles qui permettent de construire des quadrilatères sont donc « segment », « quadrilatère », « polygone régulier » et « triangle ».

Pour ces trois instruments, l'élève doit prendre en charge le pointage des sommets du quadrilatère, le logiciel prenant en charge le tracé du segment entre deux sommets potentiels.

Dans le cas de l'utilisation des segments, la technique de construction d'un quadrilatère est similaire à celle du papier-crayon, tracé d'une ligne polygonale fermée formée de quatre segments.

Dans le cas de l'utilisation des quadrilatères, le kit s'ouvre directement sur l'outil de construction de « quadrilatère quelconque » mais l'utilisateur dispose, par un simple clic sur « quadrilatère quelconque », des autres outils comme cela apparaît dans cette copie d'écran ci-contre.



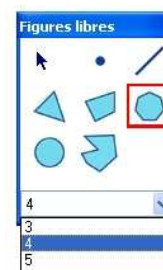
Les outils « Trapèze(s) » prennent en charge la propriété de parallélisme des deux côtés mais contraignent l'utilisateur à définir successivement les positions des quatre sommets. Le trapèze peut être croisé.

Les outils « Parallélogramme », « Rectangle » et « Losange » prennent en charge la construction du quatrième sommet pour respecter les propriétés des figures.

L'outil « Carré » prend en charge la construction du carré à partir de la donnée d'un côté, c'est-à-dire deux sommets.

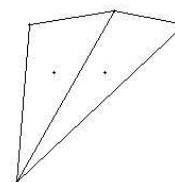
Les quadrilatères particuliers de la famille trapèzes permettent la construction de trapèzes croisés.

L'outil polygone régulier, non nommé dans la fenêtre du kit, donne accès à un



outil de construction d'un carré identifié seulement par le nombre de côtés de la figure.

Dans le menu « préférence » il est possible de fixer une configuration qui fait apparaître un point au « centre des polygones »²³⁴. Les constructions comme une succession de segments ne font pas apparaître ce point, ce qui permet éventuellement de savoir comment les figures ont été construites.



Les outils de la famille « Triangle » permettent de construire par assemblage de triangles des quadrilatères. Dans ce cas, les quadrilatères auront une diagonale et deux points apparents situés dans l'intérieur du polygone.

L'utilisation d'un polygone de n côtés pourrait conduire à la construction d'un quadrilatère, si trois points « sommets » consécutifs, ou plus, sont alignés.

Dans l'environnement « Apprenti Géomètre », l'injonction d'utiliser un outil particulier devra donc être très forte pour résister à la tentation d'utiliser d'autres outils très facilement accessibles à l'utilisateur.

4.2.2 Le potentiel adidactique du logiciel, les types de tâches, tâches et techniques associées

La tâche proposée aux élèves a pour objectif de les sortir de l'aspect « figé » des tracés des quadrilatères. Nous allons mettre en rapport cette approche avec celle des programmes et l'objet mathématique.

Les quadrilatères étudiés à l'école primaire sont le carré, le rectangle, le losange, « *mais les activités qui permettent de les construire concernent d'autres figures, notamment d'autres quadrilatères particuliers tels que le trapèze, le « cerf-volant », le parallélogramme*²³⁵. » Les quadrilatères croisés ne sont jamais évoqués dans les programmes. En revanche, la représentation des rectangles dont les bords sont parallèles aux bords de la feuille et le « *losange posé sur une pointe* » ne doivent pas être privilégiés.

Pascal « *voudrait exploiter le logiciel pour aider les enfants à sortir de la représentation qu'ils ont des quadrilatères, en gros rectangle, carré, losange et parfois parallélogramme, mais jamais de choses plus biscornues, quadrilatères quelconques [...] je compte sur lui pour débloquer les situations de représentation limitée.* »

²³⁴Les trois droites qui joignent les milieux des côtés (médianes) et les milieux des diagonales se coupent en G, centre de gravité du quadrilatère.

²³⁵Documents d'application C3, p. 32

Le quadrilatère quelconque est identifié comme un quadrilatère qui n'a pas les propriétés d'un quadrilatère particulier. Les propriétés qui caractérisent les quadrilatères particuliers étudiés sont : le parallélisme des côtés opposés, l'orthogonalité des côtés consécutifs, la symétrie axiale, l'orthogonalité des diagonales, l'isométrie des côtés ou des diagonales, l'intersection des diagonales.

Un quadrilatère quelconque est alors un quadrilatère dont les côtés ne sont pas parallèles, dont les diagonales ne sont pas perpendiculaires et ne se coupent pas en leur milieu. Il restera deux types de quadrilatères quelconques, les convexes et les non convexes²³⁶, même si cette distinction fait apparaître une propriété topologique.

La tâche « construire des quadrilatères quelconques » ne peut pas être validée puisque, pour le faire, les élèves devraient montrer qu'ils ne sont pas particuliers. Ce qui ne nous semble pas réalisable.

4.2.3 L'environnement “papier-crayon”

Dans l'atelier “papier-crayon” chaque élève doit produire l'ensemble des figures imaginées par le binôme. Les instruments disponibles sont la règle non graduée et l'équerre. Ils disposent d'autant de feuilles qu'ils en ont besoin. La construction des figures dans cet environnement ne permet qu'une technique, le tracé d'une ligne brisée fermée comme une suite de segments qui seront les côtés du quadrilatère. Pour construire les segments, les élèves ont une contrainte, utiliser une extrémité « libre » du dernier segment tracé, et un degré de liberté, la deuxième extrémité qu'ils peuvent placer où ils veulent dans la feuille créant ainsi la diversité des formes. Le tracé du dernier côté est également soumis à une contraintes, l'utilisation des extrémités de la ligne brisée.

4.3 Synopsis de la séance

Deuxième séance : Premier épisode jusqu'à la 6^e minute

Pascal donne la consigne « *Sur cette feuille blanche ou bien à l'écran de l'ordinateur essaie avec ton camarade de dessiner des quadrilatères (figures qui possèdent quatre côtés). Remarque : tu as le droit de dessiner toutes les formes que tu veux...* » et la commente : « *à partir du moment ce sont des quadrilatères bien entendu, vous n'allez pas me dessiner une maison, un arbre, le soleil et bon + d'accord + ça c'est clair + Il y a une chose qui va être un*

²³⁶Polygone convexe : polygone plan dont les sommets sont dans un même demi-plan par rapport à n'importe quel côté du polygone. Polygone concave : Polygone qui n'est pas convexe.

peu compliquée je vous demande de ne pas montrer votre travail aux autres groupes... ».

Faisant cela il organise les particularités du dispositif.

Les élèves se lancent dans la tâche.

Deuxième séance : Deuxième épisode jusqu'à la 24^e minute

Pascal circule d'un poste à l'autre, d'un groupe papier-crayon à l'autre pour observer.

Il recentre les techniques utilisables « *vous, vous utilisez le système des droites, ce ne sont pas des droites ce sont des segments je vous le rappelle hein ! Des morceaux de droites. Alors vous, vous travaillez avec le système des segments (en changeant l'intonation de la voix) vous avez aussi euh... le quadrilatère. Si vous utilisez l'outil quadrilatère restez sur quadrilatère quelconque. Je vous demande de rester sur quadrilatère quelconque. Vous faites ce que vous voulez ! D'accord ? Vous avez lu la consigne ? »*

à un autre groupe : « *tu as le droit de dessiner toutes les formes que tu veux. »*

Les élèves utilisent dans le menu quadrilatère aussi bien le parallélogramme que d'autres figures comme le montrent les images vidéo²³⁷ sans que Pascal puisse s'en apercevoir, les figures sont souvent effacées sans que nous n'ayons pu en connaître la raison. Ou bien les enfants disent avoir utilisé la construction par les segments alors qu'ils ont procédé autrement, probablement parce qu'à ce moment-là ils sont entrain d'utiliser le menu "segment".

Mais quand un groupe crée des quadrilatères adjacents, il demande de ne pas construire des quadrilatères « *avec un côté commun* ».

Les élèves les plus inventifs vont exploiter les ressources du logiciel pour produire une "tête de chat" avec des quadrilatères.

Arrêt pour une mise en commun.

Deuxième séance : Troisième épisode jusqu'à la 35^e minute

Mise en commun :

Quatre groupes d'élèves présentent leurs constructions. Une élève refuse.

Pascal trouve que « [ils ont] *fait des recherches intéressantes* » et dit sa satisfaction que les élèves de l'atelier papier-crayon aient « *joué le jeu, ont bien suivi la consigne pour éviter de regarder ailleurs et c'est très très bien, bon quelle heure il est ?* ».

Il décide d'arrêter la séance.

Deuxième séance : Quatrième épisode jusqu'à la 39^e minute

Les élèves protestent « *on n'est pas allé aux tables !* »

²³⁷13e minute rectangle, 16e minute et suivantes trapèze isocèle, 44e trapèze,...

Pascal improvise la suite de la séance : « *Ou alors on va prendre un petit peu sur la séance d'après + on va faire cinq minutes de plus* ».

Il ajuste les connaissances engagées en proposant la pseudo-consigne suivante :

« *... vous avez des pistes de travail que vous n'aviez pas tout à l'heure, des pistes de travail + vous ! vous avez découvert des choses à l'ordinateur que eux n'ont pas découvert + vous allez pouvoir les faire au traçage et vous, vous avez peut-être découvert sur les écrans des choses que vous n'aviez pas dessinées, auxquelles vous n'aviez pas pensé alors essayez d'y aller !* »

Les élèves auront compris qu'ils doivent construire des quadrilatères qu'ils ont vus dans les productions des autres groupes.

Deuxième séance : Cinquième épisode jusqu'à la 50^e minute

Les élèves construisent dans les différents environnements des quadrilatères.

Un groupe utilise les quadrilatères pour construire un personnage.

« *Bien il est temps d'arrêter ! Pensez à mettre vos noms sur toutes vos feuilles. Bon vous avez bien travaillé. On a découvert des choses bizarres, extraordinaires, c'était le but c'était très bien on va ranger tout ça.* » Les élèves rangent, la séance est finie.

4.4 Analyse a posteriori de la séquence d'apprentissage

4.4.1 L'intégration instrumentale

4.4.1.1 Le mode d'intégration

Le travail en binôme ne facilite pas la compréhension du rôle de chacun dans la production. Pascal n'a pas anticipé cette question qui reste à la charge des élèves. Si la situation devient conflictuelle il régulera en faveur d'une recherche d'originalité, d'entraide puis de production individuelle. Il est alors peu probable que les élèves aient compris ce qu'il en attendait exactement.

Pascal pense que les élèves seront plus originaux dans l'environnement logiciel que dans l'environnement papier-crayon. Mais les contraintes successives apportées par Pascal vont restreindre le champ d'exploration de "AG" à quelques manipulations maîtrisées par tous les élèves.

Lors du quatrième épisode, les élèves, moins contraints sur les outils à utiliser, vont explorer les menus qui leur permettront de réaliser les figures observées lors de la mise en commun.

Cela influencera fortement les constructions pour que les élèves réalisent de nombreux quadrilatères croisés pas forcément quelconques.

La tâche mathématique est un prétexte à utiliser l'ordinateur, ce qui place l'intégration du côté d'une exploration instrumentale si nous limitons la séance à l'objectif restreint « construire le plus possible de quadrilatères quelconques différents ».

4.4.1.2 Gestion de la transparence

Lorsque Pascal met en place cette activité, il n'a pas imaginé que les élèves utilisent les différents menus disponibles, ce qu'il réajuste en demandant de n'utiliser qu'un menu sans beaucoup de succès.

Alors qu'il sait qu'un ordinateur n'est pas connecté à l'imprimante, il n'a pas anticipé la gestion de l'impression des constructions, en utilisant une clé USB par exemple.

Nous dirons qu'il n'a pas pris en compte la gestion de l'environnement logiciel.

4.4.2 L'intégration praxéologique

4.4.2.1 Des techniques anciennes de l'environnement papier-crayon à l'environnement logiciel

Les sollicitations de Pascal contraignent les élèves à tracer les quadrilatères avec des segments ou avec une ligne polygonale fermée. Dans ces conditions les élèves ne peuvent pas développer d'autres techniques exploitant les outils instrumentés dans le logiciel.

Les techniques utilisées sont des techniques anciennes qui pourraient être utilisées dans l'environnement papier-crayon.

4.4.2.1 Rapport entre la TAL et la TAM

La tâche mathématique est connue, les élèves savent construire des quadrilatères. L'originalité non définie sera comprise lorsque quelques élèves auront envisagé de réaliser un quadrilatère avec deux sommets très proches ou accidentellement auront construit un trapèze croisé, la reconnaissance par l'enseignant confirmant la bonne voie.

Les élèves s'entraînent à construire des quadrilatères quelconques. Les plus imaginatifs en feront des compositions artistiques comme la “tête de chat”²³⁸.

4.4.3 Les contrats

Le savoir engagé, le type de situations et la répartition des responsabilités entre élèves et enseignant :

Les quadrilatères sont connus depuis le cycle 2 et la tâche engagée ne permet pas de confronter ce savoir à une situation où la nécessité de préciser le terme “quelconque” soit en jeu. Lorsque le quadrilatère croisé apparaît et que Pascal pose la question du nombre de ses côtés, c'est la construction du nombre de sommets qui définit le type de polygone, ici un quadrilatère ou un pentagone. Mais après coup il n'est pas possible de savoir si un “quadrilatère” a été construit avec cinq points “sommets” car il est possible sous “AG” de construire un polygone ayant « trois sommets alignés ». La seule ressource pour valider la production devient la parole de l'enseignant s'il a pu observer la construction.

L'éventualité de la construction d'un quadrilatère avec l'outil permettant de construire des polygones ayant n côtés conduirait à définir ce qu'est un côté d'un polygone. Nous en donnerions la définition suivante : chaque côté d'un polygone est un segment qui partage le plan en deux régions distinctes et différentes de celles obtenues par le partage que réalise le côté consécutif. Bien sûr cela va à l'encontre de la géométrie enseignée à l'école primaire où « *les activités ne visent pas des connaissances formelles (définitions) mais des connaissances fonctionnelles* » et, de plus, n'est pas accessible à un élève de cycle 3.

En faisant construire des quadrilatères dont il ne retient que ce qu'il voulait mettre en avant, c'est-à-dire, ici, l'originalité des quadrilatères croisés ou ceux ayant un côté de longueur minimale pour séparer les extrémités, Pascal crée un méso-contrat d'ostension déguisée. La validation est alors sous sa responsabilité.

4.4.4 Enjeux pour la dévolution et l'institutionnalisation

4.4.4.1 Les points d'appui pour réaliser la dévolution de la situation

Lors de l'entretien ante, Pascal « *[fait] le pari que ceux qui vont manipuler sur l'ordinateur, grâce au logiciel, vont trouver des figures un peu plus originales, extraordinaires [...] je vais laisser de la liberté aux enfants qui sont à l'ordinateur et je serai plus près des enfants qui sont au traçage + je sais pas + encourager à un moment ou à un autre l'originalité, peut-être à un moment donner le petit plus qui va faire qu'un enfant va s'ouvrir à d'autres figures* ». En

cela il attribue au logiciel une dimension heuristique favorisant la découverte, l'originalité.

Dans la contingence de la classe sur la période du deuxième épisode Pascal intervient deux fois en direction d'élèves de l'atelier papier-crayon, pour une durée de trois minutes, pour gérer le matériel, rappeler la tâche et une fois pour insister sur la consigne. En fin d'épisode, Pascal revient vers le groupe papier-crayon pendant que les autres impriment. Un groupe d'élèves l'interpelle « *on ne sait plus comment on la dessine ?* ». Après une description gestuelle des élèves, Pascal leur propose de faire un dessin à main levée pour garder la mémoire de cette idée, un quadrilatère croisé. Il aura passé moins de 4 minutes avec les élèves de l'atelier "papier-crayon" soit plus de 10 minutes avec l'atelier « Apprenti Géomètre ». Chacune de ses interventions sur un poste souligne "l'originalité" des figures obtenues. Il pose la question de l'outil utilisé pour la réalisation, demande l'utilisation de l'outil "quadrilatère quelconque" mais ne fait pas effacer les productions de quadrilatères particuliers. Il reste dans l'idée que cela doit garder « *un aspect ludique* ».

La motivation qui pousse Pascal à prolonger la séance à la fin du troisième épisode, il la décrit dans l'entretien post : « *ils m'ont surpris + le plaisir des enfants qui étaient aux machines de repasser sur la table pour tracer avec le crayon. Il leur tardait ! C'est une des raisons qui a fait que je n'ai pas coupé la séance en deux et revenir ici en classe parce que je sentais là un vrai désir et ce désir m'a étonné.* »

Nous n'en saurons pas plus mais la parole de ces deux élèves semble suffisamment importante pour qu'il la respecte. Elles expriment l'importance de l'activité papier-crayon par rapport à celle de l'ordinateur et c'est la deuxième fois, en deux séances.

La dimension ludique, l'idée que l'ordinateur facilite l'originalité nous font dire que Pascal s'appuie sur l'image des TICE comme objet culturel positivement intégré.

L'approche dans un environnement ou dans l'autre n'est pas déterminante puisque les élèves ont construit des quadrilatères voisins dans les deux environnements. L'attitude des élèves qui revendiquent les deux environnements nous laisse penser qu'ils n'y ont cependant pas la même démarche.

4.4.4.2 L'institutionnalisation sous influence

La mise en commun est la présentation des recherches de ce que tous ont produit. Quatre groupes sur douze vont présenter leurs constructions.

Nous allons voir que la diversité espérée par Pascal n'est pas le fait de l'environnement

numérique. Il la trouvera et la mettra en évidence aussi bien dans les groupes papier-crayon que dans les groupes “ordinateur”. Le quadrilatère croisé apparaît dans les groupes 3 et 4. Le “triangle” est une production papier-crayon. Les élèves aux ordinateurs ont davantage construit des quadrilatères particuliers que les autres, comme le laissait penser l'analyse de l'environnement.

Enfin, dans les présentations, l'explicitation de ce qui fait d'un quadrilatère un « quadrilatère original, bizarre » n'est que faiblement exploitée.

C'est ce que nous allons identifier dans les échanges transcrits des différents groupes.

Le premier groupe :

É : On a commencé à faire des figures normales comme ça, carré losange, et d'autres figures... et après on s'est amusé à faire ça un peu comme des élastiques.

Pascal : Un peu comme des élastiques. Oui. Donc il y a des figures normales...

É : et après normales aussi

Pascal : Elles sont normales aussi...

É : Et un peu bizarres.

Pascal : Qu'est-ce que vous en pensez de ça ?

Élèves : Bien ! bien

Pascal : Ça vous plaît ? C'est joli ? Ça c'est joli parce que vous en avez superposés plusieurs. Ah c'est pas mal ce que vous avez fait. Donc vous êtes sortis des figures normales pour trouver des figures bizarres. Mais c'est toujours des quadrilatères ? Et vous êtes sûrs que c'est des quadrilatères ?

Élèves : Oui oui (un élève inaudible)

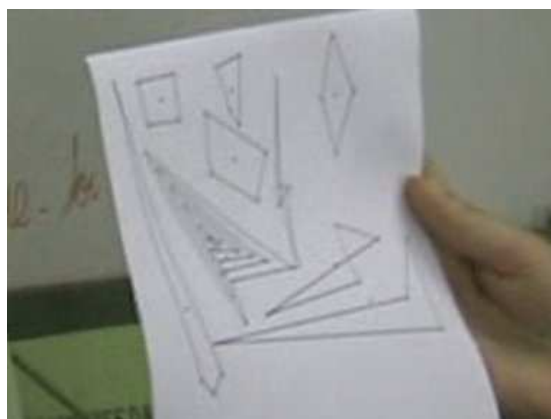
Pascal : Tu as un doute ?

É : Il y en a un de trois côtés

Pascal : Va voir va vérifier. Il y a une figure qui te pose problème ? Tu ne vérifies pas quand même ?

Elles ont toutes quatre côtés ? T'es sûr ?

É : Oui



Pascal : Tout le monde est sûr

Élèves en cœur : oui oui

Pascal : il faudrait les compter peut-être ?

Élèves riant, onomatopées

Pascal : Non ? Et la cravate là c'est une figure normale ou une figure bizarre ?

Élèves en cœur : bizarre !

Pascal : bizarre bizarre, je ne savais pas que les cravates c'était des quadrilatères. Bon c'est pas mal c'est joli ce qu'ils ont fait.

Pascal ne fait aucun lien entre ce qui fait qu'un quadrilatère est “normal” et l'autre “bizarre”. Son mode de mise en commun ne permet pas d'identifier les quadrilatères croisés et les quadrilatères concaves. Ces derniers sont identifiés comme « jolis » et il ne fait aucune remarque sur les deux quadrilatères croisés. Seule la « cravate » l'intéresse mais a-t-il perçu qu'il pourrait s'agir d'un “cerf-volant”? Nous ne le saurons pas et nous ne saurons pas si c'en est un.

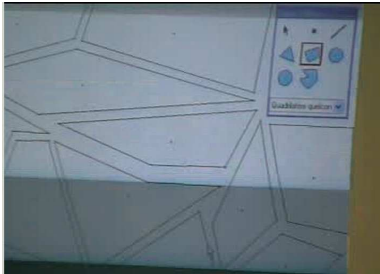
L'objet mathématique nous semble absent.

Le deuxième groupe est un groupe “papier-crayon” :

<p>É : On a fait un peu comme C et P et à la fin on fait un peu comme eux Pascal : Ah oui vous les avez superposés É : On en a fait d'autres un peu inventés. Pascal : Voyons ! Oui... Montre les à tout le monde. Lesquels tu appelles un peu inventés. É : Par exemple celle-là. Pascal : Montre aux autres. É : celle-là parce qu'elle a un tout petit / Pascal : Montre bien ! C'est intéressant ça. Elle a un tout petit quoi ? É : Elle a un trait tout petit et on a un trait grand. Pascal : Un un... ça s'appelle comment les traits ? Réactions des élèves : segments, quadrilatères Pascal : Ça s'appelle un segment et dans le cadre d'un quadrilatère comme ça on va appeler ça... É? : Une droite Pascal : Non ! Y en a qui l'ont dit + un...</p>	<p>É? : un quadrila... Pascal : Un côté bon voilà / É : un côté Pascal : Alors tu dis qu'il y a un côté qui est tout petit tout petit on le voit à peine. Et on a l'impression de voir quoi ? É : un triangle Pascal : Ah oui. Alors si on le voit de très loin et sans faire attention qu'est-ce que c'est ? Élèves en cœur : un triangle Pascal : mais un triangle ce n'est pas un quadrilatère ! Mais si c'est un quadrilatère. Puisqu'ici il y a le quatrième côté. É? : Y avait dit aussi que c'était un triangle qu'il avait que trois côtés. Pascal : D'accord tu as compris il t'a bien expliqué ? (rires d'élèves)</p>
---	---

La possibilité d'un débat sur l'existence d'un côté n'est pas exploitée. Une conclusion prenant en compte la longueur d'un côté aurait pu faire émerger qu'un côté n'existe plus si les deux extrémités sont confondues. Les problèmes mathématiques sont écartés au profit d'une utilisation du bon langage.

Sans transition, Pascal donne la parole à un troisième groupe :

<p>É : Nous on a essayé de faire comme on pouvait un travail avec les quadrilatères voilà.</p> 	<p>Pascal : Et ces quadrilatères, tu les qualifierais comment ? C'est des normaux des bizarres des... des particuliers ? É : Des particuliers oui Pascal : D'accord. L'ensemble est joli parce que vous les avez rassemblés tout ça ! Bon. Ils ont tous quatre côtés t'es sûr ! Élèves : Oui oui (rires des élèves) Pascal : Bon ok. Bon donc c'est des quadrilatères pas de doute bon autre chose. Est-ce qu'il y en a qui ont fait des quadrilatères bizarres, inventés ? Brouhaha</p>
--	--

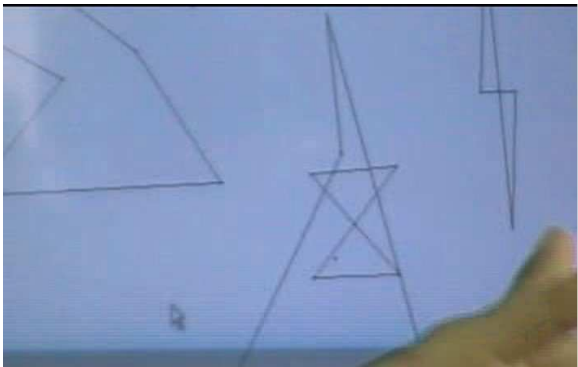
Pascal va utiliser le terme de particulier, le laisser reprendre par l'élève qui présente, sans le faire expliciter, c'est-à-dire sans qu'il puisse dire en quoi ils sont particuliers et sa dernière phrase semble dire qu'ils ne sont ni bizarres, ni inventés.

De plus, il n'a pas perçu que pour réaliser le pavage les élèves de ce groupe avaient utilisé un quadrilatère convexe qui s'assemblait avec un concave, voir écran ci-dessus. Il se contente d'une remarque sur l'aspect “joli”. Ce qui nous laisse penser que ces quadrilatères quelconques

ne sont pas ceux attendus.

Les élèves eux n'ont pas cherché l'originalité des quadrilatères mais l'originalité d'une production avec des quadrilatères quelconques. Ils ont réalisé ce qu'ils appellent un plan d'une ville, un puzzle.

Pascal invite à regarder la production des élèves qui n'ont pas pu imprimer, donc la classe va observer un écran de 15 pouces.

<p>É : On en voit pas ! Pascal : Regardez cette figure est étrange. Est-ce qu'il y en a qui étaient sur les tables et qui ont dessiné ça. Élèves : Oui, non, oui Pascal : Il y en a un là à main levé. É : Oui Pascal : Je te l'avais demandé c'est normal de le faire à main levée. Alors c'est quoi cette figure ? (élèves inaudibles) C'est quoi ? Élèves : Y a deux triangles Pascal : Il y a deux triangles. Donc deux triangles ça fait combien de côtés ça deux triangles. Élèves inaudibles + six Pascal : Ah si c'est deux triangles il y a six côtés en tout. É : Oui mais là Pascal : Il n'y a pas six côtés les élèves comptent Pascal : Y a quatre côtés. Explique nous bien S. les quatre côtés. Regardez les tous. É? : Non en fait c'est un peu une illusion d'optique Pascal : C'est une illusion d'optique. Chut chut chut ! Désolé il y a un problème là ! Toi tu nous dis qu'il y a un quadrilatère et toi tu nous dis qu'il y a une illusion d'optique. Élèves : rires + c'est un peu compliqué. Parce qu'en fait on a l'impression de voir six côtés mais en fait il n'y en a que quatre. Pascal : D'accord, d'accord É : Parce qu'en fait ils se rejoignent tous et ça forme un quadrilatère Pascal : D'accord Bon est-ce qu'on considère que c'est un quadrilatère ? Élèves en cœur : Oui oui Pascal : Vous l'avez tracé avec quel programme ? É : Avec quadrilatère Pascal : Avec quadrilatère bon d'accord donc vous n'avez pas fait euh un certain nombre de segments pour tracer + donc avec le programme quadrilatère quelconque on peut dessiner ce genre de figure.</p>	<p>Figure qui a... Élèves en cœur : quatre côtés Pascal : figure qui a quatre côtés É? : et où on en voit un peu plus Pascal : Bon c'est très bien. Très bien, je vois aussi parce qu'on va devoir bientôt s'arrêter. Montre nous ! celui-là. É : un sablier Pascal : Et le sablier c'est aussi un quadrilatère ? Élèves : Oui oui Pascal : Ça peut être considéré comme un quadrilatère. É : Y a quatre côtés. É : On l'a fait avec quadrilatère Pascal : On l'a fait avec le quadrilatère quelconque. D'accord. Et puis il y a aussi cette flèche qui est intéressante là. É : Il y a un angle comme ça</p>  <p>Pascal : Il y a un angle qui rentre. Il y a un nom on cherchera le nom. C'est un quadrilatère vous êtes sûrs ? Élèves : Oui, oui il y a quatre côtés ! Un deux trois quatre Pascal : Bon et bien très bien on arrive à la fin de la séance vous avez fait des recherches qui étaient intéressantes. Je vois que ceux qui étaient aux tables vous avez respecté la consigne qui était de ne pas regarder ailleurs et c'est très très bien.</p>
--	---

Dans ce groupe Pascal va tenter de faire émerger tout ce qu'il n'a pas pu faire émerger dans les autres productions.

Enfin une figure étrange, le quadrilatère croisé, présent dans les productions des groupes 1 et

2 et non mis en valeur. Et lorsqu'il parlera du "sablier" il ne le reconnaîtra pas comme un quadrilatère croisé particulier.

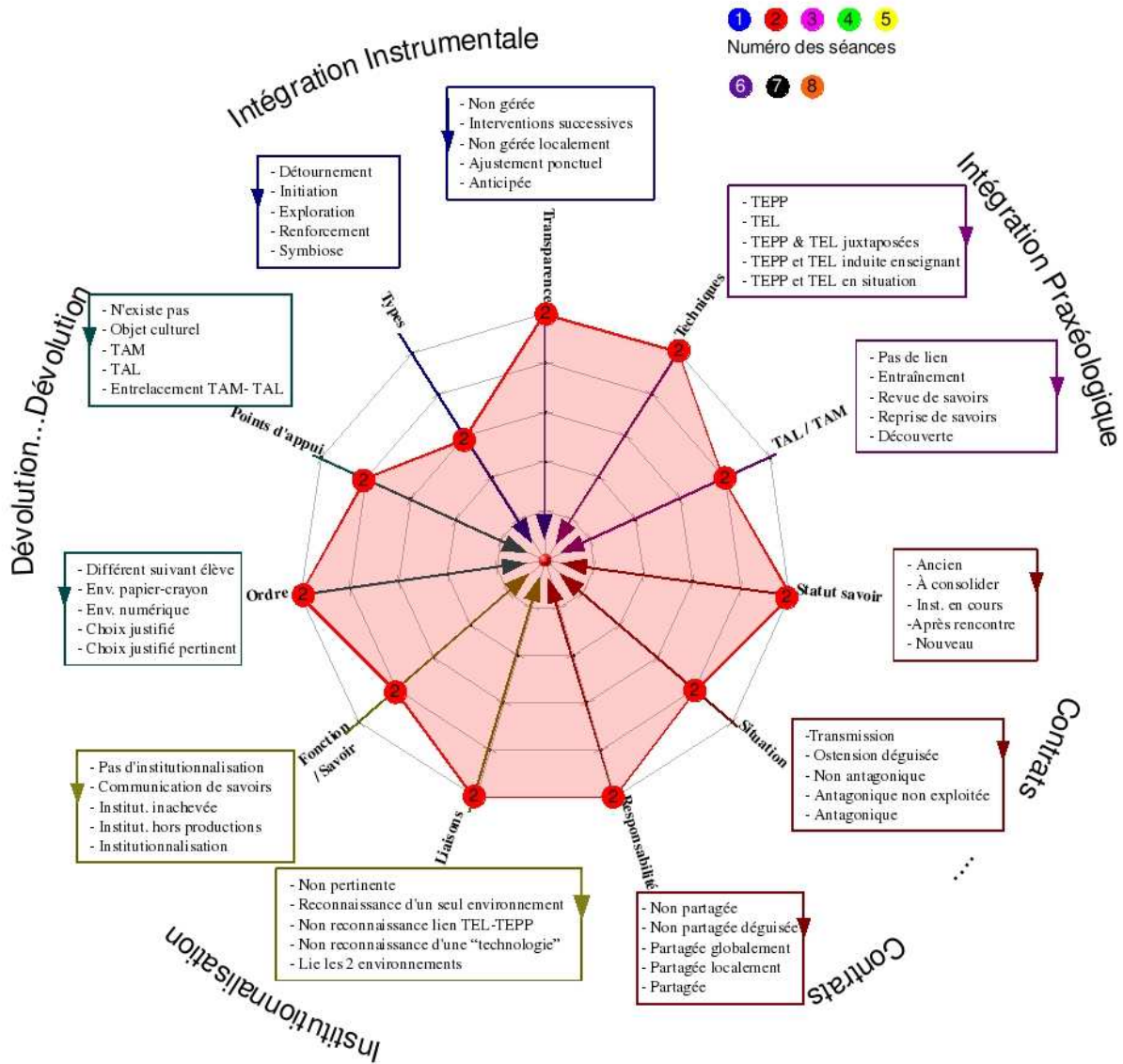
C'est la première fois qu'il interroge les élèves sur l'outil de construction dont il interprète "quadrilatère" comme "quadrilatère quelconque" et qui aurait pu aussi être "trapèze". Il valide le fait que ce soit un quadrilatère par l'outil utilisé pour le construire.

Pour souligner la contradiction entre « *si c'est deux triangles il y a six côtés en tout* » et « *Il n'y a pas six côtés* », le raccourci linguistique crée une ambiguïté sur la notion de côté. Les côtés sont en référence avec une figure donnée, ce qui est un côté du triangle n'est pas nécessairement un côté du quadrilatère. Les deux triangles ont six côtés qui forment les quatre côtés du quadrilatère sous la condition que le sommet commun au deux triangles soit aligné avec les sommets consécutifs du quadrilatère.

La conclusion de Pascal en forme d'institutionnalisation souligne qu'ils ont « *construit plein de quadrilatères originaux et que c'était le but de la séance* ». Les techniques instrumentales pour construire ces figures pour favoriser une conception nouvelle des quadrilatères ne sont pas retenues.

Les savoirs anciens en jeu sont reconnus sans qu'ils aient été mis en jeu et l'objet de l'institutionnalisation ne nous semble pas pertinent ni par rapport à l'objet mathématique "quadrilatère" ni par rapport à la tâche logicielle "création des sommets ou des côtés".

Nous pouvons maintenant situer ces deux séances sur la "toile" par rapport à nos critères d'intégration des pratiques en environnement TICE.



4.5 Éléments d'apprentissage de l'enseignant Pascal dans la séance “Quadrilatères”

4.5.1 Ce que dit pascal

Pascal se situe par rapport à ses objectifs, « *ils ont appris que les quadrilatères ne sont pas forcément des carrés, des rectangles ou des losanges ça je pense que c'est un point qui a été ouvert ! Cette ouverture là elle c'est faite, je vais un peu revenir dessus pour qu'ils aient une trace un peu officielle de ça... et je pense que c'est bon, je pense que de ce côté la ça a avancé.* »

Pour la deuxième fois en deux séances Pascal est surpris par les préférences affichées par deux élèves en particulier, pour l'activité papier-crayon, surpris par « *le plaisir des enfants qui étaient aux machines de repasser sur la table pour tracer avec le crayon il leur tardait ! C'est une des raisons qui a fait que je n'ai pas coupé la séance en deux et revenir ici en classe parce que je sentais là un vrai désir et ce désir m'a étonné !* » au point de réorganiser la fin de la séance.

4.5.2 Conditions et contraintes pour l'apprentissage de Pascal dans cette séance

4.5.2.1 Du côté de l'intégration instrumentale

Dans cette séance Pascal n'a pas ressenti le besoin de modifier sa gestion de la transparence et les élèves sont toujours dans une exploration du logiciel, la tâche mathématique étant un prétexte à utiliser des connaissances instrumentales.

4.5.3 Du côté de la dimension praxéologique

L'échec de la dernière séance où les techniques logicielles sont insuffisamment gérées a probablement poussé Pascal à renforcer l'usage d'une technique et parmi les possibles il choisi celle qui correspond au moindre apport logiciel, en forme de régression dans l'intégration praxéologique.

Si des élèves mettent en balance activité papier-crayon et numérique nous formulons deux

hypothèses l'une associée à l'expertise dans une tâche²³⁹ l'autre sur l'apport réel des TICE dans cette activité. La dimension ludique que les enfants trouvent dans l'usage de l'ordinateur pourrait être remplacé par d'autres activités artistiques, par exemple, toutes aussi ludiques. D'ailleurs les bons élèves dans l'activité "papier-crayon" ont eu une production « *importante et originale* » au dire de Pascal. Quant aux élèves qui ont joué avec l'ordinateur ils n'ont pas forcément produit une grande diversité de quadrilatères différents²⁴⁰.

La dimension dynamique du logiciel qui favorise la construction de formes « curieuses » n'est pas mise en valeur. Le choix d'introduire la curiosité favorise la production attachée à un hasard, il ne favorise pas la diversité des possibles par l'introduction d'une contrainte mathématique.

4.5.4 Statuts des savoirs

Nous n'observons pas de changement ce qui permet de penser que ce choix n'est pas un obstacle au projet de Pascal. Nous pensons qu'en l'absence de documents exploitables directement dans la classe, la forme la plus simple, l'exercice d'entraînement est une activité qui n'est pas perturbante²⁴¹.

Nous pouvons nous attendre à ce que Pascal ne recherche pas trop les éléments perturbants dans sa pratique, une sorte de sécurité pour la gestion des apprentissages.

239 Cf. le bilan de la fin de la première séance

240 Annexes internes - Annexes Pascal - Annexe 3 -

241 Notre choix de non intervention a fait que nous n'avons pas suggéré un problème du type construire des quadrilatères différents en déplaçant un sommet sur un cercle ou sur une droite, avec une contrainte... et demander aux élèves de garder toutes les traces des formes obtenues et de la façon dont ils les ont obtenues....

5 La séance “trapèzes”

5.1 Le milieu envisagé par l'enseignant

5.1.1 La situation point de départ et objectif

Après la séance sur les quadrilatères, Pascal nous présente son objectif : « *qu'ils aient une approche des figures qui soit « manuel », par le tracé, par la souris ou le choix des outils, mais aussi qu'il y ait une première approche par les propriétés. Sans rester vraiment dans l'analyse des propriétés mais qu'on s'aperçoive que les quadrilatères peuvent être vus sous l'angle des propriétés. Donc il y aura aujourd'hui un travail autour des parallèles* ».

Ceci est à rattacher avec les textes des programmes où la compétence exigée en fin de cycle est « *reconnaître de manière perceptive une figure plane, en donner le nom [relativement] à une liste limitée de figures mais les activités qui permettent de les construire concernent d'autres figures, notamment d'autres quadrilatères particuliers tels que le trapèze, le cerf-volant, le parallélogramme. Il est important de ne pas privilégier [des représentations stéréotypées]* ». « *Les relations et les propriétés évoquées [...] doivent être utilisées dans des activités de résolution de problèmes* » ce que Pascal remplace par l'approche par l'action.

5.2 Le dispositif de travail

L'environnement logiciel et la salle n'ont pas changé. Initialement Pascal a prévu une permutation sur les deux ateliers. L'organisation en binôme est similaire à celui de la première séance.

La mise en commun doit permettre de reconnaître de façon perceptive une grande variété de formes qui conduiront à un classement en trapèzes et parallélogrammes. Les élèves sont assis par terre, leurs productions sont affichées sur les portes de l'armoire, alors qu'ils auraient pu revenir travailler dans leur salle de classe.

5.2.1 Présentation générale de l'outil logiciel

Avec les outils « point », « segment » et « parallèle », le logiciel ne permet de construire que des parallélogrammes. Le segment parallèle au segment initial étant le translaté en un point donné. Une technique approchée pour dépasser cet obstacle serait de tracer des

segments horizontaux ou verticaux et de joindre leurs extrémités.

Une deuxième consisterait à construire un segment sur un segment existant et de construire le parallèle au plus petit des deux.

Dans ce contexte, le logiciel ne permet pas d'enrichir les techniques de construction. La conception qui va être mise en commun à propos des droites parallèles est « *deux droites qui ne se croiseront jamais* » qui se transforme dans les propos des élèves en « *deux droites qui ne se croisent pas* » (sur la feuille).

5.2.2 Les types de tâches, tâches et techniques associées

5.2.3 L'environnement “papier-crayon”

La tâche à réaliser est identique dans l'environnement papier-crayon et dans l'environnement logiciel. La consigne est la même. Les instruments de tracé sont la règle et l'équerre.

5.3 Synopsis de la séance “Trapèzes”

Séance 3 : Épisode 1 jusqu'à la 6^e minute

Mise en place dans la salle : le groupe qui commence habituellement sur les ordinateurs est changé.

Pascal relit la consigne : « *A l'aide des outils de traçage ou du logiciel « Apprenti Géomètre » essaie de construire des quadrilatères dont deux côtés sont parallèles.* » Il précise les outils utilisables pour la construction et rappelle ce qu'est le pavé dans “AG”. Puis il distribue à tous les élèves le texte qui constitue le support de traçage pour les élèves de l'atelier papier-crayon.

Séance 3 : Épisode 2 jusqu'à la 25^e minute

Les élèves travaillent à la construction des figures. Pascal circule d'un groupe à l'autre.

Il découvre qu'une élève pense qu'un quadrilatère est une figure qui a quatre côtés égaux. Il constate aussi qu'elle ne sait pas construire à la règle et à l'équerre deux droites parallèles mais ne lui donne pas de technique pour le faire.

D'autres élèves lui parlent de construction à main levée.

Séance 3 : Épisode 3 jusqu'à la 53^e minute

Mise en commun.

5.4 Analyse a posteriori de la séquence d'apprentissage

5.4.1 L'intégration instrumentale

5.4.1.1 Le mode d'intégration

La connaissance mathématique en jeu est la construction de côtés parallèles dans un quadrilatère. Les techniques logicielles de construction prennent en charge la construction de la parallèle, ce qui rend la connaissance logicielle (savoir sélectionner l'outil de construction "parallèle") indépendante de la connaissance mathématique attendue (deux droites perpendiculaires à une même troisième sont parallèles entre elles).

On est donc dans une intégration de type "détournement"

5.4.1.2 Gestion de la transparence

D'un point de vue instrumental, Pascal pense que les élèves sont suffisamment familiarisés avec le logiciel pour construire les quadrilatères. Il rappelle ce qu'il désigne par le "pavé" des outils, les outils du "Kit Libre", et précise où trouver l'outil "parallèle" dans les menus. Il ne précise pas comment les élèves pourront l'utiliser, il pense que la connaissance de l'outil "perpendiculaire" utilisé lors de la première séance est suffisant.

Il en sera réduit à quelques ajustements ponctuels.

5.4.2 L'intégration praxéologique

5.4.2.1 Des techniques anciennes de l'environnement papier-crayon à l'environnement logiciel

Seule l'envie d'utiliser les ordinateurs semble motiver l'implication des élèves dans la tâche.

Les techniques logicielles de construction de parallèles étant différentes dans les deux environnements, les élèves qui utiliseront le logiciel commenceront par l'utilisation de la technique logicielle et ce d'autant plus que Pascal rappelle plusieurs fois qu'ils doivent utiliser l'outil "parallèles". Mais certains élèves sont tentés d'utiliser le parallélisme avec les bords de l'écran qui se substituent à ceux de la feuille de papier.

Dans l'environnement papier-crayon, la construction attendue s'appuie sur deux techniques utilisant l'équerre, "distance constante" et "perpendiculaires à une même droite". Ces techniques pourraient être utilisées dans l'environnement logiciel mais elles ne seront pas sollicitées, mises en valeur, seule la construction par l'outil "parallèles" sera utilisé à la demande de Pascal contribuant à renforcer l'approche perceptive du parallélisme²⁴².

Ce qui crée une approche par "la" technique logicielle au détriment des autres.

5.4.2.1 Rapport entre la TAL et la TAM

Pascal espère qu'au sein des binômes émergeront des idées, des confrontations, des coopérations pour construire des quadrilatères particuliers. Il pense qu'au départ il y aura sur les ordinateurs « *principalement des parallélogrammes* » et il « *espère qu'au traçage il y aura autre chose que des parallélogrammes, qu'il y aura des trapèzes.* »

Nous avons dit que sur les ordinateurs les outils disponibles associés au respect de la consigne ne permettaient de construire que des parallélogrammes. Dans l'environnement "papier-crayon", soit les élèves savent, soit ils peuvent suivre la technique que leur transmet leur binôme.

La tâche logicielle peut contribuer à renforcer une reconnaissance perceptive de deux droites parallèles mais en aucun cas permettre de s'entraîner ou revoir des techniques de construction élaborées dans l'environnement papier-crayon.

Nous situons donc le rapport entre la TAL et la TAM comme quasiment inexistant.

5.4.3 Les contrats

Le savoir en jeu, construction d'un quadrilatère ayant deux côtés parallèles, est un savoir ancien, construction de quadrilatères particuliers, mais les techniques de construction sont encore à consolider pour quelques élèves, cinq dans cette classe.

La classification des quadrilatères est sollicitée par l'enseignant qui demande leurs noms en s'appuyant sur les élèves qui savent. Dans la situation Pascal donne la technique de construction et demande de réaliser des quadrilatères qui seront reconnus sous la forme d'un savoir par les "bons élèves". Ils sont dans une situation de transmission ou les quadrilatères construits ne sont pas le résultat d'une résolution de problème, ce qui n'est pas favorable à un partage des responsabilités.

²⁴²Autres entrées possibles dans le logiciel : verticales, horizontales, perception globale "parallèles", distance constante, deux perpendiculaires à une même droite

5.4.4 Enjeux pour la dévolution et l'institutionnalisation

5.4.4.1 Les points d'appui pour réaliser la dévolution de la situation

Les élèves sont de plus en plus autonomes aux ordinateurs. Pascal n'a pas le temps de voir les productions qui peuvent être effacées en un clic de souris. Le respect de la consigne sur les ordinateurs bloque toute production qui est réalisée dans les deux premières minutes de la séance. La fin de l'épisode n'apportera rien.

L'usage d'« Apprenti Géomètre » est intégré comme les autres outils, la règle et l'équerre, dans cette séance. Son usage n'apporte ni pratique nouvelle, ni changement mathématique nouveau. Son usage se limite à une forme d'objet transitionnel pour créer une pseudo dimension ludique.

5.4.4.2 L'institutionnalisation réalisée et les environnements

La mise en commun est soumise à quelques approximations.

Les droites sont dites sécantes ou parallèles sans vérification et sans interrogation sur les techniques qui ont permis leur construction.

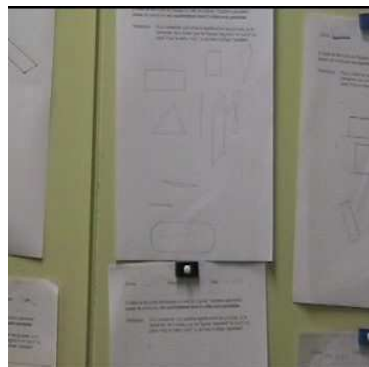
Une élève a construit un quadrilatère²⁴³ dont un côté a une mesure de l'ordre de quelques millimètres, souvenir de la dernière séance. Pascal lui demande de dire quels sont les côtés qui sont parallèles. Elle désigne deux côtés qui sont de toute évidence sécants. Pascal invalide et un élève dit que les deux autres sont parallèles. Dans cette situation Pascal aurait dû être alerté sur le peu de chance qu'ils soient parallèles sachant que l'élève ne sait pas ce que sont deux côtés parallèles. La classe en chœur, sachant que certains sont à trois mètres d'un dessin dont on a dit qu'un des côtés mesure quelques millimètres, valide la construction puisque le maître les trouve parallèles.

Lorsque qu'un élève pose la question de deux côtés ou de quatre côtés parallèles, Pascal ne relève pas la formulation ambiguë et parle de quatre côtés parallèles au lieu de côtés parallèles deux à deux. Ce raccourci conduit à une formulation qui est une erreur mathématique.

Les bons élèves vont réaliser la classification selon le nombre de paires de côtés parallèles mais il ne restera pas de trace de ce qui sera dit, dont la confirmation sera faite par Pascal, et un élève donnera le nom des familles, trapèze et parallélogramme.

243 Annexes internes - Annexes Pascal – Annexe 4 -

Un élève a dessiné une forme “rectangle arrondi” dont deux côtés sont approximativement des demi-cercles. Pascal invalide en disant que les arrondis ne sont pas des côtés, pour dire qu'ils ne sont pas des segments, et qu'en conséquence ce n'est pas un quadrilatère :

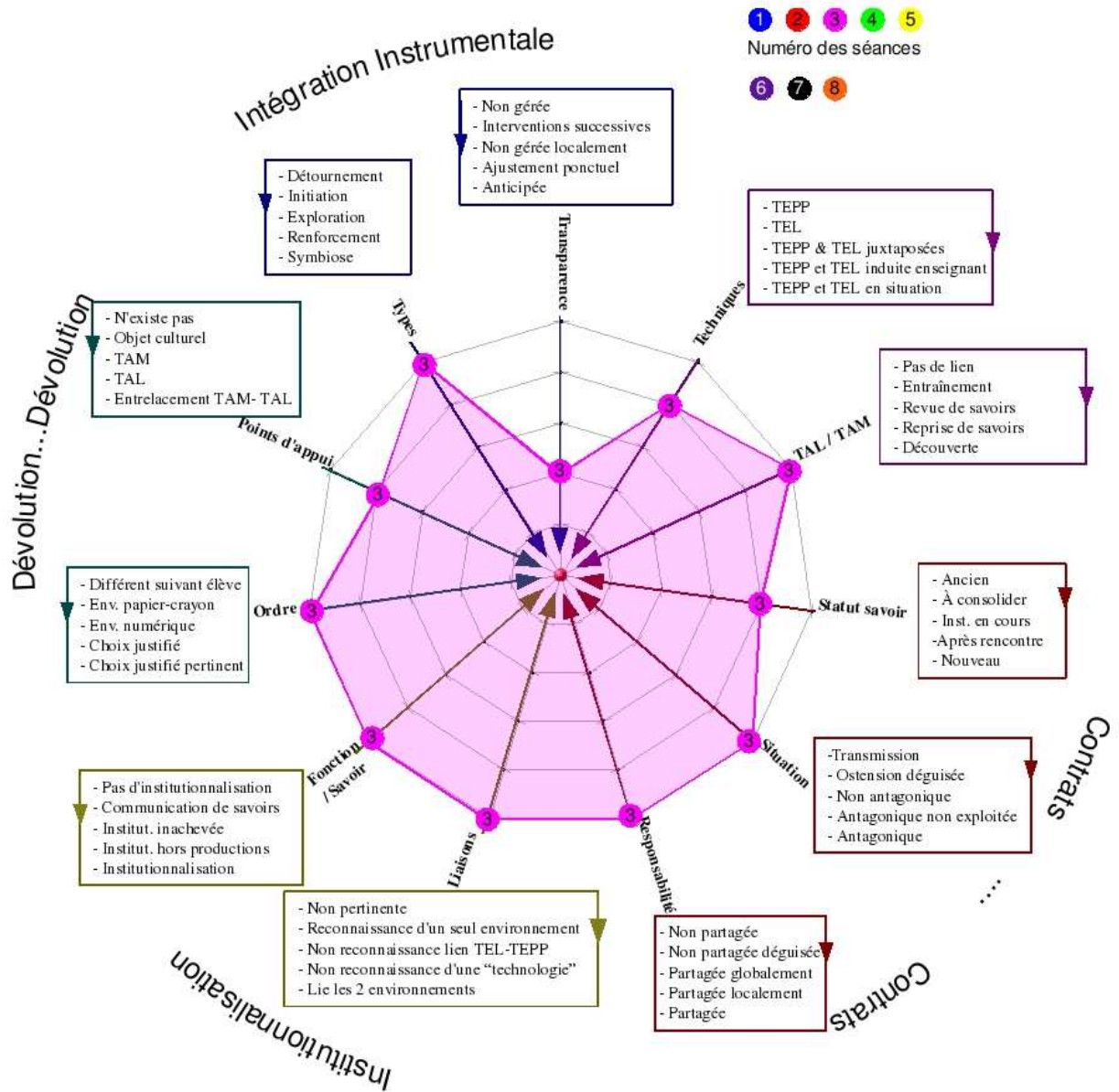


- « Ici tu as dessiné deux côtés parallèles puis ici on a deux arrondis. Est-ce qu'on considère ça comme un côté ?
- Non, non... Plusieurs élèves
- On ne considère pas ça comme un côté. Un quadrilatère 4 côtés et ça, ça ne rentre pas dans les côtés. »

L'institutionnalisation résumée à une présentation de productions dont les élèves n'ont pas à justifier leur respect de la consigne va à l'encontre d'une construction d'un savoir émergent des connaissances des élèves.

Une telle institutionnalisation ne correspond pas à l'objectif initialement présenté, ce qui lui enlève toute pertinence.

Nous pouvons maintenant situer ces deux séances sur la “toile” par rapport à nos critères d'intégration des pratiques en environnement TICE.



5.5 Éléments d'apprentissage de l'enseignant Pascal dans la séance “Trapèzes”

5.5.1 Ce que dit Pascal

Pascal sort de la séance avec l'impression d'être « *moins persuadé qu'ils aient appris quelque chose de plus là ! J'ai senti un gros flottement sur les parallèles. Je m'étais appuyé sur mes évaluations de début d'année pour voir si la notion de parallélisme était là ou pas et là je me suis aperçu qu'il y avait beaucoup de flottement par rapport à cette notion et ça a été long à démarrer.* »

Cette impression de flottement Pascal la rattache à son dispositif « *ça vient en grande partie du fait que... moi j'ai été plus présent sur le papier crayon. J'ai été moins présent sur les groupes qui étaient à l'ordinateur que sur les groupes qui étaient “papier-crayon”.* »

Notre interrogation sur les tâches et les techniques des élèves lui fait percevoir qu'au « *niveau de la différence entre les deux approches [TEPP et TEL], oui, si si je réfléchis... peut-être si si c'est à explorer* ».

5.5.2 Conditions et contraintes pour l'apprentissage de Pascal dans cette séance

L'expérience des élèves a permis que Pascal n'ait à faire que quelques ajustements sur le logiciel. En revanche, nous ne pensons pas qu'il ait poursuivi une réflexion sur l'instrumentalisation qu'il pouvait faire du logiciel par rapport aux connaissances qu'il voulait mettre en jeu. Ce que confirme la troisième remarque que nous avons rapportée ci-dessus.

L'analyse succincte de l'évaluation sur le parallélisme ne lui donne pas suffisamment d'informations sur les connaissances des élèves et la difficulté à gérer le rapport entre les tâches logicielles et la tâche mathématique ne lui permet pas de comprendre quels sont les obstacles que rencontrent les élèves.

Dans ces conditions, il est difficile d'avancer dans la résolution du problème que représente l'intégration des TICE.

6 La séance “reproduction-description”

6.1 Le milieu envisagé par l'enseignant

L'objectif est de reproduire une collection de quadrilatères qui ont tous le même nom ABCD. Les élèves de l'atelier papier-crayon auront à décrire un des quadrilatères, la consigne contient des indications sur les outils qui peuvent leur servir à « analyser » le quadrilatère.

6.2 Le dispositif de travail

Le dispositif est une permutation des groupes sur les deux ateliers.

6.2.1 Présentation générale de l'outil logiciel

La reproduction désignant la construction à l'identique de la figure donnée, les élèves devraient utiliser la mesure des côtés et/ou des diagonales pour réaliser une figure superposable avec l'original après impression. Le logiciel n'ayant pas l'outil « mesure » disponible, la tâche est impossible ; elle devra se transformer en : réaliser une construction voisine de l'original, par voisine nous entendons de la même famille des quadrilatères. Les outils disponibles sont alors “carré”, “rectangle”, “losange”, “parallélogramme”, “trapèze isocèle”, “trapèze”, “quadrilatère quelconque” et “segment”, la reconnaissance perceptive visuelle permettant cette sélection. Dans tous les cas les quadrilatères ne pourront pas être nommés.

6.3 Synopsis de la séance “reproduction-description”

Séance 4 : Épisode 1 jusqu'à la 4^e minute

Passage de la consigne, distribution de la feuille des quadrilatères à reproduire ou à décrire.

Séance 4 : Épisode 2 jusqu'à la 24^e minute

Les élèves commencent une description dans l'atelier papier-crayon, les autres des constructions.

A la quinzième minute un premier groupe a fini et imprime.

Lorsque tous les groupes qui travaillent sur les ordinateurs ont fini d'imprimer, Pascal cherche à savoir si les élèves des ateliers papier-crayon ont fini.

Il décide de faire l'échange d'ateliers sans certitude sur l'achèvement du travail de description.

Séance 4 : Épisode 3 jusqu'à la 30^e minute

Modification de la consigne :

« Je me suis aperçu qu'il y en avait beaucoup qui n'avaient pas très bien lu les consignes. Ou s'ils les avaient lues ils ne les avaient pas bien comprises. Je vous demande de les lire très attentivement très très attentivement sinon vous partez avec dans + vos idées et après on part avec du temps perdu et des choses qui ne correspondent pas exactement à ce qu'il faut faire. Aux ordinateurs vous devez regarder cette feuille avec les quadrilatères qui vous sont proposés (il montre la feuille) et à l'aide du menu qui est ici (il se déplace vers un ordinateur et pointe l'écran visible seulement des groupes voisins) figures libres, quadrilatère quelconque, et le menu qui est dessous vous devez essayer de reproduire je dis bien essayer de reproduire je ne dis pas reproduire reproduire ça veut dire qu'on va le faire exactement là je vous demande de tenter c'est-à-dire que vous essayez de vous approcher de la forme vous essayez d'être le plus près possible de cette forme qui vous est proposée, que vous avez choisie. D'accord ! Mais utilisez les outils qui sont sous cette flèche, sous quadrilatère quelconque. Vous n'en faites pas cinquante ! Vous en choisissez un vous essayez de le faire. Vous regardez comment il est construit et vous essayez de le faire. D'accord ! On n'essaie pas de faire des dessins, des pavages, des... s'amuser avec ??? c'est pas ça ! Est-ce que c'est un peu plus clair ? [une élève répond oui] oui alors deux secondes je termine, je continue avec les groupes qui sont ici (papier-crayon) je vous demande de choisir un quadrilatère et de le décrire. Là c'est de le reproduire et là c'est plutôt de le décrire. Décrire ça veut dire avec des mots, des chiffres, des notions de... de dire le plus précisément possible comment il est. Je dis bien le plus précisément possible. Si vous me dites il a la forme d'une fusée qui décolle (rires d'élèves) c'est + c'est un peu difficile à se représenter. Vous avez des outils je vous ai demandé de prendre des règles, des règles graduées, des compas. Le compas il sert à quoi (une bonne élève : à mesurer !) à mesurer ? (l'élève : on l'utilise pour mesurer, rires de quelques élèves) oui oui c'est bien on l'utilise aussi pour reporter des longueurs. c'est-à-dire on prend une longueur, le compas va la conserver et on va voir si une autre longueur est la même ou est différente. Ça peut servir. Vous avez des équerres, les équerres permet de... (élèves : angles droits) ce genre d'éléments vous pouvez l'utiliser, des

éléments mathématiques. Et ce que j'ai oublié pour terminer c'est que votre description je l'utiliserai dans quelques temps pour le donner à un autre groupe et il faudra que l'autre groupe sache + trouve à partir de votre description quel est le quadrilatère qui a été décrit. C'est pour ça que je vous dis de ne pas dire si c'est un rectangle, un trapèze, un ceci, un cela et de ne pas donner le numéro. Ça vous demande à vous d'être extrêmement précis dans votre description. De donner le plus d'éléments possibles pour que ce soit possible. Oui ! Ça va ? Alors on se lance c'est parti. »

Séance 4 : Épisode 4 jusqu'à la 47^e minute

Pascal passe d'un groupe à l'autre. Suggère d'utiliser les menus « quadrilatère ».

A la 40^e minute un groupe a fini sur l'ordinateur et imprime.

Tous les groupes semblent avoir fini, Pascal arrête la séance sans mise en commun.

6.4 Analyse a posteriori de la séquence d'apprentissage

6.4.1 L'intégration instrumentale

Comme nous l'avons souligné dans la dernière séance, par rapport à notre repérage, les techniques logicielles pour construire les quadrilatères ne correspondent pas aux techniques qui permettent d'identifier les particularités du quadrilatère. L'exemple du carré est assez significatif : sa reconnaissance passe par l'identification de quatre côtés de même longueur et d'un angle droit, la technique de construction dans le logiciel consiste à définir les extrémités d'un côté. L'ensemble des figures permet d'identifier globalement quatre figures sur huit, le quadrilatère quelconque ne peut être réalisé qu'approximativement, seuls les trois trapèzes sont des figures moins familières bien que rencontrées lors de la dernière séance.

Nous sommes dans une intégration que nous avons qualifiée de “détournement” instrumental.

Pascal ne rappellera l'usage des menus que lors de la rectification de la consigne au moment du changement de groupe.

Il considère que les élèves connaissent l'environnement et ne fera qu'un ajustement ponctuel.

6.4.2 L'intégration praxéologique

6.4.2.1 Des techniques anciennes de l'environnement papier-crayon à l'environnement logiciel

Selon l'ordre de passage dans les ateliers, les techniques anciennes servent ou non à identifier les quadrilatères.

Le groupe qui commence par l'environnement numérique pourrait utiliser les techniques anciennes pour identifier les quadrilatères. En fait l'observation des élèves montre qu'aucun n'a d'instrument pour reconnaître les propriétés des huit figures, ni équerre, ni règle, ni compas à côté de l'ordinateur. Les élèves procèdent donc par reconnaissance globale pour le premier groupe.

Le deuxième groupe a déjà travaillé sur les propriétés des figures, donc les élèves les connaissent assez pour ne pas avoir à faire le lien entre les techniques anciennes et les techniques logicielles.

Nous considérons que les élèves vont utiliser les techniques logicielles de construction sans lien avec les techniques papier-crayon.

6.4.2.1 Rapport entre la TAL et la TAM

Après la phase de reconnaissance globale, ou par leurs propriétés, des quadrilatères, les élèves pourraient sélectionner dans une banque d'images le quadrilatère correspondant à son nom sans que cela change les connaissances en jeu. Le fait qu'il n'y a aucune formulation des techniques associées à la construction renforce un peu plus cet aspect.

Nous sommes dans une indépendance entre les connaissances mathématiques en jeu et les techniques dans les différents environnements, ce qui nous fait dire qu'il ne s'agit que d'un choix de gestion de la classe et non pas un choix portant sur la connaissance mathématique.

6.4.3 Les contrats

Le savoir engagé est un savoir ancien, la plupart des élèves a résolu le problème de construction très rapidement et passe dans une activité parallèle sans lien avec l'objectif visé. Il n'y a pas de validation de leurs productions et la consigne est reformulée pour qu'ils exécutent ce que Pascal attend.

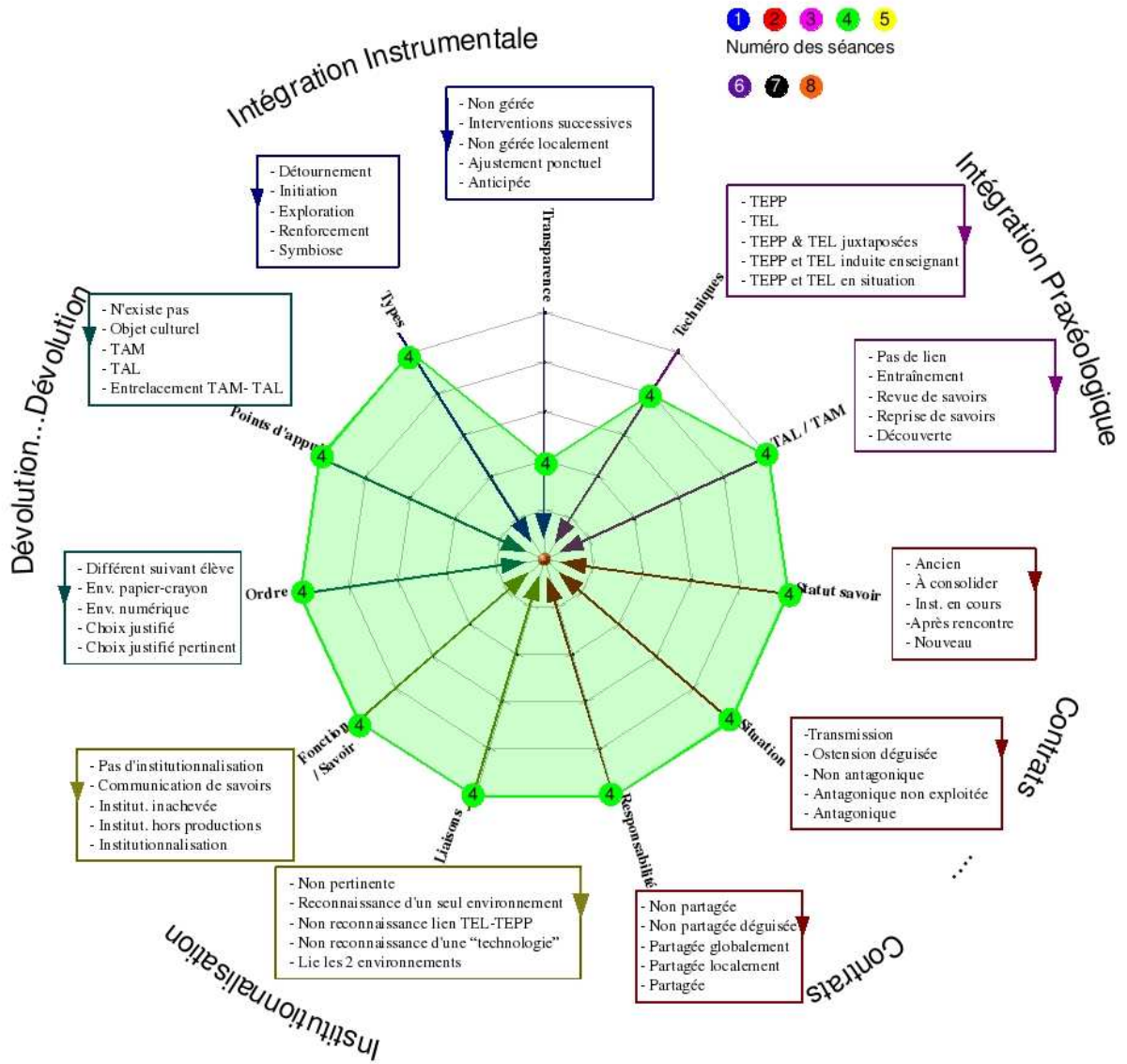
6.4.4 Enjeux pour la dévolution et l'institutionnalisation

Les élèves n'ont pas la même approche de la situation selon qu'ils commencent dans l'environnement papier-crayon ou dans l'environnement numérique comme nous l'avons vu à propos des techniques.

Le premier groupe d'élèves est toujours aussi enthousiaste à l'idée de passer pour faire des dessins avec un outil qu'ils commencent à connaître. Le changement de consigne s'accompagne d'un changement de ton de Pascal pour que chacun soit dans la tâche demandée ; il s'agit alors d'une injonction autoritaire à se mettre au travail sans autre forme de procès.

Une séance qui ne comporte ni dévolution de l'activité aux élèves, ni institutionnalisation, ni mise en commun.

Nous pouvons maintenant situer ces deux séances sur la “toile” par rapport à nos critères d'intégration des pratiques en environnement TICE.



6.5 Éléments d'apprentissage de l'enseignant Pascal dans la séance “reproduction-description”

6.5.1 Ce que dit Pascal

« Difficile ! Un gros problème de consigne (...) c'était dur aujourd'hui » et « la surprise que j'ai eu quand ils étaient aux ordinateurs ils n'ont pas fait preuve de cette liberté qu'il m'avait semblé reconnaître la fois précédente. Moi je pensais, très sincèrement, qu'ils allaient un peu de façon spontanée, cliquer là, cliquer là, voir ça. Je ne l'ai pas vu, ils sont restés sur des procédures plus anciennes. »

6.5.2 Conditions et contraintes pour l'apprentissage de Pascal dans cette séance

Pascal n'a pas anticipé sa séance et se retrouve dans une situation qu'il ne contrôle plus. Seule notre présence lui fait tenir l'activité des élèves qu'il aurait peut-être arrêtée dans d'autres circonstances.

Une expérience qu'il ne peut pas oublier ! Mais sa singularité sera-t-elle utilisable ? C'est ce que nous recherchons dans les deux séances suivantes.

7 La séance “Diagonales”

7.1 Le milieu envisagé par l'enseignant

L'objectif est de caractériser les quadrilatères selon les propriétés de leurs diagonales. Le logiciel sert d'outil pour construire des quadrilatères variés, induits par la consigne, et les imprimer avant d'en mesurer les diagonales, de dire si elles sont perpendiculaires, de donner la nature des angles et de nommer le quadrilatère construit²⁴⁴.

Les diagonales ne sont pas associées à une compétence exigible au cycle 3. Elles sont citées dans le vocabulaire à utiliser à propos de la description des figures. Pascal en donne la définition « *segment qui joint deux sommets opposés* », nous préférons segment qui joint deux sommets non consécutifs puisqu'il faudrait définir opposés dans un quadrilatère comme non consécutifs.

7.2 Le dispositif de travail

Le dispositif est une permutation des groupes sur les deux ateliers. La fiche d'exercices construite par Pascal utilise l'impression des constructions. Les problèmes d'impression ont été résolus.

7.2.1 Présentation générale de l'outil logiciel

Le logiciel donne le nom de la figure construite à partir du bloc d'outils du “Kit Libre”. Tous les quadrilatères sont constructibles directement à partir du “Kit Libre”, comme nous l'avons présenté lors de la première séance. La construction des diagonales utilise l'outil « segment ».

7.3 Synopsis de la séance “Diagonales”

Séance 5 : Épisode 1 jusqu'à la 8^e minute

Pascal présente la consigne et donne la définition des diagonales en s'appuyant sur un dessin (commencé main levée et fini à la règle pour les diagonales) qui restera au tableau le temps de la séance.

Séance 5 : Épisode 2 jusqu'à la 31^e minute

244Annexe 3 – Annexes Pascal - Annexes internes -

Les élèves construisent des quadrilatères, tracent les diagonales. Pascal circule d'un groupe à l'autre.

Au bout de six minutes les élèves impriment leurs constructions. L'activité sur le logiciel est finie pour eux.

Ils découpent les feuilles imprimées, mesurent sur papier et répondent aux questions associées dans la fiche.

Changement de groupe.

Séance 5 : Épisode 3 jusqu'à la 50^e minute

A la 36^e minute les premiers élèves impriment leur production. A la 41^e minute tous ont imprimé.

Sans autre raison apparente que l'heure Pascal arrête la séance. Les élèves n'ont pas tous fini.

Il n'est pas fait de bilan. Les productions ne sont pas validées.

7.4 Analyse a posteriori de la séquence d'apprentissage

7.4.1 L'intégration instrumentale

Nous observons une intégration qui, comme lors des deux dernières séances, n'apporte pas de lien direct entre la connaissance mathématique en jeu et la construction par le logiciel de quadrilatères. Pour la majorité des élèves la réponse est une construction avec l'outil "segment" d'une forme géométrique proche du "dessin" observé. Nous considérons que l'outil "Apprenti Géomètre" n'est pas nécessaire à l'activité, qui pourrait être réalisée entièrement dans l'environnement papier-crayon.

Nous considérons que l'intégration instrumentale correspondante est caractéristique du niveau que nous avons qualifié de "Détournement".

La maîtrise relative de l'outil par les élèves justifie aux yeux de Pascal qu'il ne fasse pas d'apport sur l'environnement logiciel.

Et nous observerons qu'il ne fera que ponctuellement un rappel sur le menu "parallèle".

7.4.2 L'intégration praxéologique

7.4.2.1 Des techniques anciennes de l'environnement papier-crayon à l'environnement logiciel

Les techniques anciennes de construction ne sont pas évoquées. Les élèves utilisent à partir de leur expérience de l'environnement d'Apprenti Géomètre les outils du “Kit libre”, sans qu'ils aient à expliquer ni celles qu'ils ont utilisées, ni comment elles fonctionnent. A aucun moment ces techniques ne seront mises en valeur.

Nous nous situons dans un usage des TEL.

7.4.2.1 Rapport entre la TAL et la TAM

Il s'agit d'une production de dessins, « *plus jolis imprimés* » disent les élèves, avec une fonction instrumentée qui pour Pascal correspond à « *la facilité de tracer* ». Il ne semble pas que l'ordinateur puisse compenser le manque d'anticipation sur ce que seront les productions des élèves pour construire, ou renforcer des connaissances.

La fonction d'impression n'a que peu de lien avec la tâche mathématique même si l'image résultante facilite la tâche pour les plus malhabiles dans les tracés à la règle et au crayon.

7.4.3 Les contrats

7.4.3.1 Le savoir engagé

Il s'agit de construire des quadrilatères sans critère de validation dans l'environnement numérique. C'est aux élèves de construire des quadrilatères sans contrainte. Rien ne les oblige à obtenir des quadrilatères particuliers.

La deuxième tâche à réaliser se situe dans l'environnement “papier-crayon”. Le seul lien entre ces deux tâches pourrait être le souvenir qu'ont les élèves de la façon dont ils ont construit leur figure, c'est-à-dire se rappeler le nom de l'outil qui correspond au nom de la figure. De plus, les observations portent sur la mesure des diagonales, si elles sont égales, et sur l'angle formé par deux diagonales, s'il est droit. Un quadrilatère peut être quelconque bien qu'ayant deux diagonales de même mesure ou deux diagonales perpendiculaires. L'angle des diagonales attend comme réponses les qualificatifs de “aigu, obtus, saillant, rentrant” qui ne sont pas au

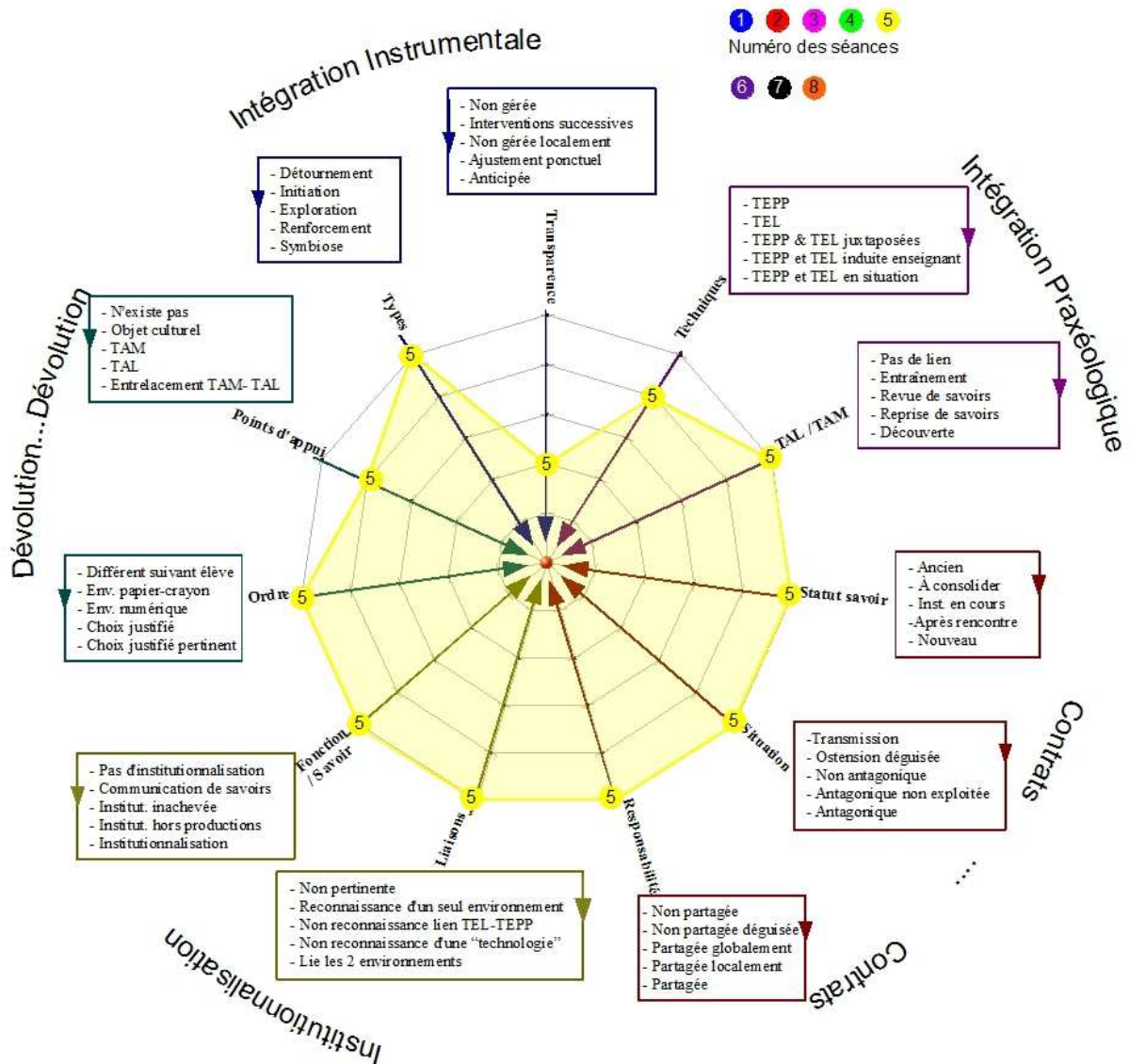
programme du cycle 3.

Les élèves répondent à l'injonction de faire et seul l'enseignant pourra valider la réussite à une tâche dont nous disons qu'elle est non évaluable.

7.4.4 Enjeux pour la dévolution et l'institutionnalisation

Les élèves termineront la séance sans validation et les éléments de la dévolution sont à rattacher à l'attraction que les élèves ont pour l'outil informatique.

Nous pouvons maintenant situer ces deux séances sur la “toile” par rapport à nos critères d'intégration des pratiques en environnement TICE.



7.5 Éléments d'apprentissage de l'enseignant Pascal dans la séance “Diagonales”

Les entretiens ante et post n'ont pas pu être réalisés pour cette séance. Pour nous, Pascal ne semble pas avoir pris en compte l'expérience des séances précédentes pour faire évoluer sa pratique.

8 La séance “Émission-réception”

8.1 Le milieu envisagé par l'enseignant

La dernière séance a porté sur l'étude des diagonales. Pascal n'est pas satisfait de la maîtrise des connaissances sur les diagonales. Il tente de les réactiver en les introduisant dans une situation de recherche. C'est dans cet esprit que les programmes attendent qu'elles soient étudiées.

8.2 Le dispositif de travail

Le dispositif change par rapport aux autres séances. Les élèves sont par groupes de quatre, six équipes, un ordinateur par équipe. Un élève attend que son groupe lui explique comment construire une figure sur l'ordinateur. Lorsqu'il a fini la construction, il l'imprime. A chaque nouvelle production, les élèves tournent pour construire la figure sur l'ordinateur.

8.2.1 Présentation générale de l'outil logiciel

La configuration choisie par Pascal intègre la grille maillée avec des carrés. Il a choisi de laisser le “Kit des figures Libres” disponible. Il aurait pu mettre à disposition des élèves des figures éléments de base.

8.3 Synopsis de la séance “Émission-réception”

Séance 6 : Épisode 1 jusqu'à la 7^e minute

Pascal a présenté l'activité en classe, le matériel nécessaire et le dispositif général, il forme les groupes. Les élèves arrivent dans la salle et vont se grouper par quatre autour des ordinateurs. Il modifie le dispositif pour les regrouper autour des tables centrales et les éloigner des ordinateurs. Mais certains restent à moins d'un mètre de l'ordinateur du groupe.

Pascal donne la consigne :

« Expliquer au quatrième ce qu'il doit faire pour tracer la figure [de chaque question] à l'écran ».
Question 1 : Sur l'écran pointé en maille carrées, tracez deux triangles afin qu'en les rassemblant ils forment un carré. Attention, seuls des côtés, des diagonales ou des morceaux de diagonales doivent apparaître. Si vous réussissez, imprimez votre figure. Vérifiez que votre figure a bien les propriétés du carré. »
Question 2 : avec 3 triangles.
Question 3 : avec 4 triangles
Question 4 : « Quel est le type de triangle que vous utilisez pour réaliser ces figures ? »
Question 5 : « A présent, en utilisant toujours ce type de triangle, essayez de former un carré avec 5, 6, 7, 8... triangles. Maintenant les segments tracés peuvent être autre chose que des côtés ou des diagonales. »

Il commente la consigne et leur rappelle qu'il leur a expliqué qu'ils allaient travailler avec un écran maillé. Il leur suggère de travailler au brouillon à main levée pour préparer leur explication pour l'élève qui va réaliser la figure à l'écran.

Séance 6 : Épisode 2 jusqu'à la 23^e minute

L'élève qui va passer à l'ordinateur est présent dans le groupe et cherche avec les autres.

Lorsqu'ils ont trouvé, il va réaliser la construction sur l'ordinateur.

A la onzième minute l'élève d'un groupe présent à l'ordinateur cherche directement sur l'ordinateur et trouve une solution qu'il veut imprimer. Pascal s'aperçoit du dysfonctionnement et intervient en direction du groupe classe pour rappeler que c'est la réalisation du groupe qui doit être réalisée.

Pascal passe d'un groupe à l'autre.

La situation émission-réception se transforme en situation où il s'agit de construire sur l'ordinateur un assemblage réalisé à main levée sur papier. Les élèves de chaque groupe se rassemblent autour des ordinateurs pour dire ce qu'il faut faire.

Pascal décide d'arrêter l'activité pour un regroupement.

Séance 6 : Épisode 3 jusqu'à la 35^e minute

Mise en commun sur la validation des tâches.

Problème de validation sur l'écran.

Séance 6 : Épisode 4 jusqu'à la 51^e minute

Les groupes se lancent dans une production à quatre sur un ordinateur.

La séance se termine par les impressions des productions sans bilan collectif sur la cinquième question.

8.4 Analyse a posteriori de la séquence d'apprentissage

8.4.1 L'intégration instrumentale

La tâche mathématique est définie dans un milieu non antagonique. Les élèves peuvent communiquer du groupe vers le constructeur, du constructeur vers le groupe sans que les conditions de la communication soient établies explicitement. Il s'en suit que la recherche d'une solution élaborée dans un espace papier-crayon n'a aucune raison de ne pas pouvoir être reproduite dans la fenêtre maillée aimantée de "AG" par des ajustements nécessaires.

La construction de trois triangles de telle façon qu'une fois assemblés ils forment un carré peut se réaliser en construisant trois triangles séparés, alors que la construction est impossible dans un carré de côté trois unités de carreaux de la grille maillée aimantée. D'autre part la consigne aurait pu être interprétée comme “construire deux triangles séparés qu'il faudra ensuite assembler pour construire un carré” changement qui aurait permis de favoriser une formulation des propriétés retenues.

La connaissance mathématique et la connaissance logicielle sont indépendantes. C'est le milieu matériel qui ne permet pas de les rattacher. L'outil ne sert plus, ici, qu'à réaliser une image imprimée.

On est selon nos critères dans un **détournement instrumental**.

La répétition d'utilisation de “AG” depuis six séances, avec peu de variations, ne nécessite qu'un **ajustement ponctuel** pour que Pascal gère le contrôle de l'outil par les élèves.

8.4.2 L'intégration praxéologique

8.4.2.1 Des techniques anciennes de l'environnement papier-crayon à l'environnement logiciel

Le groupe reçoit comme première consigne de « *construire 2 triangles pour qu'en les rassemblant ils forment un carré...* », ce qui constitue des connaissances anciennes pour des élèves de CM2.

Mais les techniques disponibles sont nouvelles.

La première, probablement la plus immédiate, consiste à partir du tracé d'un carré et d'une de ses diagonales et d'observer qu'elle le partage en deux triangles. La construction, lors de la séance précédente, de quadrilatères avec leurs diagonales favorise cette technique que l'on peut résumer sous la forme τ_1 : Construction du carré, tracé d'une diagonale. Identification des deux triangles.

La seconde, τ_2 , consiste à partir de la construction d'un triangle rectangle isocèle ; elle suppose de disposer des propriétés du carré (côtés consécutifs isométriques et angle droit) ; elle répondrait à la partie de la consigne « *en les rassemblant ils forment...* » qui laisse penser qu'ils ne doivent pas être assemblés. Cette technique fait référence à la connaissance des puzzles pratiqués depuis la maternelle. La représentation mentale peut être complexe s'il s'agit simplement d'un dessin sans découpage, surtout si les triangles doivent être assemblés après

des transformations symétrie axiale, rotation ou/et translation.

Si les élèves utilisent τ_1 , lors de l'explication, ils vont devoir abandonner cette technique puisque la diagonale doit être construite comme un des côtés d'un des deux triangles. Nous voyons apparaître une rupture entre la pratique papier-crayon et l'environnement numérique. Cependant, l'introduction de la grille maillée prend en charge, implicitement, les propriétés de perpendicularité des côtés du carré et gère en partie la mesure des côtés.

Si les élèves utilisent τ_2 , ils seront confrontés, pour valider leur production, à l'utilisation des transformations internes au logiciel. Ils n'ont pas de connaissance instrumentale des transformations utilisables.

Les techniques utilisables dans la construction papier-crayon évoluent avec le nombre de triangles à utiliser. Le tracé de la deuxième diagonale résout la question 3 et favorise la résolution de la question 2. En revanche, la construction d'un triangle « 3 x 3 » sur la grille maillée ne permet pas de construire 3 triangles, le milieu des diagonales n'existant pas en tant que point.

Dans cette séance, les élèves construisent leurs connaissances dans une juxtaposition de techniques logicielles et techniques papier-crayon.

8.4.2.1 Rapport entre la TAL et la TAM

La situation aurait probablement favorisé des relations fortes entre les techniques dans l'environnement papier-crayon et logiciel, mais le non respect des consignes, le non contrôle par l'enseignant de ce dysfonctionnement vont empêcher l'exploitation des différences entre les deux environnements.

La tâche logicielle ne favorise pas l'entrelacement des techniques papier-crayon et logicielle et se réduit à une production d'un dessin sur une grille maillée aimantée d'ordinateur.

Nous avons attribué à ce critère d'intégration praxéologique le repérage par l'indicateur “pas de lien”.

8.4.3 Les contrats

8.4.3.1 Le savoir engagé

La construction d'un carré, de triangles, sont des savoirs anciens qui, engagés dans une

situation problème, auraient pu créer une nouvelle connaissance. Ici, cela se résumera à la reconnaissance des côtés du triangle comme appartenant à une diagonale ou un côté du carré. Un seul élève gardera une trace du non respect de cette consigne sur les six groupes.

Le dispositif empêche que la situation ne devienne antagonique. Le décalage entre les productions des élèves et ce que Pascal en validera nous fait dire qu'il s'agit d'un contrat d'ostension déguisée.

La validation des productions, lors de la mise en commun, porte sur la correspondance entre les côtés et les diagonales. La situation initiale Pascal et les élèves ont une reconnaissance perceptive du carré qui n'est jamais questionnée par l'enseignant. Pascal laisse les élèves substituer à la consigne « construire des triangles... », la consigne « construire un carré et les partager en x triangles²⁴⁵ » sans poser la question de la pertinence de la réponse.

En l'absence d'une validation pertinente par les élèves Pascal aurait dû assumer son rôle pour faire émerger une validation ou au moins valider. En laissant les élèves seuls face à la validation, Pascal ne partage pas la responsabilité et ne joue plus son rôle.

8.4.4 Enjeux pour la dévolution et l'institutionnalisation

Les élèves sont toujours impliqués sur leur désir d'utiliser l'ordinateur : à un, deux ou quatre ils s'agglutinent autour de l'écran pour utiliser l'ordinateur.

L'institutionnalisation, que nous avons transcrite ci-après et que nous allons commenter, montre comment Pascal fait dire aux bons élèves ce qu'il faut dire pour aboutir au savoir recherché.

²⁴⁵Voir transcription ligne 96, mise en caractères gras, dans le chapitre suivant « 8.4.4 Enjeux pour la dévolution et l'institutionnalisation »

1 P : Il y en à beaucoup qui ont bien avancé. Premier carré avec deux triangles ; deuxième carré avec trois triangles ; troisième carré avec quatre triangles. Est-ce que sur les ordinateurs on voit. Là c'est quelle étape ?	qui ont la politesse de lever le doigt.	29 É : On peut vérifier les diagonales
2 É : La première...	13 É : Sur l'ordinateur ou sur ça ?	30 P : Ah on peut vérifier les diagonales.
3 P : qu'est-ce qui était demandé ? Faire deux triangles afin qu'en les rassemblant on obtienne un carré... donc si on regarde bien est-ce qu'on a... les côtés oui les côtés... là c'est quoi ?	14 P : Non sur la feuille !	31 É : Les mesures, le périmètre...
4 É : Les diagonales (collectif)	15 É : Eh ben, y a l'équerre.	32 P : Les mesures... Oh là bas oh oh ! Il y a une discussion intéressante peut-être pour vous aussi. Il propose de vérifier les angles pour être sûr que nos figures sont des carrés. Je lui dis quoi ?
5 P : Est-ce qu'il y a autre chose ?	16 P : Et l'équerre qu'est-ce qu'on en fait ?	33 É : Ça peut-être un rectangle !
6 É : Non !	17 É : On la place dans les angles et on voit s'il y a des angles droits.	34 P : Oui il faut faire attention il y a autre chose à vérifier. Et toi "R" comment tu as vérifié que ta figure est bien un carré.
7 P : Non, donc ça respecte la consigne ?	18 P : On place l'équerre dans les angles et on regarde s'ils sont droits. Et alors ? Qu'est-ce qu'on en tire comme conclusion	35 É : Regarder si les côtés sont égaux.
8 É : Oui élèves	19 É : Eh ben les angles sont droits.	36 P : Bon ! Et qu'est-ce que tu prends ? Quel outil ?
9 É : Oui	20 P : Eh alors ?	37 É : La règle
10 P : Vérifier que la figure a bien les propriétés du carré. Je n'ai pas vu beaucoup de monde vérifier que la figure était... vous avez simplement regardé et vous avez dit c'est bon oui c'est un carré. Effectivement ça ressemble de très près à un carré, ça ressemble beaucoup à un carré. Si on avait voulu vérifier qu'est-ce qu'il aurait fallu faire ?	21 É : C'est un carré	38 P : La règle graduée ou alors ?
11 Brouhaha	22 P : C'est un carré parce que ?	39 É : Le compas
12 P : Je vais donner la parole à ceux	23 É : Parce qu'il a des angles droits.	40 P : Qui a dit le compas ?
	24 P : C'est un carré parce que ses angles, ses quatre angles sont droits. Voilà ça c'est une façon, c'est une façon de vérifier si la figure est bien un carré ? Silence D'accord !... j'aurais pu te dessiner un rectangle et tu m'aurais dit que ça allait bien.	41 É : Moi j'allais le dire...
	25 É : Ben non ! Ben ça dépend si... si...	42 P : Donc avec la règle graduée ou avec le compas on va vérifier que les côtés soient tous égaux et là entre ce que nous a proposé "J" et ce que toi tu proposes on peut là s'approcher des propriétés du carré. Parce que des fois on croit et puis quand on regarde en précision on s'aperçoit que c'est pas ça !
	26 P : Si on vérifie que les angles	
	27 É : Que les angles si... on vérifie...	
	28 P : Si on vérifie que les angles est-ce qu'on peut être sûr que c'est un carré ?	

Pascal essaie de faire dire que c'est un carré pour poser la question de la justification des propriétés du carré [ligne 10].

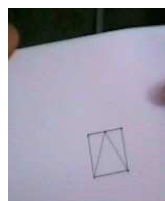
Il interroge les élèves sur les outils pour vérifier les propriétés et se place dans l'environnement papier-crayon [ligne 14]

Il formule la possibilité que ce soit un rectangle [ligne 24], n'arrive pas à imposer les mesures des côtés et est entraîné vers les diagonales qu'il a rejetées au début [ligne 5]. Il écarte à nouveau [ligne 30] les diagonales pour revenir aux mesures. Il fait apparaître les outils qui permettent la vérification de l'égalité des côtés.

Il termine la partie concernant le carré.

Il n'a pas été fait mention des techniques logicielles pour arriver à ce point de résolution.

<p>43 P : Et enfin qu'est-ce qu'on pourrait vérifier ? Qui c'est qui en a parlé ?</p> <p>44 É : Si les traits ils sont sur les trucs... Les diagonales, les diagonales...</p> <p>45 P : Donc qu'est-ce qu'on pourrait vérifier pour être sûr qu'on est avec un carré ?</p> <p>46 É : Les diagonales... Les mesurer...</p> <p>47 P : Eh alors ?</p> <p>48 É : Si elles ont la même mesure, s'il y a la même mesure dans les deux diagonales</p> <p>49 P : Même mesure dans les deux diagonales on a un carré</p> <p>50 É : S'il y a que les angles ?</p> <p>51 P : Oui hélas ça aussi c'est peut-être pas suffisant.</p> <p>52 É : Pas obligé</p> <p>53 P : Et oui pas obligé ! Donc il faut que les diagonales soient de même longueur et ...</p> <p>54 É : Et un angle droit</p> <p>55 P : Et qu'elles se croisent...</p> <p>56 É : Perpendiculaires !</p> <p>57 P : Et qu'elles se croisent en formant ?</p> <p>58 É : Un angle droit</p> <p>59 P : Quatre angles droits en réalité</p> <p>60 P : Et puis aussi il faut faire attention quand on vérifie avec la règle parce que par exemple on peut avoir deux côtés...</p> <p>61 "EL" ! tu me feras un petit résumé de tout ce qu'on a dit ! Hein ! Et ça servira à tout le monde ton résumé ! Et oui !...</p> <p>62 Par exemple il peut y avoir trois, deux côtés de de 2,4 centimètres et deux côtés de 2,6 centimètres et ça</p>	<p>fait un rectangle.</p> <p>63 Il faut être de plus en plus précis. De plus en plus précis dans nos mesures dans nos tracés... On n'est plus au CP là ! Bon donc là... maintenant... On va parler de... On a fait la première... il montre</p> <p>64 P : voilà ici on a deux triangles. Est-ce qu'on voit autre chose ? [fait le tour du regard des écrans] Non ça a été effacé. Donc on va prendre un dessin. [prend une feuille] Merci "M". Là donc celui-ci deux triangles. Ici trois triangles, trois triangles il y en a un grand il y en a deux plus petits. Et ici quatre triangles. C'est réussi ?</p> <p>65 É : Oui</p> <p>66 P : C'est bien ! Moi je vais demander à ce groupe eh eh eh ! Et non ils ne veulent pas montrer ! Inaudible c'est pas grave ! C'est pas grave je vais choisir cet exemple.</p> <p>67 É : Comme nous !</p> <p>68 P : Vous l'avez fait ! Vous l'avez conservé c'est votre proposition. Donc si on observe on a quoi ?</p> <p>69 É : Trois triangles</p> <p>70 P : Donc on a trois triangles. Donc en fait on a suivi la consigne... Il fallait trois triangles.</p> <p>71 É : Ah non !</p> <p>72 É : Pas complètement ! (autre élève)</p> <p>73 P : Pas complètement ! Tu t'en es aperçu.</p>	<p>74 P : Alors ?</p> <p>75 É : C'est pas des diagonales</p> <p>76 P : Chutt, chutt...</p> <p>77 P : Non, non je te demande de parler c'est très bien. Je te dis chutt parce que j'en vois qui n'écoutent pas c'est dommage. Vous avez réfléchi sur votre travail et vous avez découvert quelque chose qui ne convenait pas. Donc en vous laissant un peu plus de temps vous auriez modifié. Qu'est-ce que c'est qui ne convient pas ? Vas-y...</p> <p>78 É : C'est parce que c'est des traits qui sont dans le carré et qui ne sont pas des diagonales.</p> <p>79 P : Voilà on a ici deux segments qui ne sont ni des côtés, ni des diagonales, ni des morceaux de diagonales. Tout ce que j'avais demandé et là effectivement on est sorti de la consigne. Alors si on en reste à ceci, ça et qu'on réfléchit à la question numéro 4. La question c'est ? "EL" c'est quoi la question ?</p> <p>80 EL relie : Quel est le type de triangle que vous utilisez pour réaliser ces figures ?</p> <p>81 P : Quel est le type de triangle que vous utilisez pour réaliser ces figures ? Vous avez réfléchi vous à ça ?</p> <p>82 É : Oui nous on...</p> <p>83 P : Alors vous avez été gênés parce qu'il y avait le type de triangles et puis vous en avez mis plusieurs. Et ça, ça vous a gênés.</p> <p>84 É : Non ! On a trouvé quand même !</p> <p>P : Alors quel est le type de triangle ? "A" tu dirais quoi ?</p> <p>85 É : Triangle rectangle isocèle.</p>
---	--	---



Après avoir accepté l'échange autour des diagonales, sans question sur les techniques logicielles pour les construire, Pascal présente deux productions, une « réussie » et une deuxième, la seule production qui ne correspond pas à la consigne. Cela constitue une transition pour que Pascal rappelle l'image de ce qu'est une diagonale vue lors des séances précédentes sans que les élèves reformulent la définition qu'il avait donnée.

L'image de la construction montre l'absence des "centres" des triangles. Cette figure ne peut donc être réalisée, dans les conditions de la classe, que si ces élèves n'ont pas utilisé l'outil "triangle" pour construire la figure. Sans en avoir pris conscience, Pascal demande alors aux élèves quels sont les triangles qu'ils utilisent et la réponse collective est la réponse attendue "les triangles rectangles isocèles" alors que ces élèves ont utilisé l'outil "segment".

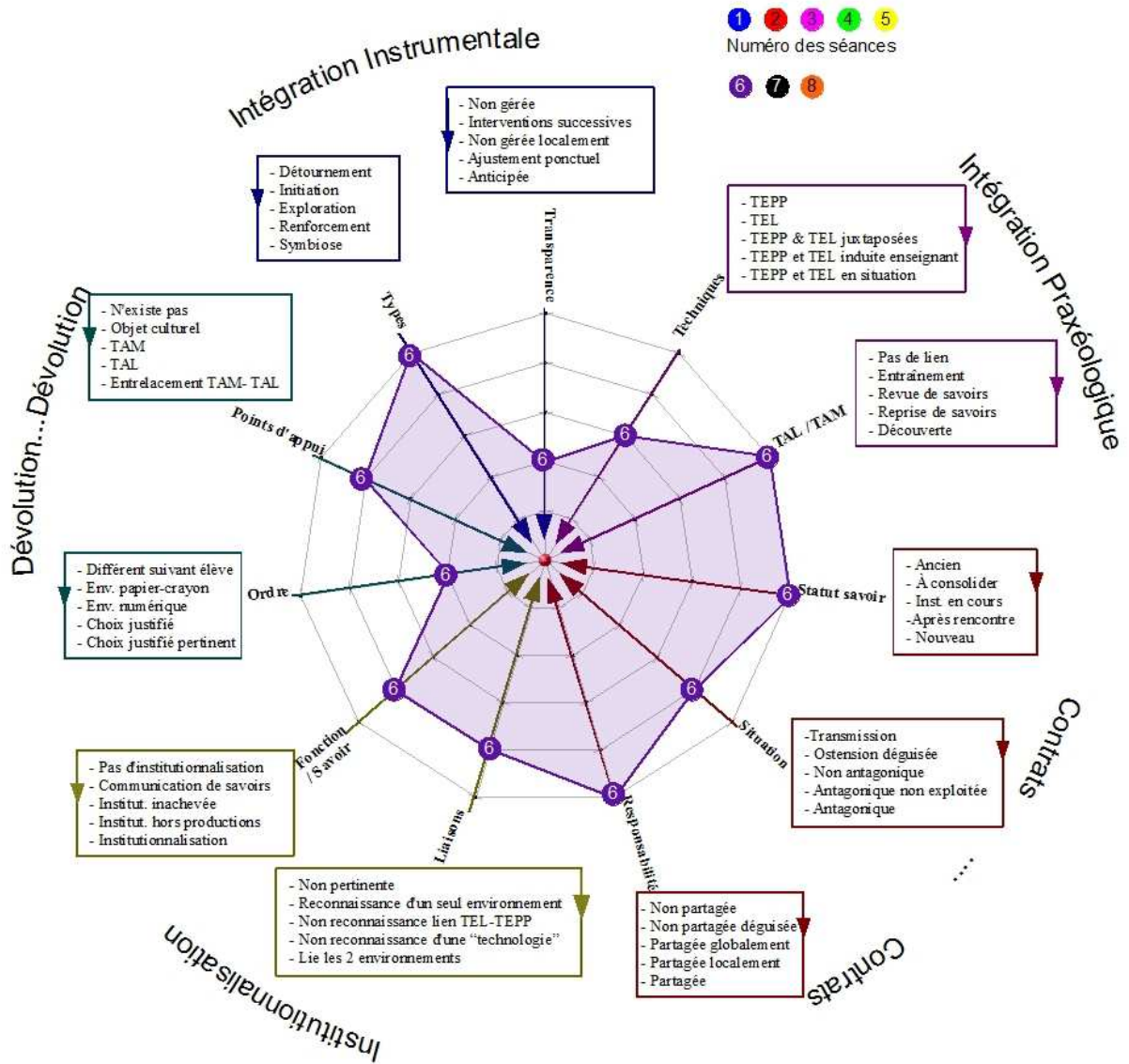
<p>86. P : Oui Super ! Triangle rectangle isocèle. Ils sont beaux ces triangles ! Ils sont beaux, ils sont très intéressants parce que si on les assemble comme ça justement on peut réaliser une belle figure. Un beau carré ! Alors les caractéristiques d'un triangle rectangle isocèle on les trouve dans le nom. Voyons qui c'est qui va me le dire ? Voyons "S" tu en a très envie.</p> <p>87. É : Le triangle rectangle isocèle il a un angle droit et deux côtés égaux.</p> <p>88. Voilà ! Deux côtés égaux et un angle droit. Bon on regarde nos figures. L'angle droit on le trouve où ? Ici... [inaudible] donc notre angle droit il est ici ! On est bien d'accord ? Donc</p>	<p>il vient s'assembler avec les trois autres angles droits. Et ça c'est très intéressant parce que nos côtés là ! Nos côtés ils forment la diagonale. Et alors quand on connaît le triangle rectangle isocèle on sait que...</p> <p>89. É : Elles se croisent perpendiculairement.</p> <p>90. P : Ça nous confirme que les diagonales du carré se croisent de façon perpendiculaire. Et ça peut nous confirmer autre chose. Ici nous avons un côté et ici nous avons un autre côté... et si on réfléchit bien on va s'apercevoir que... en allant de côté à côté... on va s'apercevoir que le triangle rectangle isocèle il nous dit que les diagonales du carré et bien elles sont de même</p>	<p>longueur. Bon est-ce que c'est clair pour tout le monde ?</p> <p>91. É : Oui !</p> <p>92. P : Pour vous qui avez fait ça aussi...</p> <p>93. É : Oui !</p> <p>94. P : Ça va vous avez bien compris ?</p> <p>95. É : Oui !</p> <p>96. P : D'accord ! Alors maintenant il y a une deuxième partie dans la consigne alors là vous pouvez faire ça tous ensemble à l'ordinateur. Et essayez de faire toujours un carré. Avec 5, 6, 7, 8 pourquoi pas plus triangles rectangles isocèles. Mais on utilise que le triangle rectangle isocèle. Et on essaie de faire une figure... alors c'est... qu'elle soit jolie ! D'accord ?</p>
---	--	--

En forme de discours transmissif sur les propriétés des diagonales du carré²⁴⁶, Pascal relance l'activité en leur demandant d'appliquer l'utilisation du triangle rectangle isocèle à la construction du carré.

Nous avons une communication de savoirs sur les propriétés des diagonales du carré qui ne prend en compte qu'un seul environnement dont la pertinence avec la tâche initiale n'est pas établie.

Nous pouvons maintenant situer ces deux séances sur la "toile" par rapport à nos critères d'intégration des pratiques en environnement TICE.

²⁴⁶Il oublie de dire qu'elles se coupent en leur milieu ce qui en fait un parallélogramme.



8.1 Éléments d'apprentissage de l'enseignant Pascal dans la séance “Émission-réception”

8.1.1 Ce que dit Pascal

Pascal, toujours très positif, se rattache à ce que ça a permis lorsque rien ne correspondait à ce qu'il avait prévu : *« celui qui était tout seul à l'ordinateur était sensé attendre les consignes du groupe réfléchissant et en fait il était entrain de faire la consigne et de trouver des choses qui ont aidé vivement les autres à avancer et peut-être à se décoincer. »* Ce qu'il n'aurait jamais osé faire attendre un enfant sans tâche pendant un moment indéterminé il dit *« j'y ai pas pensé, je voyais l'enfant à l'ordinateur en train d'attendre sagement. On se fait toujours des illusions ! »*

Il envisage des transformations *« j'avais un objectif de communication entre les parties du groupes j'aurais aimé qu'ils utilisent des termes précis et ... programme de construction transmis et ça c'est tombé à l'eau... (...) Il faudrait recommencer cette séance en empêchant celui qui est à l'ordinateur de commencer par lui même. »*

Il s'est lancé dit-il *« puis après moi je vois ce qu'il y a à ramasser et puis bon... de toute façon c'est un peu la leçon que je tire du travail que je fais sur l'apprenti-géomètre c'est qu'il y a une part de chose qu'il est difficile de mesurer par nature mais en plus quand on le fait pour la première fois il faut y passer puis après affiner donc voilà ».*

8.1.2 Conditions et contraintes pour l'apprentissage de Pascal dans cette séance

Pascal après deux séances qui n'ont pas fonctionné comme il l'attendait a modifié une grande quantité de variables dans son milieu objectif, l'orchestration des groupes pour répondre à une situation d'émission réception, le type de tâche mathématiques, la relation entre l'environnement papier-crayon et l'environnement Apprenti Géomètre. Une nouveauté, mais une prise de risque non contrôlée dont il a conscience quand il dit *« qu'il est difficile de mesurer par nature mais en plus quand on le fait pour la première fois il faut y passer puis après affiner ».*

8.1.2.1 Du côté de l'intégration instrumentale

Pascal n'a pas changé de type d'utilisation d'Apprenti Géomètre, la transparence est maintenant gérée par la répétition d'usage. Il n'y a pas d'évolution et Pascal n'en parle pas. Il n'a pas perçu, « *faire travailler [les élèves] sur le réseau pointé aussi avec les mailles carrées* » n'est pas identique sur une feuille de papier et sur l'ordinateur comme nous l'avons expliqué à propos du carré 3x3, heureusement ou malheureusement il ne sera pas confronté au problème pendant la séance.

8.1.2.2 Du côté de la dimension praxéologique

Les tâches mathématiques attendues ne sont pas suffisamment réfléchies pour être mises à l'épreuve de la classe. La situation d'émission-réception n'en est plus une après quelques secondes. Les techniques des élèves ne sont pas contrôlées ni contrôlable dans le contexte.

Même si Pascal a pensé son activité en lien avec le dysfonctionnement de la dernière séance pour prolonger le travail sur les diagonales, Il ne semble pas avoir trouvé les bonnes réponses.

8.1.2.3 Statuts des savoirs

Jusqu'à cette séance les élèves travaillaient en géométrie à partir de l'activité d'Apprenti Géomètre, pour cette séance il les aide à dépasser l'obstacle parce que « *c'est un peu moins immédiat pour eux donc je veux insister + et en même temps je démarre un travail sur les triangles. On a fait une première séance de rappel sur les familles de triangles... Ils savent des choses c'est clair.* » Si le savoir était ancien ici il a été rappelé avant d'être sollicité.

9 Les séances “Décllic”

Entre la séance du 12 décembre et cette première séance de « Décllic » (27 mars) il n'y a pas eu d'activité mathématique où les TICE ont été utilisées.

9.1 Le milieu envisagé par l'enseignant

L'objectif est la découverte d'un nouveau logiciel de géométrie dynamique, « Décllic », et en mathématique l'utilisation de cette exploration pour travailler le langage géométrique. Cette idée est liée à une évaluation « dictée géométrique » qui n'a pas été réussie.

Pascal prévoit l'activité sur trois-quarts d'heure. Les élèves seront par deux à l'ordinateur. « *Je voudrais qu'ils explorent cet écran d'ordinateur. Qu'ils arrivent vers ces icônes ou vers ces menus éventuellement qui sont là.* » Ce sont les pratiques antérieures des enfants qui seront sollicités pour explorer cette nouvelle interface graphique de ce nouveau logiciel. Le « *je voudrais* » laisse penser que Pascal n'est pas sûr d'y arriver. L'implicite du verbe « *arrivent* » ne sera éclairé que dans l'entretien post lorsqu'il précisera l'institutionnalisation qui sera faite du travail réalisé par cette séance.

Pascal connaît le menu « validation des outils » qui permet une réduction de l'ensemble des outils disponibles. En ne l'utilisant pas, il multiplie les chances que les élèves soient confrontés à une situation incompréhensible pour eux. Son argument tient au fait que dans un logiciel de traitement de texte il y a de nombreuses fonctions et les élèves ne les utilisent pas. Nous soulignons que, lorsqu'ils utilisent un traitement de texte, ils ont une tâche à effectuer et la réponse à cette tâche passe par le choix d'une fonction logicielle (une technique) pour répondre à la tâche (il peut y en avoir plusieurs).

On s'éloigne ici de l'attente institutionnelle qui, dans le domaine de « l'espace et géométrie », à propos du paragraphe « *relations et propriétés : alignement, perpendicularité, parallélisme, égalité des longueurs, symétrie axiale* », souligne que « *les relations et propriétés évoquées dans cette rubrique doivent être utilisées dans des activités de résolution de problèmes* »²⁴⁷ même si Pascal a pensé son dispositif comme une relation entre mathématiques et logiciel. Pour dire cela nous nous appuyons sur le fait qu'il propose comme tâche : « *qu'ils essaient de mettre sur le papier sous forme d'aide mémoire très rapide ou de conseil aux autres le titre donc, la notion qui est en jeu, et comment on fait fonctionner l'ordinateur pour l'utiliser.* »

247 Document d'application cycle 3 p.31

La forme n'est pas très assurée « *aide mémoire* » pour soi ou « *conseil aux autres* » dont nous ne percevons pas le but. Si le titre et la notion qui est en jeu renvoient à l'objet mathématique, à l'école primaire, les objets mathématiques sont d'abord étudiés comme outil, ce qui suppose la référence à une situation dont la construction ou simplement le choix relève de l'enseignant plutôt que de l'élève. Le « *comment on fait fonctionner l'ordinateur pour l'utiliser* » pourrait être compris comme un « *programme de construction* » que les élèves du cycle 3 s'approprient progressivement. Ici le « *programme de construction* » devient un texte où se mélangent noms d'objets mathématiques et gestes instrumentés par le logiciel.

9.2 Le dispositif de travail

La classe est partagée en deux. Un groupe sera surveillé par une aide-éducatrice dans la classe. Il aura une série d'exercices sur la symétrie axiale à réaliser. L'autre demi-classe sera avec Pascal dans la salle informatique. Puis les deux groupes permuteront : les deux séances n'ont pas les mêmes acteurs mais l'absence d'évolution entre les deux séances ne nécessite pas que nous décrivions la seconde.

Contrairement aux autres séances, la consigne n'est pas rédigée.

Pascal nous fait part de son inquiétude du manque d'expérience du logiciel en classe, il n'en a aucune avec « Déclic », il lui est difficile de se projeter : « *je ne sais pas combien ils vont en voir dans la séance mais le but c'est ça : l'approche du logiciel. La mobilisation de différentes notions et en même temps une petite discussion et de l'écriture...* ».

Alors que Pascal n'avait jamais fait référence à la maîtrise de l'environnement logiciel dans les séances précédentes, il envisage des obstacles dans la réalisation de la tâche.

Premier obstacle dans la gestion de l'environnement informatique (ils ne trouvent pas d'icônes dont ils peuvent maîtriser le sens) : il dit que ce sera « *facilement rattrapable* » sans dire comment, mais il semble sûr de lui.

Deuxième obstacle : la difficulté de rédaction, mais il compte sur l'environnement informatique pour la dépasser « *d'autant qu'il y a des petites fenêtres d'information, genre d'info-bulles, qui apparaissent dans le logiciel et qui donnent la marche à suivre. Donc je pense que s'ils voient ça, ça va les aider.* »

Pourtant Pascal modère son sentiment de maîtrise de la situation « *il me semble que le... les enfants qui coincent avec les machines qui partent dans des directions... les difficultés me paraissent plus larges... enfin l'éventail des difficultés me paraît peut-être être plus large sur*

machine. Pour ça c'est vrai que j'ai eu un peu plus de stress. »

9.2.1 Présentation générale de l'outil logiciel

Nous avons présenté le logiciel de géométrie dynamique lors de l'étude des séances de Matthieu. Pascal laissera tous les outils disponibles dans les menus des élèves. La configuration initiale des menus de commande ou du « pavé » d'icônes sont des commandes dont le concept est inaccessible à un élève de CM2. Pour mesurer la distance avec les connaissances des élèves de cycle 3 on peut citer dans le menu « Créer » : barycentre, point (x,y), fonction, vecteur ; dans le menu « Construire » : médiatrice, bissectrice, symétrique, parabole, rapporteur ; dans le menu « Transformer » : Projection orthogonale, Projection oblique, Translation, Rotation, Homothétie, Similitude, Modifier transformé, Projection sur fonction ; seules Symétrie centrale et Réflexion sont accessibles ; dans le menu « Décrire » : les coordonnées n'ont pas de sens ; on peut enfin écarter dans le menu « Divers » la gestion des Macros. Pour les élèves de cette classe le « pavé » d'icônes comporte 14 icônes inconnues sur 38 puisque médiatrice, bissectrice,... renvoient à des définitions trouvées dans les leçons du manuel utilisé, alors que les programmes les placent dans des connaissances ne relevant pas du cycle.

L'enseignant justifie cette configuration parce que [dans ces icônes] *« il y a un certain nombre de choses qui ne les concernent pas. Il y en a d'autres qui sont parfaitement dans le programme et qui sont à travailler sur l'année. Donc j'ai envie qu'ils aillent explorer ces pavés où l'on voit peut-être un point, peut-être un cercle, etc »*. Le milieu de cette exploration est en partie contrôlé puisque Pascal *« enlève la petite feuille de calcul et la palette. Qu'elles n'apparaissent pas comme ça. Qu'il y ait juste la page blanche. Le pavé de droite. »*

9.2.2 Le potentiel adidactique du logiciel, les types de tâches, tâches et techniques associées

Nous pensons que les élèves qui ont rencontré les « info-bulles » dans d'autres logiciels lorsqu'ils déplacent la souris au dessus d'une icône, pendant deux secondes, les verront apparaître. Le contenu de ces « info-bulles » est réduit à une formulation très simplifiée, par exemple « parallèle » pour « commande pour construire la droite parallèle à... ». L'iconographie est une tentative de schématiser la commande par l'objet construit, ce qui peut faciliter en partie l'interprétation. Nous avons vu à propos des parallélogrammes dans la

classe de Matthieu que ce n'est pas toujours le cas. L'usage des menus et sous menus, par exemple « Construire » puis « Parallèle », semble un peu plus explicite. Le survol de l'icône ou de l'élément du menu fait afficher, dans la barre d'informations située dans un bandeau au bas de la page, les étapes de la technique instrumentée pour réaliser cette commande.

Il est pourtant probable que nombre de commandes ne pourront aboutir en l'absence d'objet de base nécessaire. Reprenons le cas de la construction d'une parallèle à une droite donnée passant par un point donné, l'absence de droite pré-existante rendra impossible la réalisation de la commande. De même si un élève utilise la translation, le logiciel demande l'identification d'un point, d'un deuxième point (origine du vecteur de translation) puis d'un troisième point (extrémité du vecteur de translation) ; pour en construire un quatrième cette commande pourrait être décrite par des égalités de mesure sans que la direction ni le sens ne soient perçus.

Ce travail d'identification d'objets ou de relations entre des objets nous semble porter sur une reconnaissance perceptive au détriment de la compréhension de propriétés du concept. La dictée géométrique ne devrait pas être mieux réussie après ce travail.

La mémorisation des productions de l'activité est très complexe puisque les élèves devront décrire d'une part ce qu'ils savent construire (un objet géométrique) avec une commande et d'autre part la technique qu'ils utilisent qui est souvent une suite de techniques instrumentées dans le logiciel (clic de souris) sur des objets géométriques. Prenons l'exemple de la construction de la parallèle à une droite d déjà construite passant par un point A existant. Construire la « parallèle » se déroule selon la technique instrumentée suivante :

Clique le point puis la droite (L'élève doit reconnaître le point géométrique A)
Après avoir cliqué sur le point A : “Saisir la droite qui fixe la direction”. (saisir la droite consiste à identifier par un clic de souris, la droite nommée d , en occultant la deuxième partie de la phrase “qui fixe la direction” non compréhensible par un élève de cycle 3)

L'identification du point A n'est pas prise en charge par le logiciel, ce qui permet qu'un élève pointe le nom et crée un point se substituant au point A . En revanche, le clic sur la lettre d désignant la droite renvoie un message d'erreur “Il n'y a pas de droite à proximité, impossible de construire une parallèle”.

Enfin, cette technique ne permet pas de travailler « *la propriété d'écart constant entre deux droites (parallèles) qui sera [...] utilisée pour les activités de construction* »²⁴⁸ ; pourtant

248 Document application C3, p31

Pascal justifie cette activité par la non réussite à une tâche mathématique de construction des parallèles.

La complexité de la rédaction d'un message porte sur le mélange des objets instrumentés et des objets géométriques et sur le programme de construction qui doit définir l'étape initiale (objets géométriques), les étapes intermédiaires (techniques instrumentées sur des objets géométriques) jusqu'à la réalisation finale (objet géométrique nouveau). Or, comment un élève pourrait-il réaliser un objet final sans avoir une représentation préalable de ce qu'il veut réaliser, même si cette représentation est erronée !

9.2.3 L'environnement papier-crayon

L'environnement papier-crayon pré-existe à la mise en œuvre de cette activité. Les élèves ont produit des programmes de construction ou des dictées géométriques (construction à partir d'un programme).

Ici le document papier produit va devoir prendre en compte à la fois le texte et la construction et nous semble porteur d'une ambiguïté sur le destinataire. En effet l'enseignant oscille entre « *pour que votre travail ne s'évanouisse pas* », « *sous forme d'aide mémoire* » ou de « *conseil pour les autres* ». Enfin, la synthèse que Pascal souhaite réaliser portera sur « *une image... de ce pavé [...] dans le classeur avec peut-être un petit trait pour dire l'équivalent de l'info-bulle [...] de façon qu'ils aient ça et qu'ils le photographient[...] et peut-être une liste toute simple de ce qui a été découvert.* » De plus, cette trace papier n'est pas un outil pour l'enseignant puisque la réalisation d'une fiche synthèse des productions se fera « *en collectif, moi écrivant au tableau, en écoutant, en sollicitant, en disant il me semble qu'il y avait ça...* »

9.3 Synopsis des séances 7 et 8

Séance 7 : Épisode 1 jusqu'à la 2^e minute

Le lancement de l'activité commence par l'allumage des ordinateurs. Les élèves et les ordinateurs sont prêts, Pascal présente la séance :

<p><i>P : Bon vous êtes douze. Deux par machine. On met en route ! Bon le logiciel que l'on va explorer aujourd'hui s'appelle Déclic.</i></p> <p><i>É : Ouai !</i></p> <p><i>P : Regardez, essayez de le trouver sur le bureau. Vous l'avez ?</i></p> <p><i>É : Oui</i></p>

P : Voilà... On fait un double clic sur Déclic et on se retrouve avec + une page, un écran... qu'est-ce qui se passe là ? Bon tu laisses là... le temps que ça s'installe je vous explique un petit peu ce qu'il faut que vous fassiez.

Séance 7 : Épisode 2 jusqu'à la 5^e minute

La consigne est donnée oralement. Les élèves disposent de feuilles papier pour présenter leurs « découvertes ».

P : Vous vous trouvez face à une page... Page d'un logiciel que vous ne connaissez pas. Vous allez le découvrir mais moi je vais rien vous dire ! Vous allez vous débrouiller pour le comprendre ! Alors un logiciel comme ça il y a plein plein de choses. Il y a des choses qui vous concernent d'autres qui ne sont pas encore de votre niveau hein ! Alors, attends ! Attends ! Dans deux minutes je vous lâche... top départ et vous faites ce que vous voulez. Mais ! Il faut quand même que vous écoutiez la totalité de la consigne. Donc explorer le logiciel ; Voir comment il marche ! Essayez de voir si vous... il y a des choses là-dedans qui vous intéressent. S'il y a des choses qui pourraient vous servir d'outil à vous ? Hein ! Pour faire des tracés, pour... pour résoudre des problèmes et puis voilà... pour découvrir !... des nouvelles choses aussi, des nouvelles notions... Voilà !... Alors ce que j'aimerais c'est que votre travail ne s'évanouisse pas ! c'est-à-dire que dès que vous avez trouvé quelque chose vous mettez... vous êtes deux par machine vous en discutez vous regardez si c'est vraiment intéressant et sur votre feuille, soit sur le brouillon soit sur la feuille vous faites un petit paragraphe qui dit en titre ce... la notion que vous

avez découverte. Le le... de quoi ça parle ce que vous avez trouvé et puis en dessous une phrase ou deux pour dire comment marche... le logiciel. Hein !

É : On fait pour tout ce qui est intéressant ou pour tout ?

P : Pour tout ce qui est... ?

É : Intéressant !

P : Pour tout ce qui est intéressant, pas pour tout !

É : On en fait combien à peu près ?

P : Commençons et si dans un petit moment on verra. Si dans 10 minutes tu as tout fini, ce qui m'étonnerait, on verra !... Bon vous avez bien compris ?! Explorer le logiciel, laisser de côté ce qui vraiment ne vous concerne pas ou que vous ne comprenez pas du tout. Regardez comment fonctionnent les choses qui sont à votre niveau et quand vous en avez trouvé une, quand vous avez compris comment ça marche, à ce moment là, un petit paragraphe, même en style télégraphique, quelque chose de rapide, un petit paragraphe avec le titre, une phrase explicative qui explique comment marche la commande. Voilà est-ce que c'est clair est-ce qu'il y en a qui comprennent pas du tout ? C'est parti ! Si ça ne marche pas je viens... je passe...

Séance 7 : Épisode 3 jusqu'à la 32^e minute

Les élèves se lancent dans l'activité. Pascal circule d'un poste à l'autre.

Arrêt de l'activité et regroupement autour des tables centrales pour une mise en commun.

Mise en commun transcrite ci-après :

<p>P : On prend cinq, dix minutes maximum pour faire le point sur ce que vous avez découvert. Votre vision générale du logiciel. Je vous l'ai déjà demandé, qu'est-ce vous pensez de ce logiciel ? Par rapport à l'autre... qu'est-ce qu'il... ce logiciel...</p> <p>É : Il a plus de choix</p> <p>P : Y a plus de choix</p> <p>É : Sur l'autre il est moins compliqué</p> <p>P : Donc celui-là est plus compliqué</p> <p>Oui, oui</p> <p>P : Il y a plus de choix c'est plus compliqué bien sûr...</p> <p>É : et aussi pour effacer il faut toujours cliquer sur la poubelle.</p> <p>P : Il faudra peut-être aller voir. Il y a peut-être d'autres fonctions...</p> <p>É : Édition</p> <p>Édition on peut effacer toute la figure.</p> <p>É : Non défaire</p> <p>P : Ah défaire, défaire et on revient en arrière dans l'ordre... parlons pas tous ensemble on est en train de découvrir des choses intéressantes. Ils nous disent des choses de bien...</p> <p>Y a aussi refaire...</p> <p>P : Donc on peut aller en arrière et défaire petit à petit ce que l'on a fait, dans l'ordre où on l'a fait ! C'est bien ça ?</p> <p>É : Oui</p> <p>P : D'autres avis ?</p> <p>É : Et aussi dans la feuille on peut tourner la feuille...</p> <p>P : On peut... on peut déplacer ! Tourner non mais déplacer... Les filles là-bas qu'est-ce vous en pensez de ce logiciel ?</p> <p>É : Y a la couleur</p> <p>P : On peut choisir la couleur...</p> <p>É : On peut mettre les lettres</p> <p>On peut mettre les lettres, nommer les points !</p> <p>Brouhaha</p> <p>P : Ne parlez pas tous ensemble ! Je voudrais écouter Mel qui ne dit rien du tout. Ax ! On écoute, Mel qu'est-ce que tu en penses ?</p>	<p>Il est mieux que l'autre et il y a des fois [inaudible]...</p> <p>P : Oui alors si on synthétise : Il est mieux, il y a plus de choix mais la contre partie c'est qu'il est un peu plus compliqué. Voilà.</p> <p>É : Il est plus pratique, moi je le trouve plus pratique que l'autre. Il est complexe...</p> <p>P : Alors il est vraiment mieux que l'autre ! Plus compliqué ? Non plus facile. D'accord ok. On passe à un point suivant. Chut, chut... On fait un peu le point maintenant sur les fonctions que vous avez trouvées que vous avez explorées. Qu'est-ce que vous avez rencontré dans le logiciel ? Jes ! Travail collectif ! Ax tu parleras à ton tour tu écoutes les autres</p> <p>Triangle</p> <p>P : Vous avez découvert la fonction triangle et puis ?</p> <p>É : On a regardé un peu triangle équilatéral.</p> <p>P : Ce n'est pas à moi que tu parles ! C'est à tout le monde et je veux que tout le monde écoute. Donc elles ont su faire un triangle On n'a pas trop réussi parce qu'on n'arrivait pas à mesurer un objet... Alors vous avez aussi découvert les mesures. Je vous avais demandé d'aller voir le groupe qui avait trouvé. Vous n'y êtes pas allées vous avez trouvé toutes seules. C'est encore mieux ! Encore mieux ! Vous avez trouvé les mesures. Chuttt. On avance pas !... Vous avez trouvé les mesures... vous avez rencontré des difficultés parce que vous aviez un projet particulier. Qui était de...</p> <p>É : Le triangle, on voulait faire un triangle</p> <p>P : Oui mais pas n'importe quel triangle !</p> <p>É : Un triangle équilatéral</p> <p>P : Voilà vous vouliez faire un triangle équilatéral et en utilisant les mesures. C'est assez difficile il faut être très très précis. C'est pas évident d'accord... Donc en fait vous avez trouvé une fonction qui</p>	<p>vous intéressait et vous avez voulu utiliser cette fonction pour un projet. C'était pas exactement la consigne. Ce n'est pas grave ! C'était très bien quand même. Très intéressant. Après d'autres choses qu'on a trouvées ! Allez vas-y !</p> <p>É : Des polygones</p> <p>P : Les polygones ! Après ?</p> <p>É : Les parallèles</p> <p>P : Les parallèles !</p> <p>É : le triangle</p> <p>P : Le triangle !</p> <p>É : Le cercle</p> <p>P : Le cercle, c'est bien ! C'est bien...</p> <p>É : Nous on a trouvé la médiatrice</p> <p>É : La médiatrice</p> <p>É : La bi...sectrice et les polygones [inaudible]</p> <p>P : Polygones et symétrie ? J'ai pas trop regardé quand vous avez fait la symétrie.</p> <p>La médiatrice c'est intéressant parce qu'on la fait il y a pas très longtemps et vous voyez... Ax ! Qu'est-ce que vous avez fait vous ? Pareil qu'eux !</p> <p>P : Bon tu remets les titres. Mais il y a d'autres fonctions que vous avez trouvées.</p> <p>É : Les polygones...</p> <p>P : Mais ce quadrillage c'est une fonction aussi...</p> <p>É : oui, oui !</p> <p>P : Qu'est-ce que c'est ce quadrillage ?</p> <p>É : C'est pour faire des petits carrés (rires)</p> <p>Un autre enfant : Non, c'est pour mieux se repérer.</p> <p>P : C'est pour mieux se repérer. Tout à fait.</p> <p>Est-ce que vous avez vu comment il est quadrillé ?</p> <p>É : En pointillés...</p> <p>P : Taille des carreaux ?</p> <p>É : Oui il est en pointillés. 1 centimètre</p> <p>P : La taille des carreaux c'est un centimètre. C'est de centimètre en centimètre. D'accord ?</p> <p>É : Ah oui !</p>
--	--	---

<p>P : Après ?</p> <p>É : Nous on a fait plusieurs segments...</p> <p>P : Oui</p> <p>É : et on a fait un triangle rectangle à côté quand on avait [inaudible]</p> <p>P : Un triangle rectangle. Alors explique nous comment vous avez fait un triangle rectangle.</p> <p>Ben on a pris le quadrillage. On a fait un trait en essayant de... (son binôme) On a pris trois points. On a pris trois points. En essayant de faire un trait. Et après...</p> <p>Un trait ?</p> <p>É : Un segment</p> <p>Un segment d'accord. Donc vous avez utilisé le quadrillage pour faire... un triangle équilatéral.</p> <p>É : Pour construire les mesures...</p> <p>Oui d'accord ! Très bien d'autres choses ?</p> <p>É : La... le cercle</p> <p>Le cercle.</p> <p>É : Sur le cercle on a fait des segments comme ça !</p> <p>Oui ! Quels segments ? Avec le cercle il y a un vocabulaire précis.</p> <p>Oui il y a le cercle et il y a deux segments dedans...euh</p> <p>É : Les parallèles ! Non ?</p> <p>Tu penses parallèles parce qu'il dit deux segments.</p> <p>É : Oui oui eh beh un cercle avec...</p> <p>É : Non non !</p> <p>É : Un triangle dans un cercle</p> <p>Un triangle dans un cercle ben oui... ok ça manque de précision !</p> <p>Tu vois je ne comprends pas bien ce que tu me dis.</p>	<p>É : Le sommet du triangle il touchait le bord... (un autre élève) le point du milieu.</p> <p>Ce n'est pas grave, le point du milieu qui s'appelle ?</p> <p>É : Le marque centre.</p> <p>P : Le centre et oui et oui si on n'emploie pas les mots précis on va avoir du mal à se comprendre. Et si vous n'employez pas les mots précis vous aurez du mal à comprendre l'ordinateur. Parce que l'ordinateur il vous a parlé il y a des petites bulles...</p> <p>É : Il nous a dit ambigu !</p> <p>P : Il vous parle et il utilise le vocabulaire précis hein ! C'est pas des traits ! C'est pas le milieu du cercle. C'est autre chose. Vous dernier groupe.</p> <p>Aussi pour savoir s'il pou... l'ordinateur on peut regarder là et c'est marqué.</p> <p>Alors vous avez vu ça. C'est intéressant... Redit !</p> <p>É : Pour savoir ce que c'est on peut regarder en bas de l'ordinateur.</p> <p>Oui il y a une barre grise dans laquelle s'affichent des messages. Vous l'avez repéré ça ?</p> <p>É : Oui</p> <p>D'accord bon</p> <p>Vous avez fait... On fait le point pour terminer. Vous avez fait la découverte d'un nouveau logiciel.</p> <p>Qui est quand même un logiciel un peu compliqué et vous avez malgré tout réussi à découvrir des choses qui vous intéressaient, à en découvrir d'autres, à se lancer dans des projets. Bon c'est très bien. Ensuite vous avez réactivé,</p>	<p>retrouvé un certain nombre de notions, vocabulaire, euh... géométrique : bissectrice, médiatrice, cercle, polygones, etc. et puis voilà c'était tout ce que je voulais que vous fassiez. Donc peut-être que la prochaine fois que l'on fera une dictée géométrique, vous vous rappelez la dernière dictée géométrique que l'on a faite, c'était pas un grand succès (rires jaunes) et que la prochaine fois ça ira mieux. Et puis si ça vous dit on peut à d'autres moments prévoir de travailler sur ce logiciel pour là faire réaliser des figures, faire un projet... des choses comme ça, voilà.</p> <p>[inaudible]</p> <p>Voilà. Alors ça c'est une fonction dont vous n'avez pas parlé. C'est quand même une fonction importante c'est la fonction point. T'allais le dire ? Bon très bien. Donc point. Faire un point. C'est base du tracé, commencer par un point. Voilà.</p> <p>Bon on a deux secondes. Que pensez vous de la séance ?</p> <p>É : Bien ! Bien !</p> <p>Ça va ça vous a intéressés ça vous donne envie de faire autre chose ?</p> <p>É : Oui, oui</p> <p>Oui ? Quoi en gros</p> <p>É : Ben ! Tout !...</p> <p>Continuer à explorer je suppose... faire des figures... [réactions onomatopées acquiescement des élèves] les deux ... On va laisser les choses comme ça on va retourner en classe.</p>
---	--	---

Les élèves disposent de très peu de traces écrites et ne les regardent pas. Pascal n'y fait pas référence.

Fin de la séance.

9.4 Analyse a posteriori de la séquence d'apprentissage

9.4.1 L'intégration instrumentale

Les élèves sont placés dans un environnement dans lequel Pascal considère qu'ils sont capables de reconnaître des fonctions de géométrie, par leur expérience d'un autre logiciel de géométrie, dont « ...*juste la page blanche, le pavé de droite* » doivent rappeler aux élèves la page blanche d'« Apprenti Géomètre ». Les élèves savent qu'ils sont en mathématique, en géométrie, donc qu'ils vont parler de points, cercles,... mais cet effet de contrat ne peut que fixer les références communes aux activités papier-crayon ou à l'ancien logiciel "AG". Si un élève construit par hasard deux droites sécantes, il « voit l'intersection » et n'a aucune raison de la construire. De même un point sur une droite ne peut pas être différencié d'un point qu'il a placé sur cet objet s'il n'y a une tâche qui provoque la mise en évidence de l'indépendance des deux objets. Cet aspect a d'autant moins de raison d'apparaître que sous « Apprenti Géomètre » les points construits indépendamment de l'objet ne lui sont pas liés. Pascal compte sur le hasard.

La tâche mathématique de construction de "figures" avec les outils logiciels est liée à l'exploration des outils "géométriques", mais Pascal n'a anticipé aucun des obstacles que les élèves peuvent rencontrer dans leur recherche. Il semble même découvrir certains outils instrumentés dans le logiciel.

9.4.2 L'intégration praxéologique

9.4.2.1 Des techniques anciennes de l'environnement papier-crayon à l'environnement logiciel

Les élèves doivent utiliser leurs connaissances géométriques ou logicielle de "AG" ou d'autres outils de bureautique, de dessin, pour essayer d'imaginer ce qu'ils vont construire. L'environnement le plus proche est celui d'« Apprenti Géomètre ».

Nous sommes dans le cas où les techniques de l'environnement papier-crayon et logicielle se juxtaposent dans l'environnement logiciel.

9.4.2.1 Rapport entre la TAL et la TAM

La tâche mathématique est un prétexte à découvrir le logiciel ou la découverte du logiciel est un prétexte à revisiter le langage géométrique. Seulement un prétexte, puisque il ne donne pas lieu à une production écrite institutionnalisée et les objets construits ne peuvent pas être réinvestis dans les activités devant prolonger la séance.

Nous noterons le flou des éléments rencontrés, le langage inapproprié pour que les élèves puissent évaluer la pertinence de leur recherche : « *quelque chose, intéressant, faites un petit paragraphe qui dit en titre la notion et enfin comment ça marche* » comme transcrit ci-dessous

:

« Alors ce que j'aimerais c'est que votre travail ne s'évanouisse pas ! c'est-à-dire que dès que vous avez trouvé quelque chose vous mettez... vous êtes deux par machine vous en discutez vous regardez si c'est vraiment intéressant et sur votre feuille, soit sur le brouillon soit sur la feuille vous faites un petit paragraphe qui dit en titre ce... la notion que vous avez découverte. Le le... de quoi ça parle ce que vous avez trouvé et puis en dessous une phrase ou deux pour dire comment marche... le logiciel. Hein ! »

Ce que traduit l'échange qui suit avec un élève :

É : On fait pour tout ce qui est intéressant ou pour tout ?

P : Pour tout ce qui est... ?

É : Intéressant !

P : Pour tout ce qui est intéressant, pas pour tout !

L'ambiguïté de cette consigne en termes de tâche conduit des élèves à ne pas noter par exemple qu'ils ont appris à mettre en place une trame sur l'écran. Nous pouvons émettre plusieurs hypothèses :

Ce n'est pas intéressant pour eux ; ce n'est pas une découverte puisqu'ils savaient le faire apparaître dans « Apprenti Géomètre » ; ou ils n'en voient pas l'intérêt, ou ils ont oublié la consigne. Nous supposons que l'exploration du logiciel est plus prenante que la deuxième partie de la consigne. En effet, quelques secondes après, ils ont construit un polygone quelconque et n'ont toujours pas noté leurs découvertes.

Dans le même temps, deux élèves ont créé un point et ouvert le menu pour modifier son aspect (nom, couleur, position du texte,...) ; ils le nomment. Pascal leur demande qu'ils notent leur technique mais les élèves continuent à explorer ce menu, aspect très attirant par la possibilité de changer les couleurs...

La construction de triangles, de cercles, de bissectrice d'un tripoint,... sera envoyée à la poubelle sans en garder de trace « *pour en garder la mémoire* ». Quinze minutes plus tard Pascal n'a pas écrit. Il essaie de solliciter les élèves et commence à modifier son attente par « *au moins le titre [...] parce que l'explication à la limite...l'explication tant pis si on ne l'a pas, mais tant pis, au moins garder la mémoire de ce que vous avez trouvé !* ».

Nous pensons que la séance se transforme en une reconnaissance globale des noms des figures en liaison avec les tâches logicielles de construction. Ce qui constitue un entraînement dans un environnement voisin.

9.4.3 Les contrats

9.4.3.1 Le savoir engagé

Le langage géométrique engagé est un savoir ancien et lorsqu'il est utilisé de façon inadaptée rien n'oblige les élèves à en changer. La situation n'est pas antagonique, une transformation complète, en situation d'émission réception, aurait pu en faire une situation antagonique. L'abandon de la consigne par les élèves pour continuer l'activité leur laisse un degré de liberté dans le contrôle de la production des figures. Mais dans la mise en commun Pascal reprend la responsabilité de la situation en donnant la parole à ceux qui ont réalisé des productions « *intéressantes* ». Ce que nous avons qualifié de responsabilité non partagée déguisée.

9.4.4 Enjeux pour la dévolution et l'institutionnalisation

9.4.4.1 Le rôle et la place du logiciel dans la dévolution

Pascal utilise toujours l'image positive du logiciel pour inviter les élèves à entrer dans l'activité.

*« Vous vous trouvez face à une page... Page d'un logiciel que vous ne connaissez pas. Vous allez le découvrir mais moi je vais rien vous dire ! Vous allez vous débrouiller pour le comprendre !
Alors un logiciel comme ça il y a plein plein de choses. Il y a des choses qui vous concernent d'autres qui ne sont pas encore de votre niveau hein !*

Alors, attends ! Attends ! Dans deux minutes je vous lâche... top départ et vous faites ce que vous voulez. »

Pascal joue sur une complicité ludique, une jubilation de la découverte qui devient une forme de jeu où ils feront ce qu'ils veulent.

« Mais !

Il faut quand même que vous écoutiez la totalité de la consigne.

Donc explorer le logiciel ; Voir comment il marche ! Essayez de voir si vous... il y a des choses là-dedans qui vous intéressent.

S'il y a des choses qui pourraient vous servir d'outil à vous ? Hein ! Pour faire des tracés, pour... pour résoudre des problèmes et puis voilà... pour découvrir !... des nouvelles choses aussi, des nouvelles notions... Voilà !... »

Ce moment de complicité n'est pas exploité et la responsabilité de s'impliquer dans l'activité est rappelée comme une obligation de faire des mathématiques « *il faut quand même que vous écoutiez la consigne (...) pour faire des tracés, pour résoudre des problèmes* ».

La dévolution nous semble mise à mal par cette injonction qui s'oppose à l'image de liberté véhiculée par l'objet culturel.

Nous avons dit que si l'objectif est de favoriser le lien entre construction dans l'environnement papier-crayon et langage géométrique, la conduite de l'activité reste dans l'environnement logiciel et permet de faire un lien entre les techniques logicielles de construction et des éléments de vocabulaire.

Nous retiendrons que l'activité reste principalement dans l'environnement logiciel.

9.4.4.2 L'institutionnalisation réalisée et les environnements

L'institutionnalisation du langage constitue une communication du savoir pour ceux qui savent. Mais ceux qui ne connaissent pas, qui n'ont pas rencontré dans leur exploration l'objet géométrique inconnu, n'auront aucune information sur le sens des mots évoqués.

Entre les deux séances Pascal ne se pose pas la question de comment institutionnaliser des connaissances qui ne sont pas apparues dans les deux groupes. Ces connaissances ne sont d'ailleurs rattachées à aucune propriété des formes ou objets nommés, une liste de mots

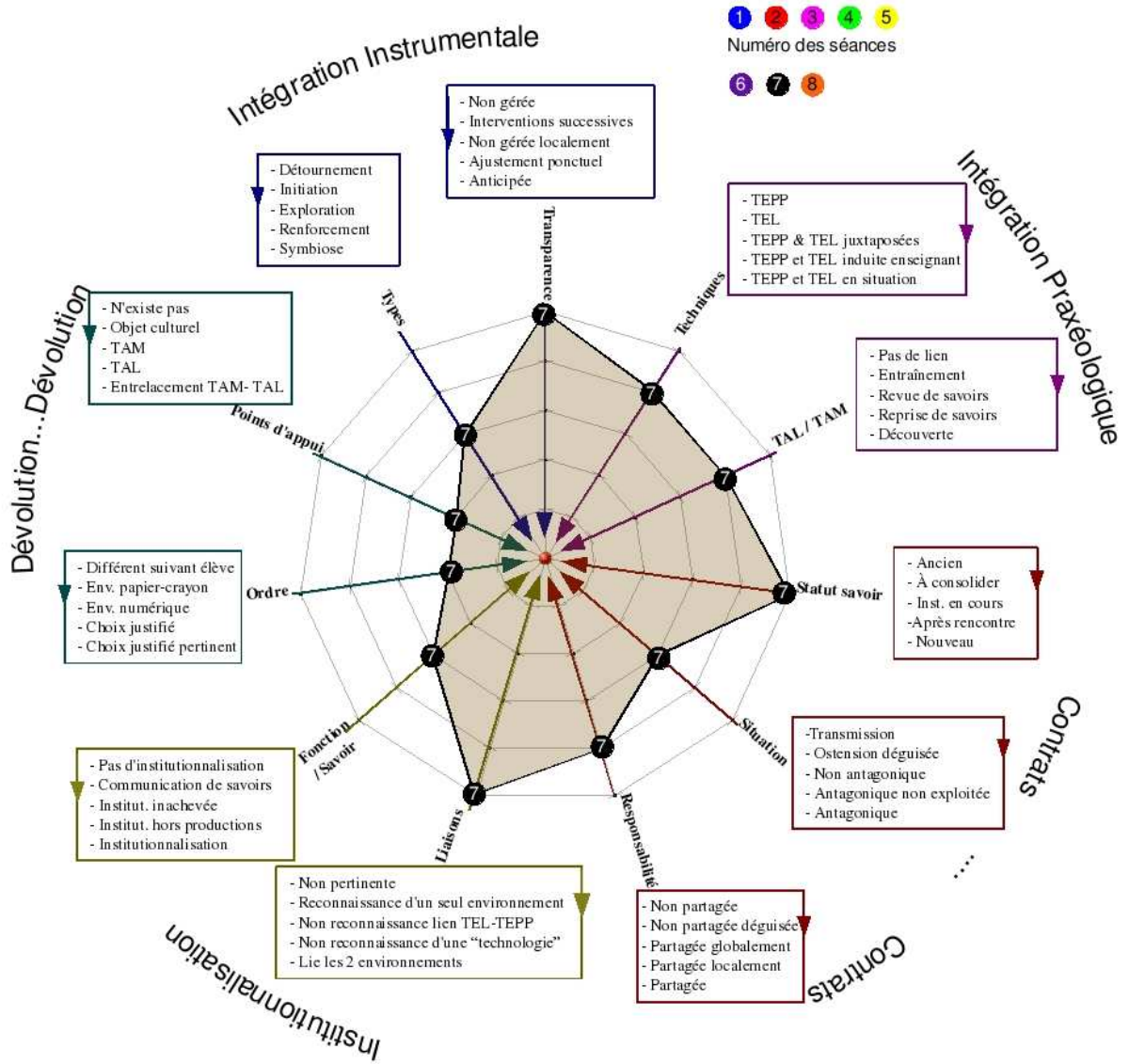
géométriques.

Les connaissances engagées par les élèves ne sont que partiellement reconnues, partiellement débattues et sans validation. Nous choisissons de retenir cet aspect que nous qualifions d'institutionnalisation inachevée.

L'impossibilité à représenter sur papier ou à expliquer les techniques logicielles rend impossible une rédaction institutionnalisation des tâches ou techniques logicielles.

L'institutionnalisation sous la forme d'évocation de la production des élèves ne nous semble pas pertinente, pour les raisons déjà présentées précédemment.

Nous pouvons maintenant situer ces deux séances sur la “toile” par rapport à nos critères d'intégration des pratiques en environnement TICE.



9.5 Éléments d'apprentissage de l'enseignant dans les séances “Déclic”

9.5.1 Ce que dit Pascal

Les conditions matérielles sont à prendre en compte : « *Sur mon vécu personnel c'est quand même beaucoup plus confortable comme ça que d'avoir un demi-groupe là [milieu de la salle], au niveau de l'ambiance générale, du niveau sonore, c'est vrai que je l'ai beaucoup mieux vécu. Beaucoup moins de tension et puis la capacité à suivre six groupes en tournant comme ça on les perd de vue moins longtemps.* »

Pascal semble “re-découvrir” les approches des élèves, leurs diversités « *des approches différentes vraiment je... je me suis aperçu à quel point ça pouvait être varié les approches des enfants* ».

L'environnement numérique lui permettrait de suivre leurs essais, leurs démarches :

« *L'écran est plus le reflet de ce qui se passe dans leur tête à la vitesse où ça se passe qu'une feuille de papier. Tac ils ont envie de faire un truc tac tac ils le font ça réagit très vite ça avance très vite ils ont une idée ils vont explorer il y a une icône là ils sont là pop pop on est là on va plus loin pop pop ça va très vite je trouve très intéressant, moi je trouve très intéressant.* »

Enfin le rapport entre la tâche logicielle et la tâche mathématique est explicite, mais peu pertinent²⁴⁹, puisque son « *but c'était de réactiver. (...) je trouve dans l'heure je trouve qu'ils ont fait un tour intéressant (point, segment, droite, parallèle, perpendiculaire, cercle, les polygones, bissectrice, médiatrice) ça fait quand même remuer beaucoup de choses et moi c'était ça que je cherchais parce que mon but ça serait que dans le cadre d'une unité géométrique les notions arrivent rapidement.* »

9.5.2 Éléments d'apprentissage de l'enseignant dans les séances

9.5.2.1 Du côté de l'intégration instrumentale

Pour la mise en place de ces deux séances utilisant “Déclic”, Pascal lance les élèves

²⁴⁹Nous avons des réserves sur le fait que l'activité aura fait remuer les choses, les élèves qui ont utilisé point et segment n'auront eu qu'un contact très pauvre aux objets géométriques, ceux qui ont rencontré les médiatrices n'auront pas perçu les propriétés qui sont hors programme,...

dans une exploration du logiciel sans avoir pris en compte la transparence, sans utiliser l'expérience des élèves de l'environnement logiciel "Apprenti Géomètre".

La répétition sur les deux séances montre que Pascal n'a pas pris de recul par rapport à son expérience dont il dit pourtant qu'elle se déroule dans des conditions qui lui permettront de « mieux voir » et d'être « plus disponible » en ayant moins d'élèves.

9.5.2.2 Du côté de la dimension praxéologique

L'introduction de la tâche d'écriture des "découvertes" des élèves, qui n'a pas pu être exploitée dans la séance 7, ne sera pas transformée dans la séance suivante, bien qu'il dise qu'il va le faire dans l'entretien ante de la séance 8.

L'obstacle de la rédaction de la description de la technique de construction aurait pu être résolu par une consigne liant la TAL à la construction, dans l'environnement papier-crayon, du même objet pour dépasser cette difficulté. Il n'exploite pas cette possibilité qu'il avait introduite, sans grand succès dans la séance 4.

La prise de conscience d'un dysfonctionnement dans son milieu matériel, sur la tâche engagée par les élèves, n'est pas suffisante pour qu'il engage des transformations, ce qui suppose une contrainte plus forte que l'on peut chercher au niveau des contrats.

9.5.2.3 Statuts des savoirs

Pascal ne semble pas profiter des documents disponibles sur la mise en place d'activités qui favoriseraient l'utilisation des tâches logicielles pour construire ou faire évoluer les connaissances en cours de construction. Dans ces conditions, il ne peut favoriser une situation où les élèves pourraient utiliser des techniques qu'il découvrirait ou ne connaîtrait pas.

Son contrôle de la situation découle de ce fait.

Ces séances contribuent à donner à Pascal une connaissance d'un nouvel environnement numérique pour les mathématiques mais son intégration n'est pas suffisante pour faire évoluer une première approche, sur deux séances.

e) Les séances de l'enseignante Noémie

1 Les séances conduites par Noémie

Ici, nous reprenons la même méthodologie générale utilisée pour analyser les séances des autres enseignants. Les sept séances suivantes se sont déroulées sur une période d'un mois entre la fin du mois de mars et la fin du mois d'avril, dans une classe de CE1 de 18 élèves dont 4 sont particulièrement agités. Initialement prévues sur une durée identique en novembre, nous n'avons pas pu les mettre en œuvre sur cette période. Lors de l'entretien de préparation des observations, Noémie nous a demandé si nous avions des préférences car elle pouvait utiliser l'outil TICE dans plusieurs domaines mathématiques. Elle renoncera provisoirement à utiliser le logiciel de Géométrie dynamique "Apprenti géomètre" pour sa possibilité de travailler en direction des pavages et des puzzles. La deuxième orientation qu'elle nous proposait, était la reprise d'un travail²⁵⁰ réalisé par DREVET & CANET et présenté dans AbraCAdaBRI (1994) que nous diffusons en formation continue. Elle choisira d'intégrer le logiciel didactisé par l'équipe de l'IREM et le COREM²⁵¹ de Bordeaux, "A nous les nombres", dans une séquence dont l'objectif déclaré est de passer d'une technique de dénombrement à une technique de calcul réfléchi.

L'enseignante considère que notre présence est, pour elle, l'occasion de s'impliquer un peu plus dans la mise en place d'une activité intégrant les TICE en mathématique, de franchir le pas, pas qu'elle avait déjà franchi dans des activités transversales de recherche documentaire et de production d'écrits simples mais aussi disciplinaires²⁵².

Nous présentons ci-après un tableau synthétique, en termes de contenu disciplinaire, des séances observées.

Séance 1	Séance 2	Séance 3	Séance 4	Séance 5	Séance 6 et 7
Donner du sens à la multiplication	Faire émerger des techniques personnelles de calcul additif	Réinvestissement différenciation des techniques de dénombrement par groupement calcul (soustractions)	Situation de renforcement du sens de l'addition et de la multiplication simultanément	Évaluation du travail des quatre dernières séances	Problème pour chercher sur les nombres : "Que voir"

Nous avons découpé l'ensemble des séances en deux séquences, "Train" et "Que voir", nom des modules du logiciel :

250Cabri école *Deux séances de géométrie au cours élémentaire*, abraCAdaBRI N°4, Juil-Août 1994.

251Centre d'Observation et de Recherches sur l'Enseignement des Mathématiques

252 Annexes internes - Annexe Noémie - Annexe 6 : Projet de classe présentant les objectifs par discipline.

- la première, “Train”, est centrée sur la reconnaissance d'un savoir et est composée des séances 1 à 5 ;
- la deuxième, “Que voir”, porte sur des problèmes pour apprendre à chercher et est composée des séances 6 et 7.

Nous présentons les cinq séances réunies autour de la situation “Train” puis les deux séances “Que voir”. Nous reprenons la même démarche générale que pour les études des séquences réalisées par les enseignants précédents.

1 Les séances “Train”

1.1 Le milieu envisagé par l'enseignant

1.1.1 La situation point de départ

La situation initiale est en lien avec le travail de recherche de BRIAND²⁵³, GAIRIN-CALVO et OYALLON qui a conduit au développement du logiciel “A nous les nombres” aux éditions PROFIL. BROUSSEAU (1988) avait présenté le module “CALAPA” pour donner un « *exemple : le nombre naturel : macro et micro ingénierie, Situations a-didactiques et didactiques* »²⁵⁴ lors de son sixième cours de l'école d'été d'Olivet. Le module “Train” est initialement prévu pour des CP. Le logiciel a été par la suite développé, libre de droits, mis à disposition de tous sur le site de Abuledu.org²⁵⁵.

1.1.2 Des objectifs d'enseignement

Dans le projet de classe, Noémie a l'intention de « *développer l'utilisation des TIC dans les apprentissages* ». Elle donne comme objectifs généraux le développement « *des connaissances liées à l'emploi de l'outil lui même “connaissance instrumentale”*²⁵⁶ » et en décline plusieurs aspects que nous présentons ici dans l'ordre de lecture :

253Joël BRIAND a expérimenté et analysé le rôle et le statut du module CALAPA de A nous les nombres dans son DEA (1985)

254pp. 77-100

255Dans la version disponible, au moment de l'expérimentation, ne dispose pas exactement des mêmes fonctionnalités que la version initiale (nombre d'objets, codage de la collection, “disparition” de collections).

256Caractères en gras dans le document

« ... former des concepts mathématiques et créer des figures géométriques pour décorer l'école lors de la fête de l'école »
« facteur de motivation »
« Présenter "autre chose" que ce qu'on pourrait présenter aux élèves avec des moyens classiques. »

puis suit une liste d'objectifs spécifiques :

« élève qui donne des instructions à un ordinateur est astreint à s'exprimer avec une précision rare dans la vie quotidienne
...
Viser le transfert des savoirs et compétences à un contexte nouveau en l'occurrence le contexte informatique
Faire prendre conscience que l'activité proposée à partir du logiciel informatique est au même titre que d'autres activités de classe. »

ainsi que des objectifs par disciplines

Mathématiques
Utiliser un logiciel de numération "A nous les nombres" pour développer des compétences
Donner du sens aux apprentissages de la géométrie
Identifier des erreurs dans des situations problèmes
former des concepts
Avec les jeux d'arithmétique ou de géométrie s'installe une compétition entre l'enfant et l'ordinateur
Passage au papier et au crayon permet l'approfondissement conceptuel
Se placer dans des situations d'apprentissage qui visent à l'appropriation de compétences et visent à transférer celles-ci à de nouvelles situations
Activités présentées sous forme de situation problème qui invitent l'élève à inventer et à confronter ses représentations, à émettre des hypothèses de résolution, à noter celles-ci et enfin à construire de nouveaux savoirs en modifiant ses représentations »

Les objectifs de chaque séance sont rédigés, le déroulement est chronométré, la consigne prévue, le dispositif matériel écrit, et un bilan est annoté²⁵⁷. Lors de l'entretien ante, Noémie précise, en général, l'objectif aussi bien par rapport à la connaissance mathématique en jeu qu'en termes de connaissance instrumentale. L'exemple de la première séance est assez significatif. Sur sa fiche de préparation on peut lire « *objectifs notionnels : exprimer et garder en mémoire une quantité quand les collections sont matériellement éloignées* » puis « *déterminer par addition ou par soustraction la quantité obtenue par réunion de 2 quantités connues* » et du point de vue TICE « *faire comprendre le but à atteindre puis le fonctionnement pratique du logiciel* » alors que, lors de l'entretien, Noémie précise un peu

257 Annexes internes - Annexes Noémie – Annexe 1 -

plus son objectif mathématique : « *C'est un travail sur le calcul réfléchi, donc c'est pour les faire passer d'une procédure de dénombrement, de comptage, à une procédure de calcul réfléchi. A travers... au niveau du calcul l'addition dans un premier temps et pour ceux qui veulent la multiplication.[...] Oui ! Certains n'arrivent pas à sortir de la procédure de dénombrement et de comptage. C'est vraiment pour mettre l'accent là-dessus* » et confirme son objectif de découverte du logiciel²⁵⁸.

Ces objectifs s'inscrivent totalement dans les programmes qui demandent que les élèves atteignent la compétence à « *organiser et traiter, mentalement ou avec l'aide de l'écrit, des calculs additifs, soustractifs, multiplicatifs en s'appuyant sur des résultats mémorisés et en utilisant de façon implicite les propriétés des nombres et des opérations* ».

Pour les concepteurs du logiciel, une des phases d'utilisation consiste à passer « *une commande de wagons à l'aide d'un nombre écrit sous forme d'une écriture qui peut contenir des parenthèses, des +, des -, des ** ». ²⁵⁹ Une situation (“Timbres”) utilisant des nombres compris entre 10 et 100, était disponible dans la version initiale et n'a pas été développée en environnement libre. Dans cette dernière situation le choix des nombres proches de 100 est plus favorable à une décomposition sous la forme de sommes ou de produits qu'avec les nombres inférieurs à 20.

Les objectifs de Noémie sont très anticipés et si la rédaction en est parfois brève l'entretien montre un affinement de leur contenu.

1.2 Le dispositif de travail

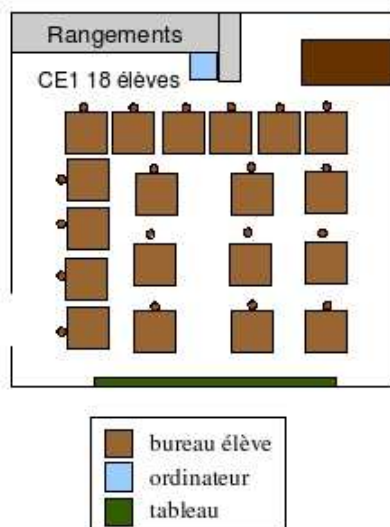
L'orchestration des séances est contrainte par la configuration de l'équipement informatique de l'école. Noémie a un vieil ordinateur dans sa classe et dispose d'une salle en réseau de six postes sous environnement Windows. Les séances que nous avons observées se sont déroulées dans la salle informatique, grande salle ou une quinzaine d'élèves peuvent travailler au centre de la pièce sans perturber le travail des utilisateurs des postes informatiques.

Ce dispositif matériel restera inchangé pendant l'observation des deux séquences. Ci-dessous le plan de la salle de classe et de la salle informatique.

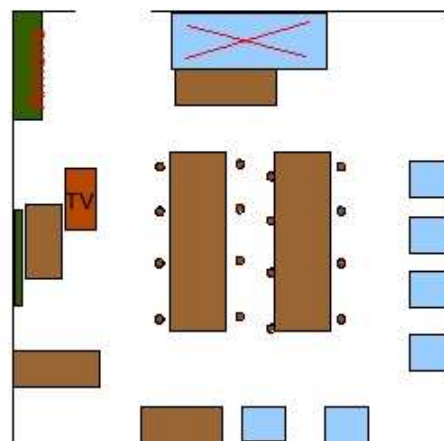
258 Voir fiche de préparation Annexes internes - Annexes Noémie –Annexe 1-

259 Documentation de « A nous les nombres 1 », p. 54 © Copyright CAMIF-EDITIONS PROFIL 1992

Salle de classe



Salle informatique

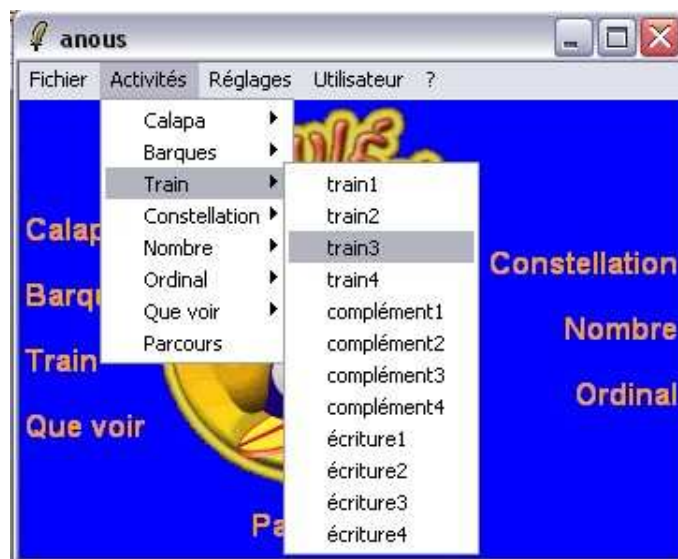


Tous les élèves travailleront pendant la séance dans l'environnement papier-crayon et dans l'environnement numérique sous la forme de deux ateliers tournants.

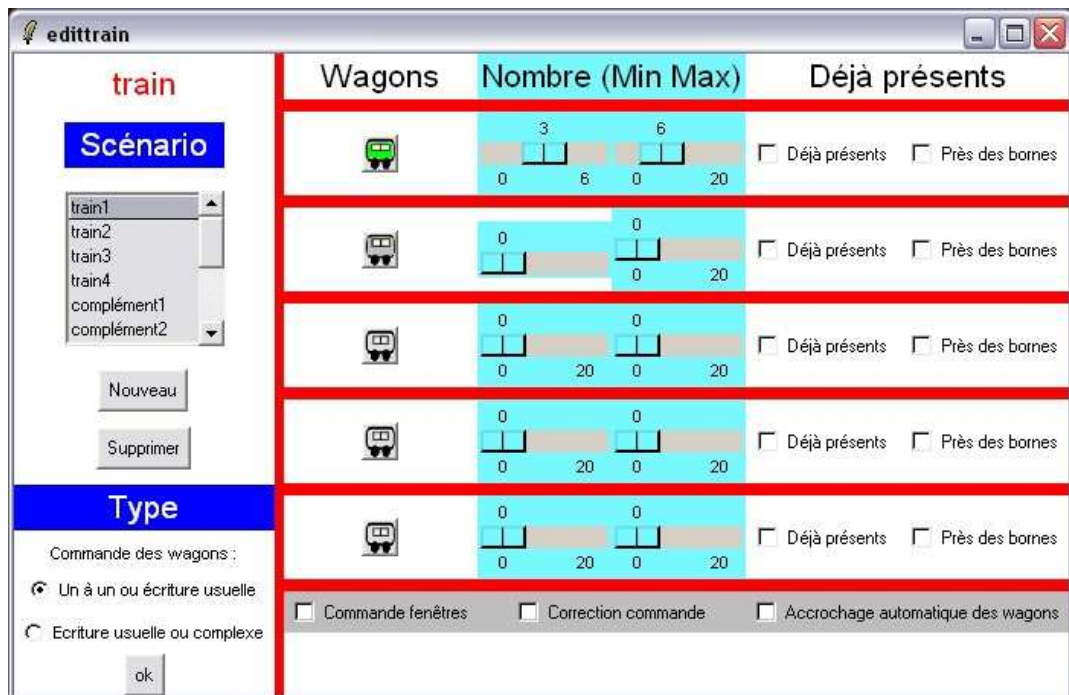
La séance commence, en général, dans la classe où Noémie présente, aux élèves qui commenceront par l'activité "papier-crayon", le support de travail et les consignes. Cette pratique semble habituelle lors de l'utilisation de la salle informatique puisqu'elle commence par « *On va faire comme d'habitude ! Deux groupes, un comme d'habitude qui va travailler au milieu, sur table, avec le travail que je vous ai présenté tout à l'heure et un groupe qui va aller sur les ordinateurs par contre aujourd'hui, la différence c'est que vous n'allez pas choisir le copain, la copine avec qui vous vous mettez !...* ». Nous présenterons les ajustements qu'apporte Noémie au fur et à mesure de la description des séances.

1.2.1 Présentation générale de l'outil logiciel :

Le logiciel "A nous les nombres" fait partie de la famille des logiciels libres du site Abuledu.org auxquels nous faisons référence dans les formations initiale et continue des Hautes-Pyrénées.



Copie d'écran "Activités"



Les bilans des élèves se présentent sous la forme ci-contre depuis le menu du logiciel mais ils sont aussi exploitables par l'enseignant sous la forme d'un fichier texte pour produire un document d'évaluation.



Une partie présente le descriptif de la situation à trouver. Dans la copie d'écran ci-dessus il s'agit du bilan de l'exercice "train 4" de l'activité "Train". La première partie présente le milieu matériel : le train composé de trois séries de wagons, la référence à la couleur est absente, les séries ont respectivement 4, 5 et 4 wagons.

La deuxième partie présente les réponses de l'élève "noémie" qui, ici, a répondu 4, 4 et 4 wagons pour les séries 1, 2 et 3. Elle n'a pas commandé de fenêtres.

1.2.2 Les interactions didactiques s'appuyant sur le logiciel, les types de tâches, tâches et techniques associées.

Nous traiterons d'abord de l'environnement logiciel "Train" puis nous identifierons les actions de l'élève dans cet environnement. Antérieurement à la réalisation de la tâche mathématique, les élèves doivent s'identifier pour garder une mémoire personnalisée de leurs résultats.

Le type de tâche mathématique se décompose en plusieurs sous-types de tâches en fonction du niveau d'usage du logiciel.

Au premier niveau d'activité, le type de tâche T_{11} consiste à dénombrer plusieurs collections, d'une à cinq, (les wagons d'une couleur) de quantités différentes. Elles sont présentées à l'écran sous la forme d'un "Train" de wagons, cette réunion n'est pas rangée selon les couleurs. Dénombrer la collection disjointe de wagons d'une couleur donnée constitue le premier type de tâches.

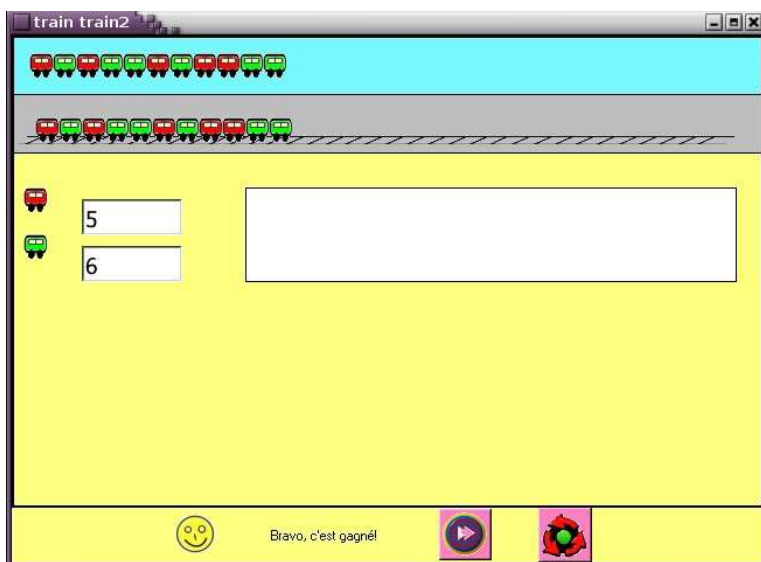
Seule la répartition spatiale des wagons peut favoriser une technique de dénombrement plutôt qu'une autre. Une répartition aléatoire non répétitive incite à utiliser une technique de dénombrement τ_{11} alors qu'une présentation avec peu de regroupement de wagons peut solliciter une technique de calcul τ_{12} chez les élèves qui maîtrisent déjà l'écriture additive.

La saisie de la réponse peut conduire à deux types de tâches en fonction de la consigne.

- T_{11} : Écrire sous la forme d'un nombre ;
- T_{12} : Écrire sous la forme d'une suite de sommes. Ce type de tâche ne nécessite pas le calcul.

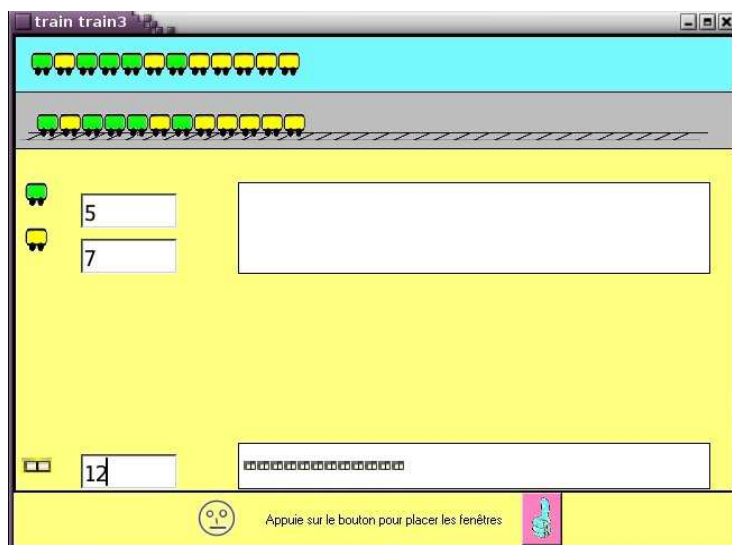
Pour demander la validation de son résultat les élèves doivent "cliquer sur l'icône approprié" tâche que nous nommons, T_{13} .

En fonction de la réponse du logiciel, l'élève passe au niveau supérieur en cliquant sur l'icône approprié ou relance l'exercice dans le même niveau. Ci-contre, une copie d'écran où apparaissent ces deux icônes : à



gauche le passage à l'exercice suivant, à droite la répétition de l'exercice avec des collections différentes.

Au niveau "Train 3" les élèves devront donner la quantité de la collection des fenêtres associées aux wagons, ce qui constitue une sous-tâche supplémentaire, c'est-à-dire trouver le cardinal de la réunion des séries de wagons. La représentation de l'icône "fenêtre" ne permet pas de savoir s'il y a une ou deux fenêtres par wagon. Enfin,



selon la technique choisie, l'écriture en somme ou en nombre peut être plus ou moins induite, nous y reviendrons.

Le dernier niveau prédéfini dans le logiciel porte le nom de "complément". Les élèves ont la même tâche, reconstituer un train, mais pour chaque couleur de wagons il peut exister des wagons déjà disponibles. Le type de tâches est alors de trouver les compléments respectifs à 2 nombres à identifier à partir des collections de wagons.

En dehors de la demande de l'enseignant, rien ne justifie que les élèves utilisent une autre technique que τ_{11} , le dénombrement de la collection par comptage ou sur-comptage pour identifier le nombre de wagons.

Il faudrait, au niveau de connaissance des élèves de CE1, que les sous-collections d'une couleur donnée soient décomposées en plusieurs groupes de cardinaux identiques ou voisins pour favoriser l'usage du calcul plutôt que du dénombrement, par exemple dans le cas d'une répartition 4, 4 et 3. Alors qu'une répartition 2, 1, 3, 4, 1 favorisera un comptage, une répartition avec des petits nombres 2, 1, 2, 2, 3, 1 favorise un surcomptage. Ce que le logiciel ne fait pas.

Nous sommes dans une situation où il y a peu de chance que la contrainte interne au logiciel favorise le passage de techniques de dénombrement à celles de groupement puis de calcul. Le milieu n'est pas antagonique à l'usage des techniques de comptage ou de sur-comptage pour

trouver le cardinal de la collection.

1.2.1 L'environnement “papier-crayon”

L'effectif de la classe étant trop important pour que tous les élèves passent simultanément sur les ordinateurs, Noémie organise une activité “papier-crayon” sous la forme d'un méso-contrat d'entraînement. Les élèves travaillent en alternance d'environnement papier-crayon et d'environnement logiciel.

Dans l'environnement papier-crayon, Noémie propose des exercices qui correspondent à l'objectif déclaré qui est de faire passer les élèves de la compétence de dénombrement à celle de calcul.

Cependant, dans les entretiens, Noémie ne rattache jamais ces tâches avec celles qui sont réalisées sur ordinateur. Pendant notre observation elle ne renverra pas les élèves à ce qu'ils font dans un environnement pour avancer dans l'autre. Elle a structuré un lien entre les deux environnements qu'elle semble ignorer dans la conduite de l'activité.

En revanche Noémie introduit dans les activités “ordinateur” l'utilisation d'écrits sur feuille avec une fonction spécifique que nous préciserons au cours de l'analyse des séances.

1.3 Synopsis des séances :

Nous organisons le synopsis de ces séances à partir de deux voire trois moments : les phases de dévolution, les phases de mise en commun et les phases d'action lorsque localement elles permettent un éclairage spécifique sur nos critères d'analyse. Pour chacune d'elles nous établirons les évolutions dans les différents milieux.

Première séance, premier épisode jusqu'à la 13^e minute

Après un moment d'organisation du dispositif, chaque CE1 doit trouver sa place, Noémie fait référence à d'autres moments où ils sont venus travailler dans la salle informatique.

Noémie organise la classe pour que tous puissent suivre la présentation du pilotage du logiciel. C'est elle qui présente les étapes pour lancer puis faire fonctionner le logiciel. La présentation est organisée autour d'un écran 15 pouces et certains élèves sont à plus de 2m mais tous se contorsionnent pour arriver à voir et posent des questions.

Première séance, deuxième épisode jusqu'à la 25^e minute

Un groupe d'élèves est nominativement appelé pour aller travailler sur les ordinateurs avec la consigne « *d'expérimenter ce que je viens de dire* » c'est-à-dire ce qu'ils viennent de voir dans

la présentation du logiciel.

Les élèves qui commencent par l'activité papier-crayon sont invités à travailler dans le silence puisqu'il s'agit d'une activité individuelle. Beaucoup de temps est passé dans la gestion du bruit. Noémie passe d'un poste à l'autre pour régler les problèmes de mémoire des techniques logicielles.

Les élèves qui travaillent sur l'activité "papier-crayon" ont un support extrait du livret CE1 de Cap-Maths sur le calcul de résultats additifs. Les interventions de Noémie vers ce groupe sont constituées des rappels à la tâche attendue à propos de la série d'exercices et à la nécessité de travailler dans le calme.

Première séance, troisième épisode jusqu'à la 25^e minute

Tous les élèves ont réalisé le parcours présenté ; à la vingt-cinquième minute, Noémie les regroupe dans un coin isolé de la salle informatique pour une mise en commun.

En quatre minutes Noémie va faire partager les « *problèmes qu'ils ont rencontrés* » pour les familiariser avec le logiciel.

Retour vers l'écran de l'ordinateur avec le groupe pour évoquer un problème rencontré par un élève. Fin de la mise en commun.

Première séance, quatrième épisode jusqu'à la 35^e minute

Il faudra 2 min 30s pour que Noémie organise le passage des élèves d'un atelier à l'autre, la récupération des productions "papier-crayon", la fermeture du logiciel et la répartition sur les postes des élèves en groupe de deux ou isolés.

Il faudra 2 min de plus pour mettre le groupe autour des ordinateurs au calme et faire rappeler le lancement du logiciel par un élève.

Première séance, cinquième épisode jusqu'à la 47^e minute fin de la séance

Le groupe 2 n'aura que six minutes de travail sur les ordinateurs avant que la sonnerie ne retentisse. Une minute plus tard Noémie provoque une mise en commun des problèmes rencontrés (gestion de la saisie suivie de la frappe de la touche "Entrée"). Les élèves vont éteindre les ordinateurs, pendant que les autres rangent leurs fiches d'exercices.

Deuxième séance, premier épisode jusqu'à la 7^e minute

Un élève s'est blessé pendant la récréation, Noémie tente de joindre les parents pendant que les enfants entrent dans la salle. Mise en place des groupes, même dispositif, les élèves sont appelés pour être répartis sur les postes informatiques.

Deux minutes pour mettre toute la classe en position d'écouter la présentation d'un document, papier, tutoriel pour mémoriser les étapes clés de l'utilisation du logiciel.

Deuxième séance, deuxième épisode jusqu'à la 13^e minute

Les élèves entrent dans l'activité. Noémie observe les actions des élèves. Puis constate qu'elle n'a pas rappelé la consigne aux élèves qui sont sur l'atelier papier-crayon. Elle fait le constat à haute voix, pour eux, qu'ils ont commencé par ce qu'ils savaient faire sur la fiche. Elle rappelle la consigne qui n'a pas été comprise par un élève. « *Tu peux bien mettre la valeur des chiffres mais si tu ne fais pas le calcul !... C'est ça la consigne. Calcule ! Il faut regrouper les nombres pour calculer vite. D'accord ?* »

Arrivée de la mère de l'enfant blessé. Remise en activité.

Noémie continue son observation des élèves sur les ordinateurs puis décide de provoquer un regroupement pour lever l'obstacle qui correspond à la commande des fenêtres.

Deuxième séance, troisième épisode jusqu'à la 34^e minute

L'échange pose le problème de la façon de trouver le nombre de wagons sous la forme d'un calcul ou d'un comptage.

Les élèves sont envoyés aux ordinateurs avec la consigne « *vous écrivez sur le papier comment vous avez calculé. [...] On applique sur deux, trois calculs dans l'activité 3 (train 3). Attention je ne veux pas de dessin ! vous m'écrivez les calculs, les chiffres.* »

En fin d'atelier, Noémie demande « *les enfants sur l'ordinateur ! Maintenant vous écrivez votre nom sur votre feuille on en reparlera avec l'autre groupe quand ils seront passés.* »

Noémie procède au changement d'atelier.

Deuxième séance, quatrième épisode jusqu'à la 50^e minute

Reprise de la consigne et adaptation devant le deuxième groupe :

« *Vous allez rapidement rentrer dans le jeu. Ensuite vous avez deux icônes ; les icônes c'est les petits cadres là. Celui-ci avec la roue, la pastille verte. Quand on a réussi c'est comme en classe ; la pastille verte je peux changer de jeu pour avoir un jeu plus dur. Je n'ai pas expliqué à ce groupe donc vous pouvez écouter. Pastille verte, c'est comme en classe. Une fois qu'on a bien réussi ça veut dire qu'on peut continuer le chemin. Bon admettons qu'ils aient bien fait tous les deux le "train 1", Nicolas, quand vous êtes bien passés au "train 1" que vous avez bien construit à mettre le chiffre dans la case et après à avoir appuyé sur "Entrée". Que le bonhomme est content. Si vous avez + si vous voulez recommencer le même jeu vous appuyez sur la pastille verte. Si vous voulez changer de jeu vous avez le droit pour avoir un jeu plus dur, en appuyant sur la flèche entourée de ronds. Et là on passe à "train train 2" [...] vous pouvez aller jusqu'à "train 3". Si vous avez quelque chose dont on n'a pas parlé vous levez la main pour qu'on l'explique à vos camarades. Allez-y !* »

Pris par le temps, le deuxième groupe aura expérimenté pendant 10 min et Noémie n'organisera pas de bilan de son activité pendant la séance.

Troisième séance, premier épisode jusqu'à la 7^e minute

« Les élèves du groupe 2 vont passer à l'ordinateur parce qu'ils sont restés moins longtemps la dernière fois ».

La classe est sollicitée pour reformuler le “bilan” de la dernière séance qui a été réalisé en classe. À partir des feuilles de calcul, Noémie a fait rédiger, en classe, sous la forme d'une affiche A2 reproduite ci-dessous, la liste des différentes techniques utilisées pour dénombrer les collections de wagons, pendant la séance 2.

PROCÉDURES

. J'ai compté de 3 en 3

$$3 + 3 + 1 = 7$$

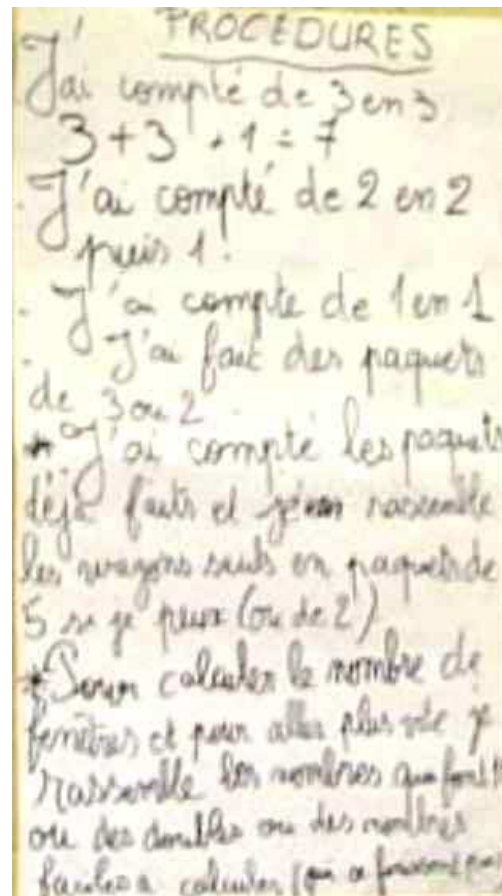
. J'ai compté de 2 en 2 puis 1

. J'ai compté de 1 en 1

. J'ai fait des paquets de 3 ou 2

* J'ai compté les paquets déjà faits et j'ai rassemblé les wagons seuls en paquets de 5 si je peux (ou de 2)

* Pour calculer le nombre de fenêtres et pour aller plus vite je rassemble les nombres qui font 10 ou des doubles ou des nombres faciles à calculer (qui se finissent par 0)



τ_6 : « J'ai compté les paquets déjà faits et je rassemble les wagons seuls en paquets de 5 si je

peux (ou de 2) » se distingue des techniques évoquées ici par l'introduction de l'addition réitérée.

Avant d'envoyer les groupes dans l'activité, Noémie donne la nouvelle consigne : « *vous allez entrer sur “train 1” “train 2” “train 3” et moi je passe pour voir si ça se passe bien, si vous mettez bien en place tout ceci* » et distribue « *les consignes pour entrer dans le jeu* ».

Troisième séance, deuxième épisode jusqu'à la 24^e minute

Noémie régule l'activité du groupe “papier-crayon”, reformule la tâche, demande le calme. Les élèves travaillent sur deux fiches²⁶⁰ dans le champ du calcul additif.

Puis Noémie passe d'un poste à l'autre pour observer leurs techniques, leurs problèmes instrumentaux ou mathématiques.

Après le passage sur tous les postes elle provoque un regroupement pour la mise en commun de problèmes instrumentaux. Elle valide la réussite de tous à “train 1” à “train 3” et annonce le passage à un nouveau jeu “complément” présenté par une élève qui l'a déjà expérimenté.

Troisième séance, troisième épisode jusqu'à la 51^e minute

Les élèves partent vers les ordinateurs.

Elle réajuste l'accès à “complément” par le menu “activités” qui n'était pas connu des élèves et qui les libère d'un parcours dans tous les exercices pour arriver à “complément”.

Gère un incident entre deux élèves.

A la trente et unième minute elle regroupe les élèves des ordinateurs et envoie les élèves du groupe “papier-crayon” aux ordinateurs.

Trois minutes plus tard Noémie commence la mise en commun.

La tentative pour faire émerger les techniques des élèves va durer six minutes dont quatre minutes de gestion des conflits entre élèves.

Fait le bilan devant un ordinateur avec le groupe “ordinateur” (1). Annonce un retour pour le lendemain. Fin de la séance.

Quatrième séance, un épisode jusqu'à la 60^e minute

Les élèves de l'atelier “papier-crayon” connaissent la tâche à réaliser donc « *vous savez ce que vous avez à faire. On l'a présenté en classe donc je ne vous entends pas.* » La séance est organisée autour du changement d'écriture attendue dans le calcul des wagons.

Pour ne pas dire ce qu'elle attend, elle va dire ce qu'ils doivent faire en validant les bonnes réponses [511-638] :

260 Annexes Interne - Annexes Noémie - Annexe 2 -

<p>Noémie : Ici c'est le même principe que les autres fois simplement on va ajouter quelque chose : c'est qu'au lieu d'écrire les résultats directement du nombre de wagons verts et du nombre de wagons jaunes il faut ajouter des signes. Alors comment ? Quels signes on connaît ? Il faut mettre les calculs ! On connaît « plus », qu'est-ce qu'on connaît ? »</p> <p>Élève x : moins !</p> <p>Noémie : Oui</p> <p>Élève y : Égal !</p> <p>Élève z : Fois !</p> <p>Noémie : Lesquels on va pouvoir utiliser ici pour calculer le nombre de wagons verts et le nombre de wagons jaunes ? Qu'est-ce qu'on doit utiliser à votre avis ? »</p> <p>Élève j : « plus »</p>	<p>Noémie : « plus ? D'accord ! »</p> <p>Élève : « fois »</p> <p>Noémie : « Fois aussi »</p> <p>Élève : « Moins »</p> <p>Noémie : « Moins ! Est-ce que ça va nous aider à calculer le nombre total de wagons ? »</p> <p>Brouhaha</p> <p>Noémie : s'adressant à Ex « S'il y en a encore plus ? »</p> <p>Interruption pour réguler le bruit qui monte dans l'autre groupe.</p> <p>Noémie : Alors tu crois qu'on peut utiliser « moins » là ?</p> <p>Élève x : oui...</p> <p>Noémie : Dans quelle relation on peut utiliser moins ? On l'a déjà utilisé le moins on en a déjà eu besoin ! Mince j'ai oublié l'affiche en bas ! »</p>
---	---

Les élèves de l'atelier papier-crayon sont regroupés pendant que les autres les remplacent dans l'atelier dans un grand brouhaha.

L'atelier papier-crayon correspond à une fiche²⁶¹ sur les écritures multiplicatives.

Cinquième séance

Présentation collective de l'activité. Les élèves sont dans la tâche. La permutation entre les groupes se passe sans problème.

Il s'agit pour Noémie d'une séance d'évaluation sur l'ensemble du parcours “Train”.

Noémie termine la séance par une mise en commun portant sur les obstacles instrumentaux rencontrés.

1.4 Analyse a posteriori de la séquence d'apprentissage

Notre étude va s'organiser selon le même schéma que pour les autres enseignants.

1.4.1 L'intégration instrumentale

1.4.1.1 Le mode d'intégration

La première séance est centrée sur l'appropriation du fonctionnement du logiciel, l'activité proposée est sans obstacle du point de vue des connaissances mathématiques des élèves de la classe.

Noémie situe l'activité comme le point de départ d'une séquence : « le logiciel avec lequel on va travailler pendant plusieurs séances s'appelle... ». Ce logiciel est présenté comme « le jeu

261 Annexes internes - Annexes Noémie – Annexe 3 –

mathématique sur lequel on va travailler ».

Pour mettre en place le dispositif de travail, elle s'appuie sur une pratique déjà ancienne d'utilisation de la salle informatique où la classe est partagée en deux groupes. « *On va faire comme d'habitude ! [...] la différence c'est que vous n'allez pas choisir le copain, la copine [...] Je vous dis à quel poste vous allez vous mettre ».* Les élèves sont regroupés autour d'un poste pour « *essayer de bien enregistrer et après je vous dirai sur quel poste vous allez.* »

La deuxième séance a pour objectif d'« *aborder le point de vue mathématique du logiciel. Parce que la dernière fois on n'a travaillé que le problème technique. Là on va travailler sur la résolution de calculs, de calculs réfléchis additifs* » ; la mise en commun finale est pensée pour permettre « *de parler de la façon dont ils ont fait* » à partir des traces écrites sur papier dont elle se « *demande si le passage effectivement de la procédure qu'ils mettent en place sur l'ordinateur et le passage à l'écrit pour après communiquer aux autres ne va pas être difficile.* » Ces traces écrites correspondent à la volonté de Noémie d'utiliser l'environnement papier-crayon pour faire expliciter les écritures correspondant à la décomposition réalisée dans le logiciel. Même si, comme elle l'avait pressenti, la mise en œuvre n'est pas vraiment réussie, elle s'est engagée dans une symbiose entre les deux environnements et ce pour toutes les séances qui suivront.

La troisième séance reprend la précédente. Noémie sollicite les élèves pour qu'ils exploitent les techniques présentées dans le bilan comme étant les « *plus efficaces* ».

Puis elle met en place une phase d'initiation à l'utilisation des modules de “Train”, “complément”.

La quatrième séance est une reprise de la troisième séance où Noémie sollicite des techniques autres que celle du comptage.

La cinquième séance est une séance de bilan pour les élèves avec un parcours dans l'ensemble des modules de “Train”.

Nous retiendrons que, la séance 1 étant une séance d'initiation à l'utilisation du logiciel, les autres séances intègrent un lien fort entre l'utilisation du logiciel et les connaissances mathématiques en jeu, ce qui les situe dans une intégration de type symbiose instrumentale, même si localement les élèves sont initiés à des particularités d'un nouveau module.

1.4.1.2 Gestion de la transparence :

L'appropriation du fonctionnement du logiciel est présentée par Noémie pour que les

élèves perçoivent les étapes, les contraintes du logiciel (saisie du nombre et validation par la touche “entrée”), sens des icônes « *presque comme en classe* » (visage d'un bonhomme souriant orange pour une réussite, rouge triste pour une erreur). La mise en œuvre et les deux mises en commun montrent que les élèves n'ont pas tous retenu la contrainte sur la saisie des nombres. Elle est rappelée, reformulée par des élèves qui l'ont appliquée.

Dans le bilan qu'elle fait lors de l'entretien post de la première séance, Noémie, annonce sa première évolution : « *la prochaine fois je passe les consignes par écrit. Je leur présenterai oralement et je pense que... de façon à ne pas avoir à répéter pour ceux qui manquent de quelques informations et pour le deuxième groupe c'est assez éloigné.[...] mais même pour le premier groupe ça va permettre d'aller plus vite ! Peut-être...* ».

Lors de l'entretien ante de la **deuxième séance** elle n'a pas de solution pour éviter un « *passage d'un jeu à un autre trop rapidement par rapport au petit logo* » ce qui s'explique par le fait qu'il n'y a pas de contrôle logiciel d'un nombre de réussites.

Elle a distribué à tous les élèves, lors de leur passage dans l'atelier, un document définissant la consigne sous la forme d'un tableau contenant les tâches à exécuter à partir de mots clés dont nous pouvons dire qu'ils nécessitent une connaissance préalable de l'environnement ou au moins un bon niveau de lecture pour une utilisation pas à pas, ce qui n'est pas le cas des élèves de la classe.

consigne	démarrer	tous les programmes	le terrier	A nous les nombres	A nous les nomb
	utilisateur	nom:écris ton prénom avec la majuscule		ok	
	Activité	train 3			
	mettre le chiffre dans le cadre		entrée	pouce	
	calculer le nombre de fenêtres		écrire le résultat dans le dernier cadre	entrée	pouce
	pastille verte= nouveau calcul	flèche entourée de ronds = jeu suivant			

L'erreur des élèves dans le dénombrement des fenêtres nécessite une intervention pour préciser ce qui est une fenêtre dans le logiciel. En effet, les élèves interprètent l'image du wagon comme contenant deux fenêtres, comme sur la copie d'écran ci-dessous,



le logiciel, lui, étant programmé pour y reconnaître une fenêtre.

Lors de la **troisième séance**, c'est au moment d'introduire le module “complément” que l'on voit apparaître l'idée que le passage dans un module est intuitivement accessible aux élèves.

Après avoir envoyé les élèves sur les ordinateurs, Noémie arrête les élèves pour leur expliquer comment accéder au module “complément” par le menu “Activités”. Elle constate qu'elle n'a pas rappelé aux élèves qu'il faut qu'ils saisissent leur nom et s'aperçoit qu'ils n'ont pas utilisé le guide qui rappelle « *écris ton prénom...* ».

La quatrième et la cinquième séances sont définies dans les mêmes conditions instrumentales que la troisième séance. Il n'y a donc pas de raisons d'observer des problèmes de non gestion de la transparence qui ont été résolus précédemment.

Noémie a apparemment de mieux en mieux géré la prise en compte de l'outil numérique.

1.4.2 L'intégration praxéologique

1.4.2.1 Des techniques anciennes de l'environnement papier-crayon à l'environnement logiciel

Le logiciel ne crée pas un milieu matériel différent de celui que l'on pourrait trouver dans l'environnement papier. Il s'agit de l'image d'un assemblage de wagons de différentes couleurs et d'une zone de commande des classes de wagons selon la couleur. Il n'impose pas une écriture différente, par exemple une écriture sous la forme d'une expression arithmétique où nous pourrions reconnaître le dispositif spatial des wagons ou une technique de dénombrement de 2 en 2, etc. Les nombres de wagons correspondant à une couleur ne peuvent avoir une somme supérieure à 40 ce qui rend valides les procédures de dénombrement que des élèves de CE1 sont capables de mettre en œuvre. En effet au CE1 la maîtrise de la comptine numérique jusqu'à 100 est acquise par tous les élèves sauf cas très particulier.

Nous dirons que les élèves avec leurs techniques anciennes dans l'environnement papier-crayon peuvent envisager une entrée dans la tâche et, de plus, elles leur permettent de résoudre le problème de façon performante.

Cependant à **partir de la deuxième séance**, Noémie va solliciter l'usage d'un calcul additif en faisant rédiger leurs calculs sous la forme d'une écriture arithmétique. Bien que cette dernière ne soit pas spécifique de l'environnement logiciel, elle correspond ici à la situation du train, réunion de wagons, ou des fenêtres dont le cardinal est la somme des cardinaux des séries de wagons.

Nous lui attribuerons l'indicateur “TEPP et TEL induites par l'enseignant”

1.4.2.2 Rapport entre la TAL et la TAM

Noémie situe l'activité comme le point de départ d'une séquence : « *le logiciel avec lequel on va travailler pendant plusieurs séances s'appelle...* ». Ce logiciel est présenté comme « *le jeu mathématique sur lequel on va travailler* ». mais « *quand vous allez travailler sur l'ordinateur, tous les calculs que vous allez faire,[...] ça va être enregistré et comme ça moi après, je pourrai moi voir dans une petite fenêtre qui s'appelle "bilan" ce que vous avez fait, si vous l'avez réussi...* ».

Dans le milieu objectif lorsque les élèves demandent la validation du dénombrement de la collection constituée de tous les wagons du train, l'apport du logiciel est de réaliser une collection au dessous du modèle. Cet assemblage de wagons respecte l'ordre des couleurs, ce qui donne deux types de rétroactions : soit il y a trop de wagons d'une ou plusieurs couleurs et ils restent dans la zone de commande, soit il manque des wagons et alors l'assemblage s'arrête lorsqu'il manque des wagons d'une couleur même si les autres dénombrements sont exacts. En cas d'erreur, les élèves doivent recommencer l'activité mais la collection change.

Quel que soit le module de "Train" nous restons devant la question « combien faut-il ajouter de wagons aux wagons disponibles pour trouver le nombre de wagons total », ce qui correspond à une catégorie de problèmes de type additif ou soustractif (complément). Rien ne nécessite donc un changement de technique pour résoudre ces problèmes.

Dès la deuxième séance, pour dépasser cette contrainte, Noémie introduit l'utilisation d'une feuille mémoire de la technique utilisée. Dans les faits, sa consigne ne permet plus qu'une technique puisqu'elle demande : « *vous écrirez sur le papier comment vous avez calculé. [...]* *On applique sur deux, trois calculs dans l'activité 3 (train 3). Attention je ne veux pas de dessin ! vous m'écrivez les calculs, les chiffres.* » Elle espère que les élèves vont écrire les sommes des nombres de wagons de différentes couleurs pour trouver le nombre de fenêtres. Son observation la conduit au constat qu'ils n'appliquent pas cette technique.

Elle rassemble les élèves, à la vingt et unième minute, pour faire gérer la donnée « un wagon une fenêtre ». Dans la situation, les élèves sont regroupés dans un coin de la salle, éloignés des ordinateurs, la description de la technique pour trouver le nombre de fenêtres ne peut plus se faire avec le dénombrement : une élève explique, après que Léa a donné sa méthode sur un exemple « *6 plus 4 ça fait...* », que sur les ordinateurs « *on compte, je fais cinq, un, deux, trois, quatre, cinq et là + quand on est ici + on on voit pas comme quand on est aux ordinateurs* » ce qui justifie, semble-t-elle dire, le calcul.

Dans cette séance l'organisation d'un calcul est repris ici comme un savoir ancien dans un nouveau contexte.

L'institutionnalisation de deux techniques de calcul, dans la période entre les deuxième et troisième séances, se substitue au milieu pour contraindre les élèves à passer d'un dénombrement à un calcul. De plus, Noémie attend que ce calcul soit codé sous la forme d'une expression arithmétique.

Lors de la quatrième séance, en l'absence d'adéquation des productions avec ce qu'elle attend des élèves Noémie va encore renforcer cette liaison entre la “tâche logicielle” et les apprentissages mathématiques en cours.

Cette trace écrite²⁶² attendue par l'enseignante est pensée comme un outil pour les élèves pour leur faciliter le passage du dénombrement au calcul. Nous pensions que ce support était artificiel puisqu'elle ne l'a jamais exploité en notre présence et qu'elle n'y fait pas référence dans nos entretiens jusqu'à la quatrième séance. Nous avons été conforté dans cet idée lors de l'entretien post de la quatrième séance où elle dit qu'elle pense qu'il s'agit d'une réponse à sa demande, qu'ils « *pouvaient s'en sortir autrement...* ».

Mais c'est aussi un outil pour elle dans un temps différé « *parce qu'en fait... j'ai beaucoup plus de mal moi sur les ordinateurs pour l'instant à voir le travail effectué parce qu'une fois l'image partie elle est partie + et quand je passe je vois juste l'image fixe + voir ce qu'ils font + et ce papier me sert un peu à voir + mais je n'en suis pas encore satisfaite ça me... il faut que j'arrive aussi à me servir du bilan et je suis... en étudiant un peu la page j'arrive pas trop à y entrer et je ne suis pas assez satisfaite du regard que je peux avoir sur la production.* » et cette valeur attribuée à ces écrits pour organiser la suite des séances est contradictoire avec le fait qu'ils « *n'avaient pas assez [de sens] dans la mesure où ils avaient pris l'habitude dans les autres jeux de coder directement même sans calculer même si je leur demandais [...et qu'ils] pouvaient s'en sortir autrement en dénombrant, ou en faisant des calculs sur l'ordinateur sans les écrire sur l'ordinateur* ».

La tâche logicielle de ces séances se limite donc à un entraînement sur des savoirs en cours de consolidation.

La cinquième séance est organisée comme un parcours dans les modules. A l'exception de Joël qui n'a pas compris le sens de la situation “Complément” il semble que tous avancent sans

262 Nous n'avons malheureusement pu conserver que quelques images des productions papier des élèves.

problème dans l'activité.

La séance se termine par une mise en commun qui porte sur les problèmes rencontrés mais les élèves ne font pas référence à des connaissances mathématiques qui ne sont pas interrogées par Noémie. Nous interprétons que la connaissance mathématique étant finalement globalement acquise, les problèmes que pouvait rencontrer l'élève en difficulté n'aurait pas fait avancer les connaissances des autres, donc elle n'a pas jugé nécessaire de revenir sur le contenu. Noémie choisira plutôt de mettre en valeur les comportements des élèves dans l'environnement logiciel.

Pour Noémie cette dernière séance est une séance d'évaluation, dont elle dit qu'elle l'a anticipée puisqu'elle a « *remis les bilans à zéro partout* » et elle prévient les élèves qu'il faut bien mettre son nom, pour le bilan. En revanche, nous observons qu'elle ne se donne pas les moyens de contrôler la saisie effective par chaque élève. De plus, lorsque le temps de travail du premier groupe est terminé, bien qu'un élève lui dise qu'il n'a pas eu le temps de faire son parcours, elle ne recherche pas une solution pour connaître son niveau de réussite.

Nous expliquons cette attitude dans le statut qu'elle donne à ce travail par rapport à l'évaluation des élèves dont elle dit qu'elle n'a pas assez réfléchi à la façon de l'intégrer dans l'évaluation générale en mathématique (Voir l'échange transcrit ci-dessous).

« *Nous : Et ce bilan là tu comptes l'utiliser dans ton bilan en direction des parents ?*
Noémie : (Silence) euff... /
Nous : Tu as réfléchi à cette question ?
Noémie : Ils ne l'auront pas d'une façon formelle tiré de l'ordinateur, mais dans les livrets d'évaluation quand on travaille sur le calcul réfléchi il est

évident... enfin moi je m'en sers. Mais je ne me sers pas que de celui-là ; mais je me sers aussi de celui que j'ai sur papier et là effectivement ils l'auront directement ; mais pour l'instant je n'ai pas assez réfléchi à un document qui pourrait relater le travail. Et là ça manque. Pour plus tard il faudra que... »

1.4.3 Les contrats

Dans « cette situation » dont nous avons tendance à dire qu'elle s'étire de la première à la cinquième séance, les connaissances en jeu ont été déjà rencontrées mais elles restent pour une majorité d'élèves à consolider.

L'absence de référence à une utilisation du bilan nous laisse penser que la responsabilité n'est pas partagée ou elle est attribuée au logiciel qui correspond à une deuxième maîtresse.

Noémie s'appuie sur un milieu non antagonique qui favorise au début l'appropriation du logiciel, mais qui empêche la rencontre avec l'objectif mathématique dès la deuxième séance.

1.4.4 Enjeux et conséquences pour la dévolution et l'institutionnalisation

1.4.4.1 Les points d'appui pour réaliser la dévolution de la situation

En entrée de la séance 1, Noémie positionne l'activité selon deux aspects « *le jeu mathématique* » sur l'ordinateur et ensuite « *on apprendra une deuxième chose en mathématique, on en reparlera* », que nous identifions comme les connaissances à utiliser.

L'image ludique de l'ordinateur chez les enfants de cet âge est mise en avant. Mais cette dimension est rattachée à l'idée qu'il s'agit d'un jeu pour faire des mathématiques, un jeu pour apprendre.

De façon très induite, lorsqu'elle juge nécessaire de faire évoluer les connaissances en jeu, Noémie joue entre la résolution du problème et les contraintes du logiciel pour favoriser une responsabilisation dans la résolution de la tâche. Même si elle reste maîtresse dans les choix de la façon de travailler.

Nous retiendrons de nos entretiens avec Noémie qu'elle a fait ces choix en espérant que cela lui permettrait de faire évoluer les connaissances des élèves. Le fait que les contraintes d'équipement matériel ne permettent pas à tous les élèves de commencer l'activité sur les mêmes exercices n'est pas problématique dans le cadre d'exercices d'entraînement comme nous l'avons vu dans le cadre théorique. Nous retrouvons dans chaque séance des exercices qui se renforcent d'un environnement à l'autre, même si parfois c'est un peu artificiel comme dans la séance 4, lorsque les élèves travaillent sur le champ multiplicatif²⁶³ en environnement papier-crayon et que Noémie espère solliciter la technique τ_{16} pour calculer le nombre de wagons ou de fenêtres.

1.4.4.2 L'institutionnalisation réalisée et les environnements

L'espace temps (quinze minutes la plupart du temps pour deux élèves), les contraintes environnementales du logiciel (le manque de transparence, pour un enfant de 7 ans, dans l'avancée des tâches logicielles, sélection d'icônes,...), les tâches mathématiques en jeu et la prégnance de techniques anciennes utilisables dans le milieu objectif de cette situation (dénombrement) contribuent plutôt à favoriser l'institutionnalisation des connaissances instrumentales, et particulièrement celles qui font obstacle à la tâche mathématique. Si un élève n'a pas réussi, ce n'est pas parce qu'il a utilisé une technique qui n'est pas assez

263 Annexes internes -Annexes Noémie -Annexe 3 -

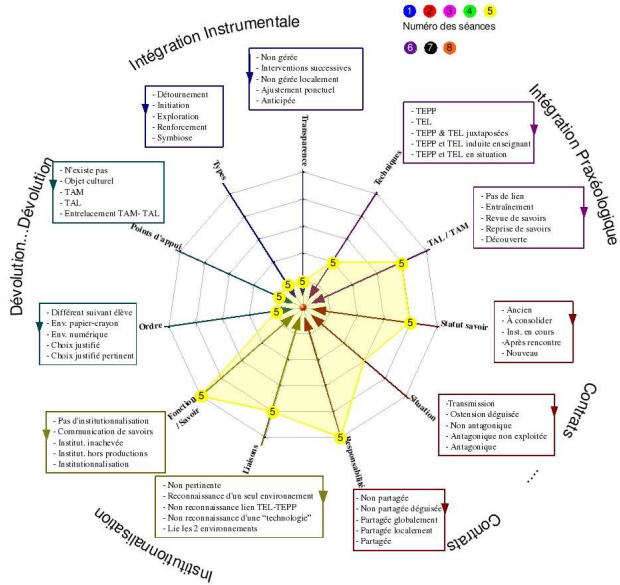
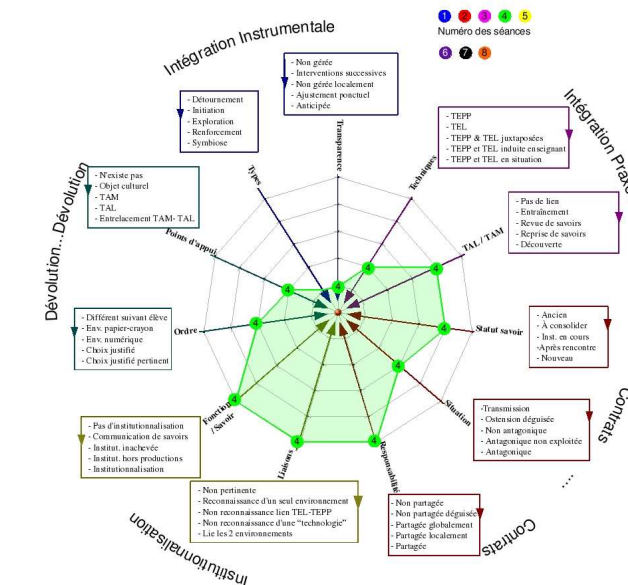
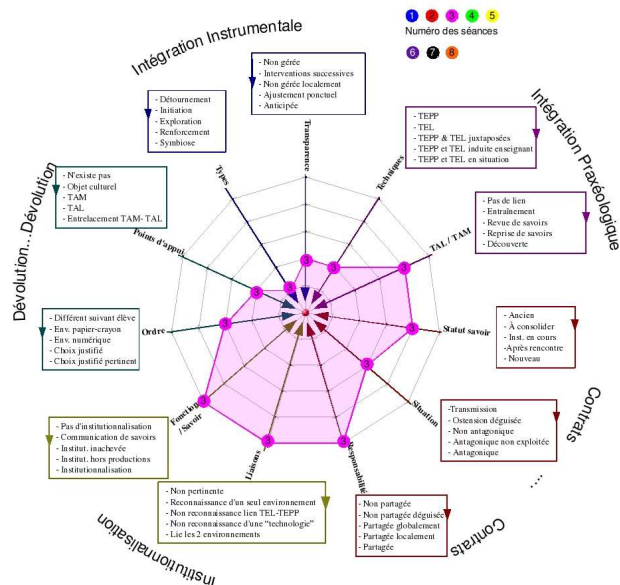
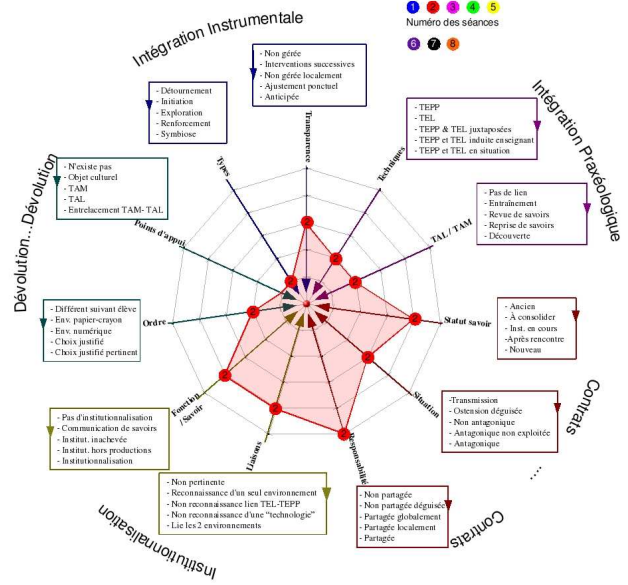
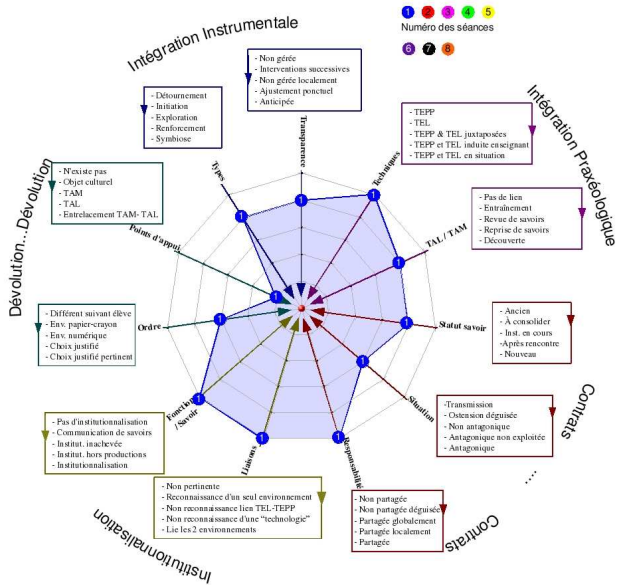
performante, c'est parce qu'il n'a pas appuyé sur la touche "Entrée".

Les contenus de ces moments d'institutionnalisation écartent, de fait, la question de l'objet d'étude mathématique.

Du côté de l'enseignant, la non maîtrise de l'outil bilan, sa non utilisation même dans des moments d'échanges individuels, ne favorisent pas une interrogation sur les réponses mathématiques des élèves aux exercices proposés.

A l'exception de la séance 2 qui donnera lieu à une institutionnalisation des techniques utilisées pour le dénombrement, il n'y aura pas d'institutionnalisation des connaissances mathématiques mises en jeu dans les différents environnements. Mais même dans cette séance les élèves ne seront sollicités que sur un seul environnement, l'environnement numérique, sans différence avec la séance 1 .

Nous pouvons maintenant situer les séances sur la "Toile".



1.5 Éléments d'apprentissage de l'enseignante Noémie dans la séquence “train”

1.5.1 Ce que dit Noémie

Très réflexive par rapport à sa pratique, à notre question sur l'anticipation de la démarche des élèves elle répond :

« Mais ça j'ai beaucoup de mal. Je vois des choses... d'abord je n'ai pas pris l'habitude de le faire pour tout et puis il y a des choses que je vois par expérience mais là quand c'est quelque chose qui est tout à fait nouveau !... dans d'autres domaines dans d'autres matières + je sais que là ça va être difficile mais là pour moi c'est nouveau donc... donc j'anticipe pas toujours tout et puis après il faut le gérer sur le moment quoi ! Mais ça viendra avec l'expérience, ça viendrait peut-être, je sais pas, en me creusant plus la tête au moment de la préparation mais je dois dire que j'ai du mal. »

Noémie a choisi ce logiciel pour permettre aux élèves qui n'y arrivent pas de passer du comptage²⁶⁴ au calcul dans des problèmes additifs ou soustractifs. L'échec de ces élèves lui fait dire : il « y a quand même un truc qui m'ennuie ! il va falloir que je réfléchisse, il y en a encore qui ne veulent pas passer à des procédures un peu plus expertes. C'est quand même l'objectif général quoi ! Et donc je sais pas quoi... »

Ce décalage entre les attentes espérées par la mise en œuvre du logiciel pour favoriser le passage du dénombrement au calcul provoque une déception qui n'invalide pas aux yeux de Noémie l'intérêt de ce logiciel dont elle dit, très justement, qu'il doit être utilisé à un autre moment « très tôt dès le CP ».

1.5.2 Éléments d'apprentissage dans cette séquence

L'âge des élèves, la difficulté d'intégration de certains, l'utilisation en groupe classe qui divise le temps d'usage par trois, voire par quatre, contribuent à complexifier l'intégration instrumentale. C'est cette difficulté à cerner son milieu de référence qui l'oblige à réaliser des ajustements en cours de séance ou d'une séance à l'autre.

Sans disposer de suffisamment de repères, elle est dans une recherche d'indices de son

²⁶⁴Ou du sur-comptage au calcul

milieu matériel, M_p -Matériel, pour modifier le milieu matériel des élèves (valeurs numériques, contraintes écriture,...), contraindre le milieu objectif en induisant d'autres techniques, intervenir dans leur milieu de référence en organisant leurs interactions (faire partager des techniques différentes), ce qui constitue des actions sur son milieu objectif, M_p -Objectif.

La deuxième interrogation de Noémie nous renvoie à l'efficacité qu'apporterait la TAL en rapport avec la TAM.

Pour comprendre les décalages qu'elle observe, entre ce qu'elle avait imaginé et les réalisations des élèves, elle ne dispose que de ses observations dans la contingence de la classe dont nous avons dit qu'elle était parfois difficilement contrôlable. Elle ne dispose pas non plus de documents susceptibles de lui apporter une connaissance des techniques des élèves autres que celles de l'environnement papier-crayon.

Dans ces conditions, les transformations seront plus facilement pensées par rapport à un type de situation que l'enseignante sait gérer que dans une situation qu'elle n'a pas l'habitude de proposer aux élèves et dont elle ne pourra pas anticiper les réactions.

La troisième préoccupation retenue de Noémie reprend la question de la tâche mathématique et de son lien avec les objectifs. Intégré pour favoriser la construction d'une connaissance, l'environnement logiciel crée une situation qui est plus proche d'un entraînement que d'une découverte. Noémie semble en avoir conscience mais elle choisit de gérer ce manque d'anticipation. Dans ce dispositif où les techniques ne sont pas des réponses au milieu objectif l'activité des élèves est maintenue par les impulsions, les demandes de l'enseignante. Les élèves sont alors dans des contrats d'entraînement, d'évaluation ou au mieux de reprise de savoirs. La responsabilité de la construction des connaissances appartient à l'enseignante ou à « l'enseignant adjoint », le logiciel, mais en aucun cas à l'élève.

La découverte de l'environnement logiciel crée des conditions d'interrogation sur le milieu construit par l'enseignante Noémie. Ces questions qui naissent de l'observation de son milieu matériel amènent l'enseignante à faire des hypothèses, les essayer en agissant sur son milieu objectif. Nos critères contribuent à identifier ces changements, ici, sur l'intégration instrumentale et l'intégration praxéologique.

Nous observerons si les évolutions de cette séquence seront intégrées dans la séquence suivante ou comment elles seront modifiées.

2 Deuxième séquence : un problème de recherche autour de l'activité “Que voir”

Comme nous l'avons dit dans l'introduction de l'observation des séquences de Noémie, “Que voir” est une des activités du logiciel “A nous les nombres” que nous avons largement présenté.

Les deux séances mise en place constituent à nos yeux une séquence autour d'un “problème pour chercher” plutôt qu'un “problème pour apprendre à chercher” qui est bien adapté à des élèves d'une classe de CE1.

2.1 Le milieu envisagé par l'enseignant

La séquence permet d'envisager plusieurs dispositifs qui permettent d'en faire un problème de traitement des informations dans le domaine “Exploitation des données numériques”. Les élèves peuvent engager plusieurs fonctions du nombre, les propriétés, « *le nombre mémoire de la quantité* », le nombre « *pour prévoir le résultat d'actions sur des quantités* » (somme et réunion de deux ensembles disjoints) et ceci à travers « *des procédures personnelles* », se confronter « *à d'autres procédures que celles qu'on a soi même élaborées* »²⁶⁵. Le support peut aussi favoriser l'explicitation orale « *de la démarche utilisée, en s'appuyant éventuellement sur sa feuille de recherche* ».

La fiche de préparation²⁶⁶ reprend dans une formulation plus personnelle les éléments ci-dessus.

Dans la documentation, la proposition d'utilisation de matériel fait référence à une mise en situation pour comprendre le problème. Dans cette phase d'appropriation du problème, l'enseignant cache une collection, les élèves collectivement peuvent demander à voir des sous-collections que l'enseignant note sur un support pour en garder la mémoire ; il répond à chaque élève à tour de rôle et lorsqu'un élève pense avoir trouvé la réponse, l'enseignant demande aux autres qu'ils se mettent d'accord sur la réponse de cet élève avant qu'il ne la valide.

²⁶⁵Extrait des documents d'application Cycle 2 pages 14 et 15

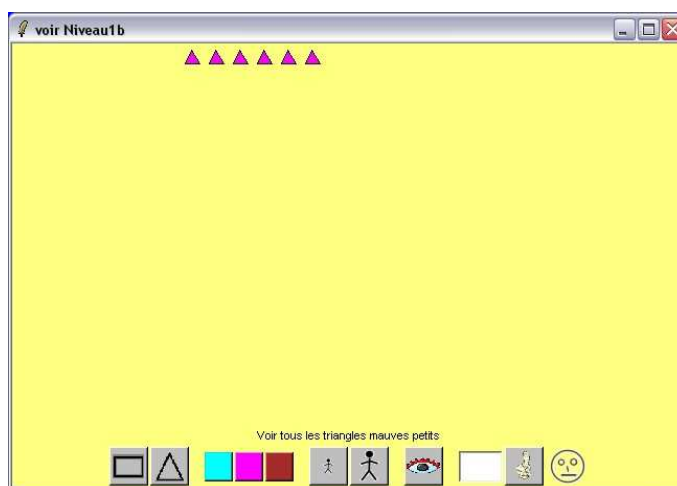
²⁶⁶Annexes internes - Annexes Noémie - Annexe 4 -

2.2 Le dispositif de travail

L'organisation des salles n'a pas changé par rapport à la séquence précédente. La contingence de la classe, avec ses épidémies, apporte pourtant des perturbations inattendues qui modifient l'utilisation des ressources informatiques. Douze présents se répartissent plus aisément sur six ordinateurs et il n'y a plus la nécessité d'organiser un atelier en parallèle.

2.2.1 Présentation générale de l'outil logiciel :

Dans l'activité “Que voir” le type de tâches consiste à écrire le cardinal d'une collection qui n'est que partiellement visible. Chaque type d'objet est visible séparément en sélectionnant ses différentes propriétés puis en cliquant sur “l'œil”. Les élèves peuvent poser plusieurs “questions” pour trouver le résultat.



Ce sont ces questions qui permettent d'obtenir des réponses au type de sous-tâches “établir le cardinal des sous-collections d'intersection vide et dont la réunion est la collection dont on recherche le cardinal”.

Le fait que le logiciel ne donne pas le cardinal d'une sous collection supérieure à une valeur donnée crée un obstacle qui rend le milieu antagonique.

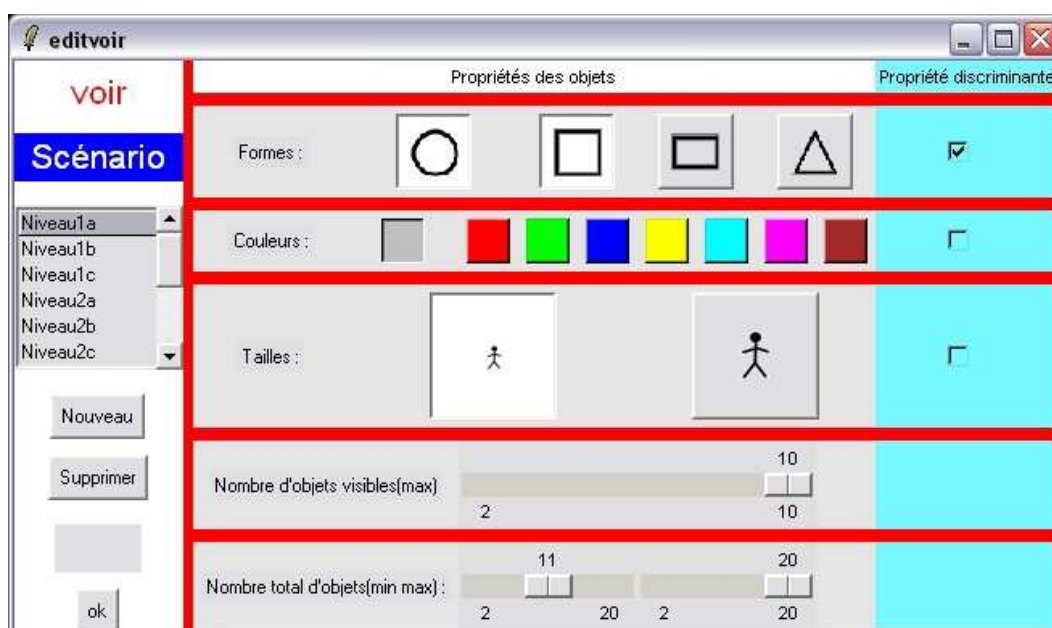
La définition de ces conditions, antagonique ou non antagonique, relève du choix de l'enseignant lorsqu'il prépare les modules qu'il proposera aux élèves.

Si les collections ne sont pas supérieures à la valeur limite d'affichage, la partition selon la forme est suffisante pour résoudre le problème, puisque l'on peut connaître le cardinal de chacune des collections “forme”.

La présentation sous la forme d'une collection plutôt que sous la forme du cardinal de cette collection est une contrainte qui porte sur l'usage du nombre (mémoire de la quantité) si les collections sont importantes, mais, si les cardinaux des sous-collections sont inférieurs à 20, la résolution du problème peut se faire avec une représentation schématique puis un

dénombrement²⁶⁷. Le milieu n'est pas antagonique avec les techniques anciennes de dénombrement.

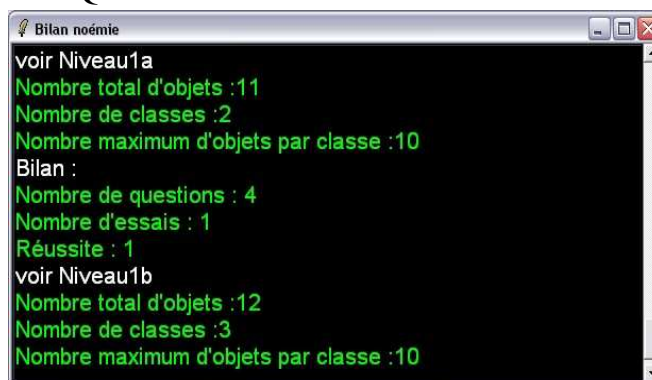
Les conditions qui définissent ces types de tâches sont conçues par l'enseignant dans un éditeur de scénarii. Mais comme pour les autres activités, il existe une série de modules pré-construits qui peuvent être utilisés directement ou servir d'exemple pour en concevoir d'autres. Ci-dessous une copie d'écran de l'éditeur de l'activité "Que voir".



Le bilan est très voisin de celui de "train". La copie d'écran ci-dessous présente le bilan de "noémie" sur l'exercice "Niveau1a" du module "Que voir".

Une partie intitulée "voir" présente le descriptif de la situation à trouver : Il y avait 11 objets répartis en 2 classes et le nombre maximum d'objets dans une classe était de 10.

Sous le sous-titre "Bilan" est présenté de façon succincte le travail de "Noémie". On peut y lire qu'elle a posé 4 questions pour répondre. Elle a réussi à son premier essai.



²⁶⁷Dans des situations de dénombrement, observées dans des classes de même niveau, les élèves peuvent engager des représentations de collections comportant une centaine d'éléments avec une constance remarquable.

Comme pour l'activité "train" l'élève peut lancer l'activité par un clic dans la liste des activités ou par un clic direct sur le nom du module "Que voir" dans l'écran initial.

2.2.2 L'environnement "papier-crayon" et les types de tâches associés

L'environnement papier-crayon ne constitue pas un atelier en parallèle avec l'activité sur les ordinateurs. Il s'agit d'une activité qui prépare celle qui aura lieu sur l'ordinateur.

L'enseignante met en scène la situation dans laquelle elle va jouer le rôle de l'ordinateur. Cette idée est peut-être consécutive à la lecture de la documentation pédagogique (page 83) de la version de "A nous les nombres" de l'IREM de Bordeaux.

Nous devons peut-être prendre en compte aussi, le fait que la séance s'inscrit, après une série de cinq séances qui ne sont pas concluantes pour la réussite de l'objectif que Noémie s'était alors fixé (faire passer les élèves d'une technique de surcomptage à une technique de calcul pour résoudre le type de tâches : dénombrer une collection spécifique).

L'activité papier-crayon est construite à partir d'un support de type "blocs logiques" que les élèves connaissent pour les avoir utilisés en géométrie.

L'activité consiste à résoudre le problème suivant :

Trouver le cardinal d'une collection qui ne sera que partiellement visible par étape. Le milieu matériel est constitué d'une collection cachée et réalisée par l'enseignant. Le problème est proposé sous la forme d'une devinette où le détenteur de la collection répond à des demandes d'informations pour obtenir des informations sur des sous collections. Ces demandes sont de la forme "je veux voir les objets vérifiant une ou plusieurs des trois propriétés, forme, couleur et taille²⁶⁸".

Pour répondre aux demandes des élèves, l'enseignante montre le nombre d'objets correspondant à la question. Dans le cas où le nombre d'objets vérifiant une propriété est supérieur à 5, la réponse est de la forme "Il y a plus de 5 objets qui répondent à cette question."

Dans la situation observée, les formes possibles étaient des rectangles, des carrés, des triangles et des disques ; les couleurs possibles étaient bleu, jaune et rouge ; la taille pouvait être "petit" ou "grand". Pour trouver la réponse les élèves peuvent poser autant de questions qu'ils le souhaitent.

²⁶⁸Dans la mise en œuvre l'enseignante va alterner entre l'attente d'une demande où la réponse est un nombre et une où la réponse est la présentation des objets correspondant qui est en lien avec la forme logicielle.

Après cette phase de jeu “matériel” les élèves sont prêts à être initiés à l'usage du logiciel et à la spécificité de la formulation des questions-réponses avant de s'engager dans la résolution des problèmes sous la forme logicielle. On peut penser qu'une telle proposition n'aurait plus lieu d'être si la classe disposait d'un vidéo projecteur.

2.2.3 Les interactions didactiques s'appuyant sur le logiciel, les types de tâches, tâches et techniques associées.

Dans le logiciel, l'environnement ne nécessite pas de formulation à propos de la technique utilisée, les élèves cliquent sur les icônes qui sont indexés sur la propriété principale, la forme. Le premier message qui s'affiche au lancement du logiciel demande de sélectionner les objets que l'élève veut voir ou de saisir le nombre de la collection globale.

Dans l'environnement papier-crayon, la technique de résolution impose, si l'enseignant ne la prend pas en charge, de construire une phrase. Pour construire cette phrase l'élève doit structurer une technique qui lui permettra d'obtenir une réponse à la sous-tâche « identifier une sous-collection ».

Cette technique est explicitée lorsque l'élève sélectionne les propriétés dont il souhaite “voir” les éléments. Si l'enseignant n'induit pas la démarche on pourrait penser que les élèves peuvent demander, par exemple, « *je commande les bleus* » ce qui caractérise une technique.

Une autre différence entre l'environnement numérique et l'environnement papier-crayon est dans la conception de la situation. L'enseignant a fait des choix de définition du milieu matériel que le logiciel gère de façon transparente pour les élèves. Dans le cas d'une situation émission-réception entre deux élèves, les élèves doivent à tour de rôle concevoir le milieu matériel.

2.3 Synopsis

Sixième séance premier épisode

Présentation de l'activité. Avant de jouer sur l'ordinateur, Noémie propose de comprendre le jeu avec du matériel. Présente le matériel et, en suivant, les règles du “jeu”.

Elle organise un dispositif avec une situation d'émission-réception, les élèves jouent, l'un après l'autre, le rôle du logiciel et celui de joueur.

Au bout de 30 min Noémie observe que le temps passe trop vite et se prépare à faire passer les élèves sur les ordinateurs.

Sixième séance deuxième épisode

Les élèves qui ont fini l'activité avec du matériel passent sur l'ordinateur.

Organisation de la présentation du logiciel aux douze élèves regroupés autour d'un ordinateur.

Noémie exploite leur connaissance d'accès à “Train” pour présenter le lancement du logiciel à partir des propositions d'élèves qu'elle exécute, avec quelques problèmes de gestion du regroupement des douze élèves.



Noémie donne la consigne, « *Choisis une forme, une couleur, une taille puis clique sur le bouton “voir” ou tape la réponse et appuie sur le bouton ok* ».

Les élèves passent sur les ordinateurs, lancent le logiciel et Noémie les questionne en allant d'un poste à l'autre. Lorsqu'elle a fait le tour des postes, elle provoque un regroupement pour faire formuler les problèmes rencontrés. Elle demande d'éteindre les ordinateurs à l'exception de l'ordinateur proche du coin de regroupement comme ressource pour revenir à l'environnement logiciel.

Nous présentons ci-après la transcription de la mise en commun :

<p>1.Noémie : Alors maintenant en levant la main vous nous dites. Lève-toi (elle déplace un élève). si vous avez rencontré des problèmes. Chloé ?</p> <p>2.Chloé : Nous chaque fois avec Joël on oubliait les nombres.</p> <p>3.Noémie : Ah !</p> <p>4.Chloé : Donc après on est obligé de recommencer.</p> <p>5.É : Et nous aussi</p> <p>6.Éx : Et aussi on sait pas c'est pas dans le bon ordre.</p> <p>7.Noémie : Viens ! (elle change de place un élève qui s'agite)</p> <p>8.Éx : Et on le faisait pas dans le bon ordre et après on se disait est-ce qu'on l'a fait ou on l'a pas fait ça. Donc on faisait que faire et /</p> <p>9.Noémie : Donc toi tu oubliais les nombres. Vous n'avez pas trouvé de solutions ?</p> <p>10.Éy : Moi si</p> <p>11.Noémie : Chutt ! Vous avez trouvé une solution ?</p> <p>12.Éx : Moi j'ai fait 15, après il a dit non c'est 14 alors on a fait 14 et /</p> <p>13.Noémie : Alors vous avez réussi ? + En vous souvenant ?</p> <p>14.Éx : Oui</p> <p>15.Noémie : Bon tu as réussi ou tu n'as pas réussi ?</p> <p>16.Éx : Pas trop !</p> <p>17.Noémie : Pas trop ! Bon... Qui a rencontré un autre problème ? Lola.</p> <p>18.Lola : Quand on est allé à rond il y en avait jamais</p>	<p>19.Éw : Moi aussi</p> <p>20.Lola : Quand on est allé à carré il y en avait jamais (inaudible)</p> <p>21.Éw : Moi aussi</p> <p>22.Noémie : Ah ! alors c'est pas grave ! C'est pas un problème ça. Samantha tu te tournes et tu écoutes.</p> <p>23.Ét : Nous quand on essayé le nombre qu'on a mis pouce. Il nous disait y en a pas y en a pas y en pas plein de fois alors...</p> <p>24.Noémie : Et à un moment est-ce qu'il t'a dit y en a ?</p> <p>25.Ét : Non alors on a arrêté et on a changé de truc</p> <p>26.Noémie : Et c'était à quel ?</p> <p>27.Ét : Aux carrés aux triangles</p> <p>28.Noémie : Oui mais quel niveau ?</p> <p>29.Ét : Au 2 !</p> <p>30.Noémie : Au 2 ?</p> <p>31.Ét : Oui y avait jamais rien !</p> <p>32.Noémie : Moi j'ai vu au + au niveau 1c + j'irai regarder ça de plus près. Ensuite est-ce que quelqu'un d'autre a vu + a rencontré un autre problème ? Baptiste ! Baptiste arrête ça Baptiste. [...] Alors est-ce que quelqu'un a résolu le problème de Chloé ? Tu me rappelles le problème de Chloé ? Laura arrête !</p> <p>33.Baptiste : Il fallait pas commencer par le dernier.</p> <p>34.Chloé : On a pas commencé par le dernier.</p>	<p>35.Baptiste : Si on allait dans la forme du carré et que après on allait dans les couleurs après on savait plus si on avait compté ça...</p> <p>36.Noémie : Bon d'accord ! Alors qui a une solution à ce problème ? Quelle est ta solution ?</p> <p>37.É? : Euh. Parce qu'il fallait mettre le nombre.</p> <p>38.Noémie : Je ne suis pas sûre que tu aies écouté Baptiste. ??? tu as trouvé la solution on t'écoute.</p> <p>39.É??? : Tu peux recommencer et tu peux /</p> <p>40.Noémie : Ce n'était pas ça le problème de Chloé. Répète le Chloé.</p> <p>41.Chloé : C'est qu'on oublie les nombres.</p> <p>42.Noémie : C'est qu'on oublie les nombres que l'on a dans la tête.</p> <p>43.É : On le marque</p> <p>44.Noémie : Ah ! C'est ce que tu as fait toi ?</p> <p>45.É : Mais il n'y avait pas de papier.</p> <p>46.Noémie : Oh si ! il y en a à côté de tous les ordinateurs. Tu n'y a pas pensé donc tu ne l'as pas vu. A droite de chaque clavier il y avait un papier et un crayon. Bien ! Alors maintenant vous allez aller à l'ordinateur pour récupérer le papier le crayon la feuille... (fin de séance)</p>
--	--	---

Sixième séance : Mise en commun finale

Elle tente, pendant quatre minutes, de faire émerger la nécessité d'utiliser le papier pour pallier « [l'oubli] des nombres que l'on a dans la tête ».

Septième séance premier épisode jusqu'à la 25^e minute

Retour à une classe presque normale, 15 élèves.

La classe a vécu une séance avec des “blocs logiques” le matin même pour présenter aux absents la situation.

Les élèves sont orientés vers les ordinateurs (couple absent/présent) ou vers l'atelier “papier-crayon”. Noémie provoque un regroupement immédiat des élèves sur “ordinateur” pour réaliser une présentation du logiciel en interaction avec les élèves présents lors de la

dernière séance.

Pendant cette présentation, une élève, Chloé, qui est placée devant l'écran, compte les carrés pour les autres qui sont éloignés. Elle a vécu la séance précédente et après l'affichage de 3 disques elle surcompte à partir de 3 la collection des carrés.

Noémie fait expliciter la technique de Chloé. Lilian explique alors qu'elle « *a compté les deux ronds* », puis reformule « *elle s'était mis les deux ronds + la somme + le nombre des deux ronds dans la tête et elle a commencé à compter à partir de...* ».

Les élèves sont envoyés vers les ordinateurs avec la consigne : « *il faut choisir la forme, la couleur, la taille + tu as bien remarqué ça Lilian + et puis l'on cherche le nombre total d'objets à chaque fois. D'accord ? [...] Vous allez essayer de faire trois niveaux quand vous avez fait trois niveaux vous passez la main au copain qui fait trois niveaux* ».

Noémie distribue à côté des claviers une feuille et de quoi écrire.

Puis elle circule d'un groupe à l'autre avant de s'arrêter à côté de Léa qui lors de la dernière séance n'avait comme réponse que « *il n'y en a pas* » et qui, ayant choisi de cocher les trois propriétés, est confrontée à la même réponse : « *il y en a pas, il y en a pas* ». C'est en réponse à la présence de la maîtresse qu'elle fait plusieurs essais pour lui montrer que l'ordinateur répond toujours la même chose; au bout de cinq essais l'ordinateur renvoie un affichage de formes. Noémie conclut « *Ah ! Hein ! avec un petit peu de patience !* ».

Septième séance deuxième épisode

Vingt-cinquième minutes : échange des groupes, cela dure trois minutes. Pendant que le deuxième groupe passe sur les ordinateurs, Noémie organise une tentative de formulation des techniques de ceux qui ont réussi et des difficultés rencontrées par ceux qui ont échoué.

Elle valorise la technique d'une élève en disant qu'elle « *choisit un ordre [...] le hasard ne fonctionne pas + il faut avoir une méthode. D'accord ?* » Ce sera la seule institutionnalisation qui sera faite avec le groupe.

Les élèves passent à l'atelier papier-crayon qui est structuré autour des exercices du fichier élève Cap-Maths²⁶⁹, les exercices sont identiques d'un groupe à l'autre. Les numéros des pages sont affichés au tableau. Elle peut alors se rendre disponible pour les élèves qui travaillent sur les ordinateurs lorsqu'elle ne doit pas gérer le bruit et des attitudes délicates d'élèves.

Huit minutes plus tard, elle tente d'organiser une mise en commun pour la classe en s'appuyant sur les expériences extraites des deux groupes qui n'ont obtenu que des bonshommes rouges.

269 Annexes internes - Annexes Noémie - Annexes 5 -

La sonnerie et le brouhaha limiteront cette mise en commun à la reprise de la nécessité d'utiliser un ordre pour découvrir les collections.

2.1 Analyse a posteriori de la séquence d'apprentissage

La mise en œuvre proposée par Noémie est assez voisine de la proposition de l'ancienne version de « A nous les nombres ». Elle est associée à la préparation à un jeu qui se joue sur l'ordinateur comme “Train”. Sa présentation est organisée en trois étapes : la présentation des éléments qui seront à découvrir dans “Que voir” et les règles du “jeu”, une mise en œuvre avec un élève et une expérimentation par groupe de deux élèves, un détenteur de la collection et le chercheur, les deux permutant dans leurs rôles. Les deux séances sont assez voisines dans leur organisation même si la deuxième séance a été préparée en classe.

2.1.1 L'intégration instrumentale

2.1.1.1 Le mode d'intégration

La tâche mathématique est introduite dans un environnement “familier” (du “matériel”) pour faciliter la compréhension de l'activité “Que voir” dans l'environnement numérique. Noémie imagine que ce milieu doit permettre aux élèves d'entrer plus facilement dans la tâche demandée mais aussi et surtout de valider les réponses des élèves par un retour à une collection observable, “manipulable”, qu'elle pense donc plus compréhensible.

L'introduction de ce jeu “matériel” est source de nombreux obstacles. Ainsi, après avoir donné comme consigne qu'« *il s'agit de retrouver les éléments d'une collection* » Noémie présente les objets constituant la collection. La présentation du jeu se prête à une reconnaissance des formes (nous sommes au CE1), des couleurs et des tailles que Noémie organise sous une forme interactive avec le petit groupe classe. Suit alors l'échange que nous avons transcrit ci-après.

<p>1 Noémie : Moi je prépare ma question. Tu te tournes vers là-bas. + Prêt Paul ? Tu prépares tes questions ?</p> <p>2 Paul : Euhhh...</p> <p>3 un élève : mais écris-le !</p> <p>4 Paul : Mais il faut l'écrire ?</p> <p>5 Noémie : Non non pour l'instant tu n'écris rien si tu n'as pas posé de question. Voilà j'ai préparé ma collection. + Assieds toi + Laura essaie de jouer en même temps que Paul.</p> <p>6 Paul : Est-ce qu'on peut demander des formes et des arêtes ; est-ce qu'il y a des arêtes ?</p> <p>7 Noémie : Ah Non ! On a parlé de trois propriétés. On doit se servir de trois choses pour poser des questions. Lesquelles ? Levez la main pour répondre.</p> <p>8 Éx : Combien il y a de carrés ?</p> <p>9 Noémie : Alors... c'est-à-dire ?</p> <p>10 Paul inaudible</p> <p>11 Noémie : Non !</p> <p>12 É : Par exemple s'il y en a plus de cinq la maîtresse elle dit plus</p> <p>13 Noémie : Quand je dis on doit poser des questions sur trois choses différentes + alors on a dit ? Sur la +</p> <p>14 Éx : sur la forme</p> <p>15 Éy : couleur</p> <p>16 Noémie : sur la couleur et /</p> <p>17 É : sur la taille</p> <p>18 Noémie : Sur la taille, bravo ! donc Paul ne parle pas d'arêtes etc. Fermez vos cahiers et faites-le dans votre tête en même temps que Paul.</p>	<p>19 Paul : Est-ce qu'il y a un carré jaune ?</p> <p>20 Noémie : Je ne peux que te répondre qu'avec des chiffres. L'ordinateur ne te répondra qu'avec des chiffres. On va le faire avec l'ordinateur alors écoutez bien ! Là c'est pour bien comprendre le jeu. Posez les crayons + allez Paul on t'écoute. Arrête ! (en s'adressant à un autre élève)</p> <p>21 Paul : Il y a plus de cinq carrés ?</p> <p>22 Noémie : Il y a plus de cinq... Non ce n'est pas ça ta question + qu'il faut poser comme question. (elle relit son papier) c'est combien /</p> <p>23 É : y a-t-il</p> <p>24 Paul : Combien y a-t-il de carrés ?</p> <p>25 Noémie : plus de cinq. (relit son document)</p> <p>26 Des élèves disent des nombres 10, 12, 15, je me souviens plus,...</p> <p>27 Noémie : Non en fait ce n'est pas /</p> <p>28 Paul : La taille est euh...</p> <p>29 Noémie : En fait il ne faut pas demander combien. Il faut commander le nombre de carrés. Si tu commandes plus + si tu commandes un nombre et qu'il y en a + Si tu commandes un nombre + si tu commandes 4 je te dis qu'il y en a plus de 5 voilà !</p> <p>30 Paul : je je commande, je euh /</p> <p>31 Noémie : Chut ! Arrête ça Samantha !</p> <p>32 Paul : En premier dans la</p>	<p>phrase je dois dire je commande ?</p> <p>33 Noémie : "Je commande" et puis tu commandes ce que tu veux commander.</p> <p>34 Paul : Je commande 4 /</p> <p>35 Noémie : Pas le nombre pas le nombre. Tu commandes tu dis une forme une taille quatre trucs, deux trucs ou trois trucs.</p> <p>36 Paul : Je commande un carré</p> <p>37 Noémie : Les carrés les carrés</p> <p>38 Paul : les carrés rouges</p> <p>39 Noémie : Les carrés rouges + grands ou petits faut dire aussi</p> <p>40 Paul : petits</p> <p>41 Noémie présente les petits carrés rouges (3) : D'accord ?</p> <p>42 Paul : Je commande les grands carrés rouges.</p> <p>43 Noémie : Les grands carrés rouges.(elle en montre 2) Chutt ! Arthur !</p> <p>44 Paul : Combien y a-t-il de /</p> <p>45 Noémie : Non non commande commande +</p> <p>46 Paul : Je commande /</p> <p>47 Noémie : Toi tu te demandes à chaque fois combien y a + combien y a + mais en fait tu commandes. L'ordinateur tu commandes les choses et puis il te dira + il te mettra à chaque fois le nombre. Comme moi je te les montre lui te les montrera sur l'écran.</p> <p>48 Paul : Je commande les triangles rouges</p> <hr/> <p>Présentation avec des "blocs logiques"</p>
---	---	--

Dans l'environnement "papier-crayon" les règles de fonctionnement du jeu ne sont pas identiques à celle du logiciel. C'est ce que nous allons examiner dans la formulation des "questions" que l'élève devra engager pour conduire sa recherche. Dans un premier temps Noémie rappelle qu'elle ne peut répondre aux questions qu'avec des nombres [ligne 20], ce qui est cohérent du point de vue du problème, mais qui l'est moins par rapport à la construction du nombre comme mémoire de la quantité.

Premier changement de consigne lorsqu'elle répond ligne 25, « plus de 5 » à la question

« *combien y a-t-il de carrés ?* ». Elle prend conscience de ce problème que nous percevons dans le fait qu'elle relit son support de cours.

Cela semble induire un nouveau changement de consigne [ligne 29] « *il ne faut pas demander combien. Il faut commander le nombre de carrés* » pour anticiper ce qui se passera dans l'environnement logiciel où la collection est affichée sans utiliser le nombre, sauf dans le cas où il y a plus d'objets dans la partition choisie que la valeur limite.

Mais les deux phrases de la consigne [ligne 29] sont contradictoires : “*demandeur combien*” est équivalent de “*commander le nombre*”. En effet “combien” interroge sur un complément de mesure et le verbe “commander” a pour complément d'objet direct “le nombre de carrés” qui exprime une mesure.

Paul perçoit alors que sa question doit avoir une forme [ligne 32] mais, ce faisant, il perd l'information que la maîtresse ne peut répondre qu'avec des nombres. Ce qui explique qu'il tente encore [ligne 34 et 36] de réintroduire un nombre dans sa question. On perçoit là qu'il ne s'agit plus de résoudre un problème mais bien de répondre à ce qu'attend la maîtresse.

Il faudra presque cinq minutes (de 9:00 à 13:45) pour que le type de réponse à la question du problème soit clarifié. Cela nous semble relever d'une anticipation mal gérée du côté du passage d'un environnement à l'autre.

Pendant ce temps de présentation, les autres élèves observent mais Noémie, qui souhaite les impliquer un peu plus, leur propose de fermer leur cahier et de bien réfléchir avec leur tête. Les élèves n'arrivent plus à garder la mémoire des réponses aux questions construites par Paul ce qui rend très difficile la résolution et ne peut que favoriser l'abandon des moins impliqués. Enfin, Noémie en faisant fermer les cahiers ne favorise pas l'utilisation de la trace écrite comme outil pour résoudre le problème.

Dans le premier épisode, lorsque, pour gérer la classe, Noémie propose aux élèves de jouer à deux, elle a comme objectif la compréhension du jeu « *parce qu'il ne s'agit pas de passer trop de temps à chercher il s'agit de comprendre la consigne.* » Elle oublie que la construction du milieu matériel n'incombe pas aux élèves, la construction d'un obstacle ne pouvant pas être le fait de l'apprenant dans la situation et seul le hasard permettrait la réalisation d'un milieu antagonique. Cela est en plus induit par la consigne « *les enfants qui ont une boîte²⁷⁰ préparent la collection, pas plus de vingt objets et deux formes différentes seulement. Allez-y.* ». Elle ajoute lors de construction des collections « *deux couleurs, on a dit pour que ce ne*

270Lorsqu'elle les distribue elle dit « *celui qui a une boîte c'est celui qui fera l'ordinateur* »19:00

soit pas trop dur et des formes différentes. » Elle devra, malgré cela, réguler les choix des élèves pour qu'il n'y ait pas plus de deux types de formes, deux couleurs et moins de vingt formes.

Dans la deuxième séance, Noémie a déjà réalisé en classe cette même introduction pour les élèves absents. Nous avons des informations insuffisantes pour évaluer les évolutions qu'elle a apportées à la présentation. Le nombre d'élèves va à nouveau nécessiter l'utilisation d'un atelier en parallèle qui n'a pas de lien direct avec la situation de recherche. Le support logiciel est un prétexte à chercher des techniques d'organisation de données pour trouver une collection complexe. Mais cette situation aurait pu être réalisée dans l'environnement papier-crayon, comme elle l'a d'ailleurs fait avec le jeu de blocs logiques, ce que fait que nous qualifions cette intégration instrumentale de “Détournement”.

Si la première séance est reconnaissable comme une situation d'initiation instrumentale, la dernière séance se rattache d'avantage à un détournement instrumental.

2.1.1.1 Gestion de la transparence

Pendant le deuxième épisode, Noémie organise l'appropriation du logiciel. Les élèves sont regroupés autour d'un petit écran, coincés entre des tables et l'ordinateur, douze élèves que nous avons vu amassés sur la photo.

En cinq minutes ils vont écouter la lecture de la “consigne” par un élève et identifier la façon de passer d'un niveau à l'autre. Le passage d'un niveau à l'autre n'est pas une connaissance instrumentale nouvelle puisque la structure logicielle de “Que voir” est identique à celle de “Train”. Ceci explique en partie que Noémie n'ait pas réalisé un tutoriel pour ce logiciel. Mais nous ne pouvons pas exclure l'hypothèse qu'elle n'a pas retenu l'expérience de “Train” ou qu'elle n'a pas eu le temps de le réaliser ou su le faire d'une façon différente de celui de “Train” qui ne l'avait pas satisfaite.

L'introduction du logiciel est réalisée en lisant la “consigne” qui est affichée dans la fenêtre initiale de “Que voir”. Ensuite Noémie demande que *« après trois bonshommes jaunes on passe au copain qui est à côté. c'est-à-dire qu'il doit réinstaller son nom. »* Les élèves sont alors envoyés par deux sur les ordinateurs. En remarquant que quarante minutes sont passées elle modifie sa consigne *« pour commencer vous en faites un chacun. »*

Les ajustements successifs que nous avons présentés pour caractériser le mode d'intégration auraient probablement pu être écourtés en anticipant davantage le lien entre les

deux environnements. Remarquons qu'aucun des supports de documentation que nous connaissons ne souligne cet obstacle, ce qui est confirmé par le fait que dans la séance suivante Noémie n'a pas à faire d'ajustement sur le fonctionnement du logiciel.

2.1.2 L'intégration praxéologique

2.1.2.1 Des techniques anciennes de l'environnement “papier-crayon” à l'environnement logiciel

Nous revenons sur le contenu de l'échange transcrit dans « Présentation avec des “blocs logiques” », pour analyser d'autres obstacles que rencontre Noémie.

Nous avons décrit le jeu entre Paul et Noémie pour favoriser l'introduction du logiciel. Ce jeu est un jeu formel.

Nous avons dit la difficulté de Noémie à clarifier sur la forme le type de réponse à la question du problème (il lui faudra cinq minutes pour le faire). Noémie va convaincre définitivement Paul [ligne 47] en lui expliquant comment sa technique fonctionne pour réaliser la sous tâche, c'est-à-dire identifier une sous-collection. En faisant cela elle le libère de la charge d'explicitation de sa technique “invisible” au sens d'ASSUDE et MERCIER (2006) et lui permet ainsi de s'engager dans la tâche.

Dans l'environnement “papier-crayon” les règles de fonctionnement du jeu ne sont pas identiques à celles du logiciel. C'est ce que nous avons constaté dans la formulation des “questions” de Paul et dans la présentation du logiciel. Mais la validation de la technique papier-crayon, ligne 20, est justifiée par ce qui va se passer dans l'environnement logiciel qui lui n'est pas encore connu des élèves. Au delà du fait qu'elle est erronée les élèves n'ont pas suffisamment d'informations pour se représenter la situation.

C'est sous l'impulsion de Noémie que les techniques sont utilisées.

2.1.2.2 Rapport entre TAL et TAM

Le texte introductif de la situation, dans la fenêtre logicielle, ce que Noémie appelle “consigne”, « *Choisis une forme, une couleur, une taille puis clique sur le bouton “voir” ou tape la réponse et appuie sur le bouton ok* » induit une technique qui propose de sélectionner chacune des propriétés.

Noémie ne respecte pas cette consigne, elle choisit une forme et clique sur le bouton “voir”, ce

qui ouvre la possibilité de transgresser la consigne.

Les techniques sont involontairement induites par l'enseignante pour permettre la découverte de la situation, par les concepteurs du logiciel pour en faciliter l'accès de façon autonome. Cela a pour effet, dans la suite de la séance, de placer les élèves dans une situation où ils engagent la technique présentée. Le problème initial devient un exercice pour utiliser le savoir présenté.

Ceci ne change pas d'une séance sur l'autre, les élèves sont donc en situation d'entraînement à une tâche "logicielle" pour résoudre une tâche mathématique.

2.1.3 Les contrats

2.1.3.1 Le statut du savoir

Nous sommes dans le cas d'une situation où, comme nous l'avons dit à propos de la présentation du jeu avec Paul, les élèves connaissent des situations où il faut construire un ensemble de questions pour trouver la réponse. Souvent au niveau du cycle des apprentissages fondamentaux l'enseignant privilégiera la construction de ces questions dans l'interaction avec le groupe classe. Son rôle sera celui du secrétaire de la séance pour garder la mémoire des questions.

Il s'agit ici d'une catégorie de problèmes où la maîtrise de l'addition est nécessaire²⁷¹. La résolution du problème de façon experte porte sur la prise de conscience de la nécessité de la partition de la collection finale pour pouvoir écrire que le cardinal des classes est égal à la somme des cardinaux.

Ce problème est sous-jacent dans tous les problèmes additifs du cycle des apprentissages fondamentaux, ce qui place le savoir en jeu du côté des savoirs à consolider.

2.1.3.2 Le type de situations

Lors de la sixième séance, les élèves devant s'approprier la situation dans l'environnement papier-crayon aussi bien que numérique, Noémie a choisi des situations qui ne sont pas difficiles : « *les enfants qui ont une boîte²⁷² préparent la collection, pas plus de vingt objets et deux formes différentes seulement. Allez-y.* » puis ajoute « *deux couleurs, on a*

²⁷¹Et pourtant, Paul ne verra ponctuellement dans la situation que le lien avec la description de solides sous la forme d'un jeu du type « Devinez le solide ». Phénomène de détournement caractérisé par MARGOLINAS.

²⁷²Lorsqu'elle les distribue elle dit « *celui qui a une boîte c'est celui qui fera l'ordinateur* » 19:00

dit pour que ce ne soit pas trop dur et des formes différentes. »

Ce qu'elle confirme en présentant son objectif : « *il ne s'agit pas de passer trop de temps à chercher, il s'agit de comprendre la consigne. »*

Ce qui rend comme nous l'avons déjà dit la situation non antagonique. Lors de la septième séance les élèves s'engageront dans les autres niveaux de "Que voir" qui eux sont antagoniques.

Pourtant, pour des raisons liées à la durée des séances et à la gestion du temps des groupes, les situations antagoniques ne sont pas forcément rencontrées par tous les élèves.

2.1.3.3 La répartition des responsabilités entre élèves et enseignants

Pour favoriser la prise de sens, l'enseignante induit les savoirs à mettre en jeu. Les élèves se trouvent alors dans un méso-contrat de pseudo-dévolution. De façon générale les élèves n'ont pas les moyens de revenir sur les raisons de leur réussite ou de leur échec.

C'est donc l'enseignante ou l'ordinateur qui a la responsabilité de la validation.

2.1.4 Enjeux pour la dévolution et l'institutionnalisation

2.1.4.1 Les points d'appui pour réaliser la dévolution

Nous retrouvons l'idée de jeu pour introduire l'activité mathématique. La nouveauté est ici dans le fait que Noémie ne semble pas convaincue du pouvoir de dévolution de l'ordinateur et retourne vers des valeurs sûres, "le jeu mathématique", pour favoriser l'appropriation de la situation.

Ce qui nous fait dire que pour cette séance Noémie favorisera la dévolution par la tâche mathématique en jeu.

Pour maintenir les élèves dans la tâche, elle anticipe que les élèves devront mettre en mémoire les résultats intermédiaires et donc leur propose un support papier. Mais pour des raisons que nous avons présentées dans le descriptif de la présentation avec Paul, les élèves devront passer outre le contrat « *faites le dans votre tête* » et donc peu d'élèves utiliseront une trace écrite.

Nous avons donc, indépendamment de la réussite de la conduite de la séance, un changement de "point d'appui" par rapport aux séances précédentes.

En revanche, lors de la deuxième séance, les techniques de recherche ayant été dévoilées, il ne reste plus qu'une activité d'entraînement sur le logiciel qui distribue une série d'exercices.

Selon le tirage aléatoire, réalisé par le logiciel, les élèves seront confrontés où non à un milieu antagonique. Il est antagonique par rapport au cardinal somme des cardinaux de la partition, si le nombre d'éléments de la collection "forme" est supérieur au nombre maximum des formes affichées, les élèves ne pouvant plus directement obtenir la somme des collections affichées avec un critère.

C'est ce qui se produit dans l'exemple suivant : Soit une collection composée de 6 grands triangles jaunes, 5 petits triangles jaunes, 4 grands triangles bleus, 4 petits triangles bleus, 2 grands carrés jaunes, 3 petits carrés jaunes, 6 grands carrés bleus et 5 petit carrés bleus avec un nombre maximum de 7 figures affichées. A la commande des "jaunes" le logiciel répond "plus de 7", A la commande "petits jaunes» il répond "plus de 7" si les élèves ne commande pas en utilisant la forme, la couleur et la taille ils ne peuvent pas obtenir le cardinal de chacune des classes de la partition. En effet, il y a 19 triangles, 16 carrés, 17 petits, 18 grands, 17 jaunes et 19 bleus. En croisant formes et couleurs il y a 11 triangles jaunes, 8 triangles bleus, 11 carrés bleus et 5 carrés jaunes. En croisant couleur et tailles il y a 8 petits jaunes, 8 grands jaunes, 9 petits bleus et 10 grands bleus. Enfin en croisant forme et taille il y a 9 petits triangles, 10 grands triangles, 8 petits carrés et 8 grands carrés.

Nous aurions pu observer un entrelacement entre la tâche logicielle et la tâche mathématique mais dans le temps d'observation peu d'élèves rencontreront ce type de situation. Les élèves, dans ce cas, seront donc confrontés principalement à une tâche logicielle.

2.1.4.2 L'institutionnalisation réalisée et les environnements

Il y aura pendant ces deux séances plusieurs moments de mise en commun. L'institutionnalisation portera au mieux sur les connaissances instrumentales.

Même dans l'environnement papier-crayon, en fin du premier épisode de la première séance, la présentation est arrêtée sans qu'il en soit fait un bilan mathématique. Noémie l'aurait voulu qu'elle n'aurait pu le faire, puisqu'elle n'a pu observer que des moments furtifs dans les actions des binômes. La principale raison est le temps qui passe et Noémie a l'intention de présenter l'environnement numérique de "Que voir".

Dans les autres moments de mise en commun, les connaissances mathématiques ne seront pas rencontrées malgré la volonté de faire émerger une technique de recherche formulée par la "bonne élève".

Comme pour favoriser le maintien d'une implication dans la tâche, Noémie dit son besoin de

disposer de repères dans l'apprentissage pour organiser les mises en commun. Elle organise des outils qui pourraient l'aider dans ce sens et pourtant elle dit dans le dernier entretien post : « *Je les trouve moins faciles les mises en commun là haut [dans la salle informatique] que en classe* ».

Nous allons observer un cas qui correspond à ce constat. A la minute 42, elle se trouve auprès du groupe de Lisa-Jade qui utilise la feuille qui est à sa disposition pour noter les réponses intermédiaires de l'ordinateur. Les deux élèves se partagent les tâches. Jade saisit à la souris les collections qu'elles veulent voir, elles les comptent et vérifient. Lisa note le résultat sur la feuille de papier. Elles saisissent le résultat final qui est exact. Noémie les observe...

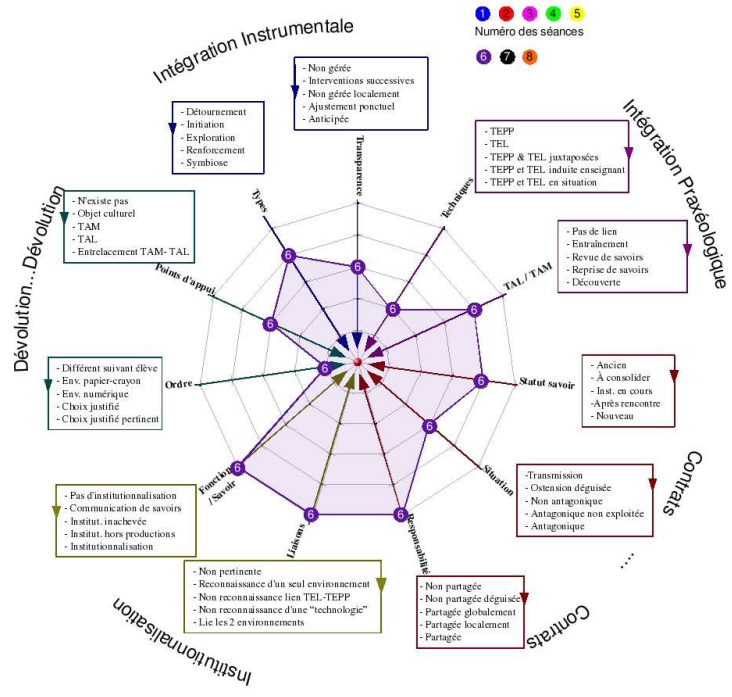
Pendant la mise en commun finale, c'est l'obstacle mémoire des résultats intermédiaires qui est le fil conducteur de la tentative de Noémie de réintroduire la feuille de papier comme mémoire des résultats intermédiaires pour résoudre le problème (voir synopsis cadre "Sixième séance : Mise en commun finale"). Pourtant elle n'exploite pas le travail du groupe Lisa-Jade. Elle reste enfermée dans la difficulté qu'il y a à faire formuler des techniques à des élèves de cet âge là, difficultés à verbaliser sans mettre en acte leurs mots. Nous pouvons rattacher cette situation à celle de la deuxième séance où c'est après un retour en classe qu'elle fera construire une affiche « *des procédures pour calculer vite* ». Mais comme nous l'avons rappelé à propos de l'atelier papier-crayon il n'y a pas eu de mise en commun.

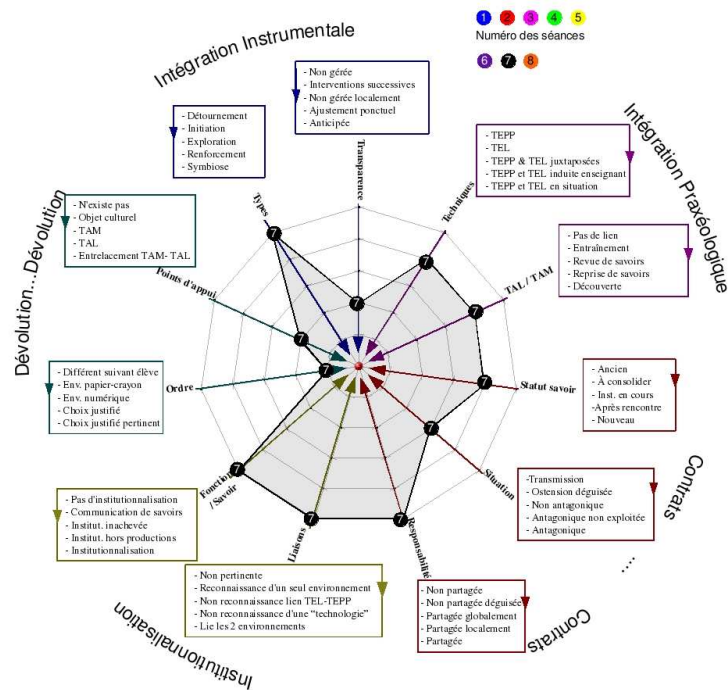
Devant l'impasse pour faire émerger, à partir des travaux des élèves, des techniques de résolution de la tâche, Noémie est contrainte de valoriser la technique d'un élève, choisie par elle, non remise en jeu et dont le lien avec les attentes institutionnelles est abandonné.

Ce qui ne correspond pas à une institutionnalisation.

Pour la dernière séance, si le dispositif change en raison du nombre d'élèves, nous retrouvons dans ce contrat des niveaux de pratique très voisins de la séance précédente.

Nous reprenons les indicateurs sur ces deux séances dans la "Toile" ci-après





2.2 Éléments d'apprentissage de l'enseignant dans la séquence

“Que voir”

2.2.1 Ce que dit Noémie

Lors du dernier entretien post, Noémie déclare que « *la manipulation au niveau de la gestion du matériel est plus facile à mettre en place une fois que tu connais le logiciel que de manipuler des objets etc et eux ça les intéresse plus aussi* » ce qui est en complète contradiction avec son choix initial d'introduire l'activité par une tâche dans l'environnement papier-crayon. Elle a conscience du poids de l'image sociale de l'ordinateur qui favorise la dévolution « *je les ai sentis plus investis sachant qu'après c'était quelque chose qu'ils allaient réutiliser sur l'ordinateur* ». On retrouve cette idée quand elle parle de « *Samantha, ça l'excite beaucoup plus dans la recherche. Dans le fichier de mathématique, je sais pas si tu as fait attention, elle va remplir, la maîtresse elle va être contente, j'ai écrit. Elle ne cherche pas ! L'ordinateur elle est obligée de chercher parce que elle est confrontée tout de suite à bingo rouge direct quoi et puis ça l'agace un peu et puis elle cherche. Et puis elle ne peut pas avancer plus loin. [...] Je pense [que] c'est aussi quelque chose qui peut aider les enfants qui ont du mal à chercher.* » Concernant les difficultés que nous avons observées dans sa mise en commun, elle les formule lors du dernier entretien post, comme nous pouvons le lire dans la

transcription de notre échange ci-après :

Noémie : Je les trouve moins faciles les mises en commun là haut [dans la salle informatique] que en classe.

Nous : Qu'est-ce qui est plus difficile alors ?

Noémie : J'arrive pas à passer directement à l'écrit là haut. De noter ce qu'ils disent. Là je le note au tableau, après je recopie sur une affiche, on se le garde, on se le reprend après... mais je pense que c'est la gestion du temps aussi qui... parce que bon... je... du coup.../

Nous : Pourquoi la gestion du temps ?

Noémie : Je sais pas je vais trop vite, ou je sais pas, j'arrive pas pour l'instant... je trouve que je structure moins bien les mises en commun là haut. Après il faut les remettre à leur place. Je sais pas... C'est peut-être une habitude.

Nous : Et leur support ? Est-ce qu'il y aurait une influence du côté du support ?

Noémie : Oui mais ça c'est de ma faute, la mise en commun je devrais la faire devant un ordinateur. Peut-être ? Et là (salle de classe) c'est vrai qu'on a le matériel, quand on fait la mise en commun, on peut le reprendre plus facilement parce que parce que moi je n'ai pas l'habitude. Mais je ne sais pas si c'est lié au support. C'est lié aussi à quelque chose de tout à fait matériel. J'ai pas mon feutre à portée de main, le tableau il y a la télé qui est un peu devant, c'est pas très pratique. Je pense qu'au niveau matériel il faudrait réorganiser un petit peu là haut pour que... il faut que je les fasse évoluer. Ça me permettrait de... »

2.2.2 Éléments d'apprentissage dans cette séquence

Dans l'entretien, transcrit ci-dessus, n'apparaît pas la question de la connaissance en jeu. Seul l'ordinateur est sujet d'interrogation : « au départ je me disais bon ils vont bien vouloir fonctionner sur l'ordinateur mais au bout d'un moment réfléchir en mathématiques ou traitement de texte, ça va être rébarbatif et ça va être plus décourageant + ça, ça se produit pas ! ».

Ce constat correspond à l'image positive de l'ordinateur chez les élèves. Ce qui justifie que nous observions des évolutions dans la dévolution de la situation et dans la gestion de la transparence de l'outil. Nous reviendrons sur cette question lors de l'étude globale de l'apprentissage de Noémie. Nous reviendrons sur cet aspect lors de la mise en commun des pratiques des enseignants observés. Nous retiendrons la spécificité de cette observation qui se déroule sur une période de quatre semaines, période brève pour favoriser des évolutions significatives.

Le positionnement des pratiques de Noémie sur la "Toile" met en évidence que les critères stables sont les caractéristiques du savoir et le contrat d'institutionnalisation.

C. L'Auto-apprentissage chez les cinq enseignants

Éléments pour identifier l'auto-apprentissage des enseignants dans les moments d'introduction des TICE

1 Méthodologie pour l'étude des éléments d'apprentissage

Notre “Toile” constitue une représentation du positionnement par rapport aux indicateurs que nous avons choisis pour analyser les pratiques des enseignants lorsqu'ils introduisent des TICE dans les pratiques mathématiques à l'école élémentaire.

Nous utiliserons le principe de la superposition de nos “Toiles” pour identifier les signes d'une évolution possible d'une séance à l'autre. Une fois cette identification faite nous chercherons dans les pratiques des enseignants que nous avons décrites, à partir de nos critères, les éléments d'un auto-apprentissage ou à défaut les prémices de celui-ci.

Nous utiliserons pour cela le modèle d'auto-apprentissage que nous avons présenté dans le cadre théorique. Nous tenterons également d'identifier et d'expliquer les obstacles à cet auto-apprentissage.

Pour cela nous allons étudier les évolutions de chaque enseignant à partir des éléments d'apprentissage établis dans le chapitre “Analyse des pratiques de cinq enseignants” puis nous établirons dans un deuxième chapitre les comparaisons entre les enseignants sur les différents critères de notre “Toile” et quelques singularités.

Nous terminerons sur les interrogations non levées par notre étude par rapport à l'auto-apprentissage.

Nous utiliserons la “Toile des critères” pour repérer les évolutions à partir des éléments de lecture suivants comme nous l'avons déjà dit :

- Chaque séquence est identifiée par une ligne polygonale portant un numéro correspondant à l'ordre dans lequel elle a été réalisée.
- Les pastilles, sommets de la ligne polygonale, portant le numéro de la séquence, situent, pour un critère ou un contrat, les indicateurs sur une position qui, lorsqu'elle se rapproche du centre de la toile, traduit un rapprochement de ce que nous appelons “intégration optimale”.
- Nous superposons les lignes polygonales pour situer les évolutions vers une “intégration

optimale”. Dans l'empilement, la couche la plus profonde est celle qui décrit la dernière séquence (ou séance). S'il y a superposition de pastilles, dans ce cas la pastille visible portera le numéro de la première séquence où cette position a été prise. Pour faciliter la lecture, lorsque la surcharge graphique de la “Toile” est trop importante, nous avons parfois superposé partiellement les pastilles pour qu'elles soient visibles.

- Dans le cas où le recouvrement des pastilles ne permet pas d'identifier l'évolution des positions, ce sont les côtés de la ligne polygonale qui les identifient en joignant un sommet de même étiquette. (En effet il ne serait pas possible de connaître la position des séquences ③ et ④ si elle était identique à la position de la séquence ① ou de la séquence ②.)

La lecture de notre “Toile” traduit les tendances évolutives des enseignants sur les différents critères, selon leurs changements ou non de positions, que nous identifions de la façon suivante :

- Nous dirons qu'il y a évolution si nous obtenons plus de deux positions différentes sur notre “Toile”. Nous dirons qu'elle est positive si l'évolution est marquée par des positions qui se rapprochent au moins deux fois du centre de la “Toile”. Nous dirons qu'il y a régression si l'évolution est marquée par des positions qui s'éloignent au moins deux fois du centre de la “Toile”.
- Nous dirons qu'un critère est stable, c'est-à-dire qu'il n'y a pas d'évolution, si les pastilles n'occupent pas plus de deux positions. Nous parlerons de stabilité totale lorsque les pastilles occuperont la même position ou des positions voisines dans l'ordre des séances sans changement de sens. Nous parlerons de stabilité relative si les positions sont éloignées ou si nous observons un va et vient sur les deux positions.

Remarque :

Ces variations sur un critère sont identifiées plus simplement par une représentation graphique qui facilite l'interrogation sur le type d'évolution. Il ne s'agit pas de donner au schéma un statut de preuve. Pour des raisons de lisibilité nous avons choisi d'établir une équidistance entre les niveaux et entre les critères. Cependant il ne s'agit pas de mesures mais de repères.

Nous utiliserons l'analyse croisée entre les évolutions qui sont repérées sur notre “Toile” et notre conception de l'auto-apprentissage en nous appuyant sur les éléments suivants :

Le fait qu'un indicateur dans un critère reste inchangé d'une séquence à la suivante, c'est-à-dire qu'il est stable, peut avoir deux sens :

- L'enseignant dispose d'une technique de conduite de la séance de mathématique intégrant les TICE dont il pense qu'il n'a pas besoin de la faire évoluer, sans présumer de la raison.
- La perception qu'a l'enseignant de la situation ne lui permet pas d'imaginer une autre technique possible. Bien sûr les deux raisons peuvent ne pas avoir une intersection vide.

Le fait qu'un indicateur change de position, c'est-à-dire qu'il y a évolution ou régression, peut s'entendre comme une réaction aux rétroactions du milieu objectif qui lui renvoient la non réussite de son action et qui le poussent à modifier sa technique.

Nous nous intéressons alors à deux directions que peut prendre son action :

- L'enseignant peut, en tant que concepteur du milieu dans lequel il travaille, tenter de modifier son milieu matériel.
- Il peut aussi sans changer son milieu matériel, modifier son action dans son milieu objectif.

Nous nous appuyons sur les études des séances pour tenter d'établir la dynamique que l'enseignant met en place pour résoudre les problèmes que lui pose l'intégration des TICE dans une séance ou séquence de mathématique. C'est l'objet de l'étude qui suit.

1 Les éléments d'auto-apprentissage de chaque enseignant

Nous allons présenter chaque enseignant dans le même ordre que dans le chapitre précédent.

1.1 Le cas de l'enseignante Fanny

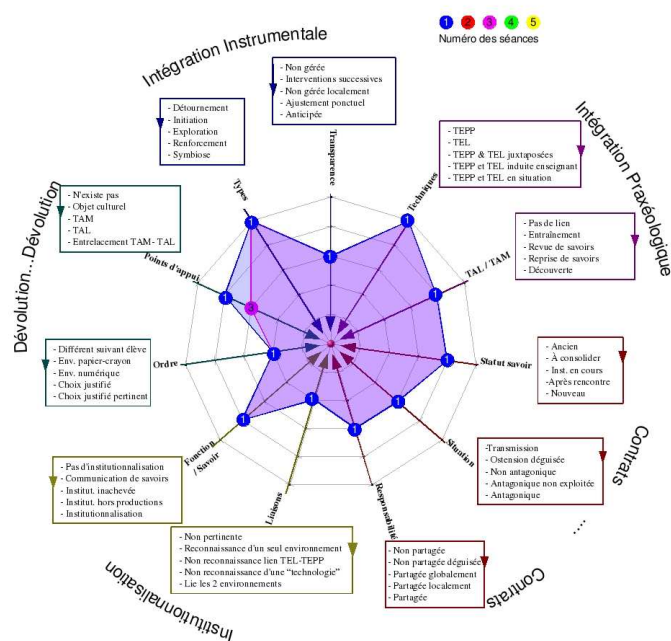
Fanny a été étudiée sur cinq séances consécutives et son observation s'est terminée sur un abandon faute de support informatique. Nous avons établi le positionnement sur la “Toile” que nous avons présenté en fin de sa séquence en raison de la singularité de ses positionnements qui ne font apparaître aucune évolution du point de vue de nos critères. Nous reprenons la répartition présentée ci-après avant de la commenter.

La singularité de l'enseignante Fanny, dont les positions sont inchangées sur les cinq séances à l'exception de la séance ③, explique que nous ne reprenons pas ici l'analyse de ses positionnements pendant les séances observées.

Nous avançons l'hypothèse que dans le milieu matériel de l'enseignante, le logiciel utilisé ne favorise pas une réflexion sur la question de l'introduction des TICE au service d'un enseignement des mathématiques.

Si l'image globale de la “Toile” pourrait laisser penser à une forte intégration l'analyse des critères l'invalide. En effet, d'une part, à propos de l'Intégration Instrumentale le “Type” exploité par Fanny est uniquement un “Détournement”. D'autre part, à propos de l'Intégration Praxéologique les “Techniques” sont celles de l'environnement papier-crayon et le rapport entre la Tâches Logicielles et Mathématiques sont de l'ordre de l'entraînement. Ce qui invalide l'impression d'une forte intégration.

En reprenant la notion de tendance telle que nous l'avons indiquée au chapitre "les niveaux

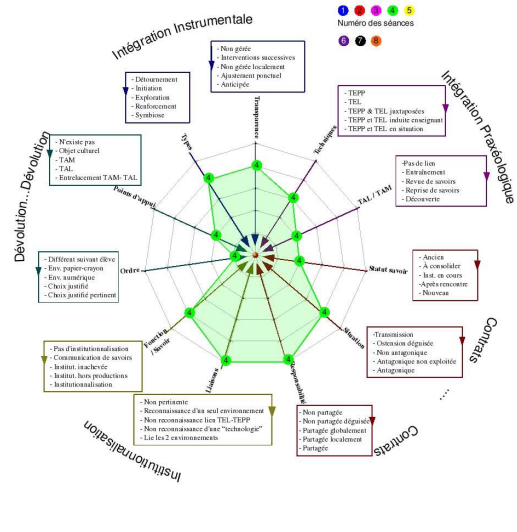
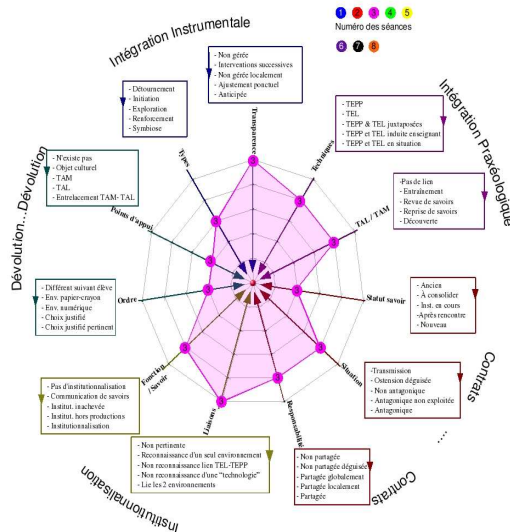
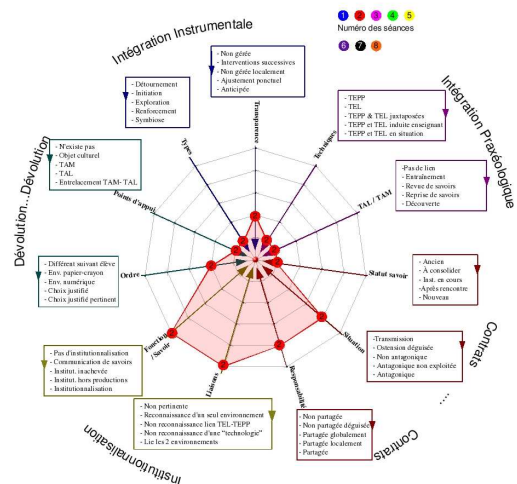
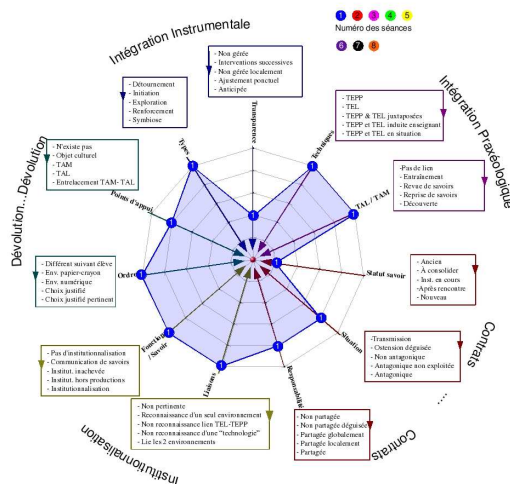


d'intégration TICE"²⁷³, nous dirons qu'il s'agit d'une non évolution dans l'intégration des TICE.

273 Cf. Schéma Tendances des évolutions p.95

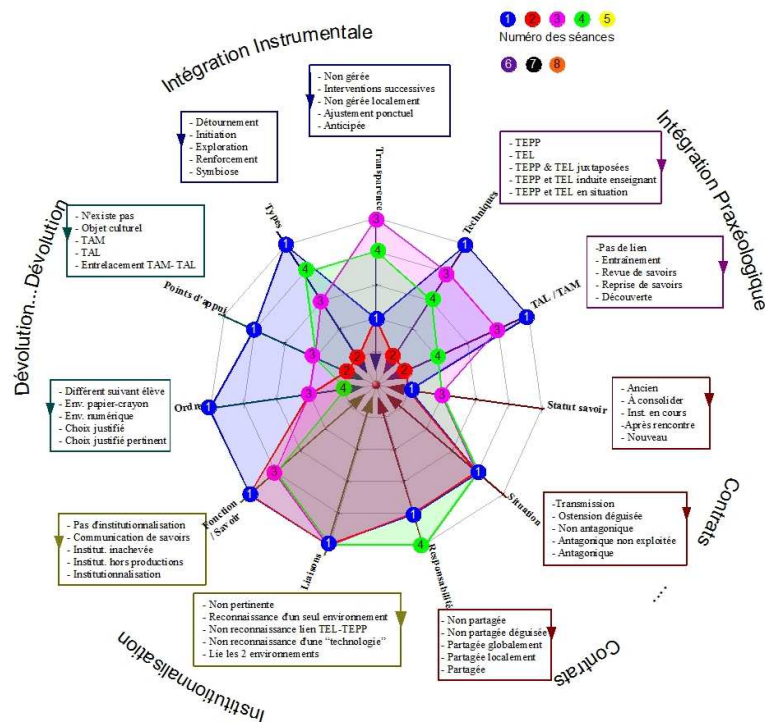
1.2 Le cas de l'enseignant Matthieu

Nous reprenons ci-dessous le positionnement sur la “Toile” des quatre séquences observées dans la classe de Matthieu : ① – séquence calcul ; ② – séquence triangles isocèles ; ③ – séquence parallélogrammes ; ④ – traitement des données)



Une première lecture des quatre “Toiles” souligne la singularité de la séance ② dont nous allons observer les différences en superposant les “Toiles”.

Le positionnement de Matthieu sur la séquence ② est mis en valeur par la représentation que nous en avons faite. Nous observons que pour cinq critères la séquence ② est repérée dans le voisinage d'une intégration optimale alors que les séances ① et ④ ont un seul critère dont le repérage est proche de l'intégration optimale et la séquence ③ n'en a aucun. Si nous la comparons avec la séquence ① elle s'en différencie par six critères. Si on la compare aux séquences ③ et ④ elle s'en différencie par sept critères.

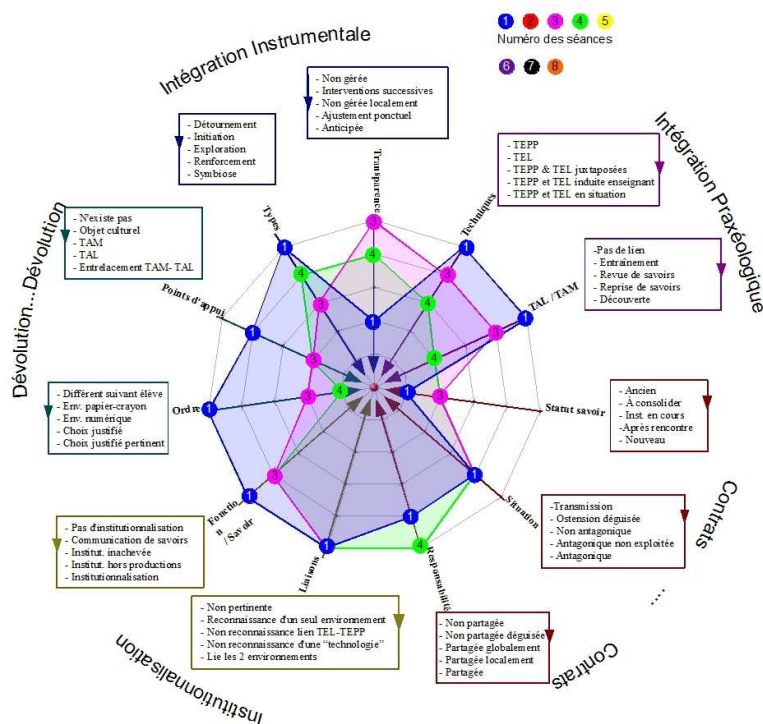


Pour cette raison nous choisissons d'écartier provisoirement la séquence ② pour identifier les points communs à l'intégration des trois autres séquences. Pour cela nous allons utiliser la superposition des séquences ①, ③ et ④ ci-contre.

Du point de vue de la catégorie "intégration instrumentale", pour les deux critères associés, nous constatons que pour chacun nous avons un changement de position ce qui correspond à l'indicateur d'une évolution.

Du point de vue de l'intégration praxéologique nous faisons le même constat.

Du point de vue des contrats, il n'y a pas d'évolution mais nous ferons la différence entre le



critère portant sur le “statut du savoir”, proche de l'intégration optimale, et les deux autres qui sont sur les premiers niveaux d'intégration.

Ce constat nous renvoie aux analyses des séquences observées qui montrent que Matthieu recherche dans l'utilisation des TICE des situations qui favorisent l'introduction d'un savoir plutôt nouveau (À partir d'une situation avec un potentiel adidactique, il ferme la situation sous la forme d'un contrat d'ostension déguisée).

Son mode de gestion est stable. Il agit avec une faible permissivité dans la délégation de la responsabilité de la validation ou la construction des connaissances institutionnalisées. Celle-ci est principalement due au type de contrat qu'il utilise qui correspond à des micro-contrats “d'ostension déguisée”.

Pour réussir ce type d'intégration Matthieu fait des essais sur tous les critères. Mais ces évolutions ne semblent pas de même nature dans les catégories “intégration instrumentale” et “intégration praxéologique”. Dans cette dernière, l'évolution se rapproche d'une intégration optimale des TICE dans la pratique mathématique, alors que les choix dans l'intégration de l'outil sont plus aléatoires.

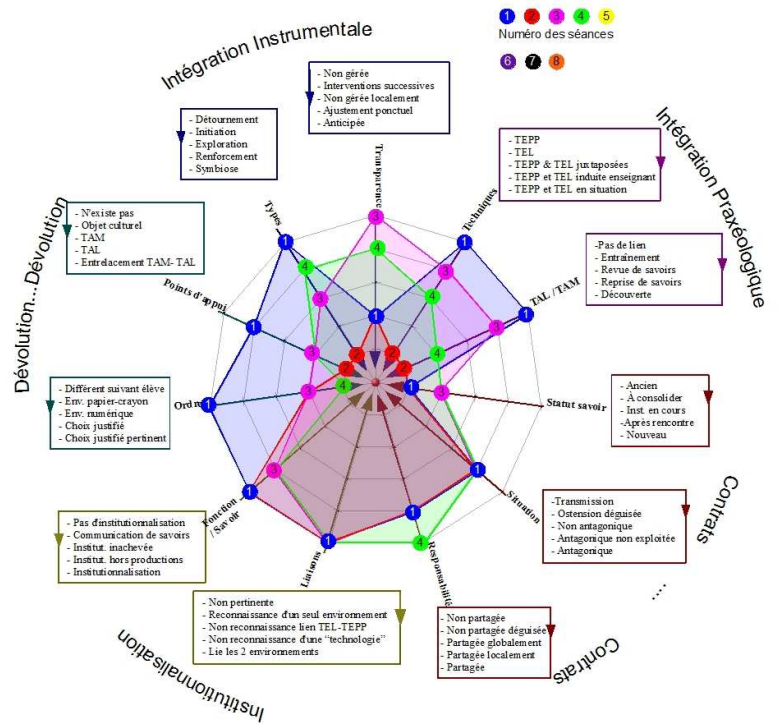
Nous constatons que l'intégration praxéologique est mieux prise en compte d'une séquence à l'autre. Cette évolution correspond à la reconnaissance, dans sa situation de référence, de la nécessité de favoriser la relation entre l'usage des TICE et la tâche mathématique engagée. C'est un niveau de connaissance qui après la séance ③ est réinvesti dans la séance ④. Nous ne saurons pas si Matthieu a continué à faire évoluer cette connaissance.

Les évolutions concernant l'intégration instrumentale sont une réponse à un obstacle identifié lors des séances précédentes.

Pour Matthieu, la séquence ③ est un prolongement de l'utilisation du logiciel “Déclic” et sa non prise en compte de la transparence peut s'expliquer par cette continuité, même si ce n'est pas pertinent, d'autant plus que lors de la séance suivante il gèrera la transparence. Nous voyons dans cette évolution une prise en compte des expériences des séances précédentes.

Le type d'intégration de la séance ④ est aussi une évolution qui montre une prise en compte de l'environnement numérique, puisque l'exploitation d'un nouveau logiciel justifie une phase d'initiation, même si l'on pouvait espérer qu'elle aille plus loin dans la découverte de connaissances mathématiques.

Nous revenons sur la séquence ②. Par rapport à nos critères, sa singularité ne perturbe pas notre constat sur les évolutions observées dans la pratique de Matthieu sur les trois catégories. Nous sommes tenté de dire que le positionnement de Matthieu sur la séquence ② confirme son positionnement sur les critères où il a une pratique stable et souligne son évolution lorsqu'elle existe.



L'évolution des positionnements de l'enseignant Matthieu sur nos critères représente les tentatives de recherche de la technique qui favorisera une intégration optimale des TICE dans une séance de mathématique. Cette intégration des TICE dans plusieurs domaines mathématiques de l'école (calcul, géométrie et gestion des données), ses évolutions sur six critères, correspondent à la tendance que nous avons qualifiée d'évolution convergente vers une intégration optimale.

Constatons que le milieu matériel de l'enseignant, M_p -Matériel, qu'il définit, n'est pas un milieu stable comme dans un problème de mathématiques, il fluctue d'une séance à l'autre. Les choix du savoir à engager, de la tâche mathématique, du logiciel, du type de situation initiale, sont divers et ne simplifient pas la tâche d'analyse de l'enseignant, de son milieu de référence, M_p -Référence.

Le milieu matériel de Matthieu est composé de plusieurs logiciels :

- le logiciel de "calcul" qui favorise des techniques papier-crayon pour construire une technique de calcul réfléchi nouvelle ;
 - un logiciel de géométrie dynamique qui exploite la relation entre les techniques papier-crayon et logicielles avec comme objectif apprendre à chercher ;
 - un tableur-grapheur dont l'objectif est la représentation graphique de données numériques.
- Ceci dans la perspective de faire dépasser l'obstacle de la représentation proportionnelle

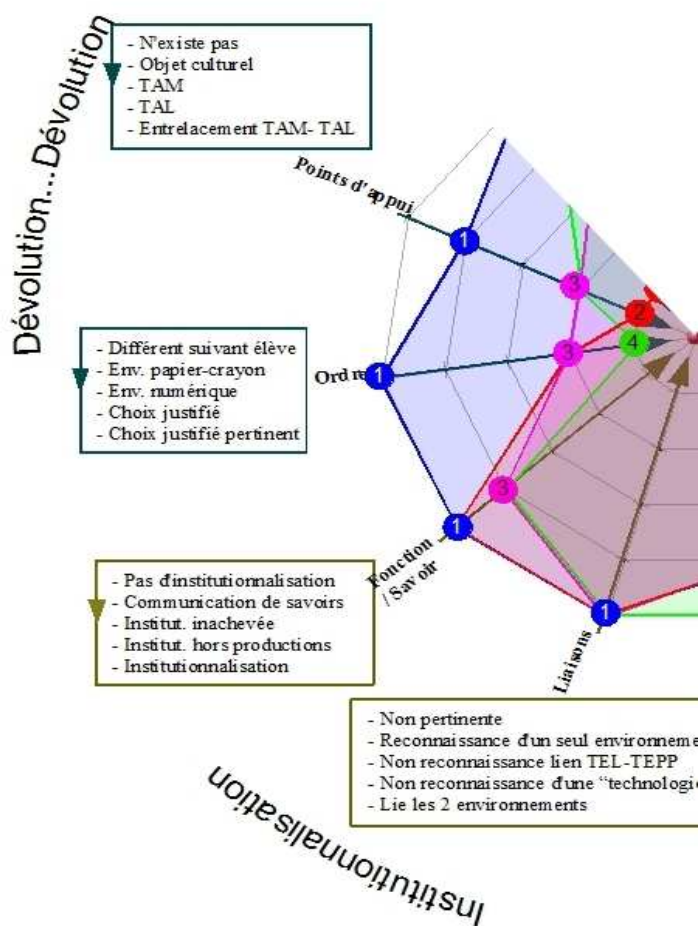
ou la mettre en jeu.

Si nous regardons Matthieu dans sa position d'enseignant acteur sur son milieu objectif, M_p -Objectif, il agit principalement sur deux catégories, l'intégration instrumentale et l'intégration praxéologique. Cette gestion se fait dans des moments différents en partie dans le milieu de conception de la séance, en partie dans son action sur le milieu d'apprentissage des élèves.

Nous avons fait l'hypothèse que c'était en observant des séances espacées dans l'année que nous pourrions observer cette évolution et la possibilité d'un réinvestissement caractéristique d'un apprentissage. Nous n'avons pu observer que localement, comme sur les techniques engagées, des évolutions qui s'orientent vers une prise en compte maximale de l'interaction des techniques pour répondre à une situation.

Par rapport aux contrats de dévolution et d'institutionnalisation, Matthieu fait évoluer ses points d'appui et ses choix de milieu pour les élèves, alors qu'il ne change pas dans sa façon de gérer l'institutionnalisation des savoirs et ce quel que soit le domaine mathématique en jeu. Cette différence est d'autant plus marquée sur notre "Toile" que son évolution, sur le critère "ordre", le conduit à une position où il argumente ses choix de façon pertinente, ce qui pour nous, localement, le place dans le voisinage proche d'une intégration optimale et tendrait à montrer qu'il a fait un bilan de ce qu'il a mis en place dans les séances précédentes et qu'il le réinvestit dans la séance.

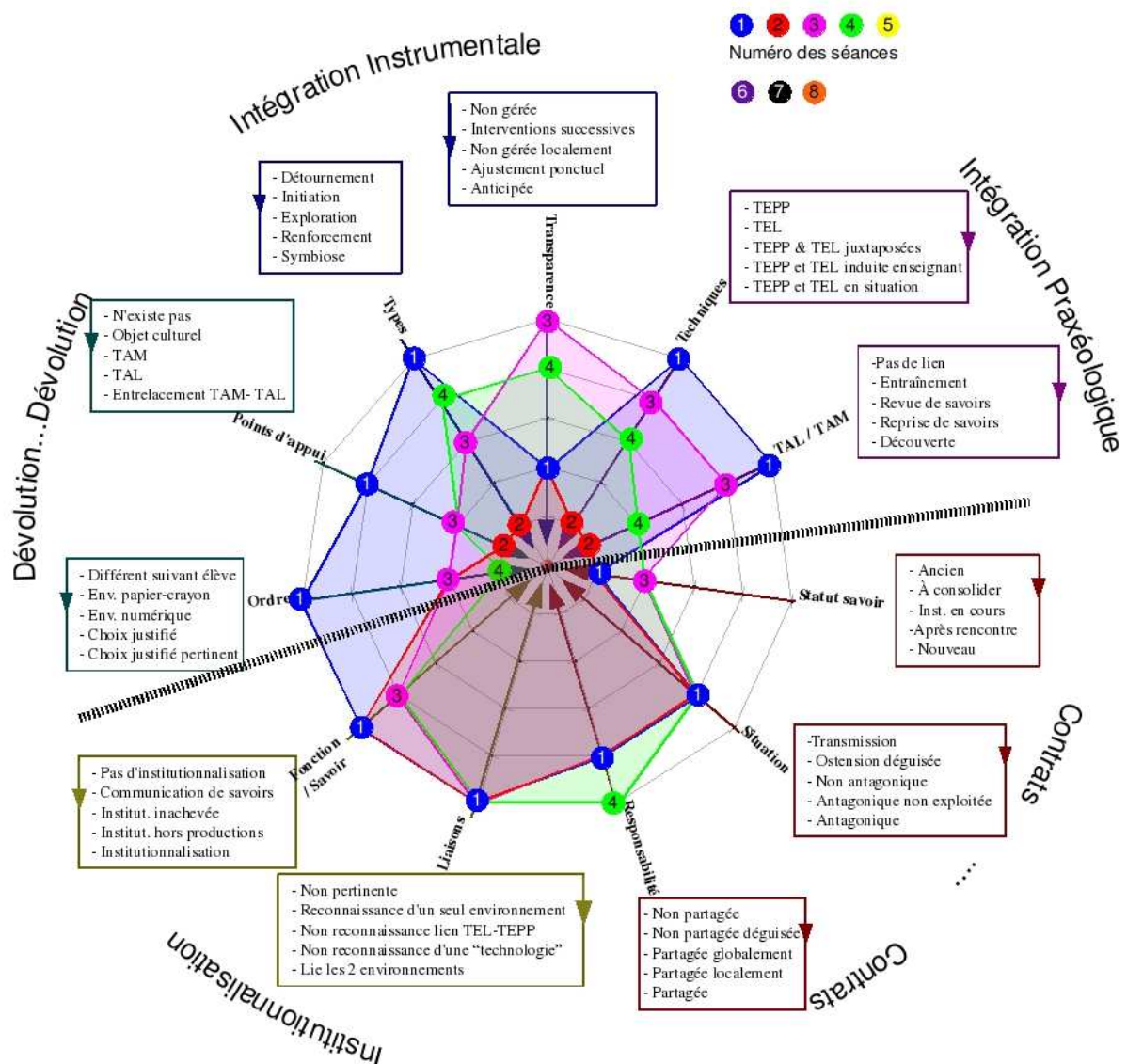
Ceci correspond à ce que nous avons appelé le milieu d'auto-apprentissage de l'enseignant, M_p -d'Auto-apprentissage.



Ce qui nous conduit à représenter les apprentissages relatifs de Matthieu en deux zones de la

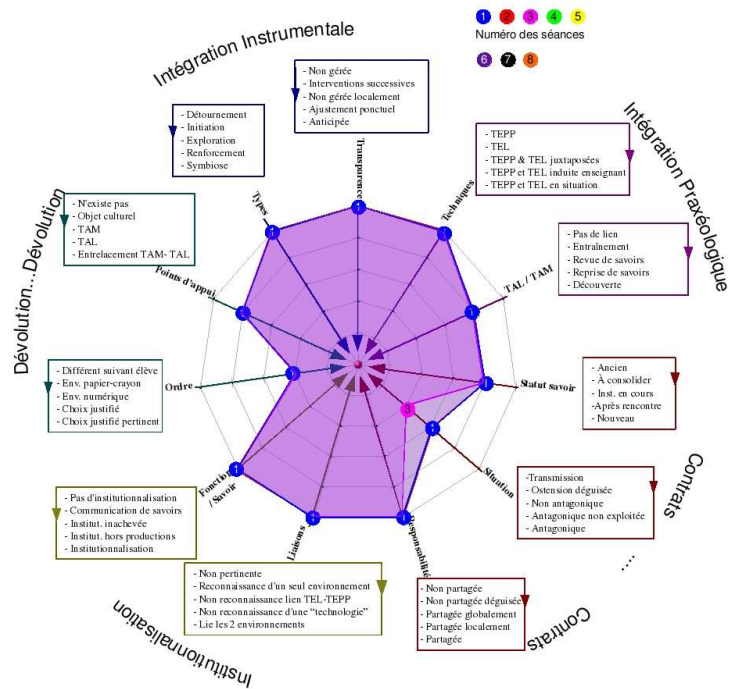
“Toile” : la zone représentant la “Dévolution” et les deux catégories “Intégration Instrumentale”, “Intégration Praxéologique”; zone dans laquelle Matthieu semble faire évoluer sa connaissance et celle dans laquelle elle reste stable représentant la catégorie “Contrats” et la gestion de l'Institutionnalisation. Ceci contribue à repérer les critères qui nous permettent de dire que Matthieu est susceptible d'un apprentissage.

Sur la “Toile” ci-dessous nous séparons les zones par une ligne hachurée.

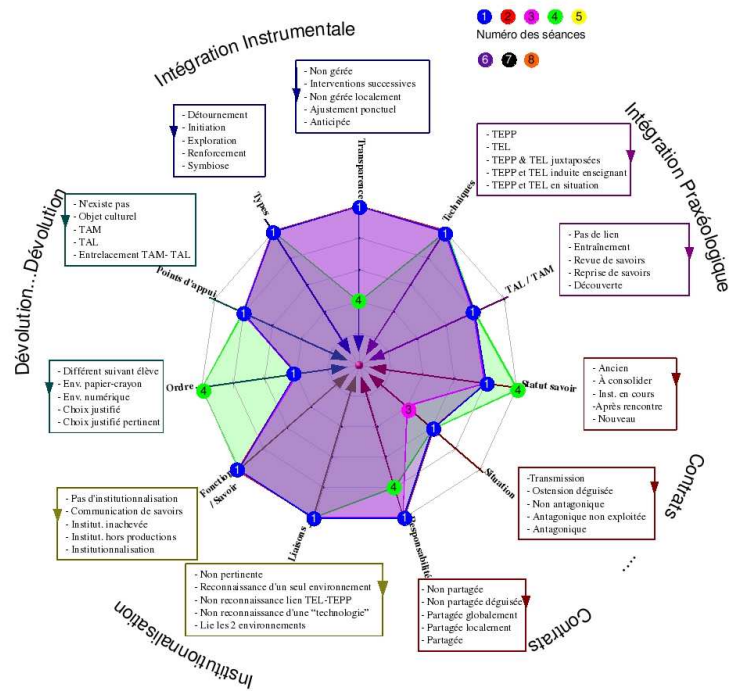


1.3 Le cas de l'enseignante Coralie

Nous avons choisi de présenter le repérage obtenu sur les trois premières séances qui font apparaître pour deux logiciels différents, par la possibilité de programmer ou non des exercices, une stabilité sur tous les critères de la "Toile".



Nous allons observer que les premiers changements significatifs se produisent sur l'intégration instrumentale et la dévolution. Concernant la dévolution, le choix de faire travailler les élèves individuellement implique, dans les conditions de la classe, que les élèves travaillent d'abord dans l'environnement papier-crayon ou d'abord sur l'environnement logiciel. Pour Coralie ce changement s'effectue comme une action sur son milieu objectif qui lui a renvoyé que deux élèves, isolés chacun sur un ordinateur (cinq élèves et trois ordinateurs), ont réussi la tâche et se sont impliqués davantage, alors qu'avec un autre élève ils se laissaient prendre en charge et n'étaient pas en posture de travail. Mais ce changement de dispositif s'effectue simultanément avec un changement de



logiciel et nécessite la transformation du milieu matériel qui ajoute un groupe, une activité, à gérer dans la séance.

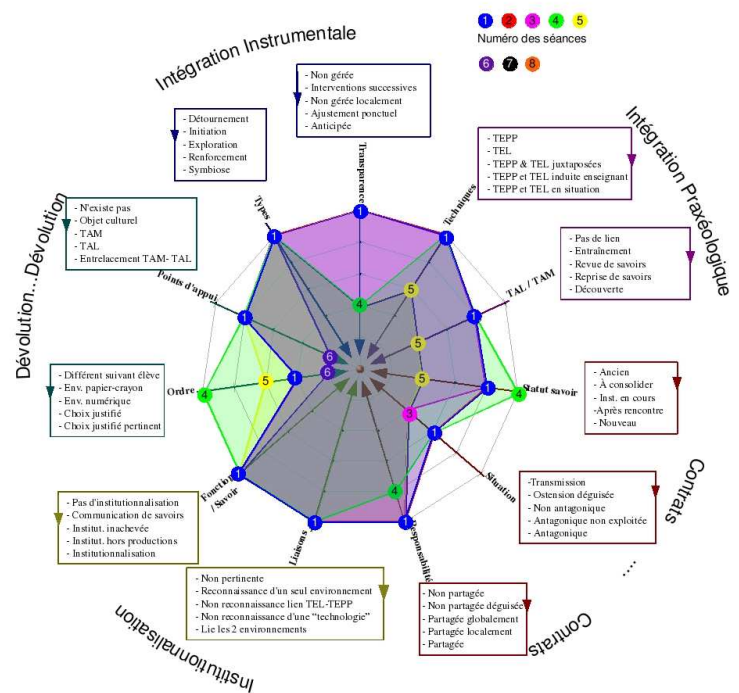
La séance ⑤ a été le lieu d'une rétroaction que Coralie a dû gérer dans l'urgence de la séance. Nous allons voir sur quels critères elle a joué pour tenter de maintenir les élèves dans la tâche.

Le passage d'un savoir ancien (l'addition des entiers) à un savoir déjà rencontré (la soustraction et la décomposition canonique d'un nombre sont connues, leur composition pour en faire une technique de calcul a été utilisée avec l'addition), le fait que la situation ne permette plus d'utiliser les techniques anciennes de calcul obligent Coralie à revenir dans l'environnement papier-crayon pour tenter de débloquer la situation.

Lorsque Coralie se projette dans la séance suivante en s'appuyant sur ce milieu de référence, elle changera sur deux critères, les deux critères qui caractérisent la dévolution.

Mais nous n'observons d'évolution que sur deux critères : le statut du savoir en jeu et le choix de l'environnement pour réaliser la dévolution.

Sur les autres critères nous avons une stabilité totale (la gestion du critère "responsabilité") ou relative (la "transparence" dont le niveau est le même sur les trois premières séances et le même sur les trois dernières ou les "points d'appui" de la dévolution auquel correspond un changement radical, après la séance ⑤).



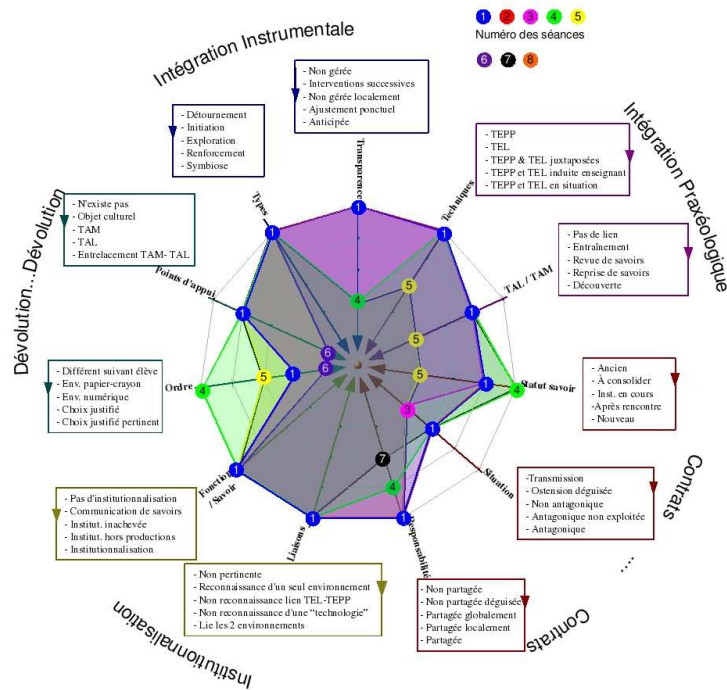
La rupture perçue lors de la séance ⑤ ne se confirme pas quatre mois plus tard. Les repérages se confondent avec ceux de la séance ④ pour 8 critères sur 11, et se différencient de la séance ⑥ pour 8 critères sur 11.

L'évolution de Coralie est identifiée sur trois critères : le "statut du savoir", le partage de la "responsabilité" avec les élèves et les choix dans "l'ordre" d'introduction des environnements pour favoriser la dévolution.

Le fait que les séances ⑦ et ⑧ s'appuient sur un savoir ancien pour les CM2 lui permet de laisser la place à un peu plus de responsabilité dans la validation, la formulation des échanges autour des productions des élèves, même si on peut observer une reprise en main de la responsabilité.

L'expérience de Coralie ne nous semble pas ouvrir la voie pour qu'elle apprenne des connaissances qu'elle pourrait réinvestir dans l'intégration des TICE en mathématiques. Par rapport à l'objectif d'une intégration optimale Coralie se situe sur une tendance d'évolution divergente²⁷⁴.

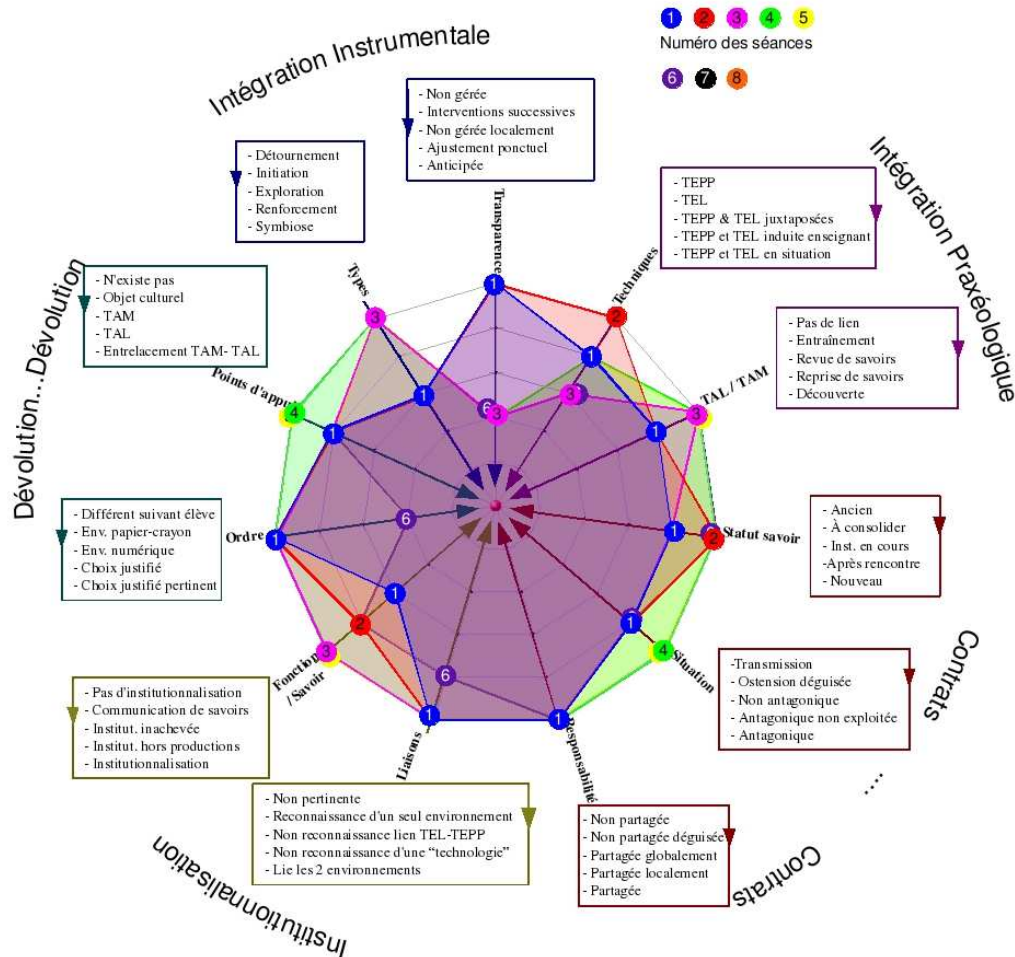
Nous pouvons cependant supposer que ses évolutions locales lui permettront, dans d'autres moments professionnels, de confronter son expérience à celles d'autres collègues.



274 Cf. Schéma Tendances des évolutions p.95

1.4 Le cas de l'enseignant Pascal

Nous choisissons de rechercher des indices d'une évolution dans les six séances où Pascal a utilisé le logiciel Apprenti Géomètre. Nous prolongerons cette recherche sur les deux séances où il a utilisé le logiciel Déclic.



Il est assez remarquable que sur six séances Pascal n'évolue dans sa gestion des TICE que sur deux critères, les techniques mises en œuvre pour réaliser la tâche demandée et le contenu de l'institutionnalisation.

Le contenu et la forme de l'institutionnalisation, traduisent une régression qui correspond à l'absence d'institutionnalisation pour les séances ③, ④ et ⑤ à laquelle s'ajoute un critère de non pertinence pour les séances ① et ②. Ceci nous fait dire qu'en termes d'évolution, sur la catégorie institutionnalisation, Pascal est passé d'une institutionnalisation non pertinente à une absence d'institutionnalisation en cinq séances. Cependant la séance ⑥ est pour Pascal

l'occasion de changer le type d'institutionnalisation, même si son contenu ne prend en compte que l'environnement numérique.

Du point de vue de l'intégration praxéologique les actions de Pascal pour modifier son milieu matériel consistent à faire évoluer les techniques instrumentalisées dans la situation. Cependant, cette évolution se produit seulement sur les trois premières séances ; elle se stabilise, lors de la séance suivante, sur la même position que celle de la séance ①, pour ne plus changer.

Nous allons discuter les changements qui sont repérés par un changement significatif sur les critères “transparence”, “type” et “ordre”.

Les changements sur les critères “transparence” et “type” se produisent après la séance ② et restent inchangés jusqu'à la séance ⑥. Cependant, ces changements sur le critère “transparence” correspondent plus à une appropriation du logiciel par les élèves qui n'ont plus besoin, dans le contexte, de solliciter l'enseignant pour gérer l'environnement, qu'à une décision réfléchie par Pascal.

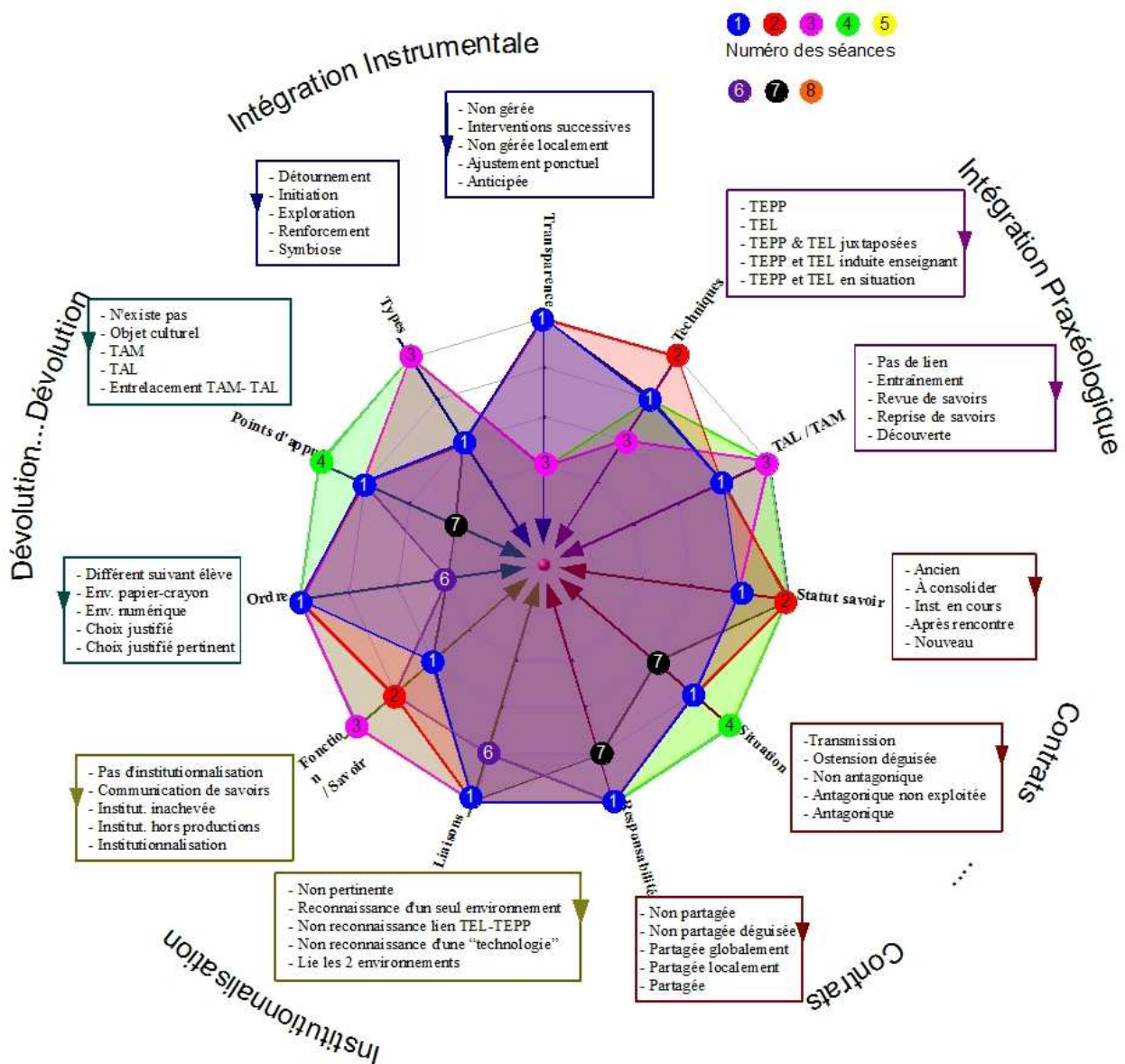
Quant au critère “type” il correspond à ce que nous pourrions qualifier de “régression stabilisée” à partir de la séance ③. En effet, alors que pendant les deux premières séances Pascal avait placé les élèves dans une situation de type exploration instrumentale, les séances suivantes auraient pu être réalisées sans environnement numérique.

Enfin, le critère “ordre” nous semble particulièrement significatif d'une action sur le milieu objectif de l'enseignant, M_P -Objectif, pour tenter de modifier le milieu matériel et objectif des élèves (voir séance ⑥). Cette modification est la réaction à un dysfonctionnement particulièrement important dans les deux séances précédentes dont Pascal a conscience (voir « Ce que dit Pascal » séance “Émission-réception”), ce qui nous permet de dire qu'il a appris, en réfléchissant à ce qu'il pouvait mettre en place pour gérer l'apprentissage des élèves.

Contraint par des choix de situations non antagoniques dans lesquelles l'environnement numérique n'est pas utilisé pour ses potentialités, Pascal, dans une situation complexe, reçoit des rétroactions multiples dont il dit « *je vois ce qu'il y a à ramasser* », nous ne savons pas ce qu'il entend par cette expression puisque nous ne l'avons pas fait expliciter, mais nous pensons qu'il ne peut voir dans les productions des élèves que les éléments auxquels il est suffisamment attentif, c'est-à-dire qu'il ne voit que ce pour quoi il dispose d'outils conceptuels pour les penser.

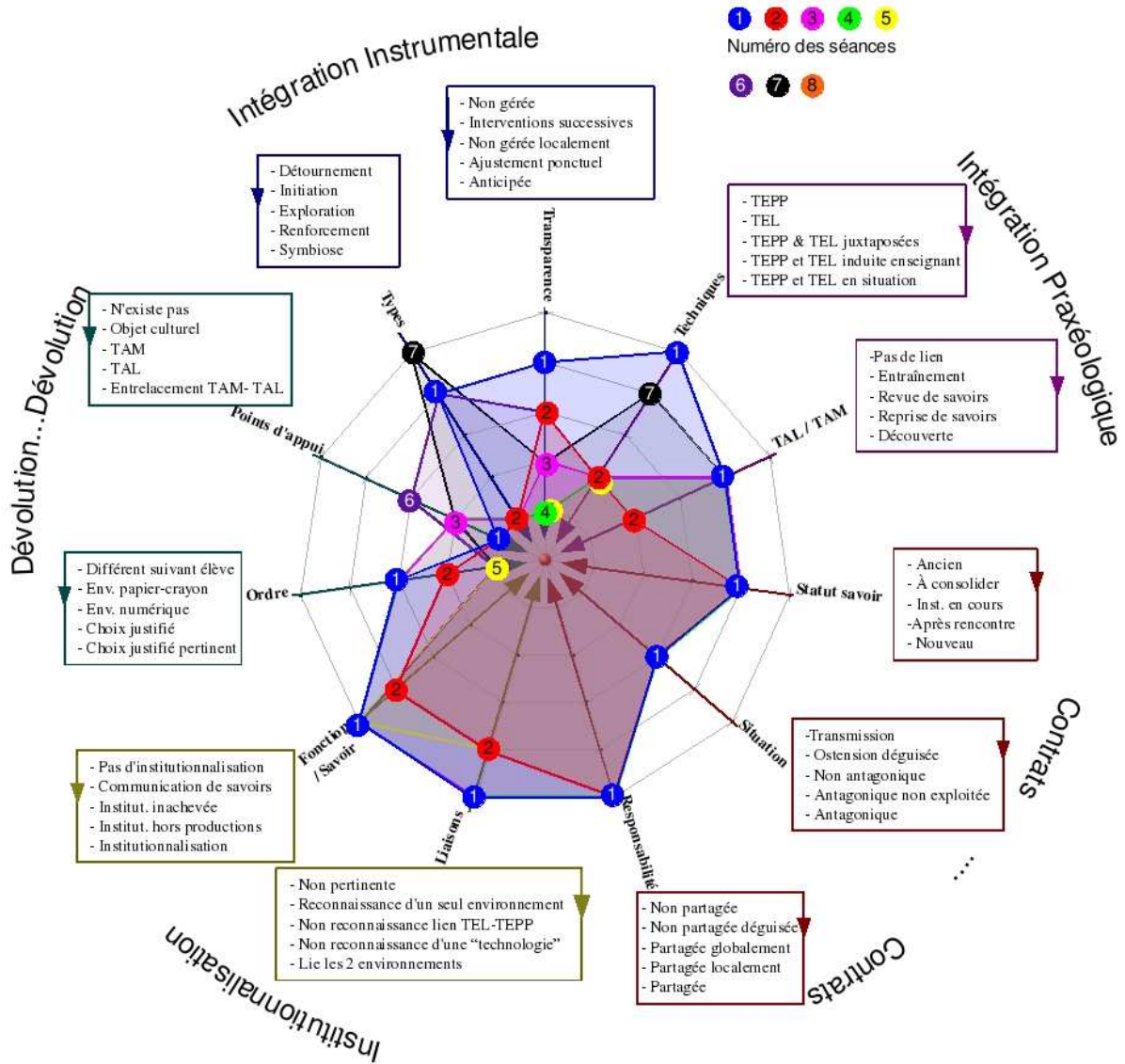
Pascal en définissant les différents milieux de l'élève crée les conditions pour son propre apprentissage. Cependant il crée un M_P-Matériel, sur lequel son observation ne lui permettra pas d'établir la causalité de ce qu'il « voit », ce qui handicape fortement la possibilité d'apprendre. Ceci est confirmé par l'observation des deux dernières séances où la prise en compte de la transparence régresse avec le changement de logiciel. Par ailleurs, les changements dans les situations vécues par les élèves (non antagoniques) ne renvoient pas beaucoup de rétroactions aux élèves et par conséquent à l'enseignant.

Pascal qui exprime la volonté d'intégrer les TICE ne semble pas réussir à faire converger ses évolutions vers une intégration optimale.



1.5 Le cas de l'enseignante Noémie

La “Toile” de Noémie souligne les critères “Types”, “Transparence”, “Techniques” porteurs d'une évolution, évolution que l'on retrouve sur les critères associés à la dévolution, tandis que l'institutionnalisation reste stable comme tous les autres critères.



Nous allons identifier les différences repérées par les positions des pastilles.

Dans les cinq premières séances, nous avons pu observer les changements de Noémie sur sa gestion de la transparence, ce qui indique un questionnement dans son milieu de référence. Le changement de logiciel montre que Noémie l'a anticipé et la séance suivante se situe dans une évolution positive.

Les types d'intégration instrumentale qu'elle met en œuvre montre qu'elle s'est très rapidement située dans un voisinage d'une intégration optimale, séance ②, même si la dernière séance ne correspond pas à cette position (correspond à l'influence du logiciel).

L'évolution sur le critère "Choix" associé à la dévolution arrive à partir de la séance ⑤ à ce qui nous semble être le niveau d'expertise et y est stable lors des deux autres séances observées.

Ce qui nous semble être un indice de prise de recul dans ce qu'elle a mis en place c'est-à-dire dans son M_p-Auto-apprentissage.

L'évolution sur le critère "Points d'appui" donne un ordre où les séances ①, ② et ⑤ relèvent de "Entrelacement TAM- TAL", ③, ④ et ⑦ de "TAL" et ⑥ de "TAM", ce qui renforce cette dimension apprentissage. En effet, les séances ①, ② et ⑥ correspondent à la mise en situation avec des choix spécifiques attachés au logiciel tandis que les séances ③, ④ et ⑦ sont des tâches d'entraînement et la séance ⑤ est une séance d'évaluation des séances précédentes.

L'évolution sur le critère "TAM/TAL" montre une évolution rapide vers une position où le rôle de l'enseignante est déterminant et qu'elle maintient d'une séance sur l'autre. Seule la dernière séance échappe à cette règle sans que nos observations, Noémie et nos critères nous permettent d'en donner la raison.

Il est alors remarquable que l'institutionnalisation et les "contrats" restent stables sur les sept séances.

Le dernier entretien post, transcrit dans le chapitre « Éléments d'apprentissage de l'enseignant dans la séquence "Que voir" > Ce que dit Noémie » montre la prise de recul de Noémie sur sa pratique et particulièrement sur l'orchestration de l'institutionnalisation. Elle parle des changements dans les conditions d'organisation son environnement matériel (l'organisation de la salle, les outils non disponibles), des productions d'élèves (sur l'ordinateur) qu'elle a du mal à gérer et de la gestion de son temps par rapport à celui des élèves. C'est un auto-apprentissage, par rapport à l'institutionnalisation, qu'elle est en train de réaliser puisqu'elle en fait un bilan et se projette déjà dans les séances à venir « *Je pense qu'au **niveau matériel il faudrait réorganiser un petit peu là haut [salle informatique] pour que... il faut que je les fasse évoluer. Ça me permettrait de...*** ».

Nous pensons que localement Noémie est en position d'auto-apprentissage en s'appuyant sur des pratiques stables sur les savoirs et la forme de leur institutionnalisation.

L'évolution de Noémie répartie sur cinq critères, sur deux domaines mathématiques, nous semble converger de façon monotone vers une intégration optimale en position d'apprenant.

2 Comparaison entre les enseignants

Nous allons organiser la comparaison des enseignants par rapport à leur positionnement sur notre “Toile” puis sur des éléments qui ne sont pas visibles sur la “Toile”.

2.1 Éléments de comparaison à partir des critères

Nous allons observer comment les enseignants se répartissent en fonction de nos critères.

Pour cela nous avons codé les différentes tendances évolutives observées, définies au chapitre “Méthodologie de l'étude des éléments d'apprentissage”, de la manière suivante :

- Les lettres EP désignent une évolution positive (des positions qui se rapprochent au moins deux fois du centre de la “Toile”) ;
- Les lettres ER désignent une évolution régressive (des positions qui s'éloignent au moins deux fois du centre de la “Toile”) ;
- Les lettres ST désignent une stabilité totale (la même position ou des positions voisines dans l'ordre des séances sans changement de sens) ;
- Les lettres SR désignent une stabilité relative (les positions sont éloignées ou il existe un va et vient sur deux positions).

Nous avons reporté dans le tableau ci-après les tendances, selon les critères, de chacun des enseignants.

Ceci nous a permis de calculer, d'une part, par critère le pourcentage d'enseignants qui ont une évolution positive et le pourcentage de ceux qui ont une stabilité totale, d'autre part, par enseignant le pourcentage de critères qui correspondent à une évolution positive et le pourcentage de ceux qui correspondent à une stabilité totale.

Ce qui nous donne, par exemple, dans le cas du critère “Transparence”, deux enseignants repérés par EP soit 40% d'évolution positive et un enseignant repéré par ST soit 20% de stabilité totale. Dans le cas de l'enseignant Noémie, quatre critères sont repérés par EP soit environ 36% d'évolution positive et cinq critères repérés par ST soit environ 45% de stabilité totale.

Nous avons utilisé un codage couleur que nous présenterons ultérieurement pour souligner les résultats obtenus.

Catégories	Critères	Fanny	Matthieu	Coralie	Pascal	Noémie	Proportion Évolution positive	Proportion Stabilité totale
Intégration instrumentale	Type	ST	ER	ST	SR	EP	1/5	2/5
	Transparence	ST	EP	SR	SR	EP	2/5	1/5
Intégration praxéologique	Techniques	ST	EP	SR	EP	EP	3/5	1/5
	TAL/TAM	ST	EP	SR	ST	SR	1/5	2/5
Contrats	Statut du savoir	ST	ST	EP	ST	ST	1/5	4/5
	Situations	ST	ST	ST	EP	ST	1/5	4/5
	Responsabilité	ST	ST	EP	ST	ST	1/5	4/5
Dévolution	Points d'appui	ST	EP	SR	EP	ER	2/5	1/5
	Ordre	ST	EP	EP	SR	EP	3/5	1/5
Institutionnalisation	Fonction/Savoir	ST	ST	ST	ER	ST	0	4/5
	Liaisons	ST	ST	ST	ST	ST	0	1/5
	Proportion d'Évolution positive	0	5/11	3/11	3/11	4/11		
	Proportion de Stabilité totale	1	5/11	4/11	5/11	5/11		

Chez les cinq enseignants, nous remarquons que :

- sept critères (en orange dans le tableau ci-dessus) ont un pourcentage d'évolution positive inférieur à celui de la stabilité totale. Ce qui constitue un indicateur d'une faible, voire d'une non intervention des enseignants sur leurs milieux matériel et objectif ;
- quatre critères (en vert dans le tableau) ont un pourcentage d'évolution supérieur au pourcentage de stabilité totale. Ce qui correspond à des actions des enseignants pour faire évoluer leurs milieux ;

Critères montrant la stabilité des pratiques intégrant les TICE

A l'exception de Pascal, les autres enseignants choisissent toujours le même type de situation d'une séance sur l'autre. Fanny, Matthieu et Noémie utilisent un seul type de situation, Coralie utilise deux types voisins. Pascal, lui, a utilisé trois types de situations, cependant il n'avait utilisé que deux types, voisins, de situations avec le logiciel Apprenti Géomètre sur six séances. Nous attribuons cette évolution au changement de logiciel, passage à Déclic, dans la

deuxième période.

A l'exception de Coralie, le “Statut du savoir” est stable pour les quatre autres enseignants. Cette singularité de Coralie dans sa gestion du “Statut du savoir” pourrait s'expliquer par le niveau de la classe où des élèves sont en difficulté. Mais notre connaissance de la classe et les indications fournies par Coralie ne nous permettent pas de confirmer cette hypothèse. De plus à l'exception de Matthieu et ponctuellement de Coralie qui fait un changement dans la séance ⑤, le savoir qu'ils choisissent pour les séances est de même nature²⁷⁵ : ancien (28%) ou ancien à consolider (56%).

Enfin, le partage de responsabilité dans la construction des connaissances est toujours du même type mais dans 62% des séances les enseignants ne partagent pas la responsabilité.

L'institutionnalisation est quasiment de la même forme d'une séance sur l'autre, mais l'étude des données sur l'institutionnalisation des cinq enseignants montre que 59% des séances ne donne pas lieu à une institutionnalisation et, dans 31% des cas, l'institutionnalisation ne correspond pas aux productions des élèves. De plus, dans 46% des séances où il y a une institutionnalisation, la place des TICE dans l'institutionnalisation n'est pas prise en compte, elle reste donc très marginale, environ 19% des cas.

Les évolutions indicateurs d'une recherche de solution

Malgré tout, les enseignants recherchent une solution pour intégrer les TICE. Leurs choix portent alors sur l'introduction de la situation pour faciliter la dévolution et sur les techniques à favoriser auprès des élèves.

Les plus dynamiques, au sens de notre évolution, changent aussi sur les types d'intégration instrumentale et leurs points d'appui pour la dévolution.

Ceci nous fait dire que Matthieu et Noémie évoluent localement dans leur intégration des TICE, mais les critères sur lesquels ils montrent une certaine stabilité sont identiques à ceux des autres enseignants.

A l'opposé, Fanny se singularise en n'ayant aucun changement dans sa pratique dont nous dirons qu'elle ressemble à celle qu'elle pourrait avoir en utilisant un fichier papier de travail autonome.

Si Pascal ne change pas beaucoup, il montre une résistance moins marquée que Fanny à changer sa pratique (45% contre 100% de stabilité).

²⁷⁵Pour tous les pourcentages qui suivent nous renvoyons au tableau de description des séances sur la “Toile” qui nous a permis de les dénombrer : Annexes Internes – Généralités – Annexe 1-

Le cas de Coralie, qui a un niveau de stabilité total et relatif de 85% et qui, lorsqu'elle change sa pratique, le fait à la suite d'une rétroaction très forte lors de la séance ⑤, nous semble correspondre à la démarche de résolution de problèmes et constitue les premiers pas vers un apprentissage. On retrouve ce changement chez Pascal qui, après avoir fait le constat de dysfonctionnement important sur deux séances, décide de réorganiser totalement l'orchestration qu'il avait depuis quatre séances.

Remarquons cependant qu'une stabilité n'exclut pas qu'il y ait une recherche de solution à l'intégration et donc apprentissage par exemple si l'enseignant fait un choix objectivé lors de la préparation de la séance.

2.1 Éléments de comparaison des éléments non visibles sur la “Toile”

Le temps

Nous avons fait l'hypothèse que le long terme favoriserait une prise de recul. Cette dernière devait conduire à une prise en compte des choix d'organisation du milieu matériel de l'enseignant et des rétroactions produites par le milieu objectif des enseignants, réalisés dans la première période d'observation.

Nous avons choisi de suivre Noémie sur une période groupée sur cinq semaines et nous espérons pouvoir montrer qu'elle n'aurait pas le recul des autres enseignants lors de la deuxième période de l'année. Nous faisons l'hypothèse que les autres enseignants auraient eu, soit le temps de revenir sur leurs bilans soit la possibilité de les mettre à l'épreuve d'une ou plusieurs nouvelles séances entre les périodes d'observation. Cette hypothèse n'a pas été validée puisque l'enseignante Noémie a montré un niveau de réflexivité comparable à celui de Matthieu, niveau de réflexivité que les autres n'ont jamais formulé.

De plus, les enseignants Coralie et Pascal, qui avaient peu modifié leurs pratiques dans le temps d'observation, ne semblent pas avoir profité du temps écoulé pour prendre du recul par rapport à leur pratique quelques mois plus tard.

Les groupes “papier-crayon”

Un point que nous avons abordé mais que nous n'avons pas suffisamment questionné, nous semble être celui de la place du groupe qui ne travaille pas sur les ordinateurs. Les enseignants des cinq classes doivent orchestrer les séances par rapport au nombre

d'ordinateurs. Dans les quatre classes où les enseignants ont fait le choix de gérer au moins deux groupes, ils doivent créer des conditions de travail pour les élèves du deuxième groupe. L'adéquation pour organiser l'apprentissage sera diagnostiquée à partir des rétroactions que ces conditions produiront.

Fanny et Coralie, qui ont deux niveaux de classe, recherchent la situation à proposer aux élèves pour qu'ils restent dans l'activité et donc calmes. Le calme est un critère de réussite. Mais nous avons vu que pour Fanny ce n'est pas toujours suffisant : il faut aussi qu'elle puisse garder un contrôle sur ce qu'ils ont produit.

Noémie a choisi des exercices proches de l'activité, mais sans lien direct, extraits du fichier élève de la classe. En notre présence elle ne semble pas le prendre en compte mais nous avons observé des traces de correction qui indiquent que ce travail est reconnu.

Pascal évolue dans sa gestion du deuxième groupe. A la différence des trois autres, ses essais sont organisés par rapport à la tâche à réaliser dans l'environnement numérique (consignes identiques, un groupe dans chaque environnement, six groupes partagés entre ordinateurs et papier-crayon). Dans les deux dernières séances il fait assurer la surveillance du deuxième groupe par un aide-éducateur associé à l'école. Mais nous n'avons pas eu de réactions de Pascal à ce changement alors que Fanny et Coralie y font souvent référence dans les entretiens ante, souvent sous la forme d'une boutade.

Ce que Coralie et Noémie en disent porte sur la gestion du temps, de l'espace classe, mais nous observons que les réactions des élèves sont principalement dues à des situations qui ne leur permettent pas d'être autonomes alors qu'ils semblent s'adapter aux contraintes du temps et de l'espace classe.

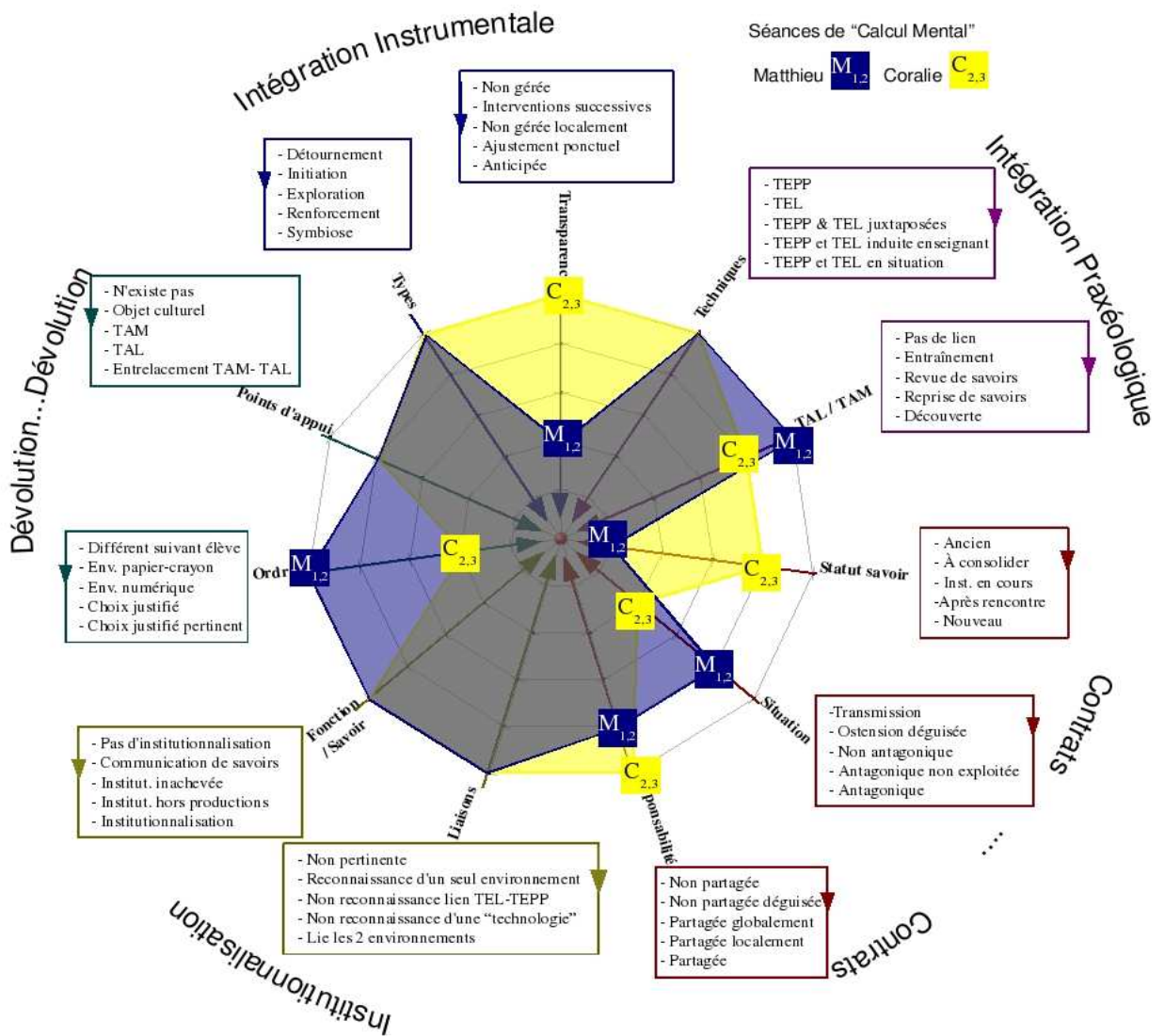
Les usages d'un même logiciel

Matthieu a utilisé la même activité "Calcul Mental" du logiciel "Calcul" que Coralie et il a utilisé le même logiciel "Déclic" que Pascal.

Nous utilisons notre "Toile" pour représenter le positionnement de deux enseignants sur les séances où ils utilisent le même logiciel. Toutes les différences de positionnement sont prises en compte.

Chaque enseignant sera identifié par des pastilles carrées sur lesquelles seront indiquées l'initiale de l'enseignant et les séances correspondantes. Lorsque les positionnements sont identiques, les pastilles n'apparaissent pas.

La comparaison du positionnement de Matthieu et Coralie sur la “Toile” de nos critères met en évidence les différences d'usage. Le positionnement est différent sur six des onze critères, soit environ 55% de nos repérages comme le montre la “Toile” ci-après.



A l'exception de l'institutionnalisation, inexistante pour les deux, chaque catégorie a au moins un critère qui nous permet de les différencier. Si les différences du statut du savoir et du type de situation mis en jeu peuvent justifier des différences dans la dévolution ou le rôle de la tâche logicielle par rapport à la connaissance mathématique étudiée, cela ne justifie pas des différences dans la gestion de la transparence. Nous pensons que la différence dans la

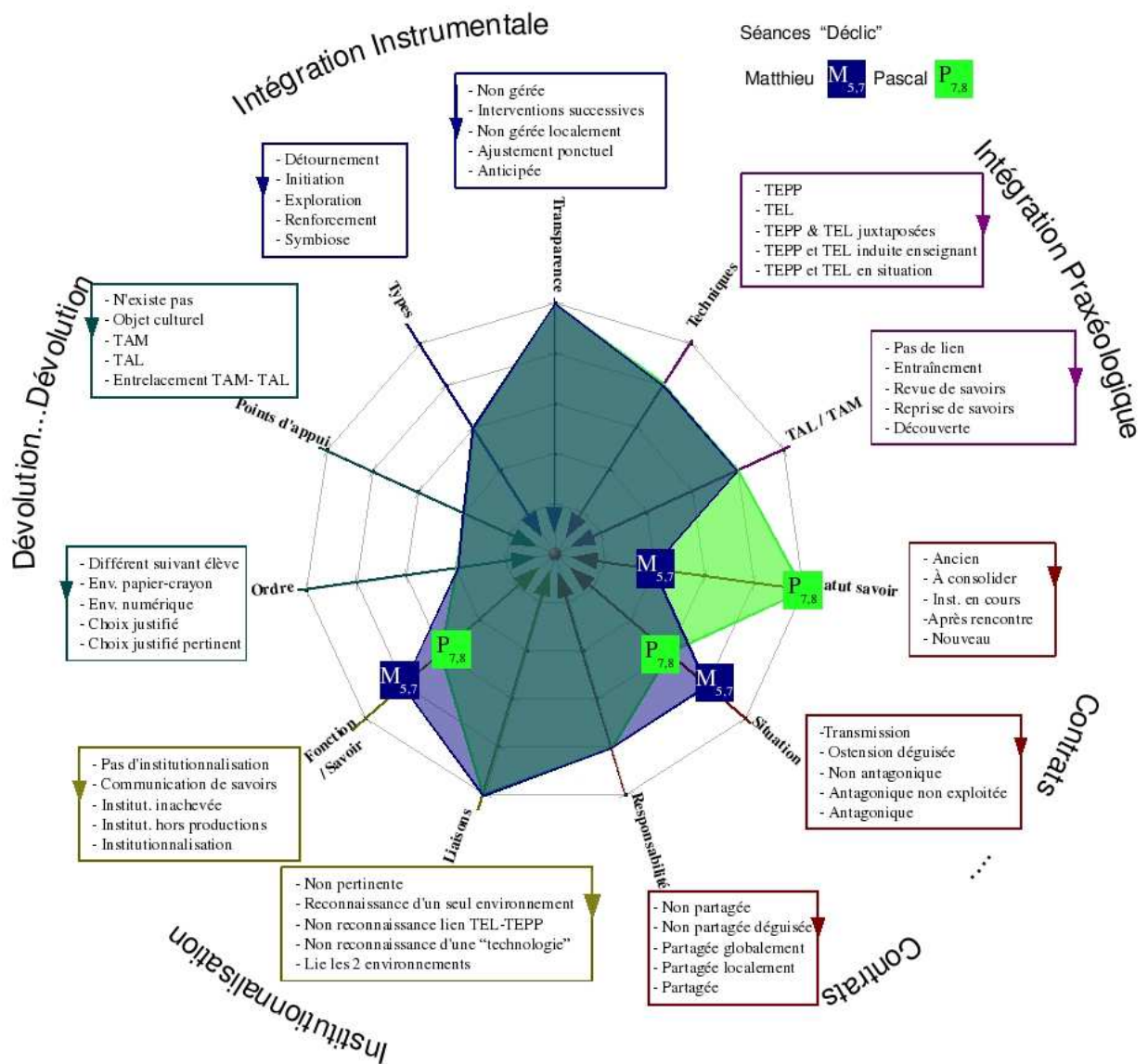
prise en compte de la transparence indique des niveaux de connaissances différents dans l'intégration des TICE.

Les pratiques similaires de Matthieu et Coralie correspondent à un point faible de leur intégration des TICE dans les pratiques mathématiques : le type d'intégration instrumentale est un détournement, ils pourraient utiliser une situation similaire sans utiliser d'ordinateur et les techniques utilisées par les élèves sont celles de l'environnement papier-crayon. Dans ces conditions la réponse à l'injonction d'utiliser les TICE correspond à l'utilisation d'une image culturelle positive sans lien réel avec les activités mathématiques en jeu. Ce mode d'intégration instrumentale est partagé par tous les enseignants dans 56% des séances observées.

Le positionnement sur les quatre critères “les points d'appui” de la dévolution, le “type” d'intégration instrumentale, la “Transparence” et les “Techniques” montrent que ces contraintes sont insuffisamment prises en compte voire ne sont pas prises en compte par les enseignants. GÉLIS et ASSUDE (2002) avaient montré l'importance à prendre en compte les trois derniers. Ces résultats nous semblent correspondre aux connaissances que les enseignants Matthieu et Coralie doivent construire pour favoriser l'intégration des TICE.

Nous allons reproduire ce schéma d'analyse avec Matthieu et Pascal concernant l'intégration du logiciel “Déclic”. Pour Matthieu nous avons sélectionné la séquence correspondant aux trois séances sur les parallélogrammes observées en deuxième période. Pour Pascal, les deux séances où les élèves utilisent Déclic ont aussi été observées en deuxième période. Nous avons écarté la séquence “triangles isocèles” pour ne comparer que des séances construites par les enseignants.

Nous avons superposé leur positionnement sur la “Toile” ce qui nous permet d'observer les différences et ressemblances.



Contrairement à ce que nous avons vu pour Matthieu et Coralie, il existe peu de différence dans les repérages de Matthieu et Pascal sur les différents critères (27%). Nous pensons même que l'on peut considérer que la différence observée sur le critère "Fonction/ Savoir" n'est pas significative étant donné que nous avons établi pour les deux enseignants que l'institutionnalisation n'était pas pertinente.

La justification d'une telle proximité de fonctionnement par rapport à un même logiciel et indépendamment de la situation mise en jeu s'explique en partie par le type de logiciel et par la difficulté à gérer les contraintes d'intégration.

Par exemple, nous attribuons la position commune de Matthieu et Pascal par rapport à la

dévolution à la nature du logiciel qui est un espace de production pour les élèves, c'est-à-dire dans lequel au minimum ils devront réaliser une tâche logicielle ou mathématique.

Cependant le fait qu'ils n'ont pas géré la “Transparence” et qu'ils ont utilisé des techniques logicielles sans lien avec les techniques papier-crayon montre que ni l'un ni l'autre, à ce moment, n'a conscience des contraintes sous-jacentes.

Nous avons vu au début de ce chapitre que Matthieu évolue pendant le temps de notre observation sur les critères “Transparence” et “Techniques”, que Pascal apprend à prendre en compte un peu plus les techniques en jeu, tandis que Coralie n'évolue sur aucun des deux critères.

Ces deux dernières remarques nous font dire que l'intégration d'un logiciel spécifique crée une situation dans laquelle les enseignants ont des pratiques différentes mais la spécificité du logiciel ne semble pas créer de façon significative des conditions pour une évolution ultérieure des pratiques avec ce logiciel ou un autre. La gestion de l'intégration des TICE n'est donc pas due principalement au logiciel, elle dépend de la reconnaissance ou non des contraintes par les enseignants.

Pour faire évoluer leurs connaissances sur l'intégration des TICE, ces enseignants devraient questionner leurs pratiques autour de nos quatre critères “les points d'appui” de la dévolution, le “type” d'intégration instrumentale, la “Transparence” et les “Techniques” en jeu, avant de s'interroger sur les raisons de la non institutionnalisation ou le contenu de cette dernière.

3 Conclusion de la comparaison

La comparaison des pratiques des enseignants se décline en deux parties, une qui relève des contraintes que nous avons identifiées dans la “Toile” et une autre partie qui reprend les éléments non visibles dans la “Toile”. Elles sont toutes porteuses d'un assujettissement institutionnel qui s'exprime différemment d'un enseignant à l'autre avec cependant des indicateurs d'obstacles partagés par tous.

Les évolutions ou non évolutions de ces cinq enseignants nous permettent de dire que si localement ils peuvent changer leur pratique, les principaux obstacles à des changements dans l'intégration des TICE en mathématiques se situent dans la gestion des contrats et dans l'institutionnalisation des connaissances.

Quelles que soient leurs différences lorsqu'ils choisissent un type de situation, nous observons en référence avec nos niveaux dans un critère, une forte stabilité à ré-engager les mêmes types

d'une séance sur l'autre. Le savoir engagé y est quasiment toujours de même nature et majoritairement ancien. Enfin, même si la tendance est moins forte, les enseignants ont beaucoup de mal à partager les responsabilités quelle que soit la nature des contrats.

Les contrats sont une catégorie de notre “Toile” où les enseignants ont des pratiques qui n'évoluent pas. De façon encore plus significative l'institutionnalisation est stable dans la forme et les TICE y sont particulièrement absentes.

Cependant dans leur volonté d'exploiter les TICE, les éléments que les enseignants essaient de changer portent sur le type de dévolution mis en œuvre et sur les techniques engagées.

D'autres éléments, comme la gestion du type d'intégration instrumentale, ne sont pas aussi facilement modifiés, seuls les plus dynamiques²⁷⁶ cherchent à faire évoluer le type d'intégration instrumentale. En effet, la difficulté à élaborer des situations crée des conditions dans lesquelles les enseignants intègrent les TICE majoritairement dans le mode “Détournement”. Il est remarquable que même pour les plus résistants à une évolution, lorsqu'elle se produit, elle est consécutive à des rétroactions fortes dans la séance précédente. Ceci souligne les différences d'approche de l'intégration des TICE par les enseignants. Les contraintes qui ne sont pas identifiées dans la “Toile” ne doivent pas être absentes de la comparaison des modes d'intégration, par exemple :

Le partage de la classe en deux groupes pour répondre aux conditions d'équipement des écoles est privilégié par quatre enseignants sur cinq, le cinquième préférant augmenter le nombre d'élèves par ordinateur. Les activités, pour le groupe “papier-crayon”, portent sur des supports divers (contenus disciplinaires multiples, activités sous forme de fiches d'exercices, d'évaluations, dans la salle ou hors de la salle). Pour tous ces enseignants la recherche d'un support facilitant l'autonomie s'impose comme une évidence. Cependant les éléments retenus pour faire ces choix d'activités ne sont pas toujours pertinents.

L'utilisation d'un même logiciel par deux enseignants donne lieu, selon le logiciel, à des pratiques très similaires ou très différentes. La nature du logiciel (exerciceurs fermés, semi-ouverts ou micromonde) ne semble pas être une variable pour apprendre à intégrer les TICE. Mais cette comparaison portant sur deux logiciels et trois enseignants, il nous semble nécessaire de confirmer ce constat.

Enfin, la comparaison des évolutions des enseignants dans le temps de l'année n'ayant pas été

²⁷⁶Au sens où ils ont une évolution très significative sur notre “Toile”

concluante, elle ouvre plus de questions qu'elle ne donne de réponses : le temps de l'année est-il trop court ? Faut-il, comme l'a fait ASSUDE, observer sur plusieurs années ? L'expérience de Noémie nous interroge sur l'effet de massification de l'intégration, et nous renvoie la question que nous avons posée dans la méthodologie de cette partie (est-ce simplement la rencontre fréquente qui favorise cette évolution ?), mais nous ne pouvons pas exclure que ce soit un effet de sa forte volonté d'assujettissement institutionnel. Ou bien encore, peut-on envisager qu'il existe, chez certains enseignants, un trop grand décalage entre les pratiques anciennes et les pratiques nouvelles que nous attendions, ce qui rendrait très aléatoire toute évolution.

Les constantes observées entre les enseignants, des critères sur lesquels ils évoluent le plus à ceux pour lesquels ils font preuve d'une grande stabilité, même si elles devraient être confirmées par une étude sur une population plus grande, sont indicatrices d'un problème qui n'est pas de l'ordre de la personne mais bien un problème de l'apprentissage du métier. En cela, nos critères pourront aider les formateurs à caractériser les besoins de formation pour l'intégration des TICE.

Conclusion

à propos des contraintes internes

4 Conclusion à propos des contraintes internes à l'intégration des TICE en mathématique

La diversité des conditions de classe et notre choix d'interférer le moins possible avec les pratiques réalisées par les enseignants nous permettent de dire que nous nous situons dans des conditions ordinaires de classe. C'est dans ces conditions que nous avons tenté de valider l'existence de contraintes internes à la classe constituant autant d'obstacles pour intégrer les TICE.

Les trois catégories, intégration instrumentale, intégration praxéologique et contrats, nous ont permis de décrire, de comprendre les pratiques mathématiques intégrant les TICE, d'y identifier la position de l'enseignant et caractériser le rôle et la place des TICE. En nous centrant sur la dévolution et l'institutionnalisation nous avons souligné la position de l'enseignant.

A partir des onze critères qui précisent ces points d'entrée nous sommes en mesure d'observer des différences d'intégration et des évolutions, voire d'établir des comparaisons entre les enseignants.

4.1 Les pratiques dans les classes des cinq enseignants

4.1.1 Le positionnement par rapport aux critères

L'observation de la première séance pour chaque enseignant, nous permet de dire qu'au départ le profil des enseignants est assez homogène. En effet on retrouve les mêmes pratiques sur sept critères :

- Les "Points d'appui" de la dévolution : Quatre fois sur cinq les enseignants s'appuient sur l'image sociale positive de l'ordinateur pour l'introduire dans l'activité mathématique.
- Le "Type d'intégration" : Dans trois cas sur cinq, si les enseignants ont une vision globale de ce que le logiciel pourrait favoriser comme apprentissage, son rôle par rapport aux tâches mathématiques est très mal identifié voire non questionné puisqu'il s'agit de détournement.
- La "Transparence" : En l'absence de documents pour construire les séances, les

enseignants sont souvent confrontés en cours de séance à la découverte d'outils instrumentés dans les logiciels ce qui influence l'intégration instrumentale qu'ils peuvent en faire et ne permet pas d'anticiper les difficultés qu'auront les élèves pour s'approprier les logiciels.

- Les "Techniques" : Ils n'envisagent qu'exceptionnellement d'autres techniques que les techniques anciennes et lorsqu'ils engagent les élèves dans l'utilisation de techniques logicielles elles ne sont pas rattachées aux techniques anciennes de l'environnement papier-crayon.

- Le "Rapport TAL/TAM" : Les premières instrumentalisations consistent en un support d'entraînement dans un environnement autre que celui du fichier utilisé dans la classe.

- Les deux critères de l'"Institutionnalisation" : Les institutionnalisations lorsqu'elles sont réalisées n'intègrent pas l'apport des TICE dans la construction des savoirs.

Les différences de pratiques initiales portent sur :

- Les trois critères des "Contrats" : Les savoirs en jeu, les situations et le partage des responsabilités que choisissent les enseignants sont très divers.

- L'"ordre" de la dévolution : Nous faisons le même constat que pour le critère précédent.

L'observation des pratiques des séances suivantes permet d'identifier des éléments de stabilité et d'évolution dans la gestion des contraintes.

Les critères concernant les "Contrats", sur lesquels nous avons observé une diversité de choix, sont ceux où nous remarquons une très grande stabilité de pratique. Majoritairement les enseignants utilisent les mêmes types de situations et de savoirs que lors de leur premier choix.

Sur les critères où ils ont des pratiques communes, ceux de l'"Institutionnalisation" marquent aussi une grande stabilité : lorsque l'institutionnalisation existe elle n'intègre qu'exceptionnellement le rôle des TICE.

Les évolutions les plus fréquemment observées se produisent pour changer les conditions de la dévolution, partiellement dans la prise en compte des techniques en jeu ou dans une moindre mesure dans la gestion de la transparence.

Les éléments de pratique pour lesquels nous avons observé des évolutions ou des stabilités communes sont le fait de quatre enseignants sur cinq. Ce constat renforce l'hypothèse que nous sommes devant un problème qui concerne la profession enseignante confrontée à l'intégration des TICE.

4.1.2 Les évolutions

En réponse à la demande de l'institution école, chacun des enseignants est porteur d'une pratique d'intégration des TICE originale et représentative de la profession. A l'image des cinq enseignants que nous avons étudiés, tous les enseignants ne sont pas au même niveau de résolution de ce problème. La stabilité sur tous nos critères est l'indice, pour certains, d'une recherche des conditions les plus proches des pratiques anciennes pour gérer l'intrusion que représente le logiciel. Nous serions tenté de dire qu'il s'agit du degré zéro d'intégration c'est-à-dire sans évolution.

Pour d'autres, à l'opposé, l'utilisation des TICE dans un grand nombre de domaines des mathématiques définis par les programmes et l'évolution sur six critères sont des indicateurs d'une intégration forte des TICE, même si celle-ci n'est pas convergente monotone.

Entre les deux, nous trouvons des enseignants qui ont des évolutions moins rapides mais plus convergentes et qui nous semblent se situer dans une dynamique d'apprentissage.

D'autres enseignants, malgré une volonté affirmée, n'arrivent pas à amorcer cette évolution et d'autres enfin, contraints par des contextes de classe ou d'autres conditions matérielles difficiles ont des évolutions divergentes.

4.1.3 Les outils pour évoluer

Pour résoudre le problème de l'intégration des TICE les enseignants doivent construire une situation d'apprentissage pour les élèves.

Les ressources de description de situations qui pourraient les aider à en construire sont peu nombreuses. Lorsqu'ils utilisent ces documents, cela les aide à gérer les obstacles et donc à changer leur pratique. Cependant nous constatons que lors de la mise en œuvre de la séance, les éléments qui restent à la charge de l'enseignant sont inchangés par rapport à des pratiques anciennes.

Nous pouvons déduire de ce constat que l'apport de tels documents, dans un premier temps, ne crée pas les conditions d'un questionnement sur l'intégration des TICE, mais que dans un

deuxième temps, il permet un réinvestissement pour construire une séquence sur le même modèle.

Ceci constitue un positionnement de l'enseignant dans son milieu de référence, signe de la construction de connaissances pour l'intégration des TICE.

A propos des logiciels utilisés nous pouvons nous questionner sur leur influence sur l'évolution des pratiques. Remarquons que le type de logiciel choisi initialement (logiciels fermés, semi-ouverts ou micromonde) est reconduit dans les séances suivantes et que les enseignants n'exploitent que très faiblement les ressources logicielles potentielles. Enfin l'usage de logiciels ouverts, de type micromonde, s'il favorise des pratiques différentes chez les élèves, n'est pas déterminant dans la reconnaissance des obstacles à l'intégration des TICE. Nous constatons autant d'évolution chez l'enseignant qui utilise un logiciel semi-ouvert.

4.2 L'auto-apprentissage des enseignants

En référence aux travaux de DOUADY (1984), ARSAC, GERMAIN et MANTE (1988) nous allons établir que les enseignants sont confrontés à une situation problème puisque :

- Les enseignants sont bien confrontés à un nouveau problème celui d'intégrer les TICE dans les pratiques mathématiques à l'école primaire et ils ne disposent pas de ressources à appliquer qui correspondraient à un "savoir intégrer les TICE".
- Même dans des conditions les plus extrêmes (trois ordinateurs pour une classe) des enseignants s'engagent dans l'intégration.
- Leurs techniques sont issues de leur expérience dans l'environnement traditionnel et ne sont pas suffisantes pour réussir l'intégration.
- Les rétroactions sont des indicateurs que même les plus résistants à une évolution perçoivent comme signe d'une non réussite de l'intégration.
- Enfin la réponse en termes "d'intégration optimale" semble être la plus adaptée pour résoudre le problème.

Cette transposition dans la définition d'une situation problème nous permet de dire qu'il s'agit pour les enseignants de résoudre un vrai problème.

En mettant en place le milieu d'apprentissage de l'élève avec, entre autres, le milieu matériel de l'élève contenant le logiciel, "l'enseignant apprenant" s'est construit son milieu matériel, M_P -Matériel, pour construire une situation que nous avons nommée "d'Auto-Apprentissage".

Pourtant, l'étalement dans le temps, l'absence de mémorisation structurée rendent les choix d'actions ultérieurs très aléatoires et l'auto-apprentissage peut être inhibé.

De même la complexité de l'intégration des TICE ou les modifications de pratiques concernant plusieurs critères risquent de rendre ininterprétables les rétroactions qui en découleront et donc décourager l'enseignant.

De plus dans notre modèle de l'auto-apprentissage, les enseignants ne disposent pas d'un milieu d'institutionnalisation de leurs connaissances. Il faudrait pour que l'institutionnalisation soit possible, que l'enseignant puisse les mettre en jeu dans une institution qui légitimerait ses gestes ou ses techniques, pour que ses gestes ou techniques puissent alors passer du statut de

connaissances opérationnelles à celui de savoir. Les conditions institutionnelles de l'école où l'enseignant est relativement isolé, rendent ces critères difficiles à atteindre.

Cependant les évolutions que nous identifions localement sur un ou plusieurs critères nous semblent désigner, majoritairement, des prises en compte de bilans des séances antérieures, ce qui constitue une étape supplémentaire pour un auto-apprentissage.

Dans ces conditions, la construction de ressources didactiques, manuels ou documentations en ligne, en lien avec les logiciels, pour introduire les TICE dans les séances de mathématiques, sera un outil incontournable pour que les enseignants identifient des obstacles que peuvent rencontrer les élèves, leurs techniques, leurs erreurs mais aussi les obstacles qu'eux, enseignants, devront anticiper pour la gestion de la séance.

Une contrainte non repérée sur la "Toile"

Aux contraintes directes associées aux TICE s'ajoute, du fait du nombre d'ordinateurs ou de la particularité des classes multi-niveaux, la contrainte de devoir gérer plusieurs groupes dans la classe. Les enseignants, même les plus habitués à cette pratique, en présence d'ordinateurs, semblent ne plus disposer d'une technique efficace.

En réponse à notre question de recherche concernant les contraintes internes, nous avons établi que :

- les contraintes que doit gérer l'enseignant pour intégrer les TICE sont globalement identifiées par les critères de notre "Toile" même s'il en existe d'autres que nous n'avons que partiellement évoquées.
- les conditions ordinaires de classe placent les enseignants en situation de résolution de ce problème, c'est-à-dire la gestion des contraintes, dans laquelle ils construisent des connaissances sur les pratiques d'intégration des TICE même si ce n'est que localement ou partiellement. Pour l'enseignant, la construction de connaissances dans une situation problème correspond à un apprentissage que nous avons qualifié d'"Auto-apprentissage" en lien avec l'auto-construction de son milieu matériel ;
- Cependant malgré les tendances des uns à avoir des pratiques convergentes vers une intégration optimale, les résistances des autres montrent les limites de l'auto-apprentissage.

Conclusion

1 Conclusion

A l'origine de notre recherche, se trouve le constat que les TICE sont peu utilisées dans les pratiques mathématiques à l'école primaire. C'est ce constat, issu de notre expérience professionnelle de formateur IUFM en mathématiques et en TICE et validé par une première enquête, que nous avons interrogé dans deux directions qui pourraient l'expliquer : des contraintes externes et des contraintes internes à la classe.

Tout en reprenant le cheminement qui nous a permis de valider les deux hypothèses initiales nous lierons les conditions et contraintes à l'intégration des TICE avec les éléments constitutifs de la situation d'«Auto-apprentissage». Nous présenterons ensuite les limites de notre travail, de nos choix, de nos données, avant de conclure sur les perspectives qu'ouvre ce travail.

1.1 Les éléments de validation des deux hypothèses initiales

Les conditions pour que les enseignants intègrent les TICE dans les pratiques mathématiques sont soumises aux contraintes externes et internes de la classe.

Les contraintes externes mises en évidence par les enquêtes

En réponse à notre question initiale sur les raisons de la non intégration des TICE dans les pratiques mathématiques à l'école élémentaire et en regard de l'hypothèse concernant les influences externes à la classe et à l'enseignant, nous avons établi que les institutions ou objets institutionnels étudiés ne créent pas des conditions favorables à l'intégration des TICE dans les pratiques de classe en mathématique.

En effet, bien que les orientations générales des programmes soient de plus en plus inductrices d'une demande d'intégration des TICE, nous percevons que :

- Dans les textes des programmes ou les déclarations des ministres de l'Éducation Nationale depuis près de trente ans, nous nous apercevons que l'évolution des TICE est très rapide, ce qui est insécurisant pour les enseignants, et que les programmes de mathématiques les placent devant des attentes très floues.
- Les représentants institutionnels attachés à une représentation sociale des T.I.C. favorisent les situations transversales au détriment des activités disciplinaires.
- Enfin, les auteurs de manuels, lorsqu'ils se posent la question de l'intégration, ont une

position frileuse, pour des raisons pertinentes de charge de travail ou d'absence de recul par rapport à cet instrument. Mais ils posent aussi la question de la manière dont les TICE seront gérées dans les classes.

Les contraintes internes mises en évidence par l'observation

Dans ces conditions, les enseignants qui recherchent une solution pour intégrer les TICE dans leur classe sont également soumis à des contraintes internes d'intégration dans les pratiques de classe.

Leurs questionnements et, par conséquent, l'évolution de leurs pratiques portent sur les environnements dans lesquels est introduite la situation dans le but de faciliter la dévolution et sur les techniques à favoriser auprès des élèves. Les enseignants les plus dynamiques, au sens de notre évolution utilisent différents types d'intégration instrumentale et leurs points d'appui pour la dévolution évoluent, de l'exploitation de l'image sociale et culturelle des TICE à la mise en synergie des tâches mathématiques et logicielles.

Les contraintes que tous les enseignants semblent avoir des difficultés à dépasser sont celles qui caractérisent les types de contrats et leur gestion ainsi que le contrat particulier que constitue l'institutionnalisation.

Cependant, les enseignants ne sont pas tous au même niveau de maîtrise de l'intégration des TICE. L'étude en particulier de la dévolution montre qu'ils utilisent des techniques différentes à des niveaux différents. Nous retiendrons, notamment, les différences entre ceux qui utilisent des techniques sans les expliciter et ceux qui sont capables de cette explicitation, les seconds ayant une perspective d'évolution plus rapide que les premiers.

La principale dérive, dans l'intégration des TICE, nous est apparue sous la forme d'une coquille vide de TICE, intégration construite sur des pratiques anciennes qui n'ont pas de raisons d'être modifiées avec l'avancée des séances. Pour certains enseignants, la difficulté à gérer les pratiques des élèves constituent un obstacle tel qu'ils sont mis en échec et nous imaginons l'abandon de l'usage des TICE en mathématiques comme possible à tout moment.

Nous avons alors établi que l'enseignant devait construire un milieu matériel pour lui, défini par les différents milieux de l'élève (milieu matériel, milieu objectif, de référence et d'apprentissage) où il doit observer comment ses choix d'intégration des TICE favorisent l'apprentissage des élèves. En tant qu'agissant sur son milieu objectif, il modifie les conditions d'intégration des TICE, soit dans la séance suivante soit en cours de séance. Ce sont les

rétroactions de son milieu objectif qui valident ses choix et lui permettent d'évoluer ou de se stabiliser dans une position. Mais la principale difficulté à l'aboutissement de cet "Auto-apprentissage" réside dans la conception d'un bilan que l'enseignant ne peut généralement pas partager avec ses collègues, ce qui laisse le travail, dans le meilleur des cas, au niveau d'une connaissance personnelle réinvestissable et non pas au niveau d'un savoir partagé par les enseignants. Cependant certains ont créé des conditions qui localement débouchent sur la conception d'une expertise, d'autres ne seront pas en mesure d'exploiter leurs tentatives d'intégrer les TICE dans un avenir immédiat. Si nous n'avons pas pu observer un apprentissage global des enseignants, nous avons observé des changements qui localement, selon nos critères, caractérisent des évolutions dans la résolution de l'intégration des TICE dans les séances de mathématique.

L'utilisation de ressources, pour une ou plusieurs séances structurées autour d'un objectif mathématique, présentant des activités qui exploitent la pertinence de l'outil TICE, semble être un facteur pouvant solliciter des changements de pratique. Cependant elle ne pallie pas la gestion de tous les obstacles qui restent à la charge de l'enseignant confronté à la contingence de la classe et pourrait même s'avérer être un obstacle à la reconnaissance des éléments favorisant l'intégration.

Et lorsqu'ils s'essaient à la conception d'une séance, la complexité d'élaboration, l'absence de résultats d'expérimentation, l'ignorance des techniques potentielles des élèves, de leurs erreurs, ne facilitent pas la tâche des enseignants qui avancent alors par une succession d'essais-erreurs loin d'une technique experte. Enfin, les logiciels, quelles qu'en soient leurs potentialités, peuvent être détournés, voire utilisés à contresens de ce qu'en avait imaginé l'auteur.

Contraints par les programmes, avec peu d'outils, les enseignants sont donc forcés à une recherche par essais-erreurs de l'intégration optimale, ce qui les place en situation d'"Auto-apprentissage". Nos critères permettent de représenter leurs évolutions et leurs points d'obstacle. Le fait que ces obstacles soient communs à plusieurs enseignants en fait un problème du métier et non plus un problème d'individu.

Nous avons fait l'hypothèse que le long terme favoriserait une prise de recul des

enseignants sur leur gestion des obstacles rencontrés. Elle devait conduire à une prise en compte des choix antérieurs d'organisation du milieu matériel de l'enseignant et des rétroactions produites dans leur milieu objectif. Pourtant, les enseignants qui avaient peu modifié leurs pratiques dans le temps d'observation ne semblent pas avoir profité du temps écoulé pour prendre du recul par rapport à leur pratique quelques mois plus tard. Cette hypothèse n'a donc pas été validée.

1.2 Les limites des résultats

Dans le cadre des influences externes :

Lorsque nous avons tenté d'établir les contraintes externes qui influencent les pratiques des enseignants nous avons structuré un questionnaire que nous avons diffusé nationalement en direction des IEN responsables des TICE, un par département, et leur équipe. Ces questionnaires ne nous ont permis de recueillir qu'un petit nombre de réponses. Ce qui reste acceptable pour les IEN, environ 22%, n'est pas suffisamment significatif pour les conseillers pédagogiques (8%) et les maîtres animateurs en informatique (12%).

A propos de ce même questionnaire, nous avons choisi de partir d'une interrogation générale sur l'usage des TICE avant de conclure notre questionnaire sur les TICE en mathématiques, pour échapper aux biais possibles, avec l'intention de repérer des indicateurs d'une différence entre les usages transversaux et les usages disciplinaires, puis spécifiquement en mathématique. En faisant cela nous avons sous valorisé l'importance des mathématiques et pu favoriser un autre biais en direction de l'usage transversal des TICE.

Nos résultats, bien que croisés avec ceux d'enquêtes européennes, devraient être interrogés sur une population plus large notamment pour les C.P.A.I.E.N. et les M.A.I..

Dans le cadre des influences internes :

Notre choix des enseignants observés dans leur pratique de classe est discutable par leur nombre, cinq, et par leur représentativité de la population enseignante de l'école primaire en France. De plus il n'est pas facile de trouver des enseignants de classes ordinaires qui acceptent de montrer leurs pratiques et le fait d'accepter les rend moins ordinaires. Concernant l'effectif de la population, seule une étude impliquant plusieurs chercheurs pourrait permettre d'élargir la population observée. Nous n'en avons pas connaissance au niveau de l'école primaire.

Questions de recherche non abordées

Si nous avons envisagé une évolution dans le temps de l'année, nous n'avons pas envisagé de prendre en compte les différents aspects du temps d'apprentissage, du temps didactique et du temps de l'horloge étudiés par ASSUDE, qui sont à rattacher à la chronogénèse.

1.3 Perspectives ouvertes par la recherche

Parmi les pistes que nous n'avons pas valorisées :

Notre choix d'observer les tendances des enseignants au niveau de plusieurs séances ou séquences n'a pas favorisé un découpage plus fin des séances. La comparaison des pratiques de plusieurs enseignants sur une unité de séance nous aurait obligé à induire des utilisations communes comme d'autres chercheurs l'ont fait par rapport à d'autres sujets, Cabri : ASSUDE (2005), Décimaux : BOLON (1996), Décimaux : RODITI (2005). La disparité des logiciels et des orchestrations aurait probablement disparu, ce qui nous aurait éloigné d'une pratique ordinaire des TICE, le choix du logiciel et de la situation ne relevant plus seulement de l'enseignant mais aussi du chercheur.

Cependant nous pensons que l'outil d'observation des pratiques pourrait être réinvesti dans le suivi d'une séance, pour repérer les évolutions retenues par l'enseignant dans la gestion des différentes phases.

Question ouverte sur la formation des enseignants :

D'une part, le constat de la difficulté qu'ont les enseignants à passer dans le milieu d'« Auto-apprentissage », en particulier à confronter leurs connaissances à celles des autres, nous amène à rechercher si des institutions pourraient favoriser cette étape. Nous avons tenté d'identifier, dans nos questions aux I.E.N, si les enseignants appartenant à des groupes pédagogiques (AGEEM, ICEM, GFEN) avaient une plus forte implication dans l'usage des TICE, ce qui aurait pu correspondre à un travail collaboratif et une institutionnalisation de leurs connaissances. Mais nos résultats ne nous ont pas permis d'aller au-delà d'une simple question. Les travaux autour des réseaux d'échange de pratiques pourraient interroger cette question. La mutualisation collaborative qui exploiterait nos critères constituerait un cadre qui devrait aider les enseignants à prendre en compte la multiplicité des obstacles et donc à

construire des connaissances pour intégrer les TICE, ce qui renforcerait le milieu d'“Auto-apprentissage” des enseignants.

D'autre part, le constat de la difficulté que les enseignants ont à gérer plusieurs groupes dans la classe, même pour ceux qui ont une expérience de classe multi-niveaux, nous questionne sur les connaissances nécessaires et les outils utiles pour gérer cette contrainte.

2 En forme de bilan

Notre réponse par rapport au faible taux d'intégration des TICE dans les pratiques mathématiques à l'école élémentaire consiste à dire que :

Face à l'**injonction institutionnelle** d'intégrer les TICE dans les pratiques mathématiques, les enseignants se trouvent en situation de **se construire des connaissances sur cette intégration**. Le peu de **ressources** disponibles pour les aider dans cette tâche fait que **leurs pratiques** relèvent d'un **tâtonnement expérimental** dans un milieu très complexe.

Lorsqu'ils disposent de préparations de séances avec les TICE, ils se trouvent, comme les élèves à qui l'enseignant a donné le savoir à utiliser, en position de découvrir “comment ça marche”. C'est dans leur milieu objectif, M_p -Objectif, qu'ils vont devoir être attentifs aux rétroactions que produiront leurs choix. Comme pour les élèves ils se trouvent, à leur niveau, dans un “**contrat d'auto-apprentissage**”, dans lequel ils construisent leurs connaissances pour intégrer les TICE.

Pourtant, relever le défi de l'intégration des TICE dans les pratiques mathématiques à l'école primaire ne peut pas être du seul ressort des enseignants, il doit être pris en charge par l'ensemble des institutions associées à l'école pour résoudre ce problème de la profession "enseignant".

BIBLIOGRAPHIE

Livres et articles :

ALIBERT D., BIGOT R., FOUCAUD D. (2005), La dynamique des inégalités en matière de nouvelles technologies , Méthodes d'approche – Analyse évolutive, *CREDOC Cahier de recherche n°217*. Version numérique disponible sur le site <http://www.credoc.fr>

ARGAUD H.C (1998), Problèmes et milieux a-didactiques pour un processus d'apprentissage en géométrie plane à l'école élémentaire, dans les environnements papier-crayon et Cabri-géomètre. Thèse Université Joseph Fourier, Grenoble.

ARSAC G., GERMAIN G., MANTE M. (1988), Problème ouvert et situation-problème, publication IREM de Lyon.

ARTIGUE M. (1986), étude de la dynamique d'une situation de classe : une approche de la reproductibilité, *Recherches en Didactique des Mathématiques*, 7/1, pp. 5-62, Éditions La Pensée Sauvage, Grenoble.

ARTIGUE M. (1990), Analyse de processus d'enseignement en environnement informatique, "Petit x", n°26, pp. 5-27, IREM Grenoble.

ASSUDE T. CAPPONI B. BERTOMEU J.F. BONNET J.F. (1996), De l'économie et de l'écologie du travail avec le logiciel Cabri-géomètre, *Petit x n° 44*, IREM Grenoble, pp. 53-79.

ASSUDE T. & GRUGEON B. (2002), Intégration de logiciels de géométrie dynamique à l'école primaire, *Actes du XXIXème Colloque de la COPIRELEM, IREM des Pays de la Loire*, pp. 227-253.

ASSUDE T. & GÉLIS J-M (2002), La dialectique ancien-nouveau dans l'intégration de Cabri-géomètre à l'école primaire, *Educational Studies in Mathematics*, pp. 259-287.

ASSUDE T. (2005a), Time management in the work economy of a class. *Educational Studies in Mathematics*. 59.1, pp. 183-203.

ASSUDE T., DROUHARD J.P. (2005b), L'institutionnalisation et l'expérience de la nécessité mathématique, in (Éd.) SALIN M-H, CLANCHÉ P., SARRAZY B. *Sur la théorie des situations didactiques, Recherches en Didactique des Mathématiques*, pp. 99-107, La pensée Sauvage.

ASSUDE T., MERCIER A., SENSEVY G. (2007), L'action didactique du professeur dans la dynamique des milieux, 27/2, pp. 221-252, Éditions La Pensée Sauvage, Grenoble.

BALACHEFF N., VIVET M. (1994), Didactique et intelligence artificielle, *Recherches en Didactique des Mathématiques*, La Pensée Sauvage Édition.

BANGOU F. (2006), Intégration des TICE et apprentissage de l'enseignement : une approche

systémique, In *Apprentissage des langues et systèmes d'information et de communication (ALSIC)*, vol. 9, n° 1. pp. 145-160. http://alsic.u-strasbg.fr/v09/bangou/alsic_v09_10-pra2.htm, mis en ligne le 30/11/2006.

BARON G-L., BRUILLARD E. (1996), L'informatique et ses usagers dans l'éducation, PUF, L'éducateur, Paris. disponible en ligne http://www.stef.ens-cachan.fr/annur/bruillard/usag_somr.htm

BARON G-L., BRUILLARD E. (2003), Les technologies de l'information et de la communication en éducation aux USA : éléments d'analyse sur la diffusion d'innovations technologiques, *Revue Française de Pédagogie*, n° 145, pp. 37-49.

BERTHELOT R. et SALIN M.H. (1992), L'enseignement de l'espace et la géométrie dans la scolarité obligatoire, Thèse Université Bordeaux I.

BLOCH I. (1999), Milieu et connaissances du professeur dans une situation comportant une dimension a-didactique, in BAILLEUL (Éd.) *Actes de la X^e école d'été de didactique des mathématiques*, IUFM Caen, T1, pp. 50-59.

BOLON (1996), Comment les enseignants tirent-ils parti des recherches faites en didactique des mathématiques ? Le cas de l'enseignement des décimaux à la charnière école-collège, Thèse : Université Paris 7.

BOSCH M., CHEVALLARD Y. (1999), La sensibilité de l'activité mathématique aux ostensifs. Objet d'étude et problématique, *Recherches en Didactique des Mathématiques*, 19/1, pp. 77-123, Éditions La Pensée Sauvage, Grenoble .

BROUSSEAU G. (1986), Fondements et méthodes de la didactique, *Revue de Didactique des Mathématiques*, Vol. 7, n°2, La pensée sauvage éditions, pp. 33-115.

BROUSSEAU G. (1995), L'enseignant dans la théorie des situations didactiques. In NOIRFALISSE R., PERRIN-GLORIAN M.J., (Éd.) *Actes de la VIII^e école d'été de didactique des mathématiques*, pp. 3-45, Clermont-Ferrand : IREM.

BROUSSEAU G. (1997), La théorie des situations didactiques, Cours donné lors de l'attribution du titre de Docteur Honoris Causa de l'Université de Montréal, disponible en ligne : http://pagesperso-orange.fr/daest/guy-brousseau/textes/TDS_Montreal.pdf

BROUSSEAU G. (1998), La théorie des situations didactiques. Recueil de textes de Didactique des mathématiques 1970-1990 présentés par BALACHEFF N., COOPER M., SUTHERLAND R. et WARFIELD V., La pensée sauvage, Grenoble.

BROUSSEAU G. (2001), L'enseignement des mathématiques dans la scolarité obligatoire : micro et macro-didactique in *La matematica et la sua didattica n° 1*, traduction Maria Polo pp. 5-30, http://dipmat.math.unipa.it/~grim/brousseau_macro_03.pdf Août 2007.

BROUSSEAU G. (2002). Glossaire de quelques concepts de la théorie des situations didactiques en mathématiques, DEAST (Didactique et Anthropologie des Enseignements

Scientifiques et Techniques),

http://perso.orange.fr/daest/guy-brousseau/textes/Glossaire_Brousseau.pdf texte en ligne septembre 2007.

BRUILLARD É. (2005), Les manuels scolaires questionnés par la recherche, in BRUILLARD É. (dir.) *Manuels scolaires, regards croisés*. CRDP de Basse Normandie, Documents, actes et rapports sur l'éducation, Caen, p. 13-36.

BRUILLARD E., BARON G-L. (1998), Vers des manuels scolaires électroniques ? Résultats d'une étude en mathématiques en classe de sixième, In *Sciences et techniques éducatives*, Vol. 5 n° 4, pp. 343-370.

CAZES C., GUEUDET G., HERSANT M., VANDEBROUCK (2005), Utilisation de bases d'exercices en ligne : interactions entre ressources, scénario d'utilisation et activités des élèves, (Éd.) CASTELLA C., HOUEMENT C. *Actes du séminaire national de didactique des mathématiques*, pp. 177-211, ARDM et IREM Paris 7.

CENTENO J. (1995), La mémoire didactique de l'enseignant, Thèse posthume inachevée, Université Bordeaux 1.

CHAPTAL A. (2002), Le dilemme constructiviste ou la question du renouvellement des usages, <http://edutice.archives-ouvertes.fr/edutice-00000304/fr/>

CHARLOT B. (1986), Histoire de la réforme des "math-modernes", *Bulletin APMEP n° 352*, pp. 15-31, Paris.

CHEVALLARD Y. (1985) La transposition didactique – Du savoir savant au savoir enseigné, La Pensée sauvage, Grenoble, deuxième édition augmentée, 1991.

CHEVALLARD Y. (1986), Les programmes et la transposition didactique illusions, contraintes et possibles, *Bulletin APMEP n° 352*, pp. 32-50, Paris.

CHEVALLARD Y. (1992). Concepts fondamentaux de la didactique : perspectives apportées par une approche anthropologique, *Recherches en Didactique des Mathématiques*, 12/1, pp. 73-112, éditions La Pensée Sauvage, Grenoble .

CHEVALLARD Y. (1996), La fonction professorale : esquisse d'un modèle didactique. In R. Noirfalise et M.-J. Perrin-Glorian (Eds), *Actes de la VIII^e école d'été de didactique des mathématiques (Saint-Sauves, 22-31 août 1995)*, Clermont Ferrand : IREM de Clermont-Ferrand.

CHEVALLARD Y. (1997), Familiale et problématique, la figure du professeur, *Recherches en didactique des mathématiques*, 17.3, pp.17-54 éditions La Pensée Sauvage, Grenoble .

CHEVALLARD Y. (1998a), Analyse des pratiques enseignantes et didactique des mathématiques : L'approche anthropologique, *Actes de l'université d'été « Analyse des pratiques enseignantes et didactique des mathématiques »*, pp 91-118, La Rochelle : IREM

Clermont-Ferrand.

CHEVALLARD Y. (1998b), Organisation didactiques 1, Rapports personnels, rapports institutionnels in Dictionnaire de Didactique des Mathématiques 1997-1998 http://yves.chevallard.free.fr/spip/spip/article.php3?id_article=38

CHEVALLARD Y. (2004), *La place des mathématiques vivantes dans l'éducation secondaire : Transposition didactique des mathématiques et nouvelle épistémologie scolaire*, 3^e Université d'été Animath 22-27 août 2004, Saint-Flour (Cantal).

CLANCHÉ P, SALIN M.H., SARRAZY B. (2005), Sur la théorie des situations didactiques. Questions, réponses, ouvertures Hommage à Guy Brousseau, La Pensée Sauvage.

COMITI C., GRENIERD. (1997), Régulations didactiques et changements de contrats, *Recherches en Didactique des Mathématiques*, 17/3, pp. 81-102.

CONNE F. (1999), Faire des maths, faire faire des maths, regarder ce que cela donne, *Communication, congrès REF 1996*, in *Regards sur le didactique sur le cognitif*, Conne F. & Lemoine G. eds, Presses université de Montréal, pp. 31-69.

COPIRELEM (2003), Carnet de routes de la COPIRELEM CONCERTUM, 3Tomes, ARPEME, Paris.

DOUGLAS M. (2004), Comment pensent les institutions, [trad. de l'anglais par Anne Abeillé], Paris : la Découverte, p 218, *La Découverte poche. Sciences humaines et sociales*. *Titre original : How institutions think* (1986).

DEMEUSE M., STRAUVEN C. (2006), Développer un curriculum d'enseignement ou de formation, Des options politiques au pilotage, Perspective en Éducation et Formation, De Boeck, Bruxelles.

DOUADY R. (1986), Jeux de cadres et dialectique outil-objet, *Recherches en Didactique des Mathématiques*, 7/2, pp. 5-31.

DOUADY R. (1994), Ingénierie didactique et évolution du rapport au savoir une chronique en calcul mental, un projet en algèbre à l'articulation collège-seconde , In *Repères IREM n° 15*, Topiques Éditions Repères, IREM Paris-VII .

FALCADE R. (2006), Théorie des Situations, médiation sémiotique et discussions collectives, dans des séquences d'enseignement avec Cabri-géomètre pour la construction des notions de fonction et graphe de fonction , Thèse Université Joseph Fourier Grenoble.

FAVRAT J.F. (1992), *Tracés aux instruments et raisonnements géométriques quelques exemples de consignes*, Grand N n° 49, pp 11-35, IREM Grenoble.

FLORIS R., CONNE F. (2007), Environnements informatiques, enjeux pour l'enseignement des mathématiques Intégrer des artefacts complexes, en faire des instruments au service de

l'enseignement et de l'apprentissage, Collection Perspectives en éducation & formation, DeBoeck, Bruxelles. 240 p.

GÉLIS J.M. & ASSUDE T. (2002), Indicateurs et modes d'intégration du logiciel Cabri en CM2, *Sciences et Techniques Educatives*, 3-4(9), pp. 457-490.

GASCON J. (1998), Evolución de la didáctica de las matemáticas como disciplina científica, *Recherches en Didactique des Mathématiques*, 18/1, pp. 7-34.

GRUGEON-ALLYS B. (2008), Pratiques d'intégration d'un logiciel de géométrie dynamique à l'école élémentaire, *Carrefours de l'éducation* 2008/1, n°25, pp. 75-90, Université de Picardie.

GUIN D., TROUCHE, L. (2002) : Calculatrice symboliques Transformer un outil en instrument du travail mathématique : un problème didactique, *Recherches en Didactique des Mathématiques*, p. 391, Éditions La Pensée Sauvage, Grenoble.

HASPEKIAN M. (2005), Intégration d'outils informatiques dans l'enseignement des mathématiques, étude du cas des tableurs, thèse, Université Paris 7.

LABORDE C. (1988), Actes du premier colloque franco-allemand de didactique des mathématiques et de l'informatique, Éditions La Pensée Sauvage. 352 p.

LABORDE C. (2000), L'activité instrumentée par les logiciels de géométrie dynamique, in BAILLEUL (Éd.) *Actes de la X^e école d'été de didactique des mathématiques*, IUFM Caen, T1, pp. 235-244.

LABORDE C., CAPPONI B. (1994), Cabri-géomètre constituant d'un milieu pour l'apprentissage de la notion de figure géométrique. *Recherches en Didactique des Mathématiques*, 14/1.2, pp. 165-210.

MARCHAND M. (1987), La grande aventure du Minitel, Librairie Larousse, 112 p.

MARGOLINAS C. (1993), De l'importance du vrai et du faux dans la classe de mathématiques, *Recherches en Didactique des Mathématiques*, La Pensée Sauvage.

MARGOLINAS C. (1997), Étude de situations didactiques "ordinaires" à l'aide du concept de milieu : détermination d'une situation du professeur, *Actes de la 9^{ème} Ecole d'Eté de Didactique des Mathématiques*, pp. 35-43, A.R.D.M..

MARGOLINAS C. (2004), Symposium « Dévolution et travail du professeur dans les classes ordinaires », *5^e colloque international d'actualité de la recherche en éducation et formation*, Paris, <http://www.aecse.net/>

ANDREUCCI C., CHATONEY M., Difficultés liées à l'articulation de deux composantes de la dévolution : Exemple d'une séance d'enseignement de technologie au primaire.

DEVOS-PRIEUR O., AMADE-ESCOT C., L'étude comparée des processus de dévolution en éducation physique par quatre enseignants.

FLÜCKIGER A., Processus de dévolution en mathématique et macro situation.
MARGOLINAS C., THOMAZET S., Dévolution différenciée en classe de CP.
MARLOT C., SENSEVY G., La dévolution du rapport aux objets du milieu dans le travail du professeur : une étude de cas.

MARIOTTI A. (1999), Cabri, les constructions géométriques et le problème de la démonstration, in BAILLEUL (Éd.) *Actes de la X^e école d'été de didactique des mathématiques*, IUFM Caen, T2, pp. 115-122.

MATTERON Y. (2000), Une étude didactique de la mémoire dans l'enseignement des mathématiques au collège et au lycée, quelques exemples, Thèse Université Aix-Marseille I.

MERCIER A. (1996), La création d'ignorance, condition de l'apprentissage, In (Éd.) JONNAERT, P. & PALLASIO R. *Revue des sciences de l'éducation*, Vol. XXII, n° 2, pp. 225-460.

MERCIER A. (1998), La participation des élèves à l'enseignement, *Recherches en didactiques des mathématiques*, 18/3, pp. 279-310.

MERCIER A., SENSEVY G., SCHUBAUER-LEONI M.-L. (2000), Vers un modèle de l'action didactique du professeur. A propos de la course à vingt. *Recherches en didactiques des mathématiques*, 20/3, pp. 263-304.

PAPERT S. (1981), Jaillissement de l'esprit Ordinateurs et apprentissage, Flammarion, Paris, 302 p.

PERRIN-GLORIAN M.J. (1996), Problèmes d'articulation de cadres théoriques : l'exemple du concept de milieu, *Recherches en Didactique des Mathématiques*, 19/3, pp. 283-321, Éditions La Pensée Sauvage, Grenoble.

POCHON L-O, BRUILLARD E, MARECHAL A. (2006), Apprendre (avec) les progiciels Entre apprentissages scolaires et pratiques professionnelles, IRDP : Neuchatel, INRP : Lyon.

RABARDEL P. (1995), *Les hommes et les technologies : approche cognitive des instruments contemporains*, Armand Colin, Paris.

RABARDEL P. (1999), Eléments pour une approche instrumentale en didactique des mathématiques, (Éd.) BAILLEUL, *Actes de la dixième université d'été de didactique des mathématiques*, IUFM Caen, T1, pp. 203-213.

ROBERT A. (1999), Réflexions sur des recherches didactiques sur la formation professionnelle des enseignants de mathématiques de lycée et collège : Cadrage théorique et recherches préliminaires sur les pratiques enseignantes en classe, *Didaskalia n° 15*, pp. 123-157.

ROBERT A. (2001), Les recherches sur les pratiques enseignantes et les contraintes de l'exercice du métier d'enseignant, *Recherches en Didactique des Mathématiques*, 21/1.2, pp. 57-80, Éditions La Pensée Sauvage, Grenoble.

RODITI E. (2005), Les pratiques enseignantes en mathématiques Entre contraintes et liberté pédagogique, Paris : L'Harmattan.

ROGALSKI (1999), Approche de psychologie ergonomique de l'activité de l'enseignant, In Actes du XXVI^e Colloque COPIRELEM, pp. 45-66, IREM Limoges.

ROGALSKI J. (2003), Y a-t-il un pilote dans la classe ? Une analyse de l'activité de l'enseignant comme gestion d'un environnement dynamique ouvert, *Recherches en Didactique des Mathématiques*, vol. 23/3, pp. 343-388, Éditions La Pensée Sauvage, Grenoble.

SAMURÇAY R., PASTRÉ P. (2004), Recherche en didactique professionnelle, Octares Éditions, Toulouse.

SARRAZY B. (2003), Le problème d'arithmétique dans l'enseignement des mathématiques à l'école primaire de 1887 à 1990, *Carrefours de l'éducation* 2003/1, n° 15, p. 82-101.

Disponible en ligne à l'adresse :

http://www.cairn.info/article.php?ID_REVUE=CDLE&ID_NUMPUBLIE=CDLE_015&ID_ARTICLE=CDLE_015_0082

TESTU F. (1996), Aménager le temps scolaire, Hachette.

TESTU F. (2000), Chronopsychologie et rythmes scolaires. Masson, Paris.

TROUCHE L. (2000), La parabole du gaucher et de la casserole à bec verseur : Étude des processus d'apprentissage dans un environnement de calculatrices symboliques, *Educational Studies in Mathematics*, 41, pp. 239-264, Kluwer Academic Publishers, Newderland.

TROUCHE L. (2005), Construction et conduite des instruments dans les apprentissages mathématiques : nécessité des orchestrations, *Recherches en Didactique des Mathématiques*, 25/1, pp. 91-138, Éditions La Pensée Sauvage, Grenoble.

VERGNAUD G.(1991), La théorie des champs conceptuels, *Recherches en Didactique des Mathématiques*, vol.10 n ° 2-3, pp.133-169, Éditions La Pensée Sauvage, Grenoble.

VILLEMONTAIX F. (2007) Les animateurs TICE à l'école primaire : spécificités et devenir d'un groupe professionnel Analyse de processus de professionnalisation dans une communauté de pratiques en ligne , Thèse Université Paris 5.

Documents institutionnels :

MINISTERE DE L'EDUCATION, Direction des Écoles (1980), Programmes, CNDP.

MINISTERE DE L'EDUCATION NATIONALE (1985), Programmes et Instructions, CNDP.

MINISTERE DE L'EDUCATION NATIONALE (1991), *Les cycles à l'école primaire*, CNDP Hachette Ecoles, col. Une école pour l'enfant des outils pour les maîtres, Paris,.

MINISTERE DE L'EDUCATION NATIONALE (1992), *Le projet d'école*, CNDP Hachette Ecoles, col. Une école pour l'enfant des outils pour les maîtres, Paris.

MINISTERE DE L'EDUCATION NATIONALE (1995), *Programmes de l'école primaire*, CNDP , col. Une école pour l'enfant des outils pour les maîtres, Paris.

MINISTERE DE L'EDUCATION NATIONALE (2002), *Qu'apprend-on à l'école élémentaire*, CNDP / XO Éditions.

MINISTERE DE L'EDUCATION NATIONALE (2002), *Qu'apprend-on à l'école maternelle, les nouveaux programmes*, CNDP / XO Éditions.

MINISTERE DE L'EDUCATION NATIONALE, DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA RECHERCHE, DIRECTION DE L'ENSEIGNEMENT SCOLAIRE (2002), Documents d'application des programmes, mathématiques cycle des apprentissages fondamentaux, CNDP.

MINISTERE DE L'EDUCATION NATIONALE, DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA RECHERCHE, DIRECTION DE L'ENSEIGNEMENT SCOLAIRE (2002), Documents d'application des programmes, mathématiques cycle des approfondissements, CNDP.

MINISTERE DE L'EDUCATION NATIONALE, DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA RECHERCHE, DIRECTION DE L'ENSEIGNEMENT SCOLAIRE (2002), Documents d'accompagnement des programmes - mathématiques École primaire, CNDP.

MINISTERE DE L'EDUCATION NATIONALE (2006), Décret n° 2006-830 du 11 juillet 2006 relatif au socle commun de connaissances et de compétences et modifiant le code de l'éducation.

<http://www.education.gouv.fr/cid2770/le-socle-commun-connaissances-competences.html>

Manuels et livres du maître

BRISSIAUD R. (post 2002), Collection J'APPRENDS LES MATHS (CP au CM2), Retz.

CHARNAY R. et all. (post 2002), Collection CAP-MATHS (CP au CM2), Hatier.

DEBÛ P. et all. (post 2002), Collection POUR COMPRENDRE LES MATHS (manuels CP au CM2), Hachette Éducation. Livre du maître (CE1, CM2) accessible sur Internet.

ERMEL (post 2002), Apprentissages Numériques, Hatier (CP au CM2)

ERMEL (2006), Apprentissages Géométriques et résolution de problèmes, Cycle 3, Hatier.

PELTIER M-L. (post 2002), Collection EURO MATHS (CP au CM2) post 2002, Hatier.

Rapports d'organismes officiels et revues en ligne

Europe :

EURYDICE 2001, Indicateurs de base sur l'intégration des TIC dans les systèmes éducatifs européens <http://www.eurydice.org>

EURYDICE 2004, Chiffres clés des technologies de l'information et de la communication à l'école en Europe Édition 2004 <http://www.eurydice.org>

OCDE 2002, Perspectives des technologies de l'information de l'OCDE 2002
http://www.oecd.org/document/0,3343,fr_2649_33757_1933271_1_1_1_37441,00.html

OCDE 2004, Principales conclusions des perspectives des technologies de l'information de l'OCDE 2004.
http://www.oecd.org/document/0,3343,fr_2649_33757_1933271_1_1_1_37441,00.html

OCDE 2006, perspectives des technologies de l'information 2006 : principales conclusions
<http://www.oecd.org/dataoecd/27/58/37487613.pdf>

COMMUNICATION DE LA COMMISSION AU CONSEIL, AU PARLEMENT EUROPÉEN, AU COMITÉ ÉCONOMIQUE ET SOCIAL ET AU COMITÉ DES RÉGIONS (Bruxelles, le 28.5.2002), eEurope 2005: une société de l'information pour tous Plan d'action à présenter en vue du Conseil européen de Séville des 21 et 22 juin 2002
<http://europa.eu/scadplus/leg/fr/lvb/l24221.htm>

Gouvernement français, Éducation nationale :

INSPECTION GÉNÉRALE DES FINANCES, INSPECTION GÉNÉRALE DE L'ÉDUCATION NATIONALE, CONSEIL GÉNÉRAL DES TECHNOLOGIES DE L'INFORMATION, INSPECTION GÉNÉRALE DE L'ADMINISTRATION DE L'ÉDUCATION NATIONALE ET DE LA RECHERCHE, (Mars 2007), Rapport sur la contribution des nouvelles technologies à la modernisation du système éducatif. accessible sur
http://www.audits.performance-publique.gouv.fr/bib_res/664.pdf, annexes :
http://www.audits.performance-publique.gouv.fr/bib_res/665.pdf et
http://www.audits.performance-publique.gouv.fr/bib_res/666.pdf

INSPECTION GÉNÉRALE DE L'ÉDUCATION NATIONALE, Rapport n° 2006-034 (juin 2006), L'enseignement des mathématiques au cycle 3 de l'école primaire Rapporteur : DURPAIRE J.L. et all. <http://media.education.gouv.fr/file/46/0/3460.pdf>

MINISTÈRE DE L'ÉDUCATION NATIONALE, DE LA RECHERCHE ET DE LA TECHNOLOGIE, INSPECTION GÉNÉRALE DE L'ÉDUCATION NATIONALE (Juin 1998), LE MANUEL SCOLAIRE, Rapporteur : BORNE D..
<http://lesrapports.ladocumentationfrancaise.fr/BRP/994000490/0000.pdf>

MINISTERE DE L'EDUCATION NATIONALE, DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA RECHERCHE, SECRÉTARIAT GÉNÉRAL SERVICE DES TECHNOLOGIES ET DES SYSTÈMES D'INFORMATION SOUS-DIRECTION DES TECHNOLOGIES DE L'INFORMATION ET DE LA COMMUNICATION POUR L'ÉDUCATION (2006), Etude sur les usages des dispositifs TIC dans l'enseignement scolaire.
http://www.educnet.education.fr/chrge/Etude_Usages_TICE2006.pdf

MINISTERE DE L'EDUCATION NATIONALE, DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA RECHERCHE (septembre 2006), rapport du groupe de travail pour le développement des tic dans l'éducation nationale coordonné par SILLARD B..
<http://www.educnet.education.fr/chrge/rapport-tice-2006.pdf>

PREMIER MINISTRE, 12 juillet 2006 , La société de l'information en France en 2006
<http://www.educnet.education.fr/textes/discours/villepin.htm>

Études économiques :

CREDOC 2005, La diffusion des technologies de l'information dans la société française
<http://www.credoc.fr/publications/abstract.php?ref=R237>

CREDOC 2006, La diffusion des technologies de l'information dans la société française
http://www.arcep.fr/uploads/tx_gspublication/etude-credoc2006.pdf

INSEE 2007, (CONSALÈS Georges), La consommation des ménages en 2006,
http://www.insee.fr/fr/themes/document.asp?ref_id=conso2006#a03

MEDEF 2008, Faire de la France un leader de l'économie numérique.
http://www.syntec-informatique.fr/import/20080117_VF_Rapport_Croissance_TIC.pdf

USA :

BAILEY J., U.S. DEPARTMENT OF EDUCATION, OFFICE OF EDUCATIONAL TECHNOLOGY (October 2003), A Retrospective on Twenty Years of Education Technology Policy. <http://www.ed.gov/rschstat/eval/tech/20years.pdf>

SMERDON B., CRONEN S. (septembre 2000), U.S. DEPARTMENT OF EDUCATION OFFICE OF EDUCATIONAL RESEARCH AND IMPROVEMENT, Teachers' Tools for the 21 st century : A Report on Teachers' Use of Technology
consulté en ligne <http://nces.ed.gov/pubsearch/pubsinfo.asp?pubid=2000102>

Revue spécialisée :

Revue EPI (Sep. 1984), Informatique à l'école n° 6. Note associée à l'adresse
<http://www.epi.asso.fr/revue/dossiers/d06p005.htm>

Ensemble des articles parus dans la revue EPI depuis 1985
<http://www.epi.asso.fr/revue/som.htm>

Table des matières

Introduction

1 État des lieux local des usages des TICE dans les pratiques enseignantes à l'école primaire	4
1.1 Dispositif de recueil des informations sur les pratiques déclarées.....	5
1.1.1 Les éléments constitutifs de l'enquête.....	5
1.1.2 Le dispositif de recueil de données	6
1.1.3 généralités et forme de l'enquête.....	6
1.2 Résultats et analyse des fiches saisies.....	8
1.2.1 Les filtres de repérage de l'usage des TICE.....	8
1.2.2 Résultats du recueil des données.....	10
1.3 Validation du constat	20
2 Démarche générale de la recherche	22

Première partie : Les influences externes

1 Méthodologie générale de ce chapitre.....	24
2 Cadre théorique.....	26
2.1 Présentation générale.....	26
2.2 Les éléments de la TAD utilisés	27
2.2.1.1 Les modes d'intégration des TICE.....	30
2.3 Institutions et objets institutionnels.....	32
2.3.1 Les technologies numériques.....	32
2.3.2 Les programmes.....	34
2.3.3 Les inspections départementales.....	36
2.3.4 Le manuel.....	37
2.3.5 La question de recherche	39
3 Des pratiques sous influence.	39
3.1 L'influence des programmes.....	39
3.1.1 Quel sens donner à « TICE » ?.....	40
3.1.2 L'évolution de l'informatique dans les programmes de l'école primaire entre 1980 et 2007.....	42
3.1.2.1 Dans les programmes de 1980.....	42
3.1.2.2 Dans les programmes de 1985	43
3.1.2.3 Dans les programmes de 1990.....	43
3.1.2.4 Dans les programmes de 1995	44
3.1.2.5 An 2000 : des éléments d'explicitation sauf en Mathématique	46
3.1.2.6 Dans les programmes de 2002.....	47
3.1.3 Les TICE en Mathématique.....	48
3.2 L'influence des équipes de circonscriptions.....	49
3.2.1 Le dispositif d'enquête	50
3.2.2 Le rapport institutionnel attendu de l'équipe de circonscription.....	50
3.3 Le « manuel »	56
3.3.1 Méthodologie	56
3.3.2 L'intégration instrumentale :.....	57
3.3.3 La technologie des auteurs.....	59
3.3.3.1 Arguments prenant en compte l'enseignant :.....	60

3.3.3.2 Arguments prenant en compte l'objet d'étude et l'instrument	60
3.3.3.3 Les arguments liés aux équipements informatiques :	61
3.3.3.4 Rapport personnel aux TICE des auteurs.....	61
4 Conclusion	62

Deuxième partie : Les influences internes

A. Le pôle théorique

1 cadre théorique	64
1.1 Présentation générale	64
1.2 L'apport d'une approche par la Théorie des Situations Didactiques.....	65
1.2.1 La situation didactique.....	65
1.2.2 Le contrat didactique.....	66
1.2.2.1 Généralités.....	66
1.2.2.2 Les différents types de contrat.....	68
1.2.2.3 La structuration du milieu.....	74
1.2.2.4 Les milieux de l'élève attachés à la contingence de la classe.....	77
1.2.2.5 Les milieux de l'enseignant.....	78
1.2.2.5.1 L'enseignant et la dévolution.....	82
1.2.2.5.2 L'enseignant et l'institutionnalisation.....	84
1.3 L'apport de l'approche instrumentale.....	87
1.3.1 De l'artefact à l'instrument	88
1.3.2 Caractérisation de l'intégration des TICE.....	90
1.3.3 Les modes d'intégration des TICE.....	90
1.3.4 Extension du modèle d'ASSUDE.....	91
1.3.4.1 Influence de logiciels autres que « Cabri » sur la classification.....	91
1.3.4.2 Praxéologie d'intégration et méso-contrats.....	93
1.3.4.3 Intégration "optimale"	93
1.3.5 Les conditions de l'intégration : des éléments d'auto-apprentissage.....	93
1.3.6 Gestion de la transparence.....	94
1.3.7 Organiser la dévolution en favorisant un environnement.....	97
1.3.8 Gestion de l'institutionnalisation :	100
1.3.9 Un outil pour repérer l'intégration et son évolution	102
2 Problématique et question de recherche	107
3 Méthodologie de la deuxième partie	109

B. Les pratiques des cinq enseignants

Introduction méthodologique à l'analyse des séances.....	114
--	-----

a) Séances de Fanny

1 Introduction à l'analyse des séances conduites par Fanny	116
2 Les séances.....	117
2.1 Les objectifs d'enseignement.....	117
2.2 Le dispositif de travail.....	117
2.2.1 Présentation générale de l'outil logiciel :	118
2.2.2 Les interactions didactiques possibles, les types de tâches, tâches et techniques associées	121
2.3 Synopsis des séances.....	126
2.4 Analyse a posteriori des séances.....	130

2.4.1 L'intégration instrumentale.....	130
2.4.2 L'intégration praxéologique.....	133
2.4.2.1 Des techniques anciennes de l'environnement papier-crayon à l'environnement logiciel.....	133
2.4.2.2 Rapport entre la TAL et la TAM.....	133
2.4.3 Les contrats.....	134
2.4.4 Enjeux et conséquences pour la dévolution et l'institutionnalisation.....	135
2.4.4.1 Les points d'appui pour réaliser la dévolution de la situation.....	135
2.4.4.2 L'institutionnalisation réalisée et les environnements.....	136
3 Éléments d'apprentissage de l'enseignante Fanny.....	139
3.1 Ce que dit Fanny.....	139
3.2 Conditions et contraintes pour l'apprentissage de Fanny.....	140
b) Séances de Matthieu	
1 Les séances conduites par Matthieu.....	144
2 Les séances de calcul mental.....	144
2.1 Le milieu envisagé par l'enseignant.....	144
2.2 Le dispositif de travail	146
2.2.1 Présentation générale de l'outil logiciel.....	147
2.2.2 Le potentiel adidactique du logiciel, les types de tâches, tâches et techniques associées.....	151
2.2.3 L'environnement "papier-crayon".....	154
2.3 Synopsis des deux séances.....	155
2.4 Analyse a posteriori de la séquence d'apprentissage.....	157
2.4.1 L'intégration instrumentale.....	158
2.4.1.1 Le mode d'intégration	158
2.4.1.1 Gestion de la transparence.....	158
2.4.2 L'intégration praxéologique.....	160
2.4.2.1 Des techniques anciennes de l'environnement papier-crayon à l'environnement logiciel	160
2.4.2.1 Rapport entre la TAL et la TAM.....	162
2.4.3 Les contrats	164
2.4.3.1 Le savoir engagé.....	164
2.4.3.2 Le type de situations.....	164
2.4.3.3 Répartition des responsabilités entre élèves et enseignant.....	166
2.4.4 Enjeux pour la dévolution et l'institutionnalisation.....	166
2.4.4.1 Les points d'appui pour réaliser la dévolution de la situation	166
2.4.4.2 L'institutionnalisation réalisée et les environnements.....	168
2.5 Éléments d'apprentissage de l'enseignant Matthieu dans la séquence "Calcul"	172
2.5.1 Ce que dit Matthieu.....	172
2.5.1.1 L'état des objectifs.....	172
2.5.1.2 Du côté de l'intégration instrumentale	173
2.5.1.3 Du côté de la dimension praxéologique.....	173
2.5.1.4 Du côté des contrats.....	174
2.5.2 Conditions et contraintes pour l'apprentissage de Matthieu dans ces deux séances	174
3 Introduction à l'analyse des séances de géométrie	175
4 Les séances "triangles isocèles".....	175
4.1 Le milieu envisagé par l'enseignant.....	175

4.1.1	La situation point de départ.....	175
4.1.2	Les modifications et les adaptations de la situation.....	179
4.2	Le dispositif de travail	180
4.2.1	Présentation générale de l'outil logiciel.....	181
4.2.2	Le potentiel adidactique du logiciel, les types de tâches, tâches et techniques associées.	181
4.2.3	L'environnement "papier-crayon".....	184
4.3	Synopsis des séances :.....	184
4.4	Analyse a posteriori de la séquence d'apprentissage.....	189
4.4.1	L'intégration instrumentale.....	189
4.4.1.1	Le mode d'intégration :.....	189
4.4.1.2	Gestion de la transparence :.....	190
4.4.2	L'intégration praxéologique.....	191
4.4.2.1	Des techniques anciennes de l'environnement papier-crayon à l'environnement logiciel	191
4.4.2.1	Rapport entre la TAL et la TAM.....	193
4.4.3	Les contrats	194
4.4.4	Enjeux pour la dévolution et l'institutionnalisation.....	197
4.4.4.1	Les points d'appui pour réaliser la dévolution de la situation.....	197
4.4.4.2	L'institutionnalisation réalisée et les environnements.....	198
4.5	Éléments d'apprentissage de l'enseignant Matthieu dans la séquence "triangles isocèles".....	200
4.5.1	Ce que dit Matthieu.....	200
4.5.2	Conditions et contraintes pour l'apprentissage de Matthieu dans cette séquence.....	200
5	Introduction à l'analyse des séances de géométrie sur l'objet parallélogramme.....	202
6	Les séances "parallélogrammes".....	202
6.1	Le milieu envisagé par l'enseignant.....	202
6.1.1	La situation : point de départ et objectif.....	202
6.2	Le dispositif de travail	203
6.2.1	Présentation générale de l'outil logiciel :.....	203
6.2.2	Le potentiel adidactique du logiciel, les types de tâches, tâches et techniques associées.	204
6.2.3	L'environnement "papier-crayon".....	207
6.3	Synopsis des séances.....	207
6.3.1	Analyse a posteriori de la séquence d'apprentissage.....	214
6.3.2	L'intégration instrumentale.....	215
6.3.2.1	Le mode d'intégration :.....	215
6.3.2.2	Gestion de la transparence :.....	215
6.3.3	L'intégration praxéologique.....	217
6.3.3.1	Des techniques anciennes de l'environnement papier-crayon à l'environnement logiciel	217
6.3.3.2	Rapport entre la TAL et la TAM :.....	218
6.3.4	Les contrats	219
6.3.4.1	Le savoir engagé.....	219
6.3.5	Enjeux pour la dévolution et l'institutionnalisation.....	220
6.3.5.1	Les points d'appui pour réaliser la dévolution de la situation.....	220
6.3.5.2	L'institutionnalisation réalisée et les environnements	220
6.4	Éléments d'apprentissage de l'enseignant Matthieu dans la séquence	

“parallélogramme”.....	222
6.4.1 Ce que dit Matthieu.....	222
6.4.2 Conditions et contraintes de l'apprentissage de Matthieu dans cette séquence. .	222
6.4.2.1 Du côté de l'intégration instrumentale	222
6.4.2.2 Du côté de la dimension praxéologique.....	223
6.4.2.3 Du côté des contrats.....	223
7 Introduction à l'analyse des séances « Organisation et représentation des données numériques »	224
8 La séance “données numériques”.....	225
8.1 Le milieu envisagé par l'enseignant.....	225
8.1.1 La situation point de départ.....	225
8.1.2 Les objectifs d'enseignement.....	226
8.2 Le dispositif de travail	228
8.2.1 Présentation générale de l'outil logiciel	228
8.2.2 Le potentiel adidactique du logiciel, les types de tâches, tâches et techniques associées.	229
8.2.3 L'environnement “papier-crayon”.....	230
8.3 Synopsis de la séance.....	233
8.4 Analyse a posteriori de la séquence d'apprentissage	234
8.4.1 L'intégration instrumentale.....	234
8.4.1.1 Le mode d'intégration.....	234
8.4.1.2 Gestion de la transparence	236
8.4.2 L'intégration praxéologique.....	237
8.4.2.1 Des techniques anciennes de l'environnement papier-crayon à l'environnement logiciel	237
8.4.2.1 Rapport entre la TAL et la TAM :.....	238
8.4.3 Les contrats	239
8.4.4 Enjeux pour la dévolution et l'institutionnalisation.....	239
8.4.4.1 Les points d'appui pour réaliser la dévolution de la situation.....	239
8.4.5 L'institutionnalisation réalisée et les environnements.....	239
8.5 Éléments d'apprentissage de l'enseignant Matthieu dans la séquence “traitement des données”.....	242
8.5.1 Ce que dit Matthieu.....	242
8.5.2 Conditions et contraintes pour l'apprentissage de Matthieu dans cette séance...243	
8.5.2.1 Du côté de l'intégration instrumentale	243
8.5.2.2 Du côté de la dimension praxéologique.....	243
8.5.2.3 Du côté des contrats.....	244
c) Séances de Coralie	
1 Les séances conduites par Coralie.....	246
2 La séance “Masses”.....	247
2.1 Le milieu envisagé par l'enseignant.....	247
2.1.1 La situation point de départ.....	247
2.1.2 Les objectifs d'enseignement en adéquation avec les programmes.....	247
2.2 Le dispositif de travail	250
2.2.1 Présentation générale de l'outil logiciel.....	251
2.2.1.1 « Balance virtuelle ».....	251
2.2.1.1 Masses ».....	253
2.2.2 Les interactions didactique s'appuyant sur le logiciel, les types de tâches, tâches et	

techniques associées.....	255
2.2.3 L'environnement "papier-crayon".....	255
2.2.4 Le sous-groupe classe des CM2.....	255
2.3 Synopsis de la séance.....	256
2.4 Analyse a posteriori de la séquence d'apprentissage.....	257
2.4.1 L'intégration instrumentale.....	257
2.4.1.1 Le mode d'intégration	258
2.4.1.1 Gestion de la transparence.....	258
2.4.2 L'intégration praxéologique.....	261
2.4.2.1 Des techniques anciennes de l'environnement papier-crayon à l'environnement logiciel	261
2.4.2.1 Rapport entre la TAL et la TAM.....	264
2.4.3 Les contrats	265
2.4.3.1 Le savoir engagé, le type de situation et la répartition des responsabilités entre élève et enseignant.....	265
2.4.4 Enjeux et conséquences pour la dévolution et l'institutionnalisation.....	265
2.4.4.1 Les points d'appui pour réaliser la dévolution de la situation.....	265
2.4.4.2 Influence du groupe CM2 sur la dévolution et l'institutionnalisation.....	266
2.4.4.1 L'institutionnalisation réalisée et les environnements.....	267
2.5 Éléments d'apprentissage de l'enseignante Coralie	270
2.5.1 Ce que dit Coralie.....	270
2.5.2 Éléments d'apprentissage de l'enseignante dans la séance	270
2.5.2.1 Du côté de l'intégration instrumentale	270
2.5.2.2 Du côté de la dimension praxéologique.....	270
2.5.2.3 Statuts des savoirs.....	271
3 Les séances "calcul"	272
3.1 Le milieu envisagé par l'enseignante.....	272
3.1.1 Les objectifs d'enseignement.....	272
3.2 Le dispositif de travail	273
3.2.1.1 Présentation générale de l'outil logiciel.....	273
3.2.2 Le potentiel adidactique du logiciel, les types de tâches, tâches et techniques associées.....	274
3.2.3 L'environnement "papier-crayon".....	276
3.3 Synopsis des séances	276
3.4 Analyse a posteriori de la séquence d'apprentissage	278
3.4.1 L'intégration instrumentale.....	278
3.4.1.1 Le mode d'intégration.....	278
3.4.1.2 Gestion de la transparence.....	278
3.4.2 L'intégration praxéologique.....	279
3.4.2.1 Des techniques anciennes de l'environnement papier-crayon à l'environnement logiciel	279
3.4.2.1 Rapport entre la TAL et la TAM.....	280
3.4.3 Les contrats	280
3.4.3.1 Le savoir engagé.....	280
3.4.3.2 Le type de situations.....	280
3.4.3.3 Répartition des responsabilités entre élèves et enseignant.....	280
3.4.4 Enjeux pour la dévolution et l'institutionnalisation.....	281
3.4.4.1 Les points d'appui pour réaliser la dévolution de la situation.....	281

3.4.4.1 L'institutionnalisation sous influence.....	281
3.5 Éléments d'apprentissage de l'enseignante Coralie	284
3.5.1 Ce que dit Coralie.....	284
3.5.2 Les éléments d'apprentissages dans la séance.....	284
4 Les séances “calcul en arbre”.....	285
4.1 Le milieu envisagé par l'enseignant.....	285
4.1.1 La situation point de départ et objectif.....	285
4.2 Le dispositif de travail	285
4.2.1 Présentation générale de l'outil logiciel.....	286
4.2.2 Le potentiel adidactique du logiciel, les types de tâches, tâches et techniques associées.....	288
4.2.3 L'environnement “papier-crayon”.....	290
4.3 Synopsis des séances 4 à 6.....	290
4.4 Analyse a posteriori de la séquence d'apprentissage	294
4.4.1 L'intégration instrumentale.....	294
4.4.1.1 Le mode d'intégration.....	294
4.4.1.2 Gestion de la transparence.....	296
4.4.2 L'intégration praxéologique.....	297
4.4.2.1 Des techniques anciennes de l'environnement papier-crayon à l'environnement logiciel	297
4.4.2.1 Rapport entre la TAL et la TAM.....	304
4.4.3 Les contrats	305
4.4.4 Enjeux pour la dévolution et l'institutionnalisation.....	305
4.4.4.1 Les points d'appui pour réaliser la dévolution de la situation	305
4.4.4.2 Influence du groupe des CM2 sur la dévolution et l'institutionnalisation. . .	306
4.4.4.3 L'institutionnalisation réalisée et les environnements.....	306
4.5 Éléments d'apprentissage de l'enseignante Coralie dans la séquence “Calcul en arbre”.....	308
4.5.1 Ce que dit Coralie.....	308
4.5.2 Éléments d'apprentissage dans ces trois séances.....	308
5 Les séances “CM2”.....	310
5.1 Le dispositif de travail	310
5.1.1 Présentation générale de l'outil logiciel.....	310
5.2 Synopsis des séances 7 et 8.....	310
5.3 Analyse a posteriori de la séquence d'apprentissage.....	313
5.3.1 L'intégration instrumentale.....	313
5.3.2 L'intégration praxéologique.....	313
5.3.2.1 Des techniques anciennes de l'environnement papier-crayon à l'environnement logiciel	313
5.3.2.1 Rapport entre la TAL et la TAM	314
5.3.3 Les contrats	314
5.3.3.1 Le savoir engagé.....	314
5.3.4 Enjeux pour la dévolution et l'institutionnalisation.....	315
5.4 Éléments d'apprentissage de l'enseignante Coralie avec les CM2.....	317
5.4.1 Ce que dit Coralie.....	317
5.4.2 Éléments d'apprentissage dans ces deux séances.....	317
d) Séances de Pascal	
1 Les séances conduites par Pascal.....	319

2	La séquence “Apprenti Géomètre”	322
3	La séance “droites perpendiculaires”	322
3.1	Le milieu envisagé par l'enseignant.....	322
3.1.1	La situation point de départ.....	322
3.1.2	Les objectifs d'enseignement en adéquation avec les programmes.....	323
3.2	Le dispositif de travail	324
3.2.1	Présentation spécifique de l'outil logiciel en lien avec la séance.....	324
3.2.2	Les interactions didactiques s'appuyant sur le logiciel, les types de tâches, tâches et techniques associées.....	324
3.2.3	L'environnement “papier-crayon”.....	325
3.3	Synopsis de la séquence.....	325
3.4	Analyse a posteriori de la séquence d'apprentissage.....	326
3.4.1	L'intégration instrumentale.....	326
3.4.1.1	Le mode d'intégration	326
3.4.1.1	Gestion de la transparence.....	327
3.4.2	L'intégration praxéologique.....	329
3.4.2.1	Des techniques anciennes de l'environnement papier-crayon à l'environnement logiciel	329
3.4.2.1	Rapport entre la TAL et la TAM.....	330
3.4.3	Les contrats	331
3.4.3.1	Le savoir engagé.....	331
3.4.3.2	Le type de situation.....	331
3.4.3.3	Répartition des responsabilités entre élève et enseignant.....	331
3.4.4	Enjeux et conséquences pour la dévolution et l'institutionnalisation.....	331
3.4.4.1	Les points d'appui pour réaliser la dévolution de la situation.....	331
3.4.4.1	L'institutionnalisation réalisée et les environnements.....	332
3.5	Éléments d'apprentissage de l'enseignant dans cette séance	336
3.5.1	Ce que dit Pascal.....	336
3.5.2	Conditions et contraintes pour l'apprentissage de Pascal dans cette séance.....	336
3.5.2.1	Du côté de l'intégration instrumentale	336
3.5.3	Du côté de la dimension praxéologique.....	336
3.5.4	Statuts des savoirs.....	337
4	La séance “quadrilatères”	338
4.1	Le milieu envisagé par l'enseignant.....	338
4.1.1	Les objectifs d'enseignement.....	338
4.2	Le dispositif de travail	338
4.2.1	Présentation des outils instrumentés correspondant à cette séance sur les quadrilatères.....	339
4.2.2	Le potentiel didactique du logiciel, les types de tâches, tâches et techniques associées.....	340
4.2.3	L'environnement “papier-crayon”	341
4.3	Synopsis de la séance.....	341
4.4	Analyse a posteriori de la séquence d'apprentissage	343
4.4.1	L'intégration instrumentale.....	343
4.4.1.1	Le mode d'intégration.....	343
4.4.1.2	Gestion de la transparence.....	343
4.4.2	L'intégration praxéologique.....	344
4.4.2.1	Des techniques anciennes de l'environnement papier-crayon à	

l'environnement logiciel	344
4.4.2.1 Rapport entre la TAL et la TAM.....	344
4.4.3 Les contrats	344
4.4.4 Enjeux pour la dévolution et l'institutionnalisation.....	345
4.4.4.1 Les points d'appui pour réaliser la dévolution de la situation.....	345
4.4.4.1 L'institutionnalisation sous influence.....	346
4.5 Éléments d'apprentissage de l'enseignant Pascal dans la séance “Quadrilatères”.....	352
4.5.1 Ce que dit pascal	352
4.5.2 Conditions et contraintes pour l'apprentissage de Pascal dans cette séance.....	352
4.5.2.1 Du côté de l'intégration instrumentale	352
4.5.3 Du côté de la dimension praxéologique.....	352
4.5.4 Statuts des savoirs	353
5 La séance “trapèzes”	354
5.1 Le milieu envisagé par l'enseignant.....	354
5.1.1 La situation point de départ et objectif.....	354
5.2 Le dispositif de travail	354
5.2.1 Présentation générale de l'outil logiciel.....	354
5.2.2 Les types de tâches, tâches et techniques associées.....	355
5.2.3 L'environnement “papier-crayon”	355
5.3 Synopsis de la séance “Trapèzes”	355
5.4 Analyse a posteriori de la séquence d'apprentissage	356
5.4.1 L'intégration instrumentale.....	356
5.4.1.1 Le mode d'intégration.....	356
5.4.1.2 Gestion de la transparence.....	356
5.4.2 L'intégration praxéologique.....	356
5.4.2.1 Des techniques anciennes de l'environnement papier-crayon à l'environnement logiciel	356
5.4.2.1 Rapport entre la TAL et la TAM.....	357
5.4.3 Les contrats	357
5.4.4 Enjeux pour la dévolution et l'institutionnalisation.....	358
5.4.4.1 Les points d'appui pour réaliser la dévolution de la situation	358
5.4.4.2 L'institutionnalisation réalisée et les environnements.....	358
5.5 Éléments d'apprentissage de l'enseignant Pascal dans la séance “Trapèzes”.....	361
5.5.1 Ce que dit Pascal	361
5.5.2 Conditions et contraintes pour l'apprentissage de Pascal dans cette séance.....	361
6 La séance “reproduction-description”	362
6.1 Le milieu envisagé par l'enseignant.....	362
6.2 Le dispositif de travail	362
6.2.1 Présentation générale de l'outil logiciel.....	362
6.3 Synopsis de la séance “reproduction-description”.....	362
6.4 Analyse a posteriori de la séquence d'apprentissage.....	364
6.4.1 L'intégration instrumentale.....	364
6.4.2 L'intégration praxéologique.....	364
6.4.2.1 Des techniques anciennes de l'environnement papier-crayon à l'environnement logiciel	364
6.4.2.1 Rapport entre la TAL et la TAM	365
6.4.3 Les contrats	365
6.4.4 Enjeux pour la dévolution et l'institutionnalisation.....	365

6.5	Éléments d'apprentissage de l'enseignant Pascal dans la séance “reproduction- description”.....	367
6.5.1	Ce que dit Pascal.....	367
6.5.2	Conditions et contraintes pour l'apprentissage de Pascal dans cette séance.....	367
7	La séance “Diagonales”.....	368
7.1	Le milieu envisagé par l'enseignant.....	368
7.2	Le dispositif de travail	368
7.2.1	Présentation générale de l'outil logiciel.....	368
7.3	Synopsis de la séance “Diagonales”.....	368
7.4	Analyse a posteriori de la séquence d'apprentissage.....	369
7.4.1	L'intégration instrumentale.....	369
7.4.2	L'intégration praxéologique.....	369
7.4.2.1	Des techniques anciennes de l'environnement papier-crayon à l'environnement logiciel	369
7.4.2.1	Rapport entre la TAL et la TAM	370
7.4.3	Les contrats	370
7.4.3.1	Le savoir engagé.....	370
7.4.4	Enjeux pour la dévolution et l'institutionnalisation.....	370
7.5	Éléments d'apprentissage de l'enseignant Pascal dans la séance “Diagonales”.....	371
8	La séance “Émission-réception”.....	372
8.1	Le milieu envisagé par l'enseignant.....	372
8.2	Le dispositif de travail	372
8.2.1	Présentation générale de l'outil logiciel.....	372
8.3	Synopsis de la séance “Émission-réception”.....	372
8.4	Analyse a posteriori de la séquence d'apprentissage.....	373
8.4.1	L'intégration instrumentale.....	373
8.4.2	L'intégration praxéologique.....	374
8.4.2.1	Des techniques anciennes de l'environnement papier-crayon à l'environnement logiciel	374
8.4.2.1	Rapport entre la TAL et la TAM	375
8.4.3	Les contrats	375
8.4.3.1	Le savoir engagé.....	375
8.4.4	Enjeux pour la dévolution et l'institutionnalisation.....	376
8.5	Éléments d'apprentissage de l'enseignant Pascal dans la séance “Émission-réception”	380
8.5.1	Ce que dit Pascal.....	380
8.5.2	Conditions et contraintes pour l'apprentissage de Pascal dans cette séance.....	380
8.5.2.1	Du côté de l'intégration instrumentale	380
8.5.2.2	Du côté de la dimension praxéologique.....	381
8.5.2.3	Statuts des savoirs	381
9	Les séances “Déclic”.....	382
9.1	Le milieu envisagé par l'enseignant.....	382
9.2	Le dispositif de travail	383
9.2.1	Présentation générale de l'outil logiciel.....	383
9.2.2	Le potentiel adidactique du logiciel, les types de tâches, tâches et techniques associées.....	384
9.2.3	L'environnement papier-crayon.....	386
9.3	Synopsis des séances 7 et 8.....	386

9.4 Analyse a posteriori de la séquence d'apprentissage.....	390
9.4.1 L'intégration instrumentale.....	390
9.4.2 L'intégration praxéologique.....	390
9.4.2.1 Des techniques anciennes de l'environnement papier-crayon à l'environnement logiciel	390
9.4.2.1 Rapport entre la TAL et la TAM	390
9.4.3 Les contrats	392
9.4.3.1 Le savoir engagé.....	392
9.4.4 Enjeux pour la dévolution et l'institutionnalisation.....	392
9.4.4.1 Le rôle et la place du logiciel dans la dévolution.....	392
9.4.4.2 L'institutionnalisation réalisée et les environnements.....	393
9.5 Éléments d'apprentissage de l'enseignant dans les séances "Déclit".....	395
9.5.1 Ce que dit Pascal.....	395
9.5.2 Éléments d'apprentissage de l'enseignant dans les séances.....	395
9.5.2.1 Du côté de l'intégration instrumentale	395
9.5.2.2 Du côté de la dimension praxéologique.....	396
9.5.2.3 Statuts des savoirs	396
e) Séances de Noémie	
1 Les séances conduites par Noémie	398
2 Les séances "Train"	399
2.1 Le milieu envisagé par l'enseignant.....	399
2.1.1 La situation point de départ.....	399
2.1.2 Des objectifs d'enseignement.....	399
2.2 Le dispositif de travail	401
2.2.1 Présentation générale de l'outil logiciel :.....	402
2.2.2 Les interactions didactiques s'appuyant sur le logiciel, les types de tâches, tâches et techniques associées.	404
2.2.3 L'environnement "papier-crayon"	406
2.3 Synopsis des séances :.....	406
2.4 Analyse a posteriori de la séquence d'apprentissage.....	411
2.4.1 L'intégration instrumentale.....	411
2.4.1.1 Le mode d'intégration.....	411
2.4.1.2 Gestion de la transparence :.....	412
2.4.2 L'intégration praxéologique.....	414
2.4.2.1 Des techniques anciennes de l'environnement papier-crayon à l'environnement logiciel	414
2.4.2.2 Rapport entre la TAL et la TAM.....	414
2.4.3 Les contrats	417
2.4.4 Enjeux et conséquences pour la dévolution et l'institutionnalisation.....	417
2.4.4.1 Les points d'appui pour réaliser la dévolution de la situation.....	417
2.4.4.2 L'institutionnalisation réalisée et les environnements.....	418
2.5 Éléments d'apprentissage de l'enseignante Noémie dans la séquence "train".....	420
2.5.1 Ce que dit Noémie.....	420
2.5.2 Éléments d'apprentissage dans cette séquence	420
3 Deuxième séquence : un problème de recherche autour de l'activité "Que voir".....	422
3.1 Le milieu envisagé par l'enseignant	422
3.2 Le dispositif de travail	423
3.2.1 Présentation générale de l'outil logiciel :.....	423

3.2.2 L'environnement "papier-crayon" et les types de tâches associés.....	425
3.2.3 Les interactions didactiques s'appuyant sur le logiciel, les types de tâches, tâches et techniques associées.	426
3.3 Synopsis.....	427
3.4 Analyse a posteriori de la séquence d'apprentissage.....	430
3.4.1 L'intégration instrumentale	430
3.4.1.1 Le mode d'intégration.....	430
3.4.1.2 Gestion de la transparence.....	433
3.4.2 L'intégration praxéologique.....	434
3.4.2.1 Des techniques anciennes de l'environnement "papier-crayon" à l'environnement logiciel.....	434
3.4.2.2 Rapport entre TAL et TAM	434
3.4.3 Les contrats	435
3.4.3.1 Le statut du savoir	435
3.4.3.2 Le type de situations.....	435
3.4.3.3 La répartition des responsabilités entre élèves et enseignants.....	436
3.4.4 Enjeux pour la dévolution et l'institutionnalisation.....	436
3.4.4.1 Les points d'appui pour réaliser la dévolution.....	436
3.4.4.2 L'institutionnalisation réalisée et les environnements.....	437
3.5 Éléments d'apprentissage de l'enseignant dans la séquence "Que voir".....	439
3.5.1 Ce que dit Noémie.....	439
3.5.2 Éléments d'apprentissage dans cette séquence.....	440

C. L'Auto-apprentissage chez les cinq enseignants

Éléments pour identifier l'auto-apprentissage des enseignants dans les moments d'introduction des TICE.....	442
1 Méthodologie pour l'étude des éléments d'apprentissage.....	442
2 Les éléments d'auto-apprentissage de chaque enseignant.....	445
2.1 Le cas de l'enseignante Fanny.....	445
2.2 Le cas de l'enseignant Matthieu.....	446
2.3 Le cas de l'enseignante Coralie.....	452
2.4 Le cas de l'enseignant Pascal.....	455
2.5 Le cas de l'enseignante Noémie.....	458
3 Comparaison entre les enseignants.....	460
3.1 Éléments de comparaison à partir des critères.....	460
3.2 Éléments de comparaison des éléments non visibles sur la "Toile".....	463
4 Conclusion de la comparaison.....	468
5 Conclusion à propos des contraintes internes à l'intégration des TICE en mathématique.	472
5.1 Les pratiques dans les classes des cinq enseignants.....	472
5.1.1 Le positionnement par rapport aux critères.....	472
5.1.2 Les évolutions.....	474
5.1.3 Les outils pour évoluer.....	474
5.2 L'auto-apprentissage des enseignants	476

Conclusion

1 Conclusion	478
1.1 Les éléments de validation des deux hypothèses initiales.....	478

1.2 Les limites des résultats.....	481
1.3 Perspectives ouvertes par la recherche.....	482
2 En forme de bilan.....	483
BIBLIOGRAPHIE.....	484