

Usage des technologies en mathématiques à l'école maternelle : le travail documentaire des enseignants

SYLVAINES BESNIER, LAETITIA BUENO-RAVEL

CREAD
Université de Bretagne Occidentale
France
besniersylvaine@yahoo.fr
laetitia.bueno-ravel@espe-bretagne.fr

ABSTRACT

In this paper, we study the question of integrating technology in the teaching of mathematics in kindergarten by considering the theoretical framework of documentational approach. We present a case study concerning the integration of a software that introduces numbers as a consequence of quantity measurements. We question teachers' documentational work when integrating new resources in their resources system. We highlight the link between the evolution of teacher's resources and teacher knowledge through the analysis of their documentational genesis.

KEY WORDS

Technologies integration, kindergarten, resources, documentational genesis, documentational approach, numeration

RÉSUMÉ

Dans cet article, nous étudions la question de l'intégration des technologies pour l'enseignement des mathématiques à l'école maternelle (élèves de 3 à 6 ans) en nous référant au cadre théorique de l'approche documentaire. Nous présentons une étude de cas portant sur l'intégration d'un logiciel pour l'enseignement du nombre comme mémoire de la quantité. Nous questionnons le travail documentaire des enseignants lorsqu'ils intègrent une ressource dans leur système de ressources. Nous

mettons en évidence les liens entre l'évolution des ressources et des connaissances professionnelles des enseignants par l'analyse de leurs genèses documentaires.

MOTS-CLÉS

Intégration des technologies, école maternelle, ressources, genèse documentaire, approche documentaire, numération

INTRODUCTION

Depuis septembre 2011, le groupe de recherche MARENE (Mallette de Ressources pour le Numérique à l'École) de l'École Supérieure du Professorat et de l'Éducation (ESPE) de Bretagne fait partie d'un projet impulsé par le Ministère de l'Éducation Nationale Française associant des équipes de recherche de la Commission Permanente des Instituts de recherche sur l'enseignement des mathématiques sur l'Enseignement Élémentaire (COPIRELEM), de l'Institut Français de l'Éducation (IFE) et du Centre de Recherche sur l'Éducation, les Apprentissages et la Didactique (CREAD). Ce projet consiste en l'élaboration d'une mallette de ressources mathématiques pour l'école primaire, cycles 1 et 2 (élèves de 3 à 8 ans), s'adressant aux enseignants pour un usage en classe et/ou aux formateurs d'enseignants. Dans ce projet, la spécificité du groupe MARENE est le développement de logiciels pour l'enseignement du nombre en Moyenne Section (MS : élèves de 4-5 ans) et Grande Section (GS : 5-6 ans) de maternelle, lié à un questionnaire sur l'intégration des ressources numériques (à comprendre ici comme ressources informatiques) en mathématiques et les usages faits par les enseignants de celles-ci.

CADRE THÉORIQUE

L'essor des nouvelles technologies dans l'enseignement a conduit, depuis plusieurs années, au développement d'approches théoriques nouvelles en didactique des mathématiques afin d'étudier les questions liées à l'utilisation de ces technologies en classe. Dans notre recherche, nous nous plaçons dans le cadre de l'approche documentaire (Gueudet & Trouche, 2008, 2012). Cette approche considère que, dans sa pratique professionnelle, un enseignant manipule et interagit avec de nombreuses ressources (manuels scolaires, travaux d'élèves, discussions avec des collègues, etc.). Nous retenons la définition d'Adler (2010) du mot ressource : est ressource pour l'enseignant tout ce qui peut ressourcer son activité.

L'approche documentaire s'appuie et prolonge l'approche instrumentale (Verillon & Rabardel, 1995) développée en didactique des mathématiques (Guin & Trouche,

2002; Hoyles & Lagrange, 2010). L'approche instrumentale opère une distinction entre l'artefact, produit de l'activité humaine visant une activité finalisée précise, et l'instrument, construit par l'utilisateur lors de l'utilisation de l'artefact au cours d'une action finalisée. Le processus de développement de l'instrument par l'utilisateur est appelé genèse instrumentale. Au cours de ce processus, se constituent des schèmes d'utilisation de l'artefact : un schème est une organisation invariante de l'activité comportant des règles d'action et structurée par des invariants opératoires se forgeant au cours de l'activité et la pilotant (Vergnaud, 1996). Cette genèse instrumentale se construit dans une double dialectique entre processus d'instrumentation (l'artefact oriente l'activité du sujet) et processus d'instrumentalisation (l'utilisateur met l'artefact à sa main). En didactique des mathématiques, l'approche instrumentale a été utilisée pour analyser les apprentissages réalisés par les élèves avec un logiciel ; puis elle a été étendue aux enseignants utilisant des logiciels pour leur enseignement (Bueno-Ravel & Gueudet, 2009).

Cependant, l'étude des phénomènes d'appropriation et d'intégration d'un logiciel par un enseignant nécessite de situer ce logiciel parmi un ensemble plus large de ressources à disposition de cet enseignant ; c'est ce que propose l'approche documentaire. Cette approche s'intéresse au travail documentaire de l'enseignant, en classe et hors classe. S'appuyant sur l'approche instrumentale décrite ci-dessus, elle distingue les ressources, à disposition d'un enseignant, des documents, développés par celui-ci lors d'interactions avec ces ressources au cours d'une action finalisée. Ce processus de développement d'un document à partir de ressources est appelé genèse documentaire. Il comporte un double mouvement : d'une part, les caractéristiques des ressources façonnent l'activité et les connaissances professionnelles de l'enseignant les utilisant (instrumentation) et d'autre part, l'enseignant s'approprie les ressources, les met à sa main, les modifie en fonction de ces connaissances professionnelles (instrumentalisation). Ces genèses développent conjointement une nouvelle ressource (composée d'un ensemble de ressources sélectionnées, modifiées, recombinaisons) et un schème d'utilisation de celles-ci comprenant des règles d'action et des connaissances professionnelles. Il est important de considérer que les documents construits par les enseignants ne vivent pas isolés. En effet, les études menées dans la perspective de l'approche documentaire ont montré que ceux-ci, notamment au premier degré (Poisard, Bueno-Ravel & Gueudet, 2011), développent des systèmes structurés de documents, comportant des ressources et des connaissances professionnelles ; systèmes dont la partie ressource est nommée système de ressources.

Afin de préciser la recherche de facteurs explicatifs de l'intégration d'une ressource par les enseignants, nous faisons appel au modèle proposé par Ruthven (2012). Celui-ci identifie cinq caractéristiques structurantes de la pratique de classe, déterminantes pour l'intégration des technologies : l'environnement matériel, le système de ressources, le

format d'activité (routines pour la présentation d'une activité, l'organisation du travail de groupe, ...), l'économie temporelle (concernant l'avancée du temps didactique), le script curriculaire (désignant un ensemble de savoirs organisés).

Dans cet article, nous nous proposons d'étudier les questions suivantes relatives à l'usage des nouvelles technologies en mathématiques à l'école maternelle : à quelles conditions une ressource est intégrée par un enseignant dans son système de ressources ? Quelles modifications de la ressource cette intégration amène-t-elle ? Quels facteurs expliquent les modifications observées ?

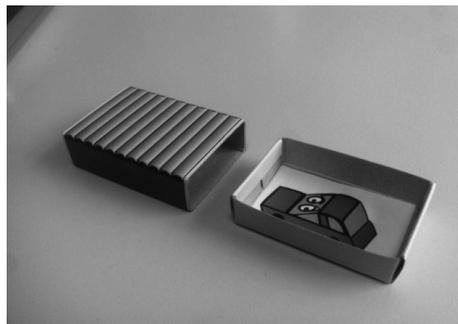
Afin d'apporter des éléments de réponses à ces questions, nous présentons une étude de cas. Nous avons suivi sur deux années l'utilisation faite par Mia, une enseignante expérimentée, de ressources construites au sein du groupe MARENE, associées à la situation *Voitures et Garages* (notée V&G par la suite), pour l'enseignement du nombre comme mémoire de la quantité en MS.

Dans un premier temps, nous décrivons cette situation et les ressources associées. Puis nous détaillons la méthodologie mise en place pour analyser les genèses documentaires des enseignants suivis dans le cadre de cette recherche. Nous analysons ensuite l'usage fait par Mia, de 2012-2013 à 2013-2014, des ressources V&G.

LA SITUATION VOITURES ET GARAGES ET RESSOURCES ASSOCIÉES

Cette situation a pour objectif d'apprentissage le nombre mémoire de la quantité. Les élèves ont à disposition un lot de garages et doivent aller chercher en un seul trajet, dans un endroit éloigné (pour ne pas permettre un contrôle perceptif), juste ce qu'il faut de voitures pour que chaque garage ait une voiture et qu'il ne reste pas de voitures sans garage. Le matériel utilisé dans le groupe est fabriqué à partir de boîtes d'allumettes comme le montre la photo (Figure 1).

FIGURE 1



Photo

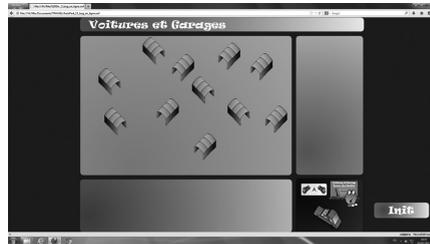
Nous avons conçu une mise en œuvre de cette situation comportant quatre phases :

1. Phase 1 d'évaluation diagnostique des connaissances des élèves : l'enseignant identifie ainsi les élèves utilisant déjà le nombre pour résoudre le problème proposé.
2. Phase 2 d'appropriation de la tâche pour que les élèves comprennent la tâche

FIGURE 2



Copie Écran 1: Phase 2



Copie Écran 2: Phase 3 - garages visibles



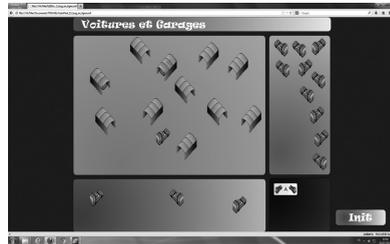
Copie Écran 3: Phase 3- Voitures « éloignées » visibles



Copie Écran 4: Phase 3 - L'élève prend les voitures et les place dans la zone grise



Copie Écran 5: Phase 3 - Les voitures se garent pour valider la tâche



Copie Écran 6: Phase 3 - L'élève doit compléter un tableau de score pour s'auto-valider



Copie Écran 7: Écran du maître

proposée : l'enseignant propose 3 à 4 garages alignés, les voitures étant situées dans un bac à proximité. Les élèves peuvent résoudre la tâche par correspondance terme à terme.

3. Phase 3 d'apprentissage : le nombre devient nécessaire pour réussir. L'élève se trouve confronté à un obstacle : il a un nombre de garages supérieur ou égal à 6 et n'a droit qu'à un trajet pour aller chercher les voitures qui sont éloignées.
4. Phase 4 d'institutionnalisation menée par l'enseignant pour identifier le savoir appris.

Ces choix de mise en œuvre ont servi de guide à la conception d'un logiciel (disponible en ligne : http://python.espe-bretagne.fr/blog-gri-recherche/?page_id=201) associé à cette situation dont nous proposons plusieurs copies d'écran. (Figure 2)

Le cahier des charges de la conception du logiciel a également pris en compte des résultats d'une recherche précédente (Bueno-Ravel & Gueudet, 2009) dans laquelle nous avons identifié différents facteurs favorisant l'intégration d'une ressource numérique en mathématiques en fin d'école élémentaire (élèves de 9-12 ans) :

- Permettre à l'élève de faire un grand nombre d'essais, ce qui est plus fastidieux avec le matériel manipulable.
- Prendre en charge la validation des réponses des élèves. L'enseignant peut donc laisser les élèves travailler en relative autonomie sur un ordinateur.
- Permettre la personnalisation par le professeur du parcours des élèves. Certains éléments du logiciel sont paramétrables par l'enseignant (voir copie d'écran 7). L'enseignant peut choisir le nombre de garages et la disposition des garages en ligne plutôt qu'en « vrac » pour faciliter l'énumération des garages.

Les ressources associées à la situation V&G et mises à disposition de Mia, ont évolué suite aux expérimentations effectuées en classe et au travail de MARENE. En année 1, Mia dispose du logiciel ainsi que d'un descriptif d'un scénario possible de mise en œuvre de la situation. En année 2, ces ressources sont enrichies d'un tutoriel du logiciel, d'un modèle de fiche activité, de fiches représentant les garages et les voitures à imprimer et à plastifier ainsi qu'un document donnant des pistes pour utiliser le logiciel suivant l'équipement informatique disponible en classe.

MÉTHODOLOGIE

La recherche présentée s'appuie sur le travail d'un groupe associant chercheurs, formateurs et enseignants expérimentés. Les enseignants du groupe testent dans leur classe les ressources construites par le groupe.

Avant de mettre en œuvre les ressources, les enseignants passent un entretien initial portant sur leurs ressources pour l'enseignement des mathématiques et leur

travail documentaire. Lors de cet entretien, l'enseignant fait « visiter » l'ensemble des ressources qui appuient son activité de conception et de mise en œuvre de son enseignement, expliquant comment ces ressources sont rassemblées, sélectionnées et structurées. À l'issue de cet entretien, il réalise une Représentation Schématique de son Système de Ressources (RSSR) à partir de laquelle nous inférons des éléments de structure de son travail documentaire. Cette représentation donne également à voir la façon dont l'enseignant se représente et souhaite expliquer les éléments d'organisation de ses ressources et leurs articulations. Puis, certaines séances sont filmées par les chercheurs et suivies d'un entretien à chaud. Elles sont discutées collectivement au sein du groupe à des fins d'amélioration et de transmission à d'autres enseignants. Les chercheurs n'interviennent pas dans les choix de transformation des ressources faits par les enseignants, ni dans les choix de mise en œuvre. Des écrits professionnels (fiches de préparation des séances, etc.) sont collectés. Après la mise en œuvre en classe, une auto-confrontation filmée visant la verbalisation par l'enseignant de son action et des connaissances professionnelles sous-jacentes est réalisée. Pour faciliter ce retour réflexif, différents supports (fiches de préparation, extraits vidéos, etc), sont montrés à l'enseignant pour stimuler sa réflexion sur les différentes étapes de son travail.

L'ensemble des données recueillies sont analysées selon trois dimensions. Du point de vue des ressources, nous identifions l'ensemble des ressources auxquelles l'enseignant a recours, en portant une attention particulière aux articulations entre les ressources numériques et les autres. Du point de vue de la genèse documentaire, nous cherchons à identifier les phénomènes d'instrumentation et d'instrumentalisation en relevant des régularités dans les choix des enseignants (sur deux années consécutives) et en analysant les transformations et modifications apportées aux ressources. Enfin, nous recherchons des indices des facteurs ayant influencé ce travail documentaire.

DESCRIPTION DE LA PRATIQUE PROFESSIONNELLE DE MIA

Mia participe au groupe MARENE depuis septembre 2011. Elle enseigne en maternelle depuis 10 ans dans une école favorisée de Rennes. Afin de comprendre son travail documentaire, voici les éléments descriptifs de sa pratique selon le modèle de Ruthven (2012).

L'environnement matériel

Mia enseigne en Petite Section (PS, élèves de 3-4 ans) depuis 2 ans. Elle accueille quotidiennement en décroisement des élèves de MS et de GS l'après-midi pendant la sieste des PS. Sa classe comporte plusieurs coins (nature, lecture et regroupement) et plusieurs îlots de tables. Elle dispose de deux salles attenantes à sa classe. En année

1, Mia dispose de 3 ordinateurs alignés le long d'un mur de la classe ; en année 2, de 3 ou 4 ordinateurs selon les séances.

Système de ressources

Les ressources mobilisées par Mia pour préparer et mettre en œuvre son enseignement des mathématiques sont variées, comme en témoigne sa RSSR (annexe I). L'élément central de cette représentation est son ordinateur professionnel, installé dans sa classe, lui permettant de stocker ses données, effectuer des recherches sur Internet, fabriquer du matériel pédagogique. Plusieurs logiciels figurent sur cette représentation : *G compris*, logiciel de manipulation de la souris et du clavier et les logiciels de MARENE. Quand Mia enseignait en GS à l'année (avant 2012-2013), l'utilisation de l'ordinateur pour des situations d'apprentissage et des modalités de délestage (les élèves s'installant sur un ordinateur quand leur travail est terminé) est régulière. Lors de l'entretien initial, Mia explique : *l'avantage de l'ordi, c'est je pense qu'ils peuvent accéder à des situations d'entraînement notamment qui seraient compliquées à mettre en place et que du coup on arrive à grignoter sur des temps des temps de latence des temps d'accueil ou 2, 3, 4 élèves vont pouvoir venir faire quelque chose facilement rapidement sans qu'il y ait besoin de demander à l'atsem de sortir le matériel de demander aux enfants qui sont sur la table de ranger de faire de l'espace ça a un côté rapide pratique*. L'ordinateur est donc présenté comme l'élément central de sa RSSR autour duquel rayonnent des groupes de ressources variés : des jeux mathématiques, des jeux de société du commerce et des jeux fabriqués par Mia. Ces derniers sont souvent pensés pour être manipulables à la fois sur une table mais aussi au tableau. Nous identifions également sur cette représentation plusieurs groupes que l'on peut rattacher aux ressources humaines, aux dimensions collectives qui semblent alimenter la pratique de Mia : le groupe MARENE, les échanges avec les collègues de l'école, les formations de proximité, le travail de la circonscription matérialisé par la grille de compétences sur lesquelles Mia explique s'appuyer fortement pour concevoir son enseignement.

Format d'activité

Lorsque commence le suivi de Mia, c'est la première fois qu'elle accueille des élèves en décrochage. Le format d'activité du décrochage est différent de l'année 1 à l'année 2. En année 1, Mia accueille 12 élèves de GS puis ponctuellement, pour mener la séquence V&G, 6 élèves. En année 2, Mia accueille des groupes constitués de 6 élèves de MS et 3 élèves de GS ou 6 élèves de GS et 3 élèves de MS selon la période de l'année. En décrochage, Mia a l'habitude de travailler avec des groupes de 6 élèves en répartissant les élèves restants sur d'autres tâches, soit dans les salles attenantes à la classe, soit sur les ordinateurs. En effet, Mia considère qu'elle ne peut correctement encadrer que 6 élèves de ces âges sur une situation d'apprentissage. On retrouve cette

volonté de travailler en petit groupe dans l'organisation de son travail habituel avec sa classe PS. Pour la situation V&G, elle conserve, pour ces deux années, un type de répartition de 6 élèves au plus en apprentissage.

Script curriculaire

Mia considère qu'il est important, surtout en mathématiques, de laisser l'élève faire son chemin. Elle souhaite placer les élèves en face de problèmes dont ils doivent prendre en charge la résolution pour qu'il y ait apprentissage. Elle considère très important de rendre les élèves acteurs de leur apprentissage et estime que les échanges entre élèves sont capitaux pour le favoriser.

GENÈSES DOCUMENTAIRES DE MIA

Dans cette partie, nous cherchons à identifier les genèses documentaires de Mia en analysant deux éléments saillants de sa pratique : l'évolution de ses choix de mise en œuvre de la situation V&G sur deux années et son implication dans l'évolution des ressources conçues par le groupe. Nous pointons également les facteurs explicatifs des évolutions de son travail documentaire.

Utilisation par Mia des ressources de MARENE et choix de mise en œuvre associés

Des mises en œuvre différentes en année 1 et 2

En année 1, Mia choisit de débiter la situation avec le logiciel selon le modèle suivant : les phases 1 et 2 (voir page 67-68) sont menées sur le logiciel V&G. *G compris* est alors utilisé en parallèle de V&G, offrant à Mia des possibilités de délestage pour réaliser l'évaluation diagnostique individuelle des élèves. Ensuite, la phase 3 est faite en binôme sur logiciel pendant plusieurs séances et la phase 4 est menée à partir d'un matériel créé par Mia pour l'occasion (voir photo 2).

En année 2, Mia choisit d'entrer dans la situation par le matériel manipulable pour les phases 1 et 2. Ensuite, la phase 3 est organisée de la façon suivante sur plusieurs séances : un ou deux binômes travaillent sur le logiciel avec un étayage mathématique ou technique (manipulation de la souris) de Mia pendant que les élèves restants travaillent individuellement sur *G compris*. Le matériel est ensuite réintroduit. Pendant qu'un ou deux binômes travaillent en autonomie sur le logiciel, des élèves travaillent à partir du matériel, selon des modalités qui vont évoluer de la façon suivante au fur et à mesure des séances. Tout d'abord, les élèves disposent chacun d'un lot de garages et de voitures. Les voitures sont éloignées des garages. Chaque élève doit individuellement résoudre le problème. Dans des séances suivantes, les élèves doivent résoudre la même tâche par binôme, décidant ensemble du nombre de voitures à aller chercher. Enfin,

Mia conçoit, en fin de phase 3, une situation de communication. Les élèves travaillent toujours en binôme, l'un d'eux jouant le rôle du vendeur de voitures dans un coin de la classe, l'autre disposant de garages et devant aller commander au vendeur le nombre de voitures correspondant. Ces modalités de mise en œuvre sont en adéquation avec le script curriculaire et le format d'activité de Mia.

La description ci-dessus montre des choix différents de mise en œuvre selon les deux années. Les différents entretiens menés avec Mia nous amènent à penser que le choix d'entrer dans la situation à partir du logiciel en année 1 semble fortement lié aux perspectives que Mia assigne à MARENE (diffuser des ressources) et aux responsabilités qu'elle s'assigne en tant que membre du groupe (tester, faire avancer le groupe). Pour le test du logiciel, Mia souhaite savoir s'il est réellement possible de mener la séquence uniquement à partir du logiciel. Elle souhaite repérer les faiblesses du logiciel pour pouvoir éventuellement le modifier. Ce souci de fournir des retours s'illustre dans son choix de mise en œuvre et également dans les ressources qu'elle produit : tout au long de la séquence, elle tient une fiche sur laquelle elle note ses remarques sur le logiciel, son fonctionnement, les difficultés rencontrées par les élèves.

En année 2, le choix de Mia de débiter la situation avec le matériel est lié aux constats effectués à l'issue de l'année 1. Elle explique : *on ne fera pas l'économie d'un passage par le matériel [...] si moi je les remets en place avec des élèves je repasserai par le matériel notamment pour les moyens [...] pour les moyens je trouve que c'est pas bien de commencer par le logiciel [...] je pense que pour les enfants les plus fragiles il manque quelque chose[...] même si tu fais ton apprentissage sur le logiciel ça n'empêche pas mais au moins, faire une appropriation une évaluation diagnostique avec le matériel après ça n'empêche pas de faire l'apprentissage sur le logiciel mais ouais moi je remettrai du matériel... j'ai voulu tester cette année voilà j'ai testé !*. Nous pensons que la mise en œuvre de l'année 1 et le constat effectué nourrit ce qui est fait en année 2 et constitue à son tour une ressource qui renseigne Mia sur les capacités et besoins des élèves de MS ; niveau de classe nouveau pour elle. Ainsi, en année 2, Mia explique : *je me suis appuyée d'abord sur l'idée qu'ils sont petits et qu'il fallait qu'ils manipulent [...] c'est plus avec l'idée générale de il faut qu'ils manipulent à mon avis et que le logiciel ça peut créer un obstacle pour les plus fragiles un obstacle supplémentaire*. Pour Mia, il est important, en mathématiques, que les élèves manipulent du matériel. Cette conception se trouve renforcée suite à la comparaison des deux mises en œuvre.

Des binômes d'élèves en MS

Nous avons noté que Mia suivait une règle d'action forte dans l'organisation du travail des élèves sur le logiciel au cours des deux années : faire travailler les élèves par binôme pendant les phases d'apprentissage. Cet aspect n'est pas lié au nombre d'ordinateurs dont elle dispose. Elle explique que même si elle avait eu 6 ordinateurs elle n'aurait

pas fait travailler les élèves individuellement, car elle souhaite observer attentivement les élèves au travail et être en mesure de leur apporter son aide. Elle ne veut pas avoir « à se couper en deux, être partout et nulle part à la fois ». Elle estime que trois binômes de deux élèves sont plus faciles à suivre et à aider que six élèves travaillant chacun de leur côté. La constitution des binômes fait l'objet d'une réflexion avant la séance, dont elle garde une trace sur sa fiche de préparation, et d'échanges avec sa collègue de MS envoyant les élèves en décrochage. Nous trouvons des traces de cette règle d'action dans l'analyse des vidéos et des préparations de séances de Mia. Selon Mia, le travail par binôme est favorable à l'apprentissage, permettant des échanges nécessaires pour faire émerger les connaissances mathématiques des élèves. Nous pouvons identifier une connaissance professionnelle associée à cette règle d'action : la résolution conjointe d'une tâche favorise l'apprentissage. En année 1, les modalités de travail en binômes sur logiciel lui ont paru efficaces ; elles sont donc re-mobilisées en année 2. Cependant, pour certains binômes, Mia constate qu'il n'y a pas de réelle collaboration sur le logiciel, ce qui va à l'encontre d'une conception initiale : *j'aurais eu tendance à me dire que sur l'ordi ils vont plus collaborer parce que ils sont plus attirés quand même vers un point central [...] tu vois là, c'est beaucoup sur l'ordi on voit qu'il rêve pendant que l'autre copain fait ou ils discutent mais pas de ce qu'il faut faire*. Commentant un extrait vidéo où l'on voit deux élèves tenter de résoudre la tâche ensemble, elle explique avoir réalisé pendant la séquence que la collaboration pouvait être difficile à établir avec certains élèves de cet âge.

Implication de Mia dans les évolutions des ressources de MARENE

Au cours de ces deux années, Mia a revisité les ressources proposées par MARENE. Ce processus se traduit par différents aspects : création de ressources nouvelles, modifications d'une ressource (logiciel) et introduction d'une situation de communication dans la séquence, comme nous l'avons mentionné plus haut.

Création de ressources nouvelles

En année 1, Mia crée un lot d'étiquettes déplaçables à partir de captures d'écran du logiciel. Elle reconstitue sur le tableau la tâche proposée sur le logiciel (photo 2). Cette ressource nouvelle est utilisée pour mener la phase 4. En année 2, cette ressource est réutilisée et modifiée, des éléments sont ajoutées (photo 3) pour reprendre la structuration en trois zones de l'écran du logiciel. De même, la fiche activité papier créée en année 1 (photo 4) est également modifiée en année 2 (photo 5) pour reprendre la structuration de l'écran du logiciel (Figure 3).

FIGURE 3



Photo 2: étiquettes tableau année 1



Photo 3: étiquettes tableau année 2

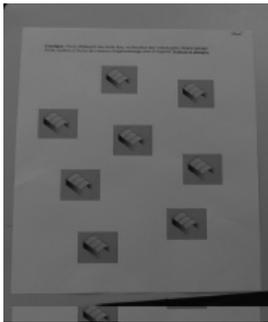


Photo 4: fiche-activité année 1

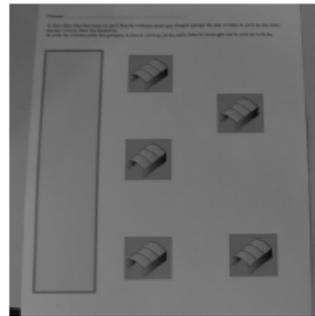


Photo 5: fiche activité-année 2

Mia fait évoluer ces ressources en ajoutant une bande grise pour stocker les étiquettes voitures : *je voulais me rapprocher encore plus du logiciel je trouvais qu'ils ne s'en étaient pas toujours bien servi du logiciel, je voulais pas changer encore.* Dans les deux cas, il s'agit d'un processus d'instrumentation ; le découpage de l'écran du logiciel en trois zones influençant les caractéristiques des ressources produites par Mia.

Dans le cas de la création du lot d'étiquettes pour mener la phase 4 au tableau, nous pouvons identifier un processus d'instrumentalisation. Mia ne dispose pas d'un Tableau Numérique Interactif ou d'un vidéo projecteur et juge l'écran d'ordinateur trop petit pour mener les phases de mise en commun correctement. Or ces phases sont jugées essentielles par Mia pour la construction des connaissances des élèves. Il y a donc pour Mia un manque de ressources adaptées à ses objectifs didactiques. Elle transpose alors l'univers du logiciel sur son tableau et explique lors de l'entretien post mise en œuvre : *6 autour de l'ordi c'était pas bien et je voulais pas en mettre moins parce que je voulais vraiment qu'il y ait un échange de groupe c'était une façon de mettre en place un dispositif de groupe [...] j'avais pas envie que ce soit horizontal et à plat [...] ça change de support ça permet de varier quelque fois ça peut, on sait jamais là j'ai testé sur un trop petit nombre mais ça peut aussi déclencher des choses que certains n'auraient pas vu sur le petit format de l'ordinateur.* Cette nouvelle ressource entretient une parenté forte avec un mode de travail particulier élaboré par Marie pour enseigner les mathématiques (travail en petit groupe au tableau avec des supports verticaux) et avec un matériel identifié

dans son système de ressources : *(les systèmes d'étiquettes) c'est quelque chose que j'utilise souvent [...] peut être que ça vient de... c'était au moment où je faisais « Jack et le haricot magique » avec les petits...*

L'analyse de son système de ressources montre qu'elle dispose de connaissances professionnelles liées à l'intérêt de susciter des échanges entre élèves lors de la phase 4 pour favoriser l'apprentissage. Ces connaissances la conduisent à revisiter les ressources proposées et à en créer de nouvelles (processus d'instrumentalisation). En année 2, elle explique que si elle devait réutiliser un autre logiciel, elle créerait sans doute ce type de matériel déplaçable pour tableau.

Demande de modifications du logiciel

Suite à l'expérimentation menée en année 1, Mia demande des modifications du logiciel. Certaines de ces modifications concernent la nature de la tâche mathématique :

- Création d'un mode pour présenter les garages en ligne afin d'en faciliter l'énumération, permettant ainsi une personnalisation des parcours pour une prise en compte adaptée des difficultés des élèves.
- Création d'une nouvelle fonction : la touche *gros yeux*. En phase 3, en maintenant enfoncée la touche *gros yeux*, l'élève peut voir simultanément les garages et les voitures sur le même écran avant de commencer à déplacer les voitures.

D'autres modifications concernent la manipulation de la souris. Pour déplacer les voitures, Mia observe que la commande cliquer/glisser est trop difficile pour les élèves de MS et demande sa transformation en cliquer/cliquer.

Revenons à la création de la touche *gros yeux*. Suite aux demandes faites par Mia en année 1, celle-ci a été ajoutée. Cette fonction existait déjà sur un autre logiciel du groupe testé par Mia en 2011-2012. Nous pensons que les caractéristiques d'un autre logiciel influencent cette demande de modification du logiciel V&G. Cette nouvelle fonction expérimentée en année 2 est cependant source de nombreux questionnements pour Mia. Ainsi, la gestion didactique de la touche *gros yeux* se révèle compliquée. Avec certains élèves, Mia note que celle-ci fait obstacle à la recherche d'une solution mathématique de la tâche. Certains élèves construisent la règle d'action suivante : pour trouver le bon nombre de voitures quand les garages ont disparu, j'appuie sur les *gros yeux* (processus d'instrumentalisation pour les élèves). Quand Mia demande comment faire pour gagner le jeu, certains élèves répondent qu'il faut cliquer sur les *gros yeux*, mais n'engagent pas de réflexion sur le nombre. Mia estime lors de l'entretien d'auto-confrontation (annexe 2) que cette fonction d'aide peut éloigner l'élève du problème mathématique à résoudre. Au cours de l'année 2, Mia se pose ainsi les questions suivantes : comment accompagner ses élèves dans leurs usages des aides disponibles sur le logiciel ? À quel moment du processus d'apprentissage

est-il opportun pour l'enseignant de présenter ces aides ? À travers cette réflexion occasionnée par la gestion didactique d'une des fonctions du logiciel, Mia est en train de construire des connaissances professionnelles sur ces aspects.

Évolution des ressources : situation de communication

Nous avons vu l'importance pour Mia de la collaboration entre pairs pour favoriser l'apprentissage. Pour contraindre cette collaboration parfois délicate en MS, Mia ajoute, l'année 2, une situation de communication en fin de phase 3. Cette situation de communication constitue une ressource supplémentaire qu'elle remobilise plus tard dans l'année lors d'une autre situation mathématique. Cette situation de communication présente également pour Mia un avantage compatible avec ses conceptions sur le rôle que l'enseignant doit jouer pour favoriser l'apprentissage des élèves. Questionnée au sujet d'un binôme travaillant sur l'ordinateur et auquel elle décide de proposer la situation de communication (annexe 3), Mia explique avoir une conception de l'apprentissage où il importe pour l'enseignant de savoir laisser l'élève faire son chemin, surtout en mathématiques. Cela se traduit par un positionnement de retrait relatif de l'enseignant afin que l'élève ne soit pas sans arrêt à guetter l'approbation de celui-ci. Il lui importe donc que la validation de la tâche soit le plus possible à la charge de l'élève. La situation de communication encourage, comme le logiciel, ce type de validation, permettant à l'enseignant de prendre une certaine distance.

DISCUSSION

Nous avons examiné ici l'utilisation de ressources, notamment numériques, par une enseignante pour un enseignement de mathématique à l'école maternelle. Cependant les résultats mis au jour vont au-delà du cas de Mia et des ressources V&G. Ils permettent d'apporter des éléments de réponses aux questions que nous avons posées en ouverture de cet article sur l'intégration de ressources dans les pratiques d'un enseignant.

En effet, le groupe MARENE a conçu des ressources associées à la situation V&G pouvant être appliquées quasiment clef en main par un enseignant dans sa classe. Or, l'analyse de l'intégration de ces ressources par Mia dans son système de ressources a montré une grande variabilité d'une année à l'autre. Tout d'abord, les ressources proposées n'ont pas été appliquées clef en main mais aménagées et enrichies par de nouvelles ressources, elles-mêmes évolutives, comme l'ont montré les analyses des étiquettes manipulables construites pour la phase 4 ou l'ajout d'une situation de communication à la séquence initialement décrite.

Par ailleurs, Mia a également modifié la mise en œuvre de la situation V&G d'une année à l'autre alors qu'elle aurait pu, en année 2, rester proche de celle effectuée en année 1. Nous avons identifié différents facteurs explicatifs de ce processus de genèse

documentaire. L'appartenance de Mia à un groupe de recherche explique en grande partie les changements de mise en œuvre de la situation de l'année 1 à l'année 2. Nous avons surtout montré l'effet des connaissances professionnelles initiales d'un enseignant sur l'aménagement, la modification et l'enrichissement des ressources proposées. L'importance de la collaboration entre pairs, de la verbalisation par les élèves de leurs actions et du cheminement individuel des élèves en résolution de problèmes mathématiques sont trois connaissances professionnelles guidant fortement le travail documentaire de Mia. Cela la conduit à stabiliser une organisation du travail des élèves en binôme, à proposer des ressources manipulables au tableau pour la phase 4, à demander des modifications du logiciel pour pouvoir le personnaliser au cas de chaque élève et à concevoir une situation de communication. Nous avons également pointé, dans le processus de genèse documentaire, comment les caractéristiques des ressources façonnent les connaissances professionnelles de l'enseignant qui les utilise. Pour Mia, par exemple, les étiquettes manipulables créées pour la phase 4 lors de l'année 1 se constituent en ressource pour l'année 2. En associant cette ressource aux difficultés des élèves observées pendant la séquence, Mia construit des connaissances sur la meilleure façon, selon elle, de gérer une phase de mise en commun : il faut s'appuyer autant que possible sur le matériel (ou l'ergonomie du logiciel) utilisé et proposer des supports manipulables sur tableau vertical, visibles de tous.

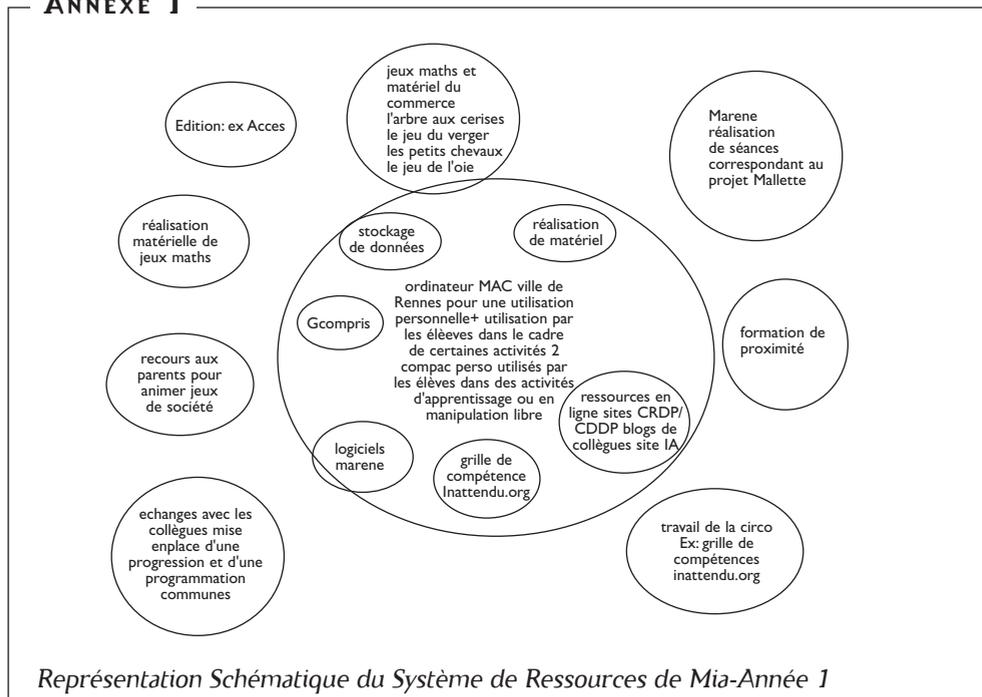
L'étude présentée ici mériterait d'être prolongée par une recherche portant sur l'intégration des ressources V&G par des enseignants, débutants et confirmés, non partie prenante du groupe de recherche concevant les ressources. En effet, comme le soulignent Erfjord, Hundeland et Carlsen (2012), la participation à un groupe de recherche rend les enseignants davantage sensibles aux enjeux mathématiques des situations expérimentées. Nous n'avons pas relevé, chez Mia, de modification de la tâche mathématique proposée aux élèves. Ceci est cependant plus couramment observé chez les enseignants débutants ou ceux disposant d'une formation didactique en mathématiques minimale ; confirmant ainsi la nécessité de formations pour l'intégration de ces ressources.

RÉFÉRENCES

- Adler, J. (2010). La conceptualisation des ressources. Apports pour la formation des professeurs de mathématiques. In G. Gueudet & L. Trouche (éds) *Ressources vives. Le travail documentaire des professeurs, le cas des mathématiques* (Rennes : Presses Universitaires de Rennes et INRP), 23-40.
- Bueno-Ravel, L. & Gueudet, G. (2009). Online resources in mathematics: teachers' geneses and didactical techniques. *International Journal of Computers for Mathematical Learning*, 14(1), 1-20.
- Erfjord, I., Hundeland, P. S. & Carlsen, M. (2012). Kindergarten teachers' accounts of their developing mathematical practice. *ZDM, the International Journal on Mathematics Education*, 44, 653-664.

- Gueudet, G. & Trouche, L. (2008). Towards new documentation systems for mathematics teachers? *Educational Studies in Mathematics*, 71(3), 199-218.
- Gueudet, G. & Trouche, L. (2012). Teachers' work with ressources: documentational geneses and professional geneses. In G. Gueudet, B. Pepin & L. Trouche (eds) *From textbooks to 'lived' resources: Mathematics curriculum materials and teacher documentation* (New York: Springer), 23-41.
- Guin, D. & Trouche, L. (dir.) (2002). *Calculatrices symboliques : transformer un outil en un instrument du travail mathématique, un problème didactique* (Grenoble : La Pensée Sauvage).
- Hoyles, C. & Lagrange, L. (eds) (2010). *Mathematical Education and Digital Technologies: Rethinking the terrain* (New-York: Springer).
- Poisard, C., Bueno-Ravel, L. & Gueudet, G. (2011). Comprendre l'intégration de ressources technologiques en mathématiques par des professeurs des écoles. *Recherches en Didactique des Mathématiques*, 31(2), 151-189.
- Ruthven, K. (2012). Constituting digital tools and materials as classroom ressources. In G. Gueudet, B. Pepin, & L. Trouche (eds) *From Textbooks to 'lived' resources: Mathematics curriculum materials and teacher documentation* (New York: Springer), 83-103.
- Vergnaud, G. (1996). Au fond de l'apprentissage, la conceptualisation. In R. Noirfalise & M.-J. Perrin (éds) *Actes de la VIII école d'été de didactique des mathématiques* (Clermont-Ferrand : IREM), 174-185.
- Verillon, P. & Rabardel, P. (1995). Cognition and artefacts: a contribution to the study of thought in relation to instrumented activity. *European Journal of Psychology of Education*, 10, 77-102.

ANNEXE 1



ANNEXE 2

Extrait de l'entretien post mise en œuvre année 2

C : chercheur / M : Mia

C : ça après c'est la fin ça sera pour plus tard mais alors qu'est ce qui se passe là en fait ?

M : et bien je pense que dans leur tête ça peut se transformer en (*elle prend la souris*) qu'est-ce que... tu vois à la limite... qu'est-ce que je pourrais faire avec cet objet.. est-ce que je peux scotcher tiens la boule au-dessus est ce que ça va maintenir (*les gros yeux visibles*) cliqué pour voir les garages tu vois ça peut déplacer le problème et le problème peut devenir comment est-ce que je peux faire pour voir tout le temps les garages et les voitures plutôt que comment je peux faire pour savoir combien de voitures prendre quand il n'y a plus les garages je pense que les gros yeux ça introduit ça un peu fait... enfin je l'exprime très mal mais quelque part

C : si si je comprends bien... ça veut dire enfin tu me diras si c'est pas ça mais ils vont se focaliser sur quelque chose de technique et puis de... comment faire pour que les gros yeux restent en fait

M : oui voilà

C : au lieu de se dire quelle solution je peux trouver pour avoir quand même ce qu'il faut de voitures

M : oui... je pense que ça contribue à déplacer le problème effectivement

C : que ça fasse obstacle

M : comment faire pour qu'on voit les deux au lieu de comment faire pour se passer de voir les deux.

ANNEXE 3

Extrait de l'entretien post mise en œuvre année 2

Mia a arrêté un extrait vidéo montrant deux élèves en train de résoudre la tâche ensemble sur les boîtes, elle dit :

M : oh c'est dur la collaboration comme ça quand ils sont petits c'est pour ça que la situation de communication un qui demande à l'autre les garages c'est bien

C : ça force un peu le... ?

M : oui, que là... on leur dit juste de faire ensemble ça marche pas du tout [...]

Plus loin, un extrait montrant un binôme qui travaille sur le logiciel auquel Mia décide de proposer la situation de communication. Mia commente cet extrait :

C : et là tu prends cette décision de les mettre en... avec le système de commande ?

M : parce que Esther elle a pas l'air très réceptive en fait, (*Mia «rejouant» Esther*) "ouais... bon... pff", elle... c'est une petite fille scolaire quoi "la maîtresse a dit" bon, on va pas contredire mais euh bon tu sens qu'elle a pas trop envie...

C : la situation de comme elle permet à l'adulte de se... de se reculer un peu ?

M : ah ben complètement hein

C : c'était une chose intéressante pour toi ?

M : ah ben ouais tu vois quand je te disais toute à l'heure c'est vivant ouais là on, ils vivent un truc vraiment, ils sont pas en train de guetter tes regards ou ton approbation

C : c'est pour ça qu'hier (*lors des séances TDL*) tu as tu te recules ?

M : oui

C : de plus en plus des binômes qui travaillent sur le logiciel ?

M : oui

C : faut pas qu'ils soient trop dans l'approbation, enfin qu'ils guettent trop ça ?