



HAL
open science

Usages de ressources numériques pour l'enseignement des mathématiques en maternelle : orchestrations et documents

Sylvaine Besnier, Ghislaine Gueudet

► **To cite this version:**

Sylvaine Besnier, Ghislaine Gueudet. Usages de ressources numériques pour l'enseignement des mathématiques en maternelle : orchestrations et documents. *Perspectivas da Educação Matemática*, 2016, 9 (21), pp.978-1003. hal-01769640

HAL Id: hal-01769640

<https://hal.science/hal-01769640>

Submitted on 5 Apr 2020

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

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



Usages de ressources numériques pour l'enseignement des mathématiques en maternelle : orchestrations et documents

Uses of digital resources for teaching mathematics at kindergarten: orchestrations and documents

Sylvaine Besnier¹

Ghislaine Gueudet²

Résumé

Dans cet article, nous étudions les usages de ressources numériques 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 et à la notion d'orchestration. Mobiliser des ressources numériques en mathématiques suppose pour le professeur la conception de nouvelles situations. Ce travail est complexe du point de vue des choix didactiques à effectuer par le professeur. Il implique des évolutions dans les ressources, les pratiques et les connaissances professionnelles des professeurs. Dans cet article, nous explorons ces aspects. Notre recherche s'appuie sur le travail mené en France par un groupe associant chercheurs, formateurs et professeurs, le groupe MARENE. Ce groupe développe des ensembles de ressources (logiciels, matériel tangible, scénarios) pour l'enseignement du nombre à l'école maternelle. Nous suivons sur une durée longue le travail documentaire d'un professeur membre de ce groupe mettant en œuvre l'un de ces ensembles de ressources. Nous montrons que les interactions avec les ressources contribuent à l'évolution des pratiques et des connaissances de ce professeur.

Mots-clefs: école maternelle, enseignement du nombre, genèses documentaires, logiciel

Abstract

In this article we study the uses of digital resources for teaching mathematics at kindergarten (3 to 6 years pupils). We refer to the theoretical framework of the documentational approach and to the notion of orchestration. Using digital resources for teaching mathematics requires from the teacher a complex work to design new situations. It involves changes in teacher's resources, practices and knowledge. In this article, we explore these aspects. Our research is based on the work of a group working in France and involving researchers, trainers and teachers, the

¹ CREAD : Centre de Recherche sur L'Éducation, les Apprentissages et la didactique, ESPE, Université de Bretagne Occidentale. besniersylvaine@gmail.com

² CREAD : Centre de Recherche sur L'Éducation, les Apprentissages et la didactique, ESPE, Université de Bretagne Occidentale. Ghislaine.Gueudet@espe-bretagne.fr

MARENE group. This group develops sets of resources (software, tangible material, scenarios) for teaching numbers at Kindergarten. We follow a long-term documentation work of a teacher, member of this group, who implements one of these sets of resources. We show that interactions with resources contribute to the development of practices and knowledge of this teacher.

Keywords: documentational genesis, Kindergarten, software, teaching of numbers

Introduction

Notre travail concerne l'emploi de ressources numériques pour l'apprentissage du nombre à l'école maternelle. Nous nous référons au cadre théorique de l'approche documentaire, et analysons le travail documentaire d'un professeur de l'école maternelle en France, membre d'un groupe de conception de ressources. Nous mettons au jour les évolutions des choix de ce professeur, au fil de ses interactions avec des ressources de différentes natures, en particulier des ressources numériques. Dans une première partie nous montrons comment notre travail s'inscrit dans les recherches sur les technologies pour l'apprentissage du nombre à l'école. Nous présentons ensuite (partie 2) le cadre théorique de l'approche documentaire, et en partie 3 la méthodologie que nous avons retenue pour cette recherche : l'étude de cas d'un professeur, utilisateur mais aussi concepteur de ressources. Nos résultats sont exposés en partie 4, et discutés en partie 5.

Apprentissage du nombre et emploi de logiciels

Recherches sur les technologies et l'apprentissage du nombre

Notre travail relève des recherches sur les usages des technologies à l'école, pour l'apprentissage du nombre en particulier. De telles recherches sont menées internationalement depuis de nombreuses années (Hoyles & Lagrange 2010). Elles ont au fil du temps considéré divers outils technologiques, depuis la calculatrice (Del Notaro & Floris 2005) jusqu'aux tablettes tactiles (Ladel & Kortenkamp 2012, Sinclair & Heyd-Metzuyanim). Ces travaux amènent divers résultats et propositions concernant les usages de technologies pour favoriser l'apprentissage du nombre : par exemple, l'accès à différentes formes de représentations du nombre est identifié par différents auteurs comme susceptible de soutenir les apprentissages. De même, le fait que le logiciel fournisse (du moins dans certains cas) une rétroaction à l'élève, sans nécessité d'intervention du professeur, est identifié comme l'un des apports possibles des technologies. En termes de mise en œuvre en classe, Maschietto et Soury-Lavergne (2013) ont

montré l'intérêt de l'articulation de supports matériels et de supports logiciels, notamment par la manipulation rendue possible par les supports matériels. Cependant, de nombreux auteurs soulignent également la difficulté de l'appropriation des ressources technologiques par les professeurs (Assude 2007). La recherche en didactique des mathématiques doit donc s'intéresser non seulement aux apports possibles des logiciels pour les élèves, mais également aux ressources susceptibles de favoriser leur emploi par les professeurs : c'est l'orientation que nous avons retenue ici.

Contexte de l'étude présentée

Notre étude se situe dans le contexte de l'école maternelle en France. Cette école comporte généralement 3 années : Petite Section (enfants de 3-4 ans), Moyenne Section (enfants de 4-5 ans) et Grande Section (enfants de 5-6 ans). Dans certaines écoles existent des Très Petites Sections qui accueillent les enfants de 2 ans. Les professeurs enseignant en maternelle reçoivent la même formation que tous les professeurs du primaire ; et un programme officiel³ décrit les contenus à enseigner. Dans ces programmes, les mathématiques n'apparaissent pas explicitement. Cependant le domaine « Construire des outils pour structurer sa pensée » comporte deux titres qui sont clairement mathématiques : « Découvrir les nombres et leurs utilisations » et « Explorer des formes, des grandeurs, des suites organisées ». De plus le domaine nommé « Explorer le monde » commence par un intitulé « Se repérer dans le temps et l'espace » que l'on peut aussi considérer comme mathématique.

Dans cet article nous nous intéressons plus particulièrement à l'enseignement des nombres entiers. Le programme prévoit que l'élève « [apprenne à] construire le nombre pour exprimer les quantités, de stabiliser la connaissance des petits nombres et d'utiliser le nombre comme mémoire de la position ». Les élèves doivent apprendre la suite des mots nombres et l'écriture chiffrée des nombres jusqu'à 10. Il s'agit pour les enseignants d'amener les élèves à construire le nombre, à comprendre notamment qu'il peut être utilisé comme mémoire de la quantité. Margolinas et Wozniak (2012) montrent qu'il faut amener les élèves à utiliser la suite orale des mots nombres en tant que collection intermédiaire, qui permet d'associer un nombre à une quantité et donc de définir le cardinal d'une collection.

³ Consultable à l'adresse

http://cache.media.education.gouv.fr/file/MEN_SPE_2/84/6/2015_BO_SPE_2_404846.pdf

Perspectivas da Educação Matemática – INMA/UFMS – v. 9, n. 21 – Seção Temática – Ano 2016

Cet apprentissage essentiel soulève des difficultés didactiques pour le professeur : il s'agit en effet de concevoir et de mettre en œuvre en classe des situations qui vont permettre la construction du sens du nombre. En France les évaluations menées à l'entrée au CP (élèves de 6-7 ans) ont montré que pour une proportion importante d'élèves, cet objectif n'était pas atteint. En conséquence, le ministère de l'Éducation a lancé de projet de création de ressources pour l'enseignement du nombre en maternelle, et a soutenu la constitution d'équipes formées de professeurs et de chercheurs. Nous avons travaillé au sein d'une telle équipe, le groupe MARENE (pour Mallette de Ressources pour le Numérique à l'École), entre 2011 et 2015. Nous nous intéressons en particulier à un ensemble de ressources intitulé « Voitures et Garages » (VG dans ce qui suit), qui permet à un enseignant de mettre en place une situation pour l'apprentissage du nombre mémoire de la quantité.

La situation VG est inspirée d'une situation conçue par le groupe ERMEL (Charnay et al. 2005). 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. Cette situation peut se pratiquer avec du matériel tangible : par exemple des petites voitures en plastique et des boîtes d'allumettes. Le groupe MARENE a conçu un logiciel qui reproduit cette situation sur ordinateur (figure 1).



Figure 1 - Deux écrans du logiciel voitures et garages. Les garages sont affichés, puis disparaissent. Les élèves doivent placer le bon nombre de voitures dans la zone grise avec la souris.

Un certain nombre de garages (le professeur choisit le champ numérique) apparaît. Puis ces garages disparaissent, un grand nombre de voitures apparaissent sur la droite de l'écran. Les élèves doivent déplacer dans la zone grisée en bas de l'écran le bon nombre de voitures. Une fois que l'élève a validé son choix, les garages réapparaissent ; les voitures choisies par l'élève

sont rangées dans ces garages, ce qui permet de valider ou d'invalider le choix qu'il a fait. Un mode « appropriation » existe aussi, dans lequel les garages restent toujours visibles.

La « mallette » de ressources conçues par le groupe MARENE comporte du matériel tangible : étiquettes représentant les voitures et des boîtes d'allumettes pour les garages ; le logiciel accompagné d'un tutoriel, et d'autres ressources pour le professeur (exemple de séquence, fiches pour la mise en commun au tableau etc.) Le travail que nous analysons ici fait partie de la conception de cette mallette. Après cette présentation du contexte de notre travail, nous exposons (partie 2) le cadre théorique de l'approche documentaire que nous mobilisons dans notre travail.

Cadre théorique et questions de recherche

Le cadre de l'approche documentaire

Nous retenons pour cette étude le cadre théorique de l'approche documentaire (Gueudet & Trouche 2009). Nous considérons ainsi que le professeur interagit dans son enseignement avec un ensemble de ressources. Nous attribuons au concept de ressources un sens très large, en nous référant au travail de Adler (2000) : tout ce qui peut ressourcer les pratiques du professeur. Ainsi certaines ressources relèvent de ce qu'on nomme usuellement ressources scolaires : une fiche décrivant une séance de classe, un logiciel conçu pour l'enseignement, du matériel à manipuler. Mais l'enseignant peut aussi constituer en ressources des éléments de diverses natures : les réactions des élèves, le temps dont il dispose, par exemple. Nous considérons que l'enseignant n'est pas un simple utilisateur de ressources ; il/elle est concepteur de son enseignement, et mobilise de nombreuses ressources dans ce but. L'enseignant cherche des ressources, il/elle les choisit, les modifie, les associe. Il/elle les met en œuvre en classe, les modifie à nouveau, éventuellement les partage avec des collègues. Nous nommons cette activité le travail documentaire des professeurs. Ce travail, essentiel dans l'activité professionnelle du professeur, se déroule en classe et en dehors de la classe.

L'approche documentaire est enracinée dans l'approche instrumentale développée par Rabardel (1995), qui a été largement mobilisée en didactique des mathématiques pour l'étude des apprentissages réalisés par les élèves travaillant avec les technologies (Guin, Ruthven & Trouche 2005). Cette approche distingue un artefact conçu pour une activité finalisée, et

l'instrument développé par un sujet à partir de cet artefact au cours de son activité. L'instrument comporte l'artefact ou une partie de celui-ci et un schème d'utilisation de cet artefact (Vergnaud 1996). Le schème est une organisation stable de l'activité, pour un ensemble de situations correspondant à un même but de l'activité. Il comporte lui-même plusieurs éléments : le but ; des règles d'actions ; des invariants opératoires et des possibilités d'inférence. Les invariants opératoires sont des connaissances construites au fil de l'activité : théorème en actes (propositions considérées comme vraies) ou concepts en actes (concepts considérés comme pertinents).

Dans l'approche documentaire, le sujet que nous considérons est un professeur. Celui-ci est engagé dans une activité finalisée, dont le but peut être par exemple « concevoir et mettre en œuvre un enseignement sur le nombre pour des élèves de 4-5 ans ». Cet enseignant interagit avec un ensemble de ressources (dont certaines sont des artefacts ; mais ce n'est pas le cas, par exemple, d'une expression d'incompréhension sur le visage d'un élève, qui peut néanmoins se constituer en ressource pour le professeur). Au cours de cette activité, nous considérons que le professeur développe un document, composé de ressources recombinaisonnées, modifiées, et d'un schème d'utilisation de ces ressources. Ce schème comporte un but (celui que nous avons cité ci-dessus), des règles d'actions qui sont les manières de procéder du professeur (les éléments stables de ces manières de procéder), par exemple « l'enseignement débute par un jeu durant lequel les élèves vont devoir mobiliser le nombre pour gagner ») des possibilités d'inférences, et des invariants opératoires. Pour un professeur, les invariants opératoires relèvent des connaissances ou convictions professionnelles (Rezat 2012). Par exemple ici : « une situation de type jeu favorise l'apprentissage du nombre ». Le processus de développement du document est nommé genèse documentaire. Une genèse documentaire (comme une genèse instrumentale) est composée de deux processus associés : d'une part, les caractéristiques des ressources façonnent le développement des schèmes, et influencent donc les pratiques des professeurs : il s'agit d'un phénomène d'instrumentation. A l'inverse, le professeur modifie les ressources en fonction de ses convictions professionnelles: c'est alors un phénomène d'instrumentalisation.

Orchestration et approche documentaire

L'approche instrumentale introduit la notion d'orchestration instrumentale, définie comme « l'organisation systématique des artefacts disponibles dans un environnement donné,

pour la mise en œuvre d'une activité (mathématique) donnée » (Trouche, 2009). Ici nous nous intéressons à des orchestrations que l'on pourrait nommer orchestrations documentaires : il s'agit de considérer l'agencement par le professeur des ressources disponibles. Drijvers (2012), observant des professeurs de mathématiques travaillant avec des logiciels, a identifié différents types d'orchestrations. Au niveau de la maternelle, sont développées des orchestrations spécifiques, comme le montrent Carlsen et al. (2016) qui étudient des orchestrations liées à l'investigation et Gueudet, Poisard et Bueno-Ravel (2014) qui ont complété la typologie de Drijvers avec de nouveaux types d'orchestration. Par exemple, « Utilisation accompagnée » est une orchestration qui concerne un élève ou un binôme d'élèves, travaillant sur un ordinateur, et pour lequel le professeur reste présent afin d'intervenir en cas de difficulté. Notre travail s'inscrit dans la continuité de ces recherches ; il nous a amenées à identifier encore d'autres types d'orchestrations dans le contexte de la maternelle ; nous en mentionnons certains dans la partie 4 de cet article. Selon la perspective que nous retenons, la mise en place régulière de certaines orchestrations témoigne de règles d'actions, pilotées par des invariants opératoires. L'évolution des choix d'orchestration témoigne quant à elle de genèses documentaires en cours. Ainsi nous nous intéressons à identifier les orchestrations et leurs évolutions dans un objectif d'analyse des documents développés par les professeurs.

Questions de recherche

Avec cette perspective, nous nous proposons d'étudier les questions de recherche suivantes :

- (1) Quelles orchestrations pouvons-nous observer dans le contexte de l'école maternelle, lors de l'usage de ressources technologiques pour l'apprentissage du nombre ?
- (2) Quels documents sont développés par un professeur dans ce contexte ?
- (3) Quelles évolutions des orchestrations et des documents apparaissent, pour un usage qui se déroule sur plusieurs années ?

Dans cet article nous nous centrons sur le cas d'un seul professeur que nous avons suivi pendant deux années lors d'un enseignement du nombre pour des élèves de 4 et 5 ans utilisant les ressources Voitures et Garages (VG) décrites ci-dessus.

Méthodologie

Notre méthodologie est un étude de cas (Yin 2003) concernant une professeur que nous nommons ici Mia. Nous l'avons suivie de 2012-2013 (année 1) à 2013-2014 (année 2). Il s'agit d'une enseignante expérimentée exerçant dans la ville de R., une ville d'importance moyenne, membre du groupe MARENE depuis 2011.

Données recueillies

Mia a tout d'abord renseigné un questionnaire de présentation dans lequel les aspects suivants sont abordés : histoire professionnelle du professeur, environnement de travail, point de vue sur l'enseignement des mathématiques, point de vue sur les technologies, investissements collectifs, rapport personnel aux mathématiques. Nous avons également mené avec Mia un entretien initial portant sur ses ressources pour l'enseignement des mathématiques et son travail documentaire. Lors de cet entretien, Mia nous a 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. En année 1 et 2, Mia a mis en œuvre deux séquences à partir de la ressource VG conçue dans le groupe MARENE. Nous avons filmé des séances issues de ces deux séquences. Les vidéos permettent de capter les choix de mise en œuvre, les transactions élèves/professeurs/ressources. De plus, nous sollicitons le regard réflexif du professeur sur sa pratique. Les séances observées sont précédées d'échanges pré séances et suivies d'échanges post séance. Des écrits professionnels (fiches de préparation des séances, etc.) ont été collectés sur les deux années. Au terme de la mise en œuvre de chaque séquence sur un thème donné, un entretien bilan est organisé. Il vise à la verbalisation par l'enseignant de son action et des raisons qui pilotent cette action, qui motivent ses choix. Pour faciliter ce retour réflexif sur les différentes étapes de son travail, différents supports (fiches de préparation, extraits vidéos, etc.), sont montrés à l'enseignant lors de cet entretien.

Traitement des données

Pour traiter les données dont nous disposons, nous suivons une démarche en deux étapes. Une première étape consiste en une réduction de nos données au fil du suivi. Nous transcrivons les différents entretiens. Puis, nous procédons à leur codage en réalisant un

découpage du discours du professeur en plusieurs thèmes : ressources, activité professionnelle et connaissances. Pour traiter les vidéos, nous produisons des descriptifs de séquences et de séances. Dans les descriptifs, on fait figurer les ressources mobilisées par le professeur lors de chaque séance, le type de séance et les modalités de travail retenues (collectif, individuel, etc.), des événements remarquables survenus lors de la séance, etc. Dans une deuxième étape, il s'agit d'identifier et de comparer les documents développés et les mises en œuvre proposées d'une année sur l'autre. Nous produisons alors deux types de représentations : des tableaux documents (Besnier, 2016) et des planches de bande dessinées (Morales Ibarra, 2014). Les tableaux documents sont des éléments de représentation des documents du professeur (voir Tableaux 1 à 5). En cohérence avec notre cadre théorique, le tableau document reprend l'idée que le document est développé dans le contexte d'une classe de situations d'activité professionnelle, en référence à un but et qu'il est composé de ressources recombinaisons, de règles d'action et de connaissances professionnelles (invariants opératoires). Le renseignement de ces tableaux est alimenté par les entretiens analysés de façon thématique, les synthèses de séances filmées, les données naturelles du professeur. Nous produisons également des planches de bandes dessinées (voir figures 2, 4, 5 et 6). Ces représentations donnent à voir les orchestrations mises en œuvre par le professeur et permettent de concentrer le regard sur une sélection d'interactions professeurs/élèves/ressources.

Genèses documentaires et choix d'orchestration

Cette partie est consacrée à l'analyse des genèses documentaires de Mia et des orchestrations mises en œuvre sur les deux années. Pour situer cette analyse, nous commençons par présenter ce professeur et son contexte de travail. Puis nous analysons les usages de la ressource VG.

Présentation de Mia et de son contexte de travail

Mia enseigne en petite section de maternelle (PS élèves de 2 et 3 ans) depuis 10 ans dans une école du centre-ville de R. Mia dit aimer les mathématiques surtout depuis qu'elle a quitté l'école, depuis qu'elle doit les enseigner. 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 essentiels pour l'apprentissage. En ce qui concerne les technologies, au moment où commence le suivi, Mia les utilise dans son enseignement depuis environ sept ans. Plusieurs extraits d'un entretien mené en année 1 nous renseignent sur ces utilisations. Mia indique utiliser l'ordinateur dans le domaine du langage et des mathématiques. En mathématiques, l'ordinateur avec différents logiciels dont dispose Mia est utilisé pour des activités d'entraînement dans plusieurs domaines : « numérique, géométrie, grandeurs et mesures ». Mia semble considérer que l'usage d'ordinateurs peut aider à multiplier pour les élèves des situations d'entraînement qui pourraient être compliquées à mettre en place autrement. L'ordinateur présente aussi selon Mia des avantages en terme de gestion du groupe, elle évoque ainsi un usage de celui-ci selon des modalités de « délestage ». Enfin, Mia perçoit dans l'usage de l'ordinateur un levier supplémentaire pour motiver certains élèves, les relancer en cas de blocage comme elle l'indique dans le questionnaire et dans l'entretien visite guidée des ressources. Les séances menées avec les ressources MARENE se déroulent dans le cadre d'un décloisonnement⁴ mathématique quotidien durant lequel Mia accueille des élèves de Moyenne Section et de Grande Section (GS, élèves de 5 ans ; MS, élèves de 4 ans). Le format du décloisonnement 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 VG, 6 élèves de MS. En année 2, Mia accueille des groupes de 6 ou 7 élèves de MS et de 3 élèves de GS ou de 6 élèves de GS et de 3 élèves de MS selon la période de l'année. Les séances étudiées dans cet article concernent les élèves de MS. La classe comporte plusieurs coins (nature, lecture et regroupement) et plusieurs îlots de tables. Mia dispose de deux salles attenantes à sa classe. En décloisonnement, elle 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 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.

⁴ Le décloisonnement est un dispositif courant en maternelle. Il consiste pour le ou les enseignants de PS d'une école à recevoir des élèves d'autres classes de l'école pendant que ses propres élèves font la sieste de 13h45 à 14h30/14h45.

Analyse de documents développés et des orchestrations mises en œuvre sur les deux années

Dans cette partie, nous présentons une analyse de plusieurs séances menées en année 1 et 2. Nous pouvons considérer que le travail documentaire de Mia vise toujours un but général : « concevoir et mettre en œuvre (C/O) l'enseignement du nombre mémoire de la quantité pour des élèves de 4 ans ». Cependant, pour accéder à des éléments de schème plus précis, nous nous intéressons à des sous-buts de celui-ci « C/O un moment d'apprentissage et d'entraînement » et « C/O un moment de synthèse » (sous-entendu, « pour l'enseignement du nombre mémoire de la quantité pour des élèves de 4 ans »). Nous identifions des orchestrations mises en œuvre et des documents développés en lien avec ces sous-buts.

Documents développés pour le but « concevoir et mettre en œuvre un moment d'apprentissage et d'entraînement » et orchestrations associées

Nous nous intéressons successivement à la séance 3 (menée en année 1) et aux séances 9, 19 et 22 (menées en année 2).

En année 1, Mia choisit d'entrer dans la situation avec le logiciel. La séquence se déroule selon le modèle suivant : les phases d'appropriation de la tâche et d'évaluation diagnostique sont menées sur le logiciel. La phase d'apprentissage est également menée sur le logiciel pendant plusieurs séances. La phase de synthèse est menée à partir d'un matériel créé par Mia pour l'occasion. Nous revenons ici sur la séance 3 qui s'insère dans la phase d'apprentissage.

Pour cette séance, Mia a constitué trois binômes. Elle choisit de ne faire travailler qu'un seul binôme à la fois sur le logiciel VG. Nous repérons dans cette séance une orchestration de type « Utilisation accompagnée » dans laquelle Mia intervient auprès du binôme d'élèves travaillant sur VG. Plusieurs raisons peuvent expliquer ce choix d'orchestration. D'une part, Mia a relevé lors de la séance précédente des difficultés importantes de cinq élèves sur six par rapport à la manipulation de la souris. Elle estime lors de l'échange pré séance qu'elle doit se laisser l'opportunité de soutenir les élèves par rapport à cet aspect et il lui semble a priori difficile de remplir ce rôle si plusieurs binômes travaillent simultanément sur VG : *« c'est sur un seul ordi le mien il faut que... je vais me poser vraiment avec un seul binôme, t'as bien vu la dernière fois t'es obligé là avec les MS d'être en appui sur la manip et même ils ont quand même*

du mal à verbaliser [...] donc en binôme pas tout seul sinon... parce que là c'est apprentissage-construction donc il faut quand même qu'il y ait contact [...] je vais me poser avec le binôme qui travaille sur voitures et garages ». D'autre part, cette orchestration vise également à soutenir la verbalisation, les échanges entre élèves qui lui semblent plus difficiles pour des élèves de cet âge. Cette orchestration qui donne un rôle important au professeur rentre en tension avec les habitudes de travail et les connaissances professionnelles que nous avons pu identifier chez Mia. Elle exprime ainsi lors de l'échange post séance plusieurs réserves sur la séance qui vient d'être menée. Elle constate que sa présence accrue dans le dispositif mis en place a pu inhiber certains élèves. Mia envisage alors pour la suite du dispositif des modalités de travail différentes : elle prévoit a priori un travail de deux binômes en simultané sur deux ordinateurs équipés de VG avec un positionnement plus distant. Nous notons également lors de cet échange post séance qu'elle s'appuie sur les notes prises sur les procédures des élèves pendant la séance 3, pour ajuster la composition des futurs binômes. Mia semble ainsi compter sur les interactions futures entre certains élèves pour faire avancer ces derniers dans la résolution de la tâche lors des séances suivantes. Des éléments de représentation du document correspondant figurent dans le tableau suivant (tableau 1) :

| But | Ressources | Règles d'action | Invariants opératoires |
|---|--|--|--|
| C/O des moments d'apprentissage et d'entraînement | - logiciel VG sur un ordinateur (Mac) - les échanges produits dans les binômes d'élèves - fiche de prépa suivi | - faire travailler les élèves en binômes, un binôme à chaque fois en « Utilisation accompagnée » - prévoir des combinaisons de binômes pour la prochaine séance | - les élèves ont besoin de soutien, on ne peut pas suivre plus d'un binôme à la fois - les échanges entre pairs favorisent les apprentissages mais avec les élèves de cet âge ils sont plus difficiles, il faut soutenir la verbalisation |

Tableau 1 - Éléments de représentation du document AE (Apprentissage et Entraînement), séance 3

Nous nous intéressons dans ce qui suit à la séquence menée en année 2. Contrairement à l'année précédente, Mia choisit d'entrer dans la situation par le matériel manipulable pour les phases d'appropriation et d'évaluation diagnostique. La phase d'apprentissage est ensuite organisée selon des modalités différentes par rapport à l'année 1. Tout d'abord, Mia mobilise uniquement le logiciel. Puis, Mia associe l'usage du logiciel et du matériel manipulable. Nous notons la mise en œuvre de plusieurs orchestrations que nous détaillons à partir d'exemples extraits des séances 9, 19 et 22. Dans la figure 2 nous donnons à voir plusieurs orchestrations mises en œuvre lors de la séance 9.

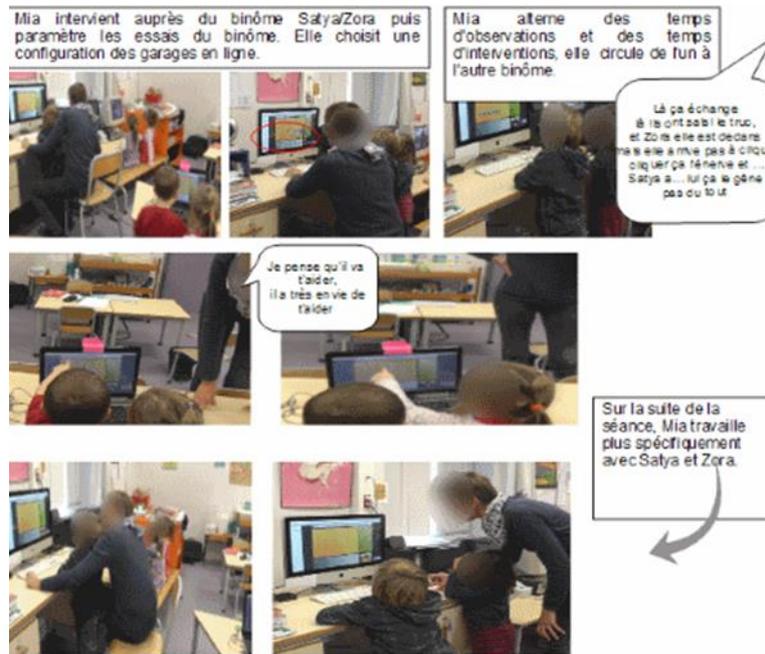


Figure 2 - « Travail entre pairs » ; « Utilisation accompagnée »

Lors de cette séance, nous notons que contrairement à l'année précédente, lors de la première séance d'apprentissage menée à partir du logiciel VG, Mia ne se place pas d'emblée dans une « Utilisation accompagnée ». Il s'agit d'une évolution amorcée en année 1⁵. Lors de cette séance, nous repérons ainsi une nouvelle orchestration en regard des typologies précédemment identifiées (cf partie 2). Nous avons nommé celle-ci « Travail entre pairs ». Mia laisse ainsi tout d'abord les élèves discuter à l'intérieur de chaque binôme sur la situation. Mia se positionne en retrait, observant tantôt l'un, tantôt l'autre. Au cours de son observation des binômes, elle modifie les paramètres de la tâche proposée dans le logiciel pour chaque binôme. Après avoir circulé auprès de chaque binôme, Mia soutient un groupe en particulier (Zora et Satya). Nous repérons l'orchestration « Utilisation accompagnée ». Mia questionne ces élèves sur leurs stratégies, soutient ces derniers dans la manipulation de la souris. Mia note en cours de séance que l'autre binôme⁶ semble collaborer efficacement tant sur les aspects techniques que mathématiques ce qui lui permet de travailler plus spécifiquement avec ces deux élèves. Nous avons noté au cours de l'année 1 que Mia suivait la règle d'action suivante pour la mise au travail des élèves sur le logiciel lors de la phase d'apprentissage : « constituer

⁵ A la suite de la séance 3 menée en année 1 Mia avait souhaité modifier son dispositif de façon à laisser davantage de champ aux élèves. Elle avait ainsi emprunté un deuxième ordinateur à sa collègue et fait travailler deux binômes d'élèves simultanément lors de la séance 4

⁶ Par exemple Timéo pointe les garages sur l'écran pendant que Béa énonce la comptine.

« systématiquement des binômes d'élèves » (voir Tableau 1). Selon Mia, le travail par binôme est en général favorable à l'apprentissage, permettant des échanges nécessaires pour faire émerger les connaissances mathématiques des élèves. Nous pouvons identifier un invariant opératoire associé à cette règle d'action : les échanges entre pairs favorisent les apprentissages, la réalisation conjointe d'une tâche favorise l'apprentissage. La collaboration entre élèves semble cette année encore jouer un rôle critique dans le travail documentaire de Mia comme le montre le tableau 2. La constitution des binômes fait l'objet d'une réflexion avant chaque séance dont elle garde trace sur sa fiche de prépa suivi, qui apparaît comme une ressource essentielle sur les deux années. En italique nous faisons figurer les évolutions dans le document.

| But | Ressources | Règles d'action | Invariants opératoire |
|---|---|--|--|
| C/O des moments d'apprentissage et d'entraînement | - logiciel VG sur deux ordinateurs [tâche auto validante proposée par le logiciel, paramétrages possibles, écran des scores] - les échanges produits dans les binômes d'élèves - fiche de prépa suivi | - <i>se positionner en retrait, observer les élèves pendant un certain temps</i> - faire travailler les élèves en binômes - apporter un soutien auprès d'un binôme | - <i>la présence de l'adulte peut inhiber des élèves dans la recherche d'une solution</i> - les échanges entre pairs favorisent les apprentissages, la réalisation conjointe d'une tâche (en général) favorise l'apprentissage - certains binômes ou élèves ont besoin d'une intervention ciblée du professeur |

Tableau 2 - Éléments de représentation du document AE, séance 9, évolution en année 2

Cependant, lors des séances suivantes, chez certains élèves, Mia constate qu'il n'y a pas de réelle collaboration entre les élèves lorsqu'ils travaillent sur le logiciel. Elle explique lors de l'entretien bilan : « *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.* ». Le problème de la collaboration entre élèves la conduit à faire évoluer son dispositif lors des séances suivantes. Nous repérons ainsi plusieurs orchestrations, nouvelles par rapport à l'année précédente. Nous les détaillons à partir d'exemples issus des séances 19 et 22.

Lors de la séance 19, Mia divise son groupe en plusieurs binômes. Nous repérons une orchestration « Travail en autonomie » en binôme et en individuel sur le logiciel pour trois élèves ayant franchi l'obstacle (Figure 3).



Figure 3 - «Travail en autonomie»

Pour les élèves travaillant sur logiciel, Mia paramètre une disposition des garages en ligne. Dans cette orchestration, Mia a un contrôle très distant de ce que font les élèves grâce à l'écran des scores qu'elle vient consulter en fin de séance. Nous repérons également l'orchestration « Retour au matériel » (Figures 4 et 5).



Figure 4 - « Retour au matériel »

Dans cette orchestration, le matériel tangible est utilisé avec certains élèves soutenus par Mia tandis que les autres travaillent en autonomie sur le logiciel. Dans un premier temps, chaque élève doit résoudre individuellement la tâche. Dans un second temps, les élèves doivent résoudre la tâche en binôme, décider d'une procédure commune pour aller chercher « juste ce qu'il faut de voitures ». La mise en œuvre simultanée des deux orchestrations « Travail en autonomie » et « Retour au matériel » nous semble facilitée par le paramétrage du logiciel, et le fait que le professeur peut avoir accès aux résultats des élèves laissés en autonomie via l'écran des scores. Nous notons lors de la séance que Mia doit souvent relancer les élèves au travail sur les boîtes pour qu'ils prennent bien en charge ensemble la résolution de la tâche (Voir figure 5).

Après plusieurs essais, Mia décide de faire travailler Samuel et Laurent sur le même lot de garages



| | |
|-----|--|
| 230 | M: alors on va faire quelque chose, Samuel et Laurent on va je vais vous donner une barquette pour vous deux et Laurent tu vas jouer avec Samuel et je vais vous donner des garages Samuel tu joues avec Laurent tous les deux et vous devez ramener ce qu'il faut de voitures ensemble c'est pour vous deux ça Samuel se lève |
| 231 | M: attendez vous êtes d'accord pour ramener ? Laurent a pris trois garages dans ses mains. Attendez, ça va ensemble ! On a tout ça ! |
| 232 | Estelle : j'ai gagné !! Estelle saute en l'air en levant les bras |
| 233 | M: bravo Estelle tu peut aller regarder les livres maintenant là [...] |

Les garçons attention, vous n'avez qu'une barquette pour vous deux

Vous vous mettez d'accord tous les deux vous n'avez le droit d'aller qu'une fois au magasin de voitures... les deux élèves se lèvent

Vous décidez ensemble ce que vous allez faire et ce que vous allez ramener. Laurent et Samuel ? Samuel ?

| | |
|-----|---|
| 243 | Rodrigue : Mia on a fait beaucoup de vert ! |
| 244 | M: je vais venir voir Rodrigue... Alors tu vois contrairement au groupe d'hier qui était drôlement homogène là y a un souci en fait parce que ceux là montre Rodrigue, Alix et Sandra ils savent carrément ils déjà... et ils vont faire à leur place si je les mets ensemble et puis de l'autre côté y a ceux qui sont pas.... |

Les deux élèves regardent alternativement Mia et les garages

Samuel et Laurent vont chercher les voitures, puis reviennent.

Figure 5 - « Retour au matériel » (suite)

Lors de l'entretien bilan, Mia commente d'ailleurs un extrait vidéo montrant ces élèves au travail : « 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 [Mia fait référence à un binôme au travail sur les boîtes]/ C : ça force un peu le... ? M : oui que là, on leur dit juste de faire ensemble ça marche pas du tout ». Dans cet extrait, nous notons le questionnement de Mia sur la collaboration entre élèves possible à cet âge et les moyens de la favoriser. Nous avons précédemment vu l'importance pour Mia de la collaboration entre pairs pour favoriser l'apprentissage. Mia a ainsi choisi d'introduire de la collaboration dans l'orchestration « Retour au matériel » en ne mettant à disposition des élèves qu'un seul lot de garages par binôme. Mais elle constate que cette collaboration est délicate selon les élèves. Elle n'apporte pas les résultats escomptés, le retour au matériel ne permet pas forcément de débloquent les élèves. Mia indique ainsi lors de l'entretien bilan que le retour au matériel « relance un peu les élèves dans la situation » mais n'est pas suffisant. À cet égard, un élément important repéré dans la séquence menée en année 2 est donc l'évolution de l'orchestration « Retour au matériel » avec l'ajout d'une situation de communication à laquelle Mia fait référence

dans l'extrait d'entretien précédent. Cette évolution est observable lors de la séance 22 (figure 6).



Figure 6 - « Retour au matériel », situation de communication

Les élèves travaillent en binôme avec le matériel tangible, l'un joue le rôle du vendeur de voitures dans un coin de la classe, l'autre dispose de garages et doit commander au vendeur le nombre de voitures correspondant.

Mia explique au sujet de la situation de communication que « *pour les enfants qui ne débloquent pas, qui ne décoincident pas ça peut être une façon de les amener à franchir l'obstacle⁷ en les mettant deux par deux* ». 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. 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. 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. Le tableau document (tableau 3) témoigne de l'évolution des connaissances de Mia au fil des séances.

⁷L'obstacle est le suivant : étant donné une collection de garages éloignée d'un lot de voitures, il s'agit de constituer une collection de voitures afin qu'il y ait juste ce qu'il faut de voitures pour que chaque garage ait une voiture. La connaissance visée dans la séquence, se servir du nombre pour mémoriser la quantité permet de franchir l'obstacle. La nécessité de passer une commande à autrui renforce la nécessité pour celui qui commande les voitures d'éprouver le besoin de se servir du nombre pour effectuer sa commande et réussir la tâche.

| But | Ressources | Règles d'action | Invariants opératoires |
|---|---|---|---|
| C/O des moments d'apprentissage et d'entraînement | - logiciel VG sur deux postes [l'écran du maître, le tableau des scores] - boîtes de la mallette | - faire travailler les élèves en autonomie sur le logiciel - <i>se dégager du temps pour encadrer les élèves au travail sur le matériel tangible</i> - <i>revenir à une manipulation de matériel tangible, en individuel puis en binôme avec les élèves en échec</i> - <i>proposer aux élèves « bloqués » une situation de communication à partir du matériel tangible</i> | - la réalisation conjointe d'une tâche favorise l'apprentissage - les échanges entre pairs favorisent les apprentissages - <i>la collaboration est difficile pour les élèves de cet âge</i> - <i>la nécessité de faire une commande permet de franchir l'obstacle</i> - <i>la validation de la tâche doit être le plus possible à la charge de l'élève, l'élève ne doit pas guetter l'approbation de l'adulte</i> |

Tableau 3 - Éléments de représentation du document AE, séances 19 et 22, évolutions

Documents développés pour le but « concevoir et mettre en œuvre un moment de synthèse »

Pour analyser la préparation et la conduite des moments de synthèse, nous nous intéressons successivement à deux séances : la séance 5, menée en année 1 et la séance 19, menée en année 2.

En année 1, nous repérons le type d'orchestration « Duo logiciel matériel ». Dans cette orchestration, un matériel tangible est introduit en lien avec la tâche proposée dans le logiciel. Mia a recours à un système d'étiquettes manipulables au tableau créé pour l'occasion à partir de captures d'écran du logiciel (Figure 7). Mia appelle ce dispositif son « TNI artisanal ». Elle transpose en environnement tangible la tâche proposée dans le logiciel. Elle ne dispose pas d'un équipement lui permettant de projeter l'écran du logiciel. L'écran d'ordinateur est jugé trop petit. Il y a pour Mia un manque de ressources adaptées à ses objectifs didactiques, nous repérons dans cette création de ressources un phénomène d'instrumentalisation.



Figure 7 - Système d'étiquettes année 1

Le support manipulable au tableau permet de rendre visible par chacun les procédures que les élèves utilisent sur le logiciel et d'institutionnaliser la procédure gagnante. Cet aspect est lié aux connaissances de Mia concernant la verbalisation en mathématiques et les échanges entre pairs. Ces connaissances la conduisent à revisiter les ressources proposées et à en créer de nouvelles (processus d'instrumentalisation). Ce système d'étiquettes est visuellement très fortement lié au logiciel (il s'agit de captures d'écran du logiciel). De plus Mia veille à employer des formulations déjà rencontrées par les élèves lors du travail sur le logiciel. À la suite de l'analyse de cette séance, nous considérons que Mia a développé un document (tableau 4).

| But | Ressources | Règles d'action | Invariants opératoires |
|-----------------------------|---|--|---|
| C/O des moments de synthèse | <ul style="list-style-type: none"> - système d'étiquettes manipulables (captures d'écran du logiciel) - propositions des élèves | <ul style="list-style-type: none"> - employer un vocabulaire qui se rapproche de celui employé lors du travail sur le logiciel - rester proche de la disposition proposée dans le logiciel - employer le visuel du logiciel - faire s'exprimer les élèves et les faire essayer les différentes procédures qu'ils proposent | <ul style="list-style-type: none"> - les élèves peuvent avoir des difficultés à reconnaître une même situation lorsque le matériel varie, lorsque le contexte change. - importance de la verbalisation en mathématiques - les échanges entre pairs favorisent les apprentissages |

Tableau 4 - Éléments de représentation du document, « Synthèse », séance 5 année 1

En année 2, nous repérons une ressource déjà mobilisée en année 1, le système d'étiquettes, associé à l'orchestration « duo logiciel matériel ». Comme l'année précédente, Mia insiste sur la comparaison de ce matériel avec l'expérience vécue par les élèves sur le logiciel. Dans le souci de renforcer ce lien, le système d'étiquettes est modifié afin de reconstituer le plus fidèlement possible l'interface du logiciel au tableau comme le montre la Figure 8 (ajout d'une bande grise).



Figure 8 - Système d'étiquettes année 2

On observe ici un processus d'instrumentation : on perçoit en effet l'influence de l'ergonomie du logiciel, organisé en trois zones distinctes : la zone des garages, la zone des voitures, la zone des voitures à garer dans les garages (matérialisée par une bande papier grise). Cette transformation est justifiée par Mia lors de l'entretien d'auto confrontation : « *je voulais me rapprocher du logiciel... je trouvais qu'ils ne s'en étaient pas bien servi du logiciel je voulais pas changer encore et après tu vois, je voulais essayer de pas surcharger je trouvais que ça avait été assez lourd à mener comme séquence et qu'ils qu'on s'était beaucoup perdus dans des choses [...] j'ai voulu plus ... rendre les situations identiques* ». Nous notons une connaissance professionnelle identifiée en année 1 qui se renforce suite à la mise en œuvre effectuée en année 2 : les élèves peuvent avoir des difficultés à reconnaître une même situation lorsque le matériel varie, lorsque le contexte change. Mia fait passer chaque élève au tableau. Les propositions sont discutées par les élèves. Cette phase illustre la place importante que Mia accorde à la verbalisation en mathématiques. Par rapport à l'année précédente, nous notons également que Mia change pour chaque essai les étiquettes garages disposées au tableau : elle enlève à chaque fois une partie des étiquettes disposées pour l'essai précédent, en reprend dans une barquette sur son bureau et repose un nouveau lot de garages au tableau. Mia explique en cours de séance que certains élèves ont l'impression « qu'elle ne fait que bouger les garages ». Par ces changements d'étiquettes, on peut penser que Mia souhaite que les élèves se rendent compte que la quantité de garages change : « *ce n'est pas toujours six, ce n'est pas toujours sept* » dit-elle en fin de synthèse. Le document développé en année 1 a évolué (tableau 5).

| But | Ressources | Règles d'action | Invariants opératoires |
|-----------------------------|---|--|---|
| C/O des moments de synthèse | - système d'étiquettes manipulables [captures d'écran du logiciel] année 1 modifié [ajout d'une bande grise] - propositions des élèves | - employer un vocabulaire proche de celui employé lors des utilisations du logiciel - rester proche de la disposition proposée dans le logiciel - employer le visuel du logiciel, <i>ajouter une bande grise</i> - <i>prendre de nouvelles étiquettes garages pour chaque nouvel essai, dire que l'on a changé les étiquettes</i> - faire s'exprimer les élèves, faire essayer les différentes procédures qu'ils proposent | - les élèves peuvent avoir des difficultés à reconnaître une même situation lorsque le matériel varie, lorsque le contexte change. - <i>les élèves risquent de penser que le même nombre « marche » à chaque essai.</i> - importance de la verbalisation en mathématiques - les échanges entre pairs favorisent les apprentissages |

Tableau 5 - Éléments de représentation du document « Synthèse », séance 19 année 2, évolutions.

Synthèse

Les questions posées au départ de notre travail étaient les suivantes :

- (1) Quelles orchestrations pouvons-nous observer dans le contexte de l'école maternelle, lors de l'usage de ressources technologiques pour l'apprentissage du nombre ?
- (2) Quels documents sont développés par un professeur dans ce contexte ?
- (3) Quelles évolutions des orchestrations et des documents apparaissent, pour un usage qui se déroule sur plusieurs années ?

Nous avons étudié ces questions dans le cas de Mia, une enseignante expérimentée, en nous centrant sur les documents développés pour deux buts, « C/O des moments d'apprentissage et d'entraînement » et « C/O des moments de synthèse » (pour l'apprentissage du nombre avec des enfants de 4 ans). Nous présentons ci-dessous les résultats concernant Mia, et tentons de mettre en évidence des éléments dont la portée est susceptible de dépasser ce seul cas.

En ce qui concerne les orchestrations et leurs évolutions, nous avons retrouvé certains types identifiés dans des recherches précédentes. C'est le cas par exemple des orchestrations « Utilisation accompagnée » et « Utilisation en autonomie », mises en évidence par Gueudet *et al.* (2014). Le premier type d'orchestration permet au professeur de soutenir la manipulation technique de l'outil informatique et dans certains cas la verbalisation des élèves dans les moments d'apprentissage et d'entraînement. Cette prise en charge spécifique par le professeur, particulièrement nécessaire vu l'âge des élèves, suppose que celui-ci n'ait à certains moments qu'un contrôle assez distant du travail du reste des élèves de la classe. Nous avons ainsi observé des « Utilisations en autonomie » qui peuvent être favorisées par certaines caractéristiques des

logiciels (paramétrages possibles et enregistrement des résultats des élèves). Notre étude introduit aussi les nouveaux types d'orchestrations suivants : « Retour au matériel », « Duo logiciel matériel » et « Travail entre pairs ». Les deux premières orchestrations font intervenir des ressources tangibles dont la manipulation est envisagée à différents moments du cycle de leçons. L'orchestration « Retour au matériel » est liée dans le cas étudié ici à plusieurs éléments. La collaboration des élèves pour la résolution de la tâche en environnement logiciel ne produit pas les effets escomptés. Cette orchestration « Retour au matériel » de même que l'évolution de cette orchestration (ajout d'une situation de communication) dans les phases d'apprentissage et d'entraînement constitue alors un moyen de relancer les élèves dans la situation mathématique. L'orchestration « duo logiciel matériel » est quant à elle repérée sur les deux années et systématiquement associée à la conduite des moments de synthèse.

Au-delà du cas de Mia, nous avons mis en évidence dans cette étude deux orchestrations qui nous semblent assez spécifiques dans le contexte de l'enseignement du nombre à l'école maternelle, car elles font intervenir du matériel tangible à différents moments du cycle de leçon. La manipulation de matériel tangible pour favoriser les apprentissages numériques est en effet un élément mis en avant par l'institution dans les programmes (Ministère de l'éducation nationale, 2015) mais aussi par les professeurs que nous avons pu interroger dans le cadre d'une enquête quantitative menée auprès de 164 professeurs d'école maternelle (Besnier, 2016). Cette enquête montrait aussi que les professeurs se questionnaient sur la façon de lier logiciels et matériel tangible : à quel moment d'une situation introduire l'usage de logiciels et avec quels élèves ? Comment intégrer les logiciels dans un travail d'ensemble sur le nombre ? Dans cet article, nous avons identifié une articulation possible entre matériel tangible et logiciel pour plusieurs moments du cycle de leçon (moments d'apprentissage et d'entraînement et moments de synthèse).

En ce qui concerne les documents de Mia, nous en avons analysé deux, dont nous avons suivi les évolutions au cours des deux années : un document correspondant aux moments d'apprentissage et d'entraînement, un document correspondant aux moments de synthèse.

Mia est un professeur expérimenté, elle a d'emblée des connaissances spécifiques à l'enseignement à la maternelle, par exemple : « les échanges entre pairs favorisent les apprentissages mais avec les élèves de cet âge ils sont plus difficiles, il faut soutenir la verbalisation » ; et de même « importance de la verbalisation en mathématiques ». Ces connaissances influencent clairement les usages qu'elle fait des ressources VG, en particulier

ses choix d'orchestration tels que nous les avons relatés ci-dessus. Ainsi dès la première année, elle crée un système d'étiquettes pour les moments de synthèse, et amène les élèves à formuler leurs procédures en utilisant ces étiquettes. Nous avons identifié plusieurs exemples de tels processus d'instrumentalisation. Cependant nous observons au fil des deux années des évolutions significatives des documents de Mia, c'est-à-dire des évolutions conjointes des ressources utilisées, des règles d'action (donc des usages de ces ressources) et de ses connaissances professionnelles. En termes d'évolution des ressources, nous retenons l'utilisation plus importante du matériel tangible pour les moments d'apprentissage, et la transformation du système d'étiquettes pour se rapprocher du logiciel pour la synthèse. Les règles d'actions évoluent également : pour les moments d'apprentissage, Mia laisse d'abord les élèves discuter en binômes, elle se met en retrait pour favoriser la collaboration. Pour la synthèse, elle change les étiquettes à chaque essai. Ces changements sont liés à des évolutions de connaissances professionnelles : en observant les élèves qui travaillent sur le logiciel, Mia a noté que des interactions se déroulaient dans les binômes lorsqu'elle n'était pas trop proche, et que ces interactions favorisaient les apprentissages. Elle a aussi observé lors des synthèses que si elle ne changeait pas les jeux d'étiquettes, certains élèves pensaient que le même nombre permettait toujours de gagner. Ces connaissances se sont développées au fil des interactions de Mia avec les ressources VG. Il est à noter que les documents développés par Mia sont fortement liés au travail du groupe MARENE : par exemple, le matériel tangible provient du travail du groupe ; l'intégration d'une situation de communication en année 2 fait suite à un échange professeur/chercheur. Le travail documentaire de Mia s'alimente ainsi d'une forme particulière de travail collectif à l'œuvre dans le cadre de ce groupe. Les documents développés par Mia alimentent aussi les processus de conception et d'usages de ressources : les étiquettes créées par Mia ont par exemple été transmises au groupe, intégrées dans la mallette et utilisées ensuite par une autre collègue.

Cette étude fait ressortir l'observation des élèves et le travail collectif comme des éléments importants dans le développement des documents. Plusieurs points nous paraissent intéressants en termes de perspectives de recherche. Tout d'abord, le collectif considéré ici est celui d'un groupe de recherche. L'étude présentée ici mériterait d'être prolongée par une recherche portant sur l'usage des ressources VG par des enseignants, 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. Plus généralement, la question du travail documentaire collectif des professeurs, en particulier des professeurs de maternelle pour leur enseignement de mathématiques, nécessite des études ultérieures. A quelles conditions travail documentaire individuel et travail documentaire collectif peuvent-ils se nourrir réciproquement ? Comment le travail collectif intervient-il dans le développement d'un document ? Nous poursuivons l'étude de ces questions.

References

ADLER, J. **Conceptualising resources as a theme for teacher education**. Journal of Mathematics Teacher Education, n.3, p. 205–224, 2000.

ASSUDE, T. **Changements et résistances à propos de l'intégration des nouvelles technologies dans l'enseignement mathématique au primaire**. Information Sciences for Decision Making, n. 29, 2007. http://isd.m.univ-tln.fr/articles/num_archives.htm#isd29.

BESNIER, S. **Le travail documentaire des professeurs à l'épreuve des ressources technologiques**. Brest, 2016. Thèse de doctorat – Université de Bretagne Occidentale.

CARLSEN, M., ERFJORD, I., HUNDELAND, P. S., & MONAGHAN, J. **Kindergarten teachers' orchestration of mathematical activities afforded by technology: agency and mediation**. Educational Studies in Mathematics. 2016. doi. :10.1007/s10649-016-9692-9

CHARNAY, R., BOUCULAT, N., COLOMB, J., DROUAIRE, J., & GUILLAUME, J.-C. **ERMEL, apprentissages numériques et résolution de problèmes : grande section**. Paris: Hatier, 2005.

DEL NOTARO, L. FLORIS, R. **L'utilisation de la calculette à l'école élémentaire : une nouvelle approche didactique pour l'enseignement de la numération**. MathEcole, n. 215, p. 4-18. 2005

DRIJVERS, P. **Teachers transforming resources into orchestration**. In : Gueudet, G.; Pepin, B.; Trouche, L. (Ed.) From text to 'lived resources': curriculum material and mathematics teacher development. New York, NY : Springer, 2012. pp. 265-281.

ERFJORD, I., HUNDELAND, P.S., & CARLSEN, M. **Kindergarten teachers' accounts of their developing mathematical practice**. ZDM, the International Journal on Mathematics Education 44, 653–664, 2012

GUEUDET, G. **University Teachers' Resources Systems and Documents**. International Journal of Research in Undergraduate Mathematics Education, 2016. doi:10.1007/s40753-016-0034-1

GUEUDET, G., BUENO-RAVEL, L., & POISARD, C. **Teaching Mathematics with Technology at the Kindergarten Level : Resources and Orchestrations**. In: A. Clark-Wilson,

O. Robutti & N. Sinclair (dir.), *The Mathematics Teacher in the Digital Era*. Dordrecht : Springer, 2014, pp. 213-240. doi : /10.1007/978-94-007-4638-1_10

GUEUDET, G., & TROUCHE, L. **Towards new documentation systems for mathematics teachers?** *Educational Studies in Mathematics*, n. 71(3), p. 199-218, 2009.

GUIN, D., RUTHVEN, K., & TROUCHE, L. (eds.). **The didactical challenge of symbolic calculators: turning a computational device into a mathematical instrument**. New York: Springer, 2005.

HOYLES, C., & LAGRANGE, J.-B. (Eds.) **Mathematics Education and Technology- Rethinking the Terrain** (Vol. 13). Boston, MA: Springer US, 2010.

LADEL, S., & KORTEKAMP, U. **Number concepts- Processes of Internallization and Externalization by the Use of Multi Touch-Technology**. In : U. Kortenkamp, B. Brandt, C. Benz, G. Krummheuer, S. Ladel & R.Vogel (dir.), *Early mathematics learning, selected papers of the POEM 2012 conference* (p. 237-253). Dordrecht : Springer, 2012.

MARGOLINAS, C. & WOZNIAK, F. **Le nombre à l'école maternelle une approche didactique**. Bruxelles : De Boeck, 2012.

MASCHIETTO, M., SOURY-LAVERGNE, S. **Designing a duo of material and digital artifacts: the pascaline and Cabri Elem e-books in primary school mathematics**. *ZDM Mathematics Education*, n.45, p. 959-971, 2013

Ministère de l'éducation nationale. Programme de l'école maternelle. **Bulletin Officiel de l'éducation nationale, n°2 du 26 mars 2015**. Repéré à http://cache.media.education.gouv.fr/file/MEN_SPE_2/37/8/ensel4759_arrete-annexe_prog_ecole_maternelle_403378.pdf

MORALES IBARRA, G. **L'enseignement et l'apprentissage de la représentation. Une étude de cas en maternelle : « le jeu des trésors »**. Brest, 2014. Thèse de doctorat – Université de Bretagne Occidentale.

RABARDEL, P. **Les hommes et les technologies : approche cognitive des instruments contemporains**. Paris: Armand Colin, 1995.

REZAT, S. **Interactions of teachers' and students' use of mathematics textbooks**. In: G. Gueudet, B. Pepin, & L. Trouche (Eds.), *From Text to 'Lived' Resources. Mathematics Curriculum Materials and Teacher Development* (pp. 231-246). New York: Springer, 2012.

SINCLAIR, N., & HEYD-METZUYANIM, E. **Learning Number with Touch Counts: The Role of Emotions and the Body in Mathematical Communication**. *Technology, Knowledge and Learning*, n. 19(1-2), p. 81-99, 2014

TROUCHE, L. **Penser la gestion didactique des artefacts pour faire et faire faire des mathématiques : les orchestrations instrumentales, au cœur de la documentation du professeur**. *L'Éducateur*. 2009.

VERGNAUD, G. **Toward a cognitive theory of practice**. In A. Sierpiska & J. Kilpatrick *Perspectivas da Educação Matemática – INMA/UFMS – v. 9, n. 21 – Seção Temática – Ano 2016*

(eds.), *Mathematics education as a research domain: a search for identity* (pp. 227-241). Dordrecht: Kluwer Academic Publisher, 1998.

YIN, R. K. *Case study research: Design and methods* (3rd Ed.). Thousand Oaks, CA: Sage, 2003.

Submetido em setembro de 2016

Aprovado em novembro de 2016

