

Usage des technologies en mathématiques à l'école maternelle et connaissances professionnelles des professeurs

SYLVAINES BESNIER

Centre de Recherche sur l'Apprentissage et la Didactique
Université de Bretagne Occidentale
France
besniersylvaine@gmail.com

RÉSUMÉ

Intégrer les technologies 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. Concevoir et mettre en œuvre un enseignement ayant recours aux technologies d'une manière qui favorise les apprentissages 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 d'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 étudions le travail documentaire d'un professeur membre de ce groupe mettant en œuvre ces ensembles de ressources. Nous examinons les usages réalisés et cherchons à déterminer la contribution de ces derniers au développement professionnel de ce professeur. Nous nous référons pour cela au cadre de l'approche documentaire.

MOTS-CLÉS

Connaissances professionnelle, logiciels, genèses documentaires, mathématiques, ressources

ABSTRACT

Integrating technology in mathematics implies for teachers designing new situations. Designing and implementing teaching units with these resources, in a fruitful way, is complex. It probably implies that these resources, along with teachers' practices and professional knowledge, evolve. In this paper, we explore these aspects. Our research is based on the work of a group involving researchers, trainers and teachers, the MARENE group. This group develops sets of resources (software, tangible material, scenarios) for teaching numbers in kindergarten. I study the documentation work of a teacher who belongs to the group, implementing several sets of resources. I examine how she uses these sets and seek to determine the contribution of these uses to teacher's professional development. Our theoretical framework refers to the documentary approach.

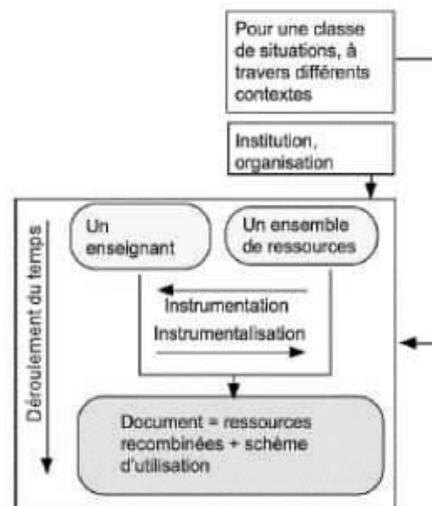
KEYWORDS

Documentational genesis, mathematics, professional knowledge, resources, software

CADRE THÉORIQUE ET QUESTIONS DE RECHERCHE

Nous retenons le cadre de l'approche documentaire du didactique (Gueudet & Trouche, 2010). Cette approche considère les interactions avec les ressources comme centrales dans le travail des professeurs et dans leur développement professionnel. Le terme ressource est ici pris au sens large : tout ce qui peut re-sourcer le travail du professeur (Adler, 2010). Il englobe des ressources matérielles (manuels, logiciels par exemple), mais aussi des ressources sociales et culturelles (discussions avec les collègues, propositions des élèves). Au cours de son *travail documentaire*, le professeur interagit avec des ensembles de ressources qui sont travaillées (adaptées, révisées, réorganisées) au cours de processus associant étroitement conception et mise en œuvre. L'approche documentaire distingue les ressources à disposition d'un enseignant, des documents développés au cours d'une activité finalisée. Un ensemble de ressources donne naissance, pour une classe de situations d'activité professionnelle donnée (Rabardel & Bourmaud, 2005), à un *document*. Le document est composé de ressources recombinaisons et d'un schéma d'utilisation (Vergnaud, 1996). Les schèmes organisent l'action en situation ; ils sont notamment constitués d'invariants opératoires et de règles d'action. Les invariants opératoires sont des connaissances professionnelles du professeur. Le processus de développement d'un document à partir de ressources est appelé *genèse documentaire* (Figure 1).

FIGURE 1



Représentation de la genèse d'un document (Gueudet & Trouche, 2010, p. 59)

Ces genèses comportent un double mouvement : le professeur s'approprie les ressources, les met à sa main en fonction de ses objectifs et de ses connaissances professionnelles (instrumentalisation) ; les caractéristiques des ressources façonnent l'activité et les connaissances professionnelles du professeur les utilisant (instrumentation). L'analyse de documents développés par le professeur nous permet d'analyser son développement professionnel. En effet, face à de nouvelles ressources, à une nouvelle classe de situations, le professeur puise dans son répertoire de connaissances professionnelles ; celles-ci sont modifiées, associées, engendrant de nouvelles connaissances professionnelles (Besnier & Bueno-Ravel, 2014). Dans cet article nous nous

proposons d'étudier les questions suivantes : quelles sont les connaissances professionnelles des professeurs enseignant les mathématiques à l'école maternelle dans le cas de la conception et de la mise en œuvre de situations mathématiques impliquant des ressources technologiques ? Est-ce que cette mise en œuvre conduit à des évolutions de connaissances, et lesquelles ?

Afin d'apporter des éléments de réponse à ces questions, nous nous centrons sur une étude de cas extraite de notre thèse. Nous avons notamment suivi sur deux années l'utilisation faite par Carole, une enseignante expérimentée, de deux ensembles de ressources élaborés au sein du groupe MARENE, Voitures et garages et Train des lapins. Tout d'abord, nous décrivons ces ensembles de ressources. Puis, détaillons notre méthodologie. Ensuite, nous analysons plus précisément les usages faits par Carole de l'un des ensembles de ressources proposés (Voitures et garages). En conclusion, nous reprenons les résultats exposés et donnons quelques perspectives à ce travail.

PRÉSENTATION DES ENSEMBLES DE RESSOURCES

Voitures et garages (VG)

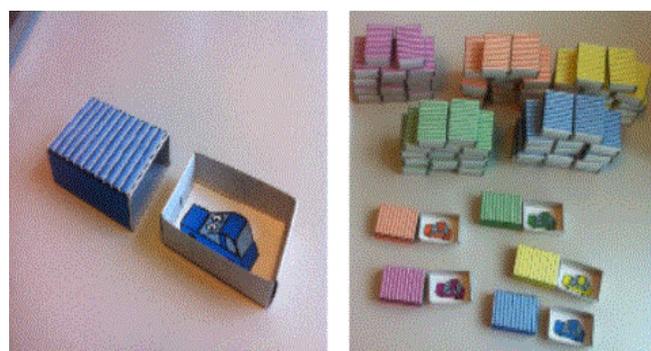
Cette situation, conçue autour du nombre mémoire de la quantité, est utilisable dès la moyenne section (MS, élèves de 4 ans). Les élèves disposent d'un lot de garages et doivent aller chercher, dans un endroit éloigné, en un seul trajet, juste ce qu'il faut de voitures pour que chaque garage contienne une voiture et qu'il ne reste pas de voitures sans garage. Le groupe MARENE a développé à partir de cette situation en environnement tangible un logiciel (voir le tutoriel en annexe I). Sur le logiciel (comme pour la situation en environnement tangible), le professeur peut choisir le nombre de garages qu'il propose aux élèves ainsi que la disposition des garages (en ligne ou en vrac). Une disposition en ligne peut faciliter l'énumération des garages contrairement à une disposition « en vrac » (Figure 2, pour le logiciel). Le matériel tangible est constitué de boîtes d'allumettes dont le fond constitue la voiture et le couvercle, le garage (Figure 3).

FIGURE 2



Copie d'écran de l'écran du maître

FIGURE 3



Matériel tangible : des lots de boîtes d'allumettes

En 2013, a été intégré à cet ensemble de ressources, suite aux expérimentations en classe, un système d'étiquettes affichables au tableau¹. Ce système peut par exemple être exploité dans un objectif de mise en commun des procédures des élèves (Figure 4). Le professeur dispose également de scénarios proposant des pistes pour mettre en œuvre cette situation et d'un tutoriel du logiciel.

FIGURE 4

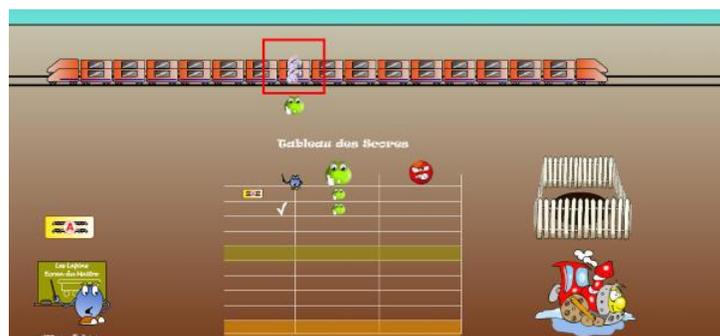


Système d'étiquettes conçu par un des professeurs (Mia)

Train des lapins (TDL)

Cette situation, conçue autour du nombre comme mémoire de la position, peut être utilisée dès la grande section (GS, élèves de 5 ans). Les élèves disposent de deux trains, éloignés l'un de l'autre : un train modèle et un train élève. Le professeur place un lapin dans un des wagons du train modèle. L'élève doit placer sur son train un lapin dans le même wagon que celui du train modèle. La validation se fait en positionnant les deux trains l'un sous l'autre pour vérifier si les deux lapins sont dans le même wagon (Figure 5).

FIGURE 5



Copie de l'écran de validation

Le groupe MARENE a développé à partir de cette situation un logiciel (voir le tutoriel en annexe II). Avec les deux ressources, le professeur peut choisir le positionnement du lapin dans le train

¹ Ce système d'étiquettes a été créé en cours de séquence par un professeur membre du groupe.

(plus ou moins près des locomotives), le nombre de lapins à placer dans le train (jusqu'à 3 lapins). Dans le cas du logiciel, il peut également faire varier plus facilement la longueur des trains. Le matériel tangible est constitué de plusieurs lots de deux trains plastifiés d'une même couleur et d'étiquettes lapins repositionnables (Figure 6).

Des fiches activités reprenant la situation en environnement « papier crayon » sont disponibles (Annexe III). Comme pour la situation Voitures et Garages, le professeur dispose de scénarios proposant des pistes de mise en œuvre et d'un tutoriel.

FIGURE 6



Lots de trains plastifiés

MÉTHODOLOGIE

Données recueillies

Nous avons suivi le travail documentaire de Carole pendant deux ans. Carole est une enseignante expérimentée exerçant dans une commune limitrophe de T., une ville d'importance moyenne. Elle appartient au groupe MARENE depuis 2012. En année 1 elle exerce en GS, en année 2, elle exerce en double niveau dans une classe de MS/GS. Elle accueille 10 élèves de MS. Nous disposons des fiches de préparation et des notes de séances produites par Carole. Nous avons mené plusieurs types d'entretiens (pré mise en œuvre et bilan). Lors des entretiens bilans, des extraits vidéo de séances sont montrés au professeur. Ce dispositif vise à stimuler la réflexivité du professeur sur sa pratique qui nous semble à même d'éclairer son action. Nous avons filmé plusieurs séances sur les deux années. Les vidéos permettent de capter les choix de mise en œuvre, les transactions élèves/professeurs/ressources. De plus, les productions des élèves constituent des ressources pour le professeur. En fonction de ces productions, le professeur adapte son enseignement, modifie ses choix de mise en œuvre. L'observation vidéo répond à la nécessité de capter les productions gestuelles et langagières des élèves de cet âge. De plus, nous sollicitons le regard réflexif du professeur sur sa pratique. Les vidéos rendent alors accessibles au professeur les situations de classe dont il est traditionnellement l'un des acteurs.

Traitement des données

Nous souhaitons repérer les documents développés et identifier les éléments qui les composent. 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 professionnelles*. Pour traiter les vidéos, nous

produisons des synopsis de séquences et de séances. 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* (Gueudet & Le Henaff, 2015) et des planches de bande dessinées. Les tableaux documents sont des éléments de représentation des documents du professeur (voir Figures 8 et 9). 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 synopsis, les données naturelles du professeur. Nous produisons également des planches de bandes dessinées (Morales Ibarra, 2014, voir la Figure 7). Les planches permettent de concentrer le regard sur une sélection d'interactions professeurs/élèves/ressources.

ANALYSE

Dans cette partie, nous présentons une analyse de la séance 3 menée en année 2 à partir des ressources VG. Nous nous centrons sur le document développé pour un moment d'introduction et de découverte. Nous comparons cette séance et le document développé avec des séances menées en année 1 comportant des moments d'introduction et de découverte. Nous décrivons d'abord l'organisation retenue pour la séance 3. Puis, nous analysons les genèses documentaires de Carole.

Descriptif et planche de BD

Cette séance est la troisième vécue par les élèves de Carole. Lors des séances 1 et 2, Carole a choisi de faire travailler ses élèves à partir du matériel tangible, les élèves ont donc déjà une première expérience de la situation mathématique proposée sur le logiciel. Dans une phase 1, Carole présente le logiciel à son groupe complet de Moyenne section. Elle articule pour ce but trois ressources les boîtes, le logiciel et un système d'étiquettes élaboré à partir de photographies de l'écran du logiciel. Dans une phase 2, Carole répartit ses élèves par binômes et en individuel pour un temps de travail sur le logiciel. La Figure 7 montre l'organisation retenue pour la phase 1.

Nous nous intéressons à la phase 1 de cette séance. Lors de cette phase, Carole re-contextualise dans un premier temps la tâche mathématique qui va être vécue sur le logiciel par les élèves. Elle mobilise pour cela les boîtes. Un élève, Denis réalise devant ses pairs la tâche. En réalisant celle-ci, Denis donne à voir les critères de réussite de la tâche mathématique. A ce stade de la leçon, Carole n'institutionnalise pas de procédure gagnante pour réussir cette tâche et qui correspondrait à l'apprentissage mathématique visé : se servir du nombre pour mémoriser une quantité. Elle ne revient donc pas sur la procédure utilisée par Denis, dénombrer d'abord les garages, puis, constituer une collection semblable de voitures. Elle se contente à ce moment de la séance de verbaliser pour le groupe les règles du jeu : « *tu dois y arriver d'un seul coup* ». Elle énonce ensuite comment les élèves peuvent savoir qu'ils ont gagné en « jouer » à ce jeu, c'est à dire les critères de réussite de la tâche : « *Parfait, il y a autant de voitures que de garages* ». Cette verbalisation du professeur est reprise par l'un des élèves qui, regardant les garages remplis par Denis, valide la solution proposée par cet élève : « *Oui c'est bon* ». Dans un deuxième temps, Carole manipule le logiciel et le système d'étiquettes affiché au tableau. Nous notons qu'elle laisse de côté lors de ce temps les aspects mathématiques exposés précédemment au regard des

élèves. Il s'agit lors de la manipulation du système d'étiquettes et du logiciel de communiquer un mode d'emploi de l'outil informatique comme le montrent les interventions de Carole dans la Figure 7. Il s'agit là de comprendre comment jouer avec le logiciel ce qui inclut en priorité pour Carole la maîtrise conjointe de la souris, des commandes et l'appréhension des différents espaces proposés dans l'écran du logiciel.

FIGURE 7

Carole fait un rappel de la situation vécue et des critères de réussite de la tâche avec les boîtes. Un élève, Denis fait un essai devant le groupe

Tu dois y arriver d'un seul coup, j'avais mis les garages là [...] et tu vas me faire ton petit marché

Parfait y a autant de voitures Que de garages !

Oui !! c'est bon !

Carole introduit le logiciel L'écran d'accueil apparaît

Des voitures!! Elles Attendent des garages elles vont dedans !

Vous avez vu quand on regarde l'écran, il y a plusieurs morceaux[...] Il y a quatre endroits différents

Quatre morceaux on est d'accord ? Un deux trois quatre, alors je les ai représentés sur ma feuille comme ça on verra mieux parce que là y a l'écran les lumières tout ça on est un peu serrés c'est pas facile.

Carole introduit un système d'étiquette affiché au tableau et le fait évoluer

	85	Ca: ah ? Qu'est ce qu'il y a là ? Rien pour le moment !
	86	E: et toute à l'heure elles allaient dans les garages
	87	Ca : alors on va regarder comment on fait pour jouer, alors j'ai ma petite souris qui gigote euh ma petite voiture qui gigote je vais la mettre là... et donc ici j'ai une voiture là j'en ai plusieurs... moi là comme j'ai pas beaucoup de place j'en met que deux et vous avez vu qu'ici on met plein de voitures et ici ?
	88	E+++ : des garages !
	89	Ca : alors là.... ils sont posés à des endroits différents et alors quand je vais cliquer sur ma petite souris celle là, elle gigote bon elle se dit « bon ben moi je suis prête hein c'est quand tu veux, mais si tu es prêt on y va ! » donc on va lui cliquer dessus donc on clique sur le bouton, là où il y a une petite gommette

L'écran d'appropriation apparaît. La séance se poursuit par la réalisation d'un essai en appropriation sur le logiciel.



Planche de BD : un moment d'introduction et de découverte

Nous avons donc noté dans cette phase de la séance l'articulation successive de trois ressources : les boîtes, puis le système d'étiquettes associé au logiciel. Cette articulation de ces trois ressources pour concevoir et mettre en œuvre un moment d'introduction et de découverte est une nouveauté pour Carole. Nous notons une différence entre les documents développés par Carole sur les deux années pour cette classe de situations d'activité professionnelles. Dans ce qui suit, nous revenons sur les genèses documentaires de Carole, nous revenons en particulier sur la genèse de la ressource « système d'étiquettes » et nous cherchons à expliquer les différences entre les deux documents développés à un an d'intervalle.

Genèses documentaires

Pour concevoir le système d'étiquettes, Carole s'est appuyée sur une ressource intégrée en année 2 à l'ensemble de ressources VG : le système d'étiquettes manipulables. Cette ressource, imaginée par un autre professeur (Mia) pour mener des phases de synthèse, a été présentée à Carole lors de l'entretien bilan mené en année 1. La mobilisation d'un tel système pour soutenir la présentation du logiciel est nouvelle pour Carole. Le document développé par Carole en année 1 pour la classe de situations d'activité « concevoir et mettre en œuvre un moment d'introduction et de découverte » (Figure 8) est ainsi différent du document développé pour cette même classe en année 2 (Figure 9).

FIGURE 8

But de l'activité	Ressources	Règle d'action, manière de faire	Invariant opératoire
Concevoir et mettre en œuvre un moment d'introduction et de découverte	Logiciel sur un poste Fiche équipement informatique (astuces)	-commencer avec un groupe d'élèves « experts » - fixer un mode d'emploi du logiciel et de la souris - rappeler la situation vécue en environnement tangible par des interventions verbales	- les élèves experts permettent de repérer des difficultés liées à la manipulation du logiciel - les élèves peuvent avoir des difficultés à faire le lien entre le déplacement de la souris, du curseur et la tâche qui leur est demandée. - les élèves s'approprient mieux le logiciel et son mode d'emploi si un lien explicite est fait entre les ressources tangibles et le logiciel

Tableau document « concevoir et mettre en œuvre un moment d'introduction et de découverte » - année 1

Dans ce qui suit nous revenons sur les caractéristiques du système d'étiquettes créé par Carole puis, nous cherchons à expliquer les différences entre les deux documents développés pour une même classe de situations d'activité à un an d'intervalle.

FIGURE 9

But de l'activité	Ressources	Règle d'action, manière de faire	Invariant opératoire
Concevoir et mettre en œuvre un moment d'introduction et de découverte	le logiciel Voitures et garages sur un poste un système d'étiquettes inspiré de celui de Mia les boites fiche déroulement	-proposer une manipulation des boites avant de présenter le logiciel -manipuler conjointement le logiciel et le système d'étiquettes	Il faut rendre explicite le lien entre les deux supports pour favoriser l'appropriation du logiciel par les élèves Un rappel verbal un appel à la mémoire des élèves ne suffit pas pour rendre explicite le lien entre la situation vécue avec le matériel tangible et la situation qui va être vécue sur le logiciel Il faut appuyer ce rappel verbal par une manipulation in situ de matériel tangible

Tableau document « concevoir et mettre en œuvre un moment d'introduction et de découverte » - année 2

Tout d'abord, ce matériel présente des différences par rapport à celui de Mia : Carole a par exemple choisi d'ajouter des étiquettes « commandes » (Figure 10).

FIGURE 10



Système d'étiquettes de Carole

Dans la version du système d'étiquettes créé par Mia, il y a une douzaine d'étiquettes voitures et une douzaine d'étiquettes garages. Dans la version de Carole, il n'y a que deux étiquettes garages et deux étiquettes voitures. Lorsque Mia lui présente cette ressource, Carole estime qu'elle pourrait a priori être « *une bonne entrée en matière pour comprendre la structure la charte graphique du jeu et voir un peu comment ça s'articule et de façon plus rationnelle aussi* ». Nous repérons un phénomène d'instrumentalisation, Carole s'approprie le système d'étiquettes proposé par Mia et l'ajuste en fonction de ses objectifs. Nous inférons en fin d'année 1 l'amorce d'une genèse documentaire. En année 1, lors de la présentation du logiciel à ses élèves et des phases de travail sur celui-ci, Carole avait en effet procédé différemment : présentation du logiciel à un groupe de trois élèves, puis mise au travail de ces élèves sur le logiciel pendant qu'elle présentait à nouveau celui-ci à un groupe de trois autres élèves. Elle avait noté lors de l'entretien bilan que ce dispositif pouvait être complexe : il s'agit de gérer simultanément une présentation du logiciel à un petit groupe tandis que d'autres travaillent sur le logiciel en autonomie. Or, dans ses formats d'activités habituels, Carole a l'habitude dans un premier temps de présenter très précisément à son groupe classe complet les différents ateliers à réaliser. Dans un deuxième temps, elle a l'habitude de circuler ensuite auprès des élèves, apportant à chacun son aide ou validant un résultat. En année 2, Carole conçoit différemment la présentation du logiciel, ce qui lui permet de revenir à son format d'activité habituel. Pour cela, elle retravaille le système d'étiquettes et développe un nouveau document constitué de plusieurs ressources : le système d'étiquettes, les boîtes et le logiciel. Ce document est également constitué de connaissances professionnelles concernant la façon d'introduire un logiciel qui nous semblent avoir évolué entre les deux années. Nous revenons sur ces éléments dans ce qui suit.

Dans le cas d'une séance menée en année 1 à partir des ressources TDL, nous avons pu noter que Carole attachait beaucoup d'importance à la transmission d'une démarche pour naviguer dans un logiciel, à l'identification par les élèves des différentes commandes (voir la figure 9). Dans sa feuille bilan des séances menées en année 1, Carole soulignait d'ailleurs que la familiarisation des élèves avec cette démarche avait été facilitée par des « codes » communs, une démarche commune aux 2 logiciels (Annexe IV). Dans la séance 3, l'objectif de Carole semble de systématiser pour les élèves un certain nombre d'automatismes. Carole se questionne également sur la façon d'aider les élèves à appréhender une tâche dans un environnement logiciel. En année 1, nous avons pu observer que ce questionnement se traduisait notamment par la règle d'action suivante : effectuer un rappel verbal de la situation vécue en environnement tangible pendant la présentation du logiciel. En année 2, lors de l'entretien pré mise en œuvre, Carole estime qu'il est important de faire entrer les élèves dans la situation par le matériel puis de faire ensuite explicitement appel à cette expérience vécue auparavant (Annexe V). Cette connaissance semble donc stable d'une année sur l'autre. Cependant, le document développé en année 1 combine des ressources et des règles d'actions supplémentaires. Le questionnement de Carole sur la façon d'aider les élèves à appréhender la transposition entre les deux environnements se traduit ainsi par la manipulation conjointe des boîtes, du logiciel et d'un système d'étiquettes lors de l'introduction du logiciel VG. Nous repérons là un phénomène d'instrumentation. Carole semble avoir construit des connaissances sur la façon d'aider les élèves à appréhender une tâche dans un environnement logiciel. Lorsqu'il s'agit d'aider les élèves à appréhender un passage de la « *réalité* » à la « *fiction* », à « *transposer une situation qui était très physique matérielle* », un simple rappel verbal de la situation vécue en environnement tangible ne suffit pas, il faut que les élèves puissent manipuler *in situ* le matériel tangible lors de la présentation du logiciel. Carole

use dans cette phase 1 de différentes ressources, de différentes représentations². Cependant, nous notons que les aspects mathématiques tels que les critères de réussite de la tâche sont bien exposés dans la phase 1 de la séance, lors de la manipulation des boîtes, mais ne sont par la suite pas ré abordés dans la suite de cette phase 1, lorsque système d'étiquettes et logiciels sont introduits et manipulés conjointement. L'aspect maîtrise des fonctionnalités du logiciel semble, à ce stade de la séquence, prendre le pas sur la tâche mathématique, l'objectif d'apprentissage visé. À cet égard, les caractéristiques de la ressource conçue par Carole pour cette séance 3 sont d'une certaine façon « limitantes » : il n'y a que deux étiquettes « garage » et deux étiquettes « voiture ». Le système d'étiquettes constitue selon nous une représentation de la situation vécue avec les boîtes et de la situation à vivre sur le logiciel, il propose également une relation entre différentes représentations d'un phénomène réel. Cependant, le potentiel de représentation de cette ressource apparaît pour cette séance relativement limitée du point de vue mathématique. Nous avons constaté des évolutions de ce système d'étiquettes dans les séances suivantes. Ces évolutions illustrent le processus de conception continuée de ressources. Pour les séances suivantes, Carole modifie le système d'étiquettes en ajoutant une douzaine d'étiquettes voitures et garages. Elle se place dans la perspective de fournir un support pour donner à voir au collectif d'élèves les différentes procédures, les erreurs dans la démarche (Annexe VI). Ainsi, on perçoit que le système d'étiquettes ainsi modifié pourrait se situer au cœur d'une relation plus riche du point de vue mathématique entre les élèves et la tâche qu'ils doivent réaliser, mais aussi entre le professeur et le but général qu'il s'est fixé « concevoir et mettre en œuvre l'enseignement du nombre mémoire de la quantité ». Le système d'étiquettes modifié pourrait offrir un potentiel de représentation important pour la discussion des procédures des élèves par rapport à l'apprentissage visé.

CONCLUSION ET PERSPECTIVES

Dans cet article nous nous sommes concentrée sur l'analyse d'un document développé pour la classe de situations d'activité « concevoir et mettre en œuvre un moment d'introduction et de découverte ». Nous avons comparé ce document avec un autre document développé pour cette classe de situations et noté différentes évolutions. Nous avons relevé plusieurs éléments qui témoignent chez Carole de genèses combinant des processus d'instrumentalisation et d'instrumentation. En lien avec les questions posées dans cet article, nous avons pu inférer des connaissances professionnelles et des évolutions de celles-ci :

- *il faut rendre explicite le lien entre le logiciel et le matériel tangible pour favoriser l'appropriation du logiciel par les élèves*
- *un rappel verbal, un appel à la mémoire des élèves ne suffit pas pour rendre explicite le lien entre la situation vécue avec le matériel tangible et la situation qui va être vécue sur le logiciel. Il faut appuyer ce rappel par une manipulation in situ de matériel tangible*

² Le matériel tangible « boîtes » est une représentation de véritables jouets de type petites voitures dont pourraient disposer les élèves ; le logiciel est une représentation numérique de ces mêmes jouets. Le système d'étiquettes est quant à lui une représentation qui se situe à l'interface de la situation vécue avec le matériel tangible et de la situation à vivre avec le logiciel.

Ces connaissances sont très spécifiquement liées à un questionnement de Carole sur l'outil informatique. Au-delà du cas de ce professeur, ces connaissances nous semblent assez spécifiques de l'enseignement à l'école maternelle. La manipulation de matériel tangible pour favoriser les apprentissages numériques est en effet un élément mis en avant par l'institution dans les programmes (MEN, 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, 2015). 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 montré une articulation possible entre matériel tangible et logiciel pour un moment particulier du cycle de leçon : celui de l'introduction et de la découverte. Du point de vue des perspectives à donner à ce travail, la question des articulations entre matériel tangible et logiciel pourrait être approfondie en analysant les documents développés pour d'autres classes de situations d'activité professionnelles. Nous pensons ici à la conduite de moments d'apprentissage et d'entraînement et à la prise en compte délicate de l'hétérogénéité des élèves, importante avec des élèves de cet âge.

Nous avons également montré que le professeur usait de différentes représentations. Nous avons questionné le potentiel de représentation offert par le système d'étiquettes pour une phase d'un moment de découverte et d'introduction, dans le cas d'un professeur. Nous avons également noté que ce système pouvait se situer au cœur d'une médiation pour donner à voir et à discuter les procédures des élèves. Du point de vue des perspectives à donner à ce travail, cet aspect nous paraît particulièrement intéressant, il s'agirait d'examiner dans d'autres phases du cycle de leçon, les moments de synthèse par exemple, le potentiel de représentation d'une telle ressource. Il s'agirait alors d'articuler l'approche documentaire avec des concepts permettant d'examiner le potentiel sémiotique d'un artefact, et comment un tel artefact peut se constituer en instrument de médiation sémiotique pour le professeur (Mariotti & Maracci, 2010).

RÉFÉRENCES

- Adler, J. (2010). La conceptualisation des ressources. Apports pour la formation des professeurs de mathématiques. In G. Gueudet & L. Trouche (Dir.), *Ressources vives, le travail documentaire des professeurs en mathématiques* (pp. 23-39). Rennes: Presses Universitaires de Rennes et INRP.
- Besnier, S., & Bueno-Ravel, L. (2014). Usage des technologies en mathématiques à l'école maternelle : le travail documentaire des enseignants. *Review of Science Mathematics and ICT Education*, 8(1), 63-80.
- Besnier, S. (2015). *Ressources et technologies : usages pour l'enseignement du nombre à l'école maternelle et développement professionnel. Résultats d'une enquête par questionnaires*. Poster présenté à la 18ème école d'été de didactique des mathématiques de l'ARDM, Brest, France.
- Gueudet, G., & Le Henaff, C. (2015). *Atelier de travaux croisés sur les données : étude de la préparation d'une séance d'anglais*. Séminaire REVEA, Valence.
- Gueudet, G., & Trouche, L. (2010). Des ressources aux documents, travail du professeur et genèses documentaires. In G. Gueudet & L. Trouche (Dir.), *Ressources vives, le travail documentaire des professeurs en mathématiques* (pp. 57-74). Rennes: Presses Universitaires de Rennes et INRP.

Mariotti, M. A., & Maracci, M. (2010). *Les artefacts comme outils de médiation sémiotique : quel cadre pour les ressources de l'enseignant?* In G. Gueudet & L. Trouche (dir.), *Ressources vives, le travail documentaire des professeurs en mathématiques* (p 91-107). Rennes : Presses Universitaires de Rennes et INRP.

MEN, (2015). Programme de l'école maternelle. Bulletin Officiel de l'éducation nationale, n°2 du 26 mars 2015. Retrieved from http://cache.media.education.gouv.fr/file/MEN_SPE_2/37/8/ensel4759_arrete-annexe_prog_ecole_maternelle_403378.pdf.

Morales Ibarra, G. (2014). *L'enseignement et l'apprentissage de la représentation. Une étude de cas en maternelle : « le jeu des trésors »*. Thèse de doctorat, Université de Bretagne Occidentale, France

Rabardel, P., & Bourmaud, G. (2005). *Instruments et systèmes d'instruments*. In P. Rabardel & P. Pastré (Dir.), *Modèles du sujet pour la conception. Dialectique activités développement* (pp. 211-229). Toulouse: Octarès.

Vergnaud, G. (1996). *Au fond de l'apprentissage, la conceptualisation*. In R. Noirfalise & M.-J. Perrin Glorian (Dir.), *Actes de la VIIIème École d'été de didactique des mathématiques* (pp. 174-185). Clermont-Ferrand: IREM de Clermont-Ferrand.

ANNEXES

Annexe I : Voitures et garages, tutorial

VOITURES ET GARAGES Mode d'emploi

1- Ecran d'accueil et accès à l'espace de travail :



Une fois l'animation d'accueil terminée, cliquer sur la voiture qui « gligote » pour démarrer le jeu.

2- Mode découverte : Déplacer les voitures dans la zone de rangement grise (cliquer pour sélectionner puis cliquer pour déposer). Puis cliquer sur l'icône « voiture allant se garer » pour valider la réponse quand on estime avoir fini de placer toutes les voitures.



Une fois la validation faite, le tableau des scores apparaît :



Pour continuer le jeu, cliquer sur la voiture qui « gligote ». La partie continue en mode apprentissage.

3- Mode apprentissage :
Les garages apparaissent (1). Cliquer sur la voiture qui « gligote », les garages disparaissent.

La réserve de voitures apparaît. (2)

Possibilité de revoir les garages grâce à l'icône « Gros yeux ». avant de commencer à déplacer les voitures.

Déplacer les voitures dans la zone de rangement. Cliquer sur l'icône « voiture allant se garer » pour valider la réponse quand on estime avoir fini de placer toutes les voitures. (3)

Les garages réapparaissent pour permettre la validation. (4)

L'élève enregistre son résultat dans le tableau des scores.



4- Ecran du maître

Cliquer sur l'icône en maintenant les touches Ctrl + m ou Ctrl+Alt+m pour confirmer (touches cmd+? pour les mac). L'accès à cet écran est possible en cours de partie.



Revenir à la partie de l'élève en choisissant le mode **découverte** ou le mode **apprentissage**.

L'élève sur l'écran de travail en bas à droite permet de passer le mode découverte sans passer par l'écran de maître.



Choisir la **disposition des garages** - aléatoirement repartis sur l'écran - disposés en ligne.



PROTOTYPE de Matheus de ressources mathématiques pour l'école - COPRELEM / CREAD EA n° 3873 / IFE

Annexe II : Train des lapins, tutoriel

LE TRAIN DES LAPINS Mode d'emploi

1- Écran d'accueil et accès à l'espace de travail :



Cliquer sur la locomotive qui « gigote » pour démarrer le jeu.

2- Mode découverte : Déplacer le lapin (cliquer-glisser) dans le bon wagon puis cliquer sur la locomotive qui « gigote » pour valider la réponse.



Une fois la réponse validée, le tableau des scores apparaît :

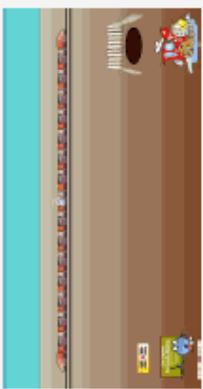


Cliquer sur l'icône « bonhomme rouge » ou « bonhomme vert » pour enregistrer le résultat dans le tableau des scores.



Pour continuer la partie, cliquer sur la locomotive qui « gigote ».

3- Mode apprentissage :



Un train « modèle » apparaît. Cliquer sur la locomotive qui « gigote », le train « modèle » disparaît.



Un train « de travail » vide arrive à l'écran. Possibilité de revoir le train « modèle » en cliquant sur l'icône « Gros yeux ».



Placer le lapin dans le bon wagon (cliquer-glisser). Puis valider la réponse en cliquant sur la locomotive qui « gigote ».

Le train « modèle » revient à l'écran pour permettre la validation. L'élève enregistre son résultat dans le tableau des scores.

Pour continuer la partie, cliquer sur la locomotive qui « gigote ».

4- Écran maître :



Cliquer sur l'icône en maintenant les touches Ctrl +m ou Ctrl+Alt+m pour confirmer (touches cmd+m pour les mac)

L'accès à cet écran est possible en cours de partie.

Augmenter ou diminuer le nombre de wagons

Faire varier le placement du ou des lapins dans le train (au centre, sur les côtés, aléatoire)

Choisir le mode découverte (les deux trains l'un en dessous de l'autre) ou le mode apprentissage (trains à distance) pour revenir à l'écran de l'élève.

L'icône sur l'espace de travail en bas à gauche permet de choisir le type de réponse à passer par l'écran du maître.

Activer ou non la fonction « gros yeux » / revoir le train « modèle » sur l'écran de l'élève.

PROTOTYPE de Modules de ressources mathématiques pour l'école - COPRELEM / CREAD EA n°3175 / IFE

Annexe III : Fiche activité « papier crayon »

FICHES Papier pour s'entraîner à la situation

Vous trouverez ci-après, les fiches suivantes à photocopier :

- Fiche « recto » 16 wagons (à coller avec la fiche « verso » 16 wagons)
- Fiche « verso » 16 wagons
- Fiche « recto » 26 wagons (à coller avec la fiche « verso » 26 wagons)
- Fiche « verso » 26 wagons

Conseil : Ne pas imprimer directement en recto-verso pour ne pas inciter les élèves à regarder par transparence. Coller également le recto et le verso « tête-bêche » pour que les élèves ne soient pas tentés de repérer le bon wagon par transparence.

PROTOTYPE de Matériaux de ressources mathématiques pour l'école - COPRELEM / CREAD EA n°3075 / IFE

PROTOTYPE de Matériaux de ressources mathématiques pour l'école - COPRELEM / CREAD EA n°3075 / IFE

Prénom : _____ date : _____

Regarde le train qui a le même symbole sur l'autre côté de la feuille. Repère le wagon en noir. Colorie le même wagon sur le train au recto.

PROTOTYPE de Matériaux de ressources mathématiques pour l'école - COPRELEM / CREAD EA n°3075 / IFE

PROTOTYPE de Matériaux de ressources mathématiques pour l'école - COPRELEM / CREAD EA n°3075 / IFE

Annexe IV : Fiches de notes bilan année 1

- Garages et voitures (bilan)

→ Facilités → enfants familiers avec le code du logiciel.
 (voitures qui vibre à l'arrêt pour valider)
 tableau de résumé à valider pour continuer.
 choix entre (A) appropriation
 et apprentissage -

→ Difficultés - non possibilité de ranger en ligne les
 garages pour faciliter le stage → (HS)
 au delà de 8 → nouvelle version prévue.

pour changer cliquer sur fin (HS + HS)

- Non possibilité de ranger automatiquement les voitures en ligne qd on le met sur le plateau.
- Non possibilité de faire un rappel du nombre de garages (c'était le cas avec Train de Lapins) avant validation.

Annexe V : Extrait de l'entretien pré mise en œuvre année 2

Ca désigne Carole, C, le chercheur.

Dans cet entretien Carole fait référence aux séances précédentes lors desquelles elle a fait travailler ses élèves avec le matériel tangible, les boîtes.

Ca : qu'ils l'aient vécu [la manipulation des boîtes et une première expérience de la situation avec le matériel tangible] parce que tu vois sinon l'écran ça fait toujours un peu tour de passe-passe quoi, tu vois ce que je veux dire ?

C : oui

Ca : c'est trop mouvant, c'est instable et il faut qu'ils aient la démonstration que, ben non, je peux pas, donc cette situation-là, tac on va la revivre sur... donc on en veut autant que comme avec nos petites boîtes et du coup ce... voilà

C : tu feras un rappel aux petites boîtes ?

Ca : je pense ouais, ouais c'est le même nom hein, ce qu'on avait identifié comme étant des voitures et des garages, ben voilà on jouer au même jeu, mais cette fois ci ça va être sur l'ordinateur.

Annexe VI : Extrait de l'entretien bilan année 2

Ca : [...] là je me suis dit : « il faut que j'en ai plusieurs ». Parce que après, c'est refaire sur tableau la tâche qui font à l'ordinateur en mettant vraiment une situation sur le tableau, c'est à dire, tu fais sur le tableau ce qu'ils feraient sur l'ordinateur avec justement les erreurs dans la démarche, alors que là c'était plus sur l'outil, s'appropriier l'ordinateur. Et après c'était vraiment sur se dire : « je fais la tâche et où est ce que je rencontre des difficultés dans la démarche, qu'est-ce que je n'ai pas bien fait, je n'ai pas bien compté ou... ». Voilà...

C : c'était pour discuter la démarche ?

Ca : voilà c'était pas discuter, comment on manipule l'ordi, c'était discuter notre démarche, ouais c'était ça mathématiquement c'était vraiment la tâche mathématique, c'est ce qui était prévu