

MALLETTE DE RESSOURCES MATHÉMATIQUES POUR L'ÉCOLE, CYCLE 1 – CYCLE 2

Lætitia BUENO-RAVEL

MCF, ESPE de Bretagne
CREAD (EA 3875)

laetitia.bueno-ravel@espe-bretagne.fr

Pierre EYSSERIC

PRAG, ESPE d'Aix-Marseille

pierre.eysseric@univ-amu.fr

Gwenaëlle RIOU-AZOU

PRAG, ESPE de Bretagne

gwenaelle.riou-azou@espe-bretagne.fr

Sophie SOURY-LAVERGNE

MCF, Institut Français de l'Éducation
S2HEP

sophie.soury-lavergne@ens-lyon.fr

Résumé

Cette communication présente une ressource « mallette de ressources mathématiques pour l'école, cycle 1 – cycle 2 » conçue dans le cadre d'un projet impulsé par le Ministère de l'Éducation Nationale française et associant des équipes de recherche de la COPIRELEM, de l'IFE et du CREAD¹. Face à l'ensemble important des ressources existantes, une partie du travail a consisté à effectuer une sélection de ces ressources (par exemple *Le jeu des voyageurs*, extrait d'ERMEL GS, le *boulier virtuel* Sésamath², etc.) ainsi qu'à les retravailler pour les rendre directement utilisables en classe par les enseignants en les accompagnant de recommandations précises et en explicitant et illustrant les situations proposées. Une autre partie du travail s'est centrée sur la conception de ressources nouvelles informatisées, associées à du matériel manipulable : logiciels pour le nombre en maternelle, e-pascaline, boulier virtuel paramétrable.

Nous commencerons par présenter les principes d'apprentissages sous-jacents à la sélection et l'élaboration des ressources des deux mallettes en voie de finalisation. Nous détaillerons ensuite la structure et le contenu de chacune des mallettes avant de conclure sur les conditions nécessaires à l'appropriation de ces ressources par les enseignants, afin qu'ils puissent les intégrer dans le cadre de l'exercice quotidien de leur métier.

Le projet « mallettes mathématiques pour l'école primaire » est issu d'une demande de la DGESCO de juin 2011. Il repose sur l'hypothèse, attestée par de nombreux travaux, de l'importance de la manipulation directe d'objets tangibles, dans un contexte de résolution de problèmes, pour soutenir les premiers apprentissages mathématiques, qui sont des apprentissages fondamentaux. Le projet privilégie, à chaque fois que faire se peut, la manipulation conjointe de duos d'artefacts, ou d'artefacts duaux, « logiciel » et « matériel ».

¹ COPIRELEM : Commission Permanente des IREM sur l'Enseignement Élémentaire ; CREAD : Centre de Recherche sur l'Éducation, les Apprentissages et la Didactique (EA 3875) ; IFE : Institut Français de l'Éducation.

² http://cii.sesamath.net/lille/exos_boulier/boulier.swf (consulté le 17 septembre 2014).

Par ailleurs, dans un moment de foisonnement de ressources, le projet vise le rassemblement en une même entité, une « mallette », d'un ensemble d'outils et de situations d'usage, accompagné de recommandations et d'illustrations soutenant l'appropriation par le professeur et la mise en œuvre dans le cadre de la classe.

Le projet repose sur la collaboration de l'IFÉ (rassemblant le pôle CREAD à Rennes et le pôle EducTICE à Lyon) et de la COPIRELEM. Les ressources du projet se sont développées dans trois contextes : en Rhône-Alpes autour de l'équipe EducTICE de l'IFÉ, en Bretagne avec la contribution du CREAD et à la COPIRELEM avec des équipes de Bordeaux, Aix-Marseille et Toulouse. Les travaux ont débouché sur la production de deux mallettes :

- une première mallette autour de la [construction du nombre en MS et GS](#)³ qui :
 - reprend diverses situations de référence autour du nombre, les revisite pour favoriser leur appropriation par les enseignants ;
 - propose des logiciels associés à certaines de ces situations ([MARENE](#))⁴ ;
 - présente, pour certains aspects du nombre, quelques situations nouvelles mettant en avant l'utilisation du jeu dans les apprentissages, le lien entre les mathématiques et d'autres disciplines, la place d'une pédagogie de projet à l'école maternelle.
- une deuxième mallette centrée sur l'expérimentation de situations d'apprentissage utilisant des instruments mathématiques :
 - la pascaline avec des ressources articulant matériel et logiciel pour l'apprentissage de la numération décimale et du calcul au CP et au CE1 ([MACARhon](#))⁵ ;
 - le boulier chinois avec des ressources pour l'apprentissage du nombre en GS et de la numération décimale et du calcul au cycle 2 ([MARENE](#))⁶.

Nous présentons tout d'abord le processus de conception à l'origine des deux mallettes avant de détailler le contenu de chacune des mallettes. En conclusion, nous soulevons brièvement la question de l'appropriation de ces mallettes par les professeurs.

I - PROCESSUS DE CONCEPTION DES MALLETTES

A l'origine, notre projet était de réunir, dans une mallette, des ressources pour le domaine nombre et calcul au cycle 1 et cycle 2, ressources articulant des situations, du matériel tangible pour la manipulation et des ressources dans les environnements numériques. Nous envisagions la possibilité que les composantes matérielles tangibles soient disponibles dans des mallettes mises à disposition des enseignants.

Mais il existe déjà de très nombreuses ressources à destination des enseignants, plus ou moins bien diffusées, plus ou moins bien connues, plus ou moins bien utilisées, ...

Nous avons donc choisi de constituer, pour nos mallettes, une « collection » de ressources s'appuyant majoritairement sur des situations, des jeux ou des instruments mathématiques déjà existants. Le problème que nous avons voulu résoudre en constituant cette « collection » de ressources est celui de l'appropriation des ressources par les enseignants afin qu'il y ait un véritable usage en classe.

1 Constituer une collection de ressources

Dans la mesure du possible, nous avons réuni dans la mallette des ressources construites à partir de situations bien connues en formation, dont la validité est établie et qui sont effectivement utilisées en classe même si ce n'est pas par la majorité des enseignants. C'est le cas par exemple de la situation

³<http://www.arpeme.fr/m2ep/index.html>

⁴http://python.espe-bretagne.fr/blog-gri-recherche/?page_id=607

⁵<http://educmath.ens-lyon.fr/Educmath/recherche/equipes-associees-13-14/mallette/mallette>

⁶http://python.espe-bretagne.fr/blog-gri-recherche/?page_id=611

papier-crayon du « bus » ou de son pendant en version informatisée, la situation « Voitures et Garages ». Ces deux situations sont inspirées du « Jeu des voyageurs » d'ERMEL GS. Cette situation initiale a été retravaillée et la mallette maternelle propose des variations de celle-ci suite à des mises en œuvre en classe.

Par ailleurs, nous avons également conçu de nouvelles ressources, spécifiquement pour les mallettes, afin notamment d'intégrer l'usage des technologies numériques et des machines mathématiques en classe. Par exemple, le boulier est un instrument intéressant pour l'enseignement/apprentissage de la construction du nombre et du calcul mais la manipulation du boulier en classe n'est pas toujours simple (les boules du boulier bougent si on le déplace !). Disposer d'une version informatisée d'un boulier, paramétrable par le professeur, peut favoriser l'utilisation de cet instrument mathématique en facilitant par exemple les phases de mises en commun.

2 Des principes de conception

Le contenu de la mallette ne se limite pas à un ensemble de situations ou logiciels. Ces situations et logiciels s'intègrent dans un ensemble plus vaste de ressources. En effet, les principes de conception des éléments de la mallette que nous avons suivis sont :

- fournir des explicitations et des illustrations des situations didactiques par des mises en œuvre en classe (à partir de documents écrits, de vidéo, de tutoriel, etc.) ;
- situer le rôle de chaque ressource dans l'acquisition des notions mathématiques ;
- penser l'articulation entre la conception et l'usage, c'est-à-dire proposer des ressources qui sont modifiables et adaptables par chaque professeur au cours de leur utilisation, pour mettre en œuvre le principe de conception continuée dans l'usage.

3 Un travail collectif de conception

Enfin, ce travail s'est réalisé au sein d'équipes mixtes, comprenant des chercheurs, des formateurs des enseignants, pouvant s'apparenter à des communautés de pratiques. Ce travail collectif nous a permis d'organiser des expérimentations en classe et en formation, pour :

- améliorer les ressources proposées, grâce à des itérations de cycles de conception et d'expérimentation, avec une méthodologie de type *designed based reasearch*, qui permet de prendre en compte la complexité du terrain en concevant les ressources avec les enseignants, les formateurs et les implémentant sur le terrain réel puis analysant ;
- produire et de valider empiriquement les comportements et les productions des élèves qu'il est possible d'obtenir avec les situations proposées ;
- étudier les processus d'appropriation des ressources par les enseignants participants aux équipes mixtes ;
- identifier les caractéristiques des ressources à rendre modifiables par les enseignants ou les formateurs.

Nous détaillons maintenant le contenu de chacune des mallettes mathématiques que nous avons conçues.

II - DEUX MALLETES MATHÉMATIQUES POUR L'ÉCOLE : CYCLE 1 ET CYCLE 2

Les travaux ont débouchés sur la production de deux ressources :

- Une première mallette autour de la construction du nombre en MS et GS qui :

- Reprend diverses situations de référence autour du nombre, les revisite pour favoriser leur appropriation par les enseignants.
- Propose des logiciels associés à certaines de ces situations.
- Présente, pour certains aspects du nombre, quelques situations nouvelles mettant en avant l'utilisation du dans les apprentissages, le lien entre les mathématiques et d'autres disciplines, la place d'une pédagogie de projet à l'école maternelle.
- Une deuxième mallette centrée sur l'expérimentation de situations d'apprentissage utilisant des instruments mathématiques :
 - La pascaline avec des ressources articulant matériel et logiciel pour l'apprentissage de la numération décimale et du calcul au CP et au CE1.
 - Le boulier chinois avec des ressources pour l'apprentissage du nombre en GS et de la numération décimale et du calcul au cycle 2.

1 La mallette cycle 1 : Construction du nombre en maternelle, moyenne et grande section

Nous avons fait le choix du numérique pour présenter et diffuser ces ressources sur le nombre en faisant l'hypothèse que ce type de support faciliterait la diffusion.

D'autre part ce choix nous a permis de structurer les activités pour les élèves à partir d'une organisation des apprentissages sur le nombre. Cette organisation est matérialisée par des cartes mentales qui donnent une vision claire et rapide de l'articulation entre les différentes connaissances à aborder à l'école maternelle. Ces cartes mentales sont disponibles sur le site : <http://www.arpeme.fr/m2ep/index.html>

Ces cartes mentales permettent d'accéder rapidement aux ressources nécessaires pour comprendre les situations d'apprentissage tout en exposant clairement le lien entre les connaissances mises en jeu. Elles permettent d'associer dans un même document des textes, du matériel à imprimer, des images fixes ou animées avec la possibilité pour chaque utilisateur d'appréhender la ressource en suivant des chemins différents dans la carte.

Elles fonctionnent avec le logiciel libre de droit, Xmind utilisable aussi sur PC (windows ou linux) que sur Mac.

Voici la première arborescence qui organise les connaissances sur la construction du nombre pour les classes de MS et GS de la maternelle.

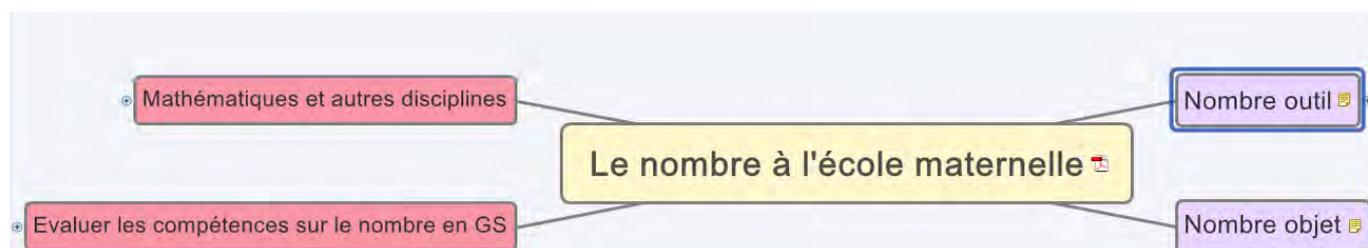


Figure 1. Le nombre à l'école maternelle

Les quatre branches ci-dessus ne constituent pas une partition des situations présentées dans la mallette. Les deux figures suivantes présentent le développement de ces branches.

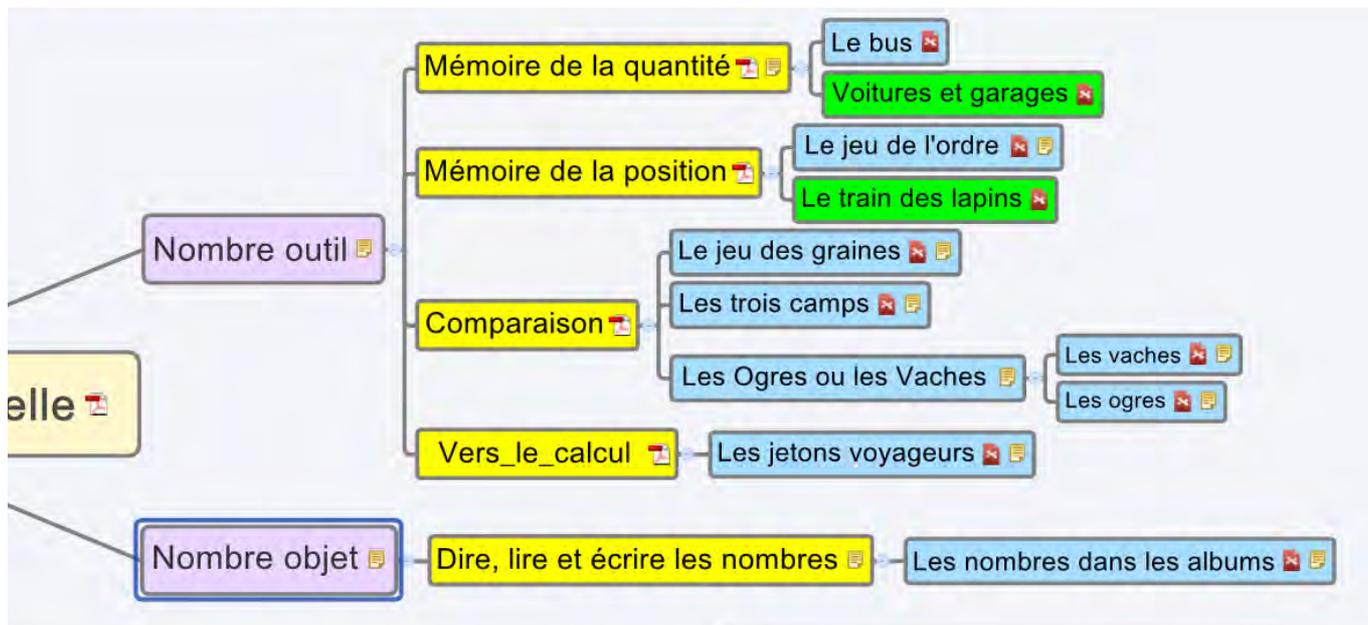


Figure 2. Développement des deux branches de droite : structuration de l'apprentissage du nombre autour des aspects outil et objet

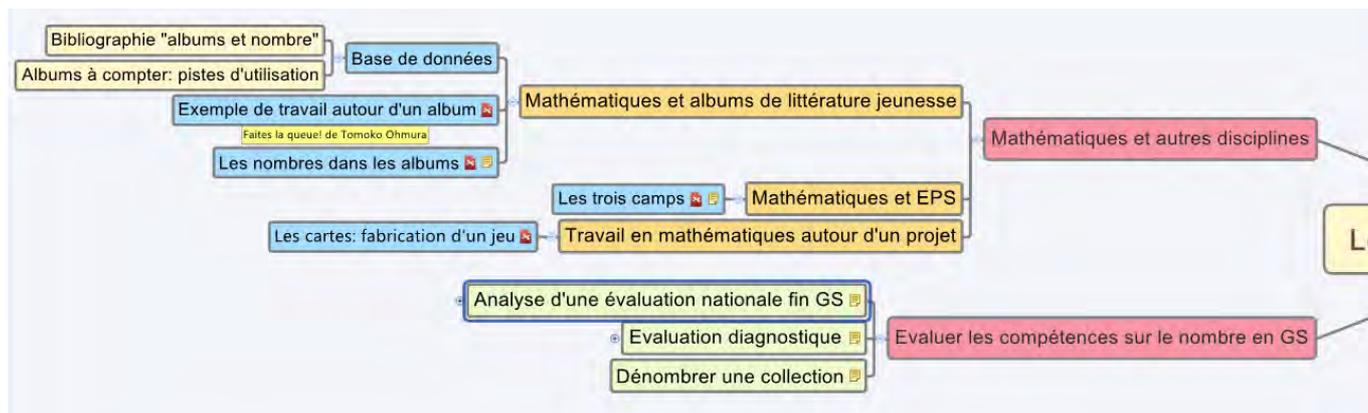


Figure 3. Développement des deux branches de gauche : structuration de l'apprentissage du nombre à partir de problématiques transversales

Les situations d'apprentissage apparaissent en bout de développement des diverses branches : un hyperlien Xmind permet alors d'ouvrir la carte mentale de chaque situation.

Cette mallette résulte de la collaboration entre les équipes de la COPIRELEM et du CREAD.

La COPIRELEM propose des situations d'apprentissage du nombre s'appuyant sur des matériels simples et faciles à mettre en place dans les classes (en **bleu** dans la carte ci-dessus).

Le CREAD reprend certaines des situations présentées dans la partie COPIRELEM mais sous un habillage différent, intégrant le travail en classe avec des logiciels utilisables y compris lorsque l'équipement informatique de l'école est très sommaire (en **vert** dans la carte ci-dessus).

1.1 La mallette maternelle : des situations de référence

La partie droite de la carte mentale « Le nombre à l'école maternelle » structure l'essentiel des situations proposées autour de la dialectique outil-objet matérialisée par les deux branches : le nombre outil et le nombre objet. Le découpage de la branche outil en quatre familles de problèmes : mémoire de la quantité, mémoire de la position et vers le calcul est introduit par un texte qui questionne les fondements de l'enseignement du nombre à l'école maternelle.

Un détour épistémologique permet d'appréhender le nombre comme une construction intellectuelle pour faciliter la résolution de certains problèmes pratiques rencontrés : conserver la mémoire de la

quantité, garder la mémoire d'une position, comparer des quantités sans avoir à manipuler les collections correspondantes ; prévoir le résultat d'une action sur une collection avant que celle-ci ait lieu (ajout, retrait, partage). L'enjeu de l'apprentissage du nombre à l'école maternelle apparaît alors comme la mise à disposition de ces problèmes sociaux de référence afin de conduire progressivement les élèves vers une autonomie dans l'utilisation des nombres pour les résoudre.

Chacune des situations proposées constitue, pour nous, une situation de référence pour l'apprentissage des notions visées. Elles ont toutes été retravaillées avec des élèves dans les classes des PE des équipes locales (PE, CPC et formateurs) et sont souvent issues de ressources connues (en particulier ERMEL GS et BRIAND et al., CDrom). Bien que ces ressources soient nombreuses et de grande qualité, nous avons constaté d'importantes difficultés de mise en œuvre dans les classes par les professeurs des écoles. C'est pourquoi, nous proposons une présentation détaillée de chaque situation et de son déroulement, illustrée par des photos, de courtes vidéos de classe. De plus, les situations utilisent en général un matériel simple, disponible dans toutes les classes d'école maternelle. Et lorsque des supports particuliers sont nécessaires, ceux-ci sont proposés dans la carte mentale, sous forme de fichier pdf.

La carte mentale « Le nombre à l'école maternelle » permet donc d'accéder à un deuxième niveau de cartes mentales : celle de chacune des situations proposées. Celles-ci sont pour la plupart structurées en cinq branches : présentation générale de la situation, étapes de mise en œuvre de la situation, matériel, échos de la classe, évaluation sur le modèle ci-dessous :



Figure 4. Carte mentale de la situation « Les ogres »

Le déploiement de chacune des branches permet ensuite d'accéder à l'ensemble des documents utiles pour appréhender la séance et la mettre en œuvre dans une classe : présentation globale de la situation puis étape par étape par des textes et des illustrations extraites de la mise en œuvre dans des classes, matériel pour la classe sous forme de fichier pdf à imprimer, films permettant de voir comment la situation peut vivre dans une classe, documents pour évaluer les apprentissages réalisés au cours de la séquence.

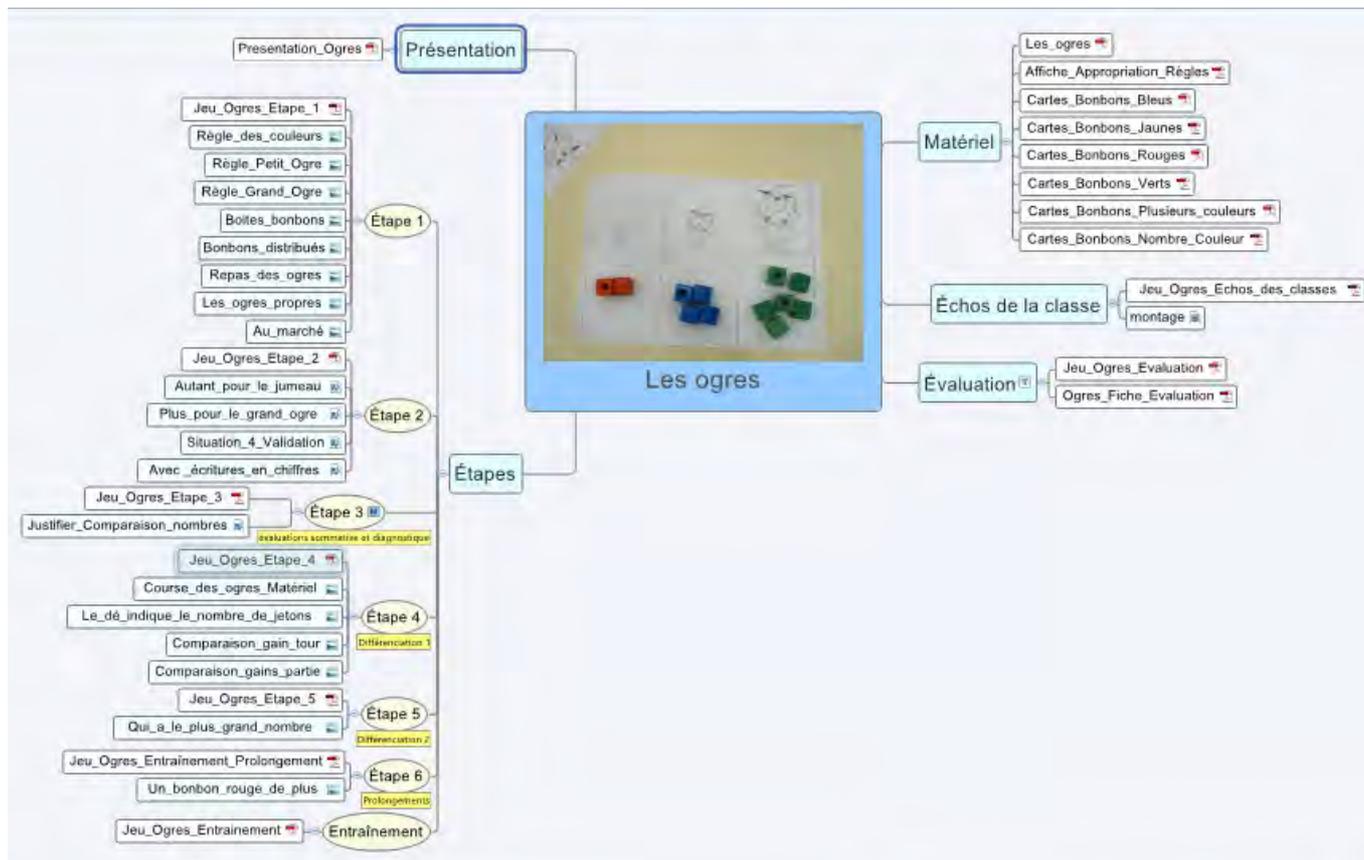


Figure 5. Déploiement des branches de la carte mentale de la situation « Les ogres »

Pour une description plus fine des documents présentant chaque situation d'apprentissage, nous renvoyons à l'article de ces actes qui rend compte de l'atelier A14 dans lequel les participants ont pu explorer une partie des ressources de cette mallette.

La partie gauche de la carte mentale « Le nombre à l'école maternelle » porte un regard plus transversal sur les situations d'apprentissage du nombre en MS et GS de l'école maternelle. Nous essayé de présenter quelques exemples de situations mettant en jeu certaines formes d'interdisciplinarité pouvant aller jusqu'à l'intégration d'apprentissages mathématiques dans une pédagogie de projet : utilisation d'albums de littérature jeunesse pour l'apprentissage du nombre, situation d'apprentissage mathématique prenant appui sur une séquence d'EPS, projet de fabrication d'un jeu de cartes, ... Certaines des situations proposées dans ces branches peuvent se retrouver dans la partie droite.

D'autre part, nous avons souhaité aborder de façon spécifique la question de l'évaluation des compétences sur le nombre à l'école maternelle. Cette partie de la ressource s'appuie d'une part sur une analyse des évaluations en fin de GS, d'autre part sur des évaluations diagnostiques des compétences sur le nombre à la fois en début et en fin d'année de GS (voir DVD IUFM Midi-Pyrénées). Nous insistons beaucoup sur l'importance d'un repérage des compétences par l'observation des élèves au fil des activités afin d'éviter une multiplication des évaluations par un travail écrit sur fiches en contradiction avec les apprentissages reliés à la manipulation tels qu'ils sont développés dans cette ressource. Dans cet esprit plusieurs situations de travail sur le nombre sont proposées comme des supports pour permettre à l'enseignant le repérage des compétences de ses élèves.

Enfin signalons que la dimension jeu a été fortement développée dans les situations retenues dans cette ressource ; nous avons intégré dans la carte mentale de certaines situations des textes permettant de mieux appréhender la forme des jeux favorables à des apprentissages mathématiques – en particulier les aménagements didactiques nécessaires pour qu'un jeu de société deviennent un jeu pour apprendre.

1.2 La mallette maternelle : Logiciels pour le nombre à la maternelle

Une partie du travail mené par le CREAD dans le cadre du projet « mallette maternelle » a consisté à concevoir deux logiciels⁷ mathématiques utilisables dès la moyenne section de maternelle pour le logiciel *Voitures et garages* (noté *V G* par la suite) et dès la grande section de maternelle pour le logiciel *Le train des lapins* (noté *TDL* par la suite). Travaillant depuis plusieurs années sur la question de l'intégration des nouvelles technologies pour l'enseignement des mathématiques à l'école (essentiellement à partir du début du cycle 3), le choix de proposer des logiciels pour la maternelle est né de la volonté d'apporter de nouvelles réponses à un questionnement récurrent des professeurs des écoles en formation initiale ou continue sur un « soi-disant » manque de ressources informatiques pour l'enseignement des mathématiques en maternelle. En tant que formateurs, nous proposons déjà des logiciels libres pour la maternelle, notamment ceux que l'on peut trouver sur le site de Thérèse Eveillard⁸, sur le site du Terrier⁹ (notamment *A nous les nombres*) ou ceux proposés par l'équipe de Stanislas Dehaene¹⁰ (*La course aux nombres* et *L'attrape nombre*). Cependant, malgré les qualités de ces logiciels, les professeurs mentionnaient généralement diverses difficultés les freinant pour intégrer régulièrement ces logiciels dans leurs pratiques. Il s'agit essentiellement de difficultés techniques d'installation des logiciels (dans le cas d'*A nous les nombres* plus particulièrement), de difficultés prévues pour la gestion de la classe si un logiciel est utilisé, de difficultés à insérer l'utilisation d'un logiciel dans leur progression, de difficultés liées au manque de matériels informatiques dans leur classe ou leur école, etc. Ces difficultés font écho aux cinq dimensions relatives aux pratiques d'un professeur identifiées par Ruthven (2010) et permettant d'analyser l'intégration d'une ressource numérique dans les pratiques d'un professeur. Ces cinq dimensions sont les suivantes :

1. l'environnement matériel (disposition de la salle, de l'école, matériel informatique disponible etc.) ;
2. le système de ressources ;
3. le format d'activité : il s'agit du format d'activité habituel du professeur, qui a des routines pour la présentation d'une activité, l'organisation du travail de groupe, etc. ;
4. l'économie temporelle : ce qui concerne l'avancée du temps didactique ;
5. le script curriculaire : il s'agit d'un ensemble de connaissances professionnelles du professeur, développé au fil de sa carrière, pour l'enseignement de contenus semblables, à des niveaux donnés.

Les logiciels *V G* et *TDL* ont été conçus en relation avec ces cinq dimensions, avec une volonté de faciliter au mieux leur intégration dans les pratiques des professeurs. Au niveau de l'environnement matériel, les logiciels sont utilisables dès que l'on dispose d'un poste informatique dans une salle de classe, même sans moyen de projection ou de connexion internet. Par ailleurs, les logiciels ne sont pas sonorisés pour ne pas perturber le reste des élève dans le cas d'une utilisation sur des postes installés dans la classe. Au niveau de l'économie temporelle et du système de ressources, nous avons choisi de produire des logiciels reprenant des situations de référence en papier/crayon qui existent dans la culture commune des formateurs et de nombreux professeurs (*Voitures et Garages* est une variation de la situation des voyageurs d'ERMEL reprise dans la carte mentale de la COPIRELEM, et le *Train des Lapins* est une variation de la situation du train des signes de l'IREM de Bordeaux). Ces logiciels sont associés à du matériel concret manipulables par les élèves ainsi qu'à des ressources pour les professeurs et pour la classe montrant des possibilités d'articulation du travail sur ordinateur et du travail en papier/crayon. Au niveau du format d'activité, nous proposons une ressource détaillant différentes modalités de mise en œuvre des situations selon le type de matériel informatique disponible mais également selon l'habitude de travail des professeurs de maternelle (travail en atelier, travail avec une situation auto-validante pour favoriser l'apprentissage de l'autonomie, travail dans le cadre d'une différenciation, etc.)

⁷ http://python.espe-bretagne.fr/blog-gri-recherche/?page_id=607 (consulté le 12 décembre 2014)

⁸ <http://therese.eveilleau.pagesperso-orange.fr/> (consulté le 12 décembre 2014)

⁹ <http://www.abuledu.org/leterrier/accueil> (consulté le 12 décembre)

¹⁰ <http://www.lacourseauxnombres.com/nr/home.php> et <http://www.attrapenombres.com/an/home.php> (consulté le 12 décembre 2014)

Le contenu des ressources est également élaboré en prenant appui sur d'autres résultats de recherche. Les logiciels conçus par le groupe proposent tous une personnalisation du parcours des élèves et un accès à leurs résultats, donnent la possibilité de faire de nombreux essais, valident les réponses des élèves et permettent aux enseignants d'articuler le logiciel avec du matériel pédagogique associé. Bueno-Ravel et Gueudet (2009) ont montré que ces éléments favorisaient l'intégration d'un logiciel dans les pratiques effectives des enseignants.

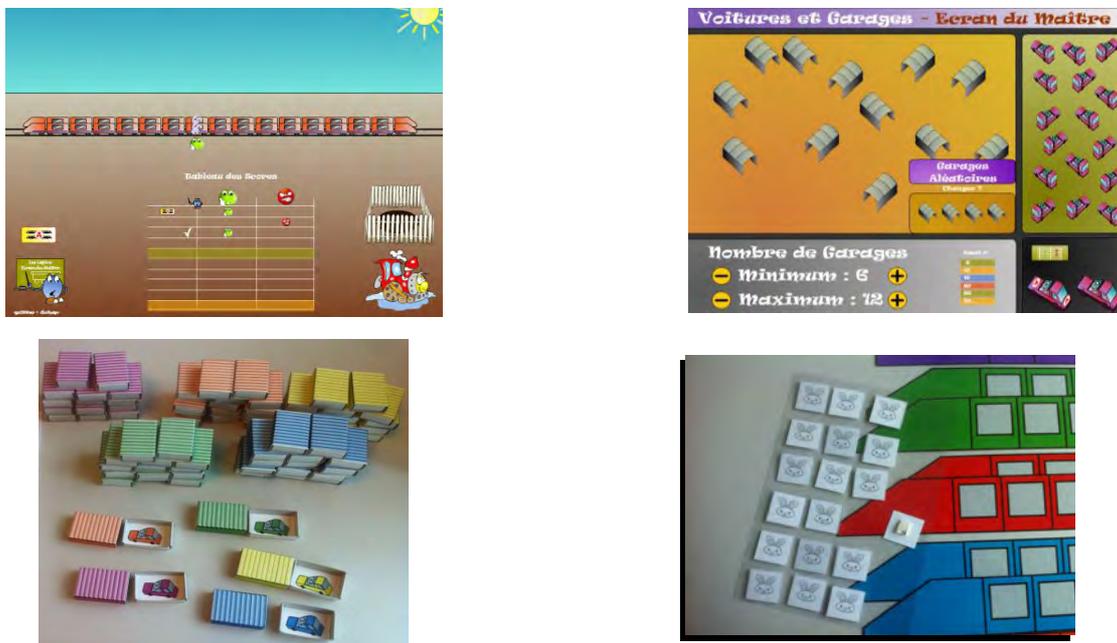


Figure 6. Extraits de ressources produites par le groupe MARENE : des logiciels paramétrables par l'enseignant (en haut à gauche), permettant à l'élève de faire de multiples essais (en haut à droite), associé à du matériel manipulable (en bas).

L'usage de ces ressources par les enseignants participant au groupe Marene a été suivi et analysé (Gueudet, Bueno-Ravel et Poisard, 2014 ; Besnier et Bueno-Ravel, 2014 ; Besnier, Bueno-Ravel, Gueudet et Poisard, à paraître) pour étudier la question de l'appropriation des ressources produites ainsi que le développement professionnel des professeurs. Les premiers résultats montrent que l'intégration de ces logiciels est possible en conditions réelles de classe (un seul poste dans une classe, classe de maternelle multi-niveau, etc.) et font apparaître que les usages des logiciels faits par les professeurs suivis ont pour particularité de développer la différenciation dans leur pratique de classe et mettent l'accent sur la verbalisation par les élèves de leur activité mathématique. Les études qualitatives se poursuivent pour identifier les liens éventuels entre l'appropriation et la modification par des professeurs des ressources fournies par le groupe Marene et le développement professionnel de ces derniers qui utilisent ces ressources.

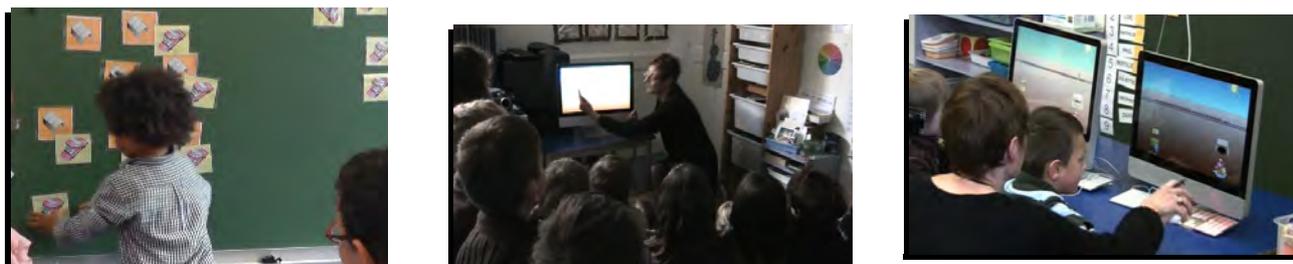


Figure 7. Exemples d'usages en classe des logiciels : articulation avec le matériel au tableau pour

permettre la verbalisation en grand groupe (à gauche) ; présentation du logiciel sur un seul poste (au centre) ; exemple de différenciation, la professeur aidant un élève pendant que celui de gauche travaille en autonomie (à droite).

1.3 La mallette maternelle : Le boulier chinois en GS

Nous présentons la partie de la mallette maternelle qui concerne le boulier chinois en grande section de maternelle (notée GS par la suite). Cette partie de la mallette résulte du travail du groupe de recherche Marene¹¹. Les membres de ce groupe étudient de manière générale le boulier chinois à l'école en le considérant comme une ressource supplémentaire pour la construction du nombre, la numération et les opérations. Nous précisons que lorsque nous évoquons le boulier chinois, il s'agit du boulier chinois dans sa version matérielle (figure 1) et/ou dans une version virtuelle (figure 2).



Figure 8 : boulier chinois ou suan-pan

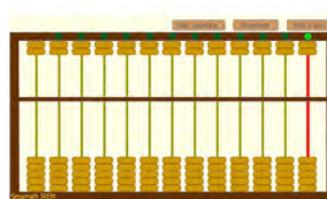


Figure 9 : Boulier chinois virtuel développé par l'association Sésamath et l'IREM de Lille.

Avant de décrire le contenu de la mallette nous allons, dans un premier temps, donner les règles d'utilisation du boulier chinois puis nous décrirons des objectifs d'apprentissage en GS en soulignant deux points importants.

Donnons tout d'abord les règles d'utilisation de ce boulier : il est composé de treize tiges, chacune correspondant à un rang de notre numération positionnelle, et d'une barre centrale que nous nommons « barre de lecture » (Poisard, Bueno-Ravel, Gueudet, 2011). Sur chaque tige cinq boules, appelées unaires (chacune vaut un), sont situées sous la barre de lecture et deux boules, appelées quinaires (chacune vaut cinq), sont situées au dessus. Pour inscrire un nombre, il faut ramener les boules vers la barre de lecture centrale du boulier ; on dit qu'on les « active ». Le boulier dans la version virtuelle choisie ici (figure 2), dispose en plus de fonctions et de caractéristiques spécifiques : la tige choisie pour les unités est rouge ; un clic sur l'icône « mise à zéro » désactive toutes les boules ; un clic sur « voir nombre » permet d'afficher l'écriture chiffrée du nombre inscrit sur le boulier et enfin un clic sur « placement » entraîne l'affichage de l'inscription économique du nombre, c'est-à-dire celle qui utilise le moins de boules possible.

Indiquons maintenant les apprentissages mathématiques possibles en GS avec le boulier. De manière générale, l'utilisation du boulier favorise la construction du nombre en GS. L'usage du boulier permet en outre, de donner du sens au nombre, d'apprendre à différencier valeur et quantité et de décomposer des nombres.

Prenons l'exemple de l'inscription de huit sur un boulier chinois. Pour inscrire huit sur le boulier, les élèves peuvent, par exemple, le décomposer en cinq et trois. Ils doivent ensuite savoir qu'une quinaire vaut cinq bien que cette boule soit semblable aux unaires. Il s'agit pour les élèves de distinguer la valeur d'une boule de la quantité de boules activées. Ils apprennent ainsi à coder le nombre huit sur le boulier. Le boulier permet donc un autre codage des nombres qui est complémentaire d'autres codages connus

¹¹Mallette de REssources pour le Nombre à l'École, sous-groupe « Boulier chinois à l'école » : http://python.espe-bretagne.fr/blog-gri-recherche/?page_id=611 (consulté le 12 décembre 2014)

des élèves : représentations par constellations, sur les doigts, écriture en chiffres, écriture en lettres, etc... (figure 3). Nous considérons que connaître différents codages d'un nombre et faire des liens entre ceux-ci permet aux élèves de donner plus de sens au nombre.

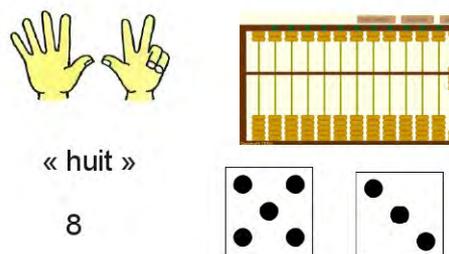


Figure 10 : Différents codages de huit

Pour que ces apprentissages soient possibles, nous soulignons deux points importants :

- Premièrement, une articulation entre l'usage du boulier matériel et du boulier virtuel lors de séances en classe permet aux élèves de s'approprier l'objet et de mieux comprendre ses règles d'utilisation. Le boulier dans sa version virtuelle, facilite le travail des élèves et de l'enseignant dans la classe. En effet, il permet une appropriation plus rapide des fonctionnalités du boulier. En particulier, la fonction « voir nombre » permet aux élèves d'effectuer des essais, de tâtonner en s'appuyant sur l'écriture chiffrée des nombres. Le boulier virtuel permet aussi une auto-validation des inscriptions et des lectures. Les élèves peuvent ainsi travailler en autonomie. Enfin, le boulier virtuel, lorsqu'il est utilisé avec un vidéo-projecteur ou un tableau numérique interactif, facilite les mises en commun collectives. Cela étant, les élèves ont aussi besoin de manipuler l'objet réel pour se l'approprier. C'est pourquoi il nous semble judicieux de proposer d'utiliser les deux types de boulier.
- Deuxièmement, une articulation avec d'autres ressources pour construire le nombre est nécessaire. En effet, le boulier peut s'intégrer dans la classe comme d'autres ressources telles que la bande numérique par exemple mais ne se substitue pas à elles. Il devient un moyen supplémentaire de construire le nombre et enrichit les ressources disponibles pour l'élève.

Ces remarques permettent en partie de comprendre les choix faits concernant les ressources présentes dans la mallette. Nous présentons maintenant ces ressources en les regroupant en trois catégories :

- **Des ressources pour la classe** : il s'agit d'une séquence intitulée « le boulier chinois en GS » et de ressources matérielles et virtuelles utilisables en classe pour mettre en œuvre cette séquence.

La séquence porte sur la « construction du nombre en GS » avec l'étude du boulier chinois et se veut complémentaire d'autres situations de classe sur le thème de la construction du nombre. L'objectif général de cette séquence est d'étudier différents codages du nombre et d'amener les élèves à faire des liens entre ces différents codages pour construire le sens du nombre.

Un cadre du boulier sans boules représentées est disponible et peut être imprimé en grand format. Cela permet de mettre en œuvre la séquence lorsqu'il n'est pas possible de projeter l'écran du logiciel au tableau. Cet outil permet de mettre en commun les réponses des élèves en utilisant par exemple, des aimants pour représenter les boules activées.

Des fiches comportant des cadres de bouliers sans boules représentées sont présentes, elles permettent à l'enseignant qui met en œuvre la séquence de créer ses propres exercices.

Le boulier virtuel créé par Sésamath ainsi qu'une fiche d'exercices en ligne paramétrables par le professeur (boulier j3p) sont disponibles.

- **Des ressources pour les élèves** : elles sont constituées d'exemples de fiches élèves pour inscrire et lire des nombres sur le boulier, d'un dictionnaire des nombres de 0 à 10 et d'un livre du boulier de 0 à 15.

Les fiches élèves donnent des exemples d'exercices à donner aux élèves lors des séances avec le boulier chinois. Il s'agit pour les élèves soit de lire un nombre sur un boulier représenté puis d'écrire le nombre correspondant (écriture en chiffres) soit de lire un nombre écrit en chiffres et de dessiner sur la fiche les boules activées sur le boulier.

Le livre du boulier de 0 à 15 montre les inscriptions de ces nombres sur le boulier. Par exemple, sur la page du deux se trouvent l'écriture chiffrée « 2 », le mot nombre « deux » et le codage de deux sur le boulier virtuel. Lorsque plusieurs inscriptions d'un nombre sont possibles sur le boulier, plusieurs pages sont présentes, c'est le cas pour cinq par exemple. Ce livre peut être utilisé comme la mémoire des tâches effectuées sur le boulier. Il peut être utilisé individuellement ou collectivement, les pages peuvent aussi être affichées au tableau au fur et à mesure de la découverte de nouvelles inscriptions sur le boulier.

Enfin, le dictionnaire des nombres de 0 à 10 se présente sous la forme d'un tableau dans lequel chaque ligne correspond à un nombre. Pour chaque nombre son écriture chiffrée, le mot-nombre associé, la constellation du dé ainsi que la collection de doigts correspondantes sont représentées. Le boulier apparaît donc comme un autre codage des nombres. Ce dictionnaire peut être utilisé tel quel ou peut venir enrichir la bande numérique déjà présente dans une classe.

- **Des ressources pour le professeur :** elles ont été créées pour permettre à un enseignant qui souhaite mettre en œuvre une séquence avec le boulier chinois dans sa classe de découvrir seul les règles d'utilisation du boulier. Elles sont constituées d'un tutoriel vidéo, d'un livret pour le professeur intitulé « pour aller plus loin à propos du boulier chinois » et d'une fiche « vocabulaire ».

Le tutoriel vidéo présente les règles d'utilisation du boulier et donne des exemples d'inscriptions et de lectures de nombres sur le boulier.

Le livret apporte des compléments au professeur en donnant des prolongements possibles pour utiliser le boulier au delà de la GS. Il présente un mode d'emploi du boulier, indique le vocabulaire utilisé, précise les apprentissages possibles au delà de la GS et inclut des remarques pour la mise en place en classe.

Enfin, la fiche « vocabulaire » reprend un paragraphe du livret de professeur dans le but de préciser cette question du vocabulaire employé par le professeur et par les élèves quand ils utilisent un boulier chinois. Cette question est importante pour la verbalisation des apprentissages.

Les ressources incluses dans la partie boulier chinois en GS de la mallette maternelle sont donc nombreuses car elles ont pour but de permettre à un enseignant de GS de s'approprier le boulier puis de disposer d'outils et de documents lui permettant de mettre en œuvre une séquence. Nous précisons qu'il faut en plus disposer de bouliers matériels puisque nous avons insisté sur la nécessité d'articuler l'usage du boulier matériel et l'usage du boulier virtuel. De plus, il nous semble nécessaire d'accompagner les enseignants qui souhaitent utiliser le boulier en GS dans le cadre de formation.

Enfin, il est important préciser qu'utiliser le boulier en GS est une première étape, il s'agit d'une base pour les niveaux suivants. C'est pourquoi, l'un des objectifs du travail en cours dans le groupe de recherche Marene est de produire des ressources pour le cycle 2 et de les rendre disponibles en ligne¹².

2 La mallette cycle 2 : La pascaline

Une machine mathématique pour l'école élémentaire est présente dans la mallette cycle 2 : la pascaline. Elle est proposée dans la mallette sous deux versions : une version manipulable et une version informatisée (la e-pascaline).

¹²http://python.espe-bretagne.fr/blog-gri-recherche/?page_id=201 (consulté le 12 décembre 2014)



Figure 11 : La pascaline



Figure 12 : La e-pascaline utilisée ici sur une tablette

Les objectifs de l'utilisation de la pascaline ou de la e-pascaline à l'école sont de travailler sur :

- l'écriture décimale de position des nombres ;
- les notions d'unité, dizaine, centaine et l'échange de 10 unités contre une dizaine ;
- les opérations de calcul.

Pour plus de détails sur les activités proposées articulant travail sur la pascaline et travail sur la e-pascaline, il est possible de lire de texte de l'atelier 23¹³ proposé dans ce DVD (Riou-Azou et Soury-Lavergne (à paraître)) et de consulter une description de la « mallette cycle 2 : pascaline » disponible en ligne à l'adresse suivante :

http://educmath.ens-lyon.fr/Educmath/recherche/equipes-associees/mallette/mallette-lyon/presentation_mallette_cp_ce1.pdf

III - PERSPECTIVE : LE PROJET MALLETTE ET LES RECHERCHES ASSOCIÉES

Les mallettes sont maintenant disponibles pour la plupart librement en ligne pour les professeurs et les formateurs. Elles commencent à être diffusées en dehors du cercle des équipes ayant participé à leur conception, que cela soit en formation initiale ou en formation continue.

Cependant, les recherches menées sur l'usage de ces ressources par des professeurs (notamment dans le cadre du groupe MARENE) nous ont conduit à proposer des modules de formation M@gistère pour soutenir l'appropriation des ressources par les enseignants. Ces modules seront disponibles à la rentrée 2015 sur la plate-forme M@gistère de la DGESCO.

Il serait intéressant de poursuivre des recherches sur l'appropriation des ressources des mallettes par des professeurs n'ayant pas pris part aux équipes de conception, sur les apprentissages des élèves en lien notamment avec l'articulation entre différents types d'artefacts (tangibles et informatisés), etc.

¹³Atelier 23 : Mallette d'outils mathématiques, le boulier et la pascaline.

IV - BIBLIOGRAPHIE

BERGEAUT, J.F., LAURENÇOT-SORGIUS, I. & VAUTRIN, M. (2008), *Autour du repérage des compétences dans des domaines mathématiques en cycle 1 et 2 : évolution des compétences numériques en GS*, DVD et livret d'accompagnement, IUFM Midi-Pyrénées.

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., BUENO-RAVEL, L., GUEUDET, G. & POISARD, C. (A paraître) Conception et diffusion de ressources pour la classe issues de la recherche. L'exemple des apprentissages numériques à l'école, *Actes de la XVII^e école d'été de didactique des mathématiques*, Nantes, 19-26 Août 2013.

BESNIER, S., EYSSERIC, P. & LE MÉHAUTÉ, T. (A paraître) Mallette de ressources mathématiques pour l'école maternelle (MS-GS) - Atelier A14, *Actes du 41^{ème} colloque COPIRELEM*, Mont de Marsan 18-20 Juin 2014.

BRIAND et al. (2004), *Apprentissages mathématiques en maternelle : situations et analyses*, CD Rom, Hatier.

BUENO-RAVEL, L. & GUEUDET, G. (2009) Online resources in mathematics: teachers' geneses and didactical techniques. *International Journal of Computer and Mathematic Learning*, **14/1**, 1-20.

CHARNAY et al. (1990), *Apprentissages numériques en grande section de maternelle*, ERMEL, Hatier.

EYSSERIC, P. (2014) Mettre au centre la résolution de problèmes. *Cahiers pédagogiques*, **517**, 48-50.

GUEUDET, G., BUENO-RAVEL, L. & POISARD, C. (2014) Teaching mathematics with technology at kindergarten: resources and orchestrations. In CLARK-WILSON, A., RO BUTTI, O., SINCLAIR, N. (Eds.) *The mathematics teacher in the digital era*, (pp. 213-240). New York: Springer.

POISARD, C., BUENO-RAVEL, L. & GUEUDET, G. (2011) Comprendre l'intégration de ressources technologiques en mathématiques par des professeurs des écoles. *Recherches en didactique des mathématiques*. **31**(2), 151-189.

RIOU-AZOU, G. (2014) Apports du boulier chinois en grande section de maternelle. *MathémaTICE*, **40**.

RIOU-AZOU, G. & SOURY-LAVERGNE, S. (A paraître) Mallette d'outils mathématiques, le boulier et la pascaline, *Actes du 41^{ème} colloque COPIRELEM*, Mont de Marsan 18-20 Juin 2014.

RUTHVEN, K. (2010) Constituer les outils et les supports numériques en ressources pour la classe, in GUEUDET, G. & TROUCHE, L. (Eds) *Ressources vives, la documentation des professeurs en mathématiques*. (pp. 183-199). PUR, Rennes et INRP.