

INTEGRATION ET USAGES DE RESSOURCES TECHNOLOGIQUES AU PREMIER DEGRE : L'EXEMPLE DU BOULIER VIRTUEL EN MATHÉMATIQUES

Caroline Poisard

IUFM de Bretagne/UBO
8, rue de Rosmadec BP 301
29191 Quimper cedex
caroline.poisard@bretagne.iufm.fr

Mots-clés : *Intégration des technologies, ressources en ligne, développement professionnel des professeurs des écoles, boulier chinois, numération*

Résumé. *Dans cet article, nous étudions l'intégration d'une ressource technologique en mathématiques à l'école primaire en nous référant au cadre théorique de l'approche documentaire. Nous analysons l'intégration de la ressource en ligne « boulier chinois virtuel » par deux professeurs des écoles de classes de CE1 et de CE2 (7 et 8 ans) concernant l'enseignement de la numération décimale de position. Nous montrons comment l'intégration d'une même ressource, avec des objectifs d'enseignement communs, donne lieu à des usages différents en classe en fonction des connaissances professionnelles et du système de ressources de chaque professeur. Nous montrons aussi comment les connaissances professionnelles des professeurs évoluent par l'intégration d'une nouvelle ressource dans leur système de ressources.*

Le travail présenté ici porte sur l'intégration et l'usage de ressources technologiques au premier degré. Actuellement, l'intégration de ressources TICE en mathématiques à l'école semble plutôt faible (Imbert 2008, Lagrange & al 2009). Des évolutions récentes indiquent que le recours à des ressources en ligne peut contribuer à soutenir l'intégration des TICE. L'intérêt pour les ressources en ligne déplace la question des technologies et requiert une approche théorique et méthodologique spécifique, que nous présentons en partie 1. Nous proposons ensuite (partie 2) des études de cas, concernant l'intégration du *boulier chinois virtuel* par deux professeurs des écoles. Nous analysons les usages développés par ces professeurs ainsi que les déterminants de ces usages. Nous montrons également comment l'emploi d'une ressource engendre une évolution des connaissances professionnelles des professeurs. Les questions que nous retenons sont : Quels sont les facteurs qui favorisent l'intégration d'une ressource ? Comment celle-ci s'articule-t-elle avec les autres ressources existantes du professeur ? Quelles connaissances professionnelles influencent les usages, et comment les usages influencent-ils les connaissances professionnelles ?

1. Choix théoriques et méthodologiques

Pour notre travail, nous nous plaçons dans le cadre de l'approche documentaire (Gueudet & Trouche 2008, 2009a, 2009b, 2010). Ce choix théorique se justifie par le fait que les ressources en ligne amènent à considérer à la fois les technologies (au sens des TICE) mais aussi toutes les ressources susceptibles d'intervenir pour l'enseignement. Le terme ressource est à envisager dans un sens large, comprenant : manuels de classe, matériel pédagogique, logiciels, travaux des élèves, discussion entre professeurs, etc. Aussi, l'activité du professeur -en classe et hors classe- est considérée dans son ensemble. Cette approche s'intéresse au travail documentaire du professeur : rassembler des ressources, en retenir certaines, les articuler, les réviser, etc. Celle-ci s'appuie sur l'approche instrumentale (Rabardel 1995) et introduit une distinction entre un ensemble de ressources disponibles, et un document que le professeur développe au cours de ses interactions avec cet ensemble de ressources. Un document associe des ressources (sélectionnées, modifiées,

recombinées) et un schème d'utilisation de ces ressources. Un schème est une organisation invariante de l'activité qui comporte des règles d'action et est structurée par des invariants opératoires (Vergnaud 1996). Parmi les invariants opératoires, nous accordons une importance spécifique aux connaissances professionnelles des enseignants relatives à l'enseignement des mathématiques.

Le processus de développement d'un document est nommé genèse documentaire. Ces genèses comprennent un double mouvement : d'instrumentalisation (le professeur s'approprié les ressources) et d'instrumentation (les caractéristiques des ressources modifient l'activité et les connaissances professionnelles du professeur). En particulier, l'intégration par un professeur d'une nouvelle ressource dans un ensemble de ressources donne lieu à une genèse documentaire. Comme dans les travaux de Ruthven (2009), un rôle important est ici attribué au système de ressources du professeur, c'est-à-dire à l'ensemble des ressources engagées dans des genèses documentaires, au fil de l'activité professionnelle du professeur.

Notre travail s'est déroulé au sein d'un groupe de recherche IUFM composé d'enseignants-chercheurs et de professeurs des écoles maîtres-formateurs¹. Les maîtres-formateurs s'engagent à utiliser des ressources numériques (ressources en ligne, logiciels, calculatrices) au moins une fois dans l'année et à remplir une grille de description de ces séances. Tous les membres du groupe proposent des ressources et les maîtres-formateurs choisissent celles qu'ils souhaitent exploiter, les thèmes mathématiques qu'ils veulent travailler, etc. Ainsi, les chercheurs n'interviennent pas directement sur les choix effectués pour les séquences. Nous avons choisi de filmer certaines séances pour lesquelles les ressources numériques jouaient un rôle central.

Les données rassemblées pour ce travail comportent ainsi : les grilles de description des séances, les ressources utilisées par les professeurs, les notes prises lors des réunions du groupe, l'observation des séances filmées avec des entretiens post-séances, et les productions des élèves. Ces deux études de cas se sont déroulées sur deux années universitaires consécutives : Carlos puis Noémie. Pour Noémie, nous avons complété ces données par un questionnaire de présentation personnelle portant sur les expériences professionnelles et les ressources utilisées en mathématiques ainsi qu'un entretien portant son travail documentaire qui comprend la représentation schématique de son système de ressources.

2. Analyse du boulier chinois virtuel pour l'enseignement de la numération

2.1 *Inscrire et lire des nombres sur le boulier*

En introduction à notre analyse, nous présentons le mode de fonctionnement du boulier chinois concernant l'inscription et la lecture des nombres, puis nous montrons quelques différences d'usage entre le boulier matériel et le boulier virtuel. Le boulier virtuel utilisé a été créé par Sésamath et l'IREM de Lille². Cette ressource est a priori conçue pour un enseignement des mathématiques au collège, mais propose l'utilisation du boulier libre avec la fonction d'affichage en chiffres d'un nombre inscrit sur le boulier. C'est cette possibilité, du boulier en affichage libre, facilement utilisable à l'école primaire qui a été retenue par les deux professeurs qui ont choisi de travailler en classe avec le boulier virtuel. Le boulier Sésamath est un boulier chinois (figure 1) c'est-à-dire qu'il possède sept boules par tiges et il reprend le principe de la numération de position en base 10 avec une tige pour les unités, une pour les dizaines, une pour les centaines, etc. en partant de la gauche vers la droite. Le cadre du boulier chinois est séparé en deux parties : une partie haute avec deux boules par tiges appelées quinaires (elle valent 5, 50, 500, etc. chacune) et

1. Les maîtres-formateurs sont des professeurs des écoles qui ont obtenu un diplôme leur permettant d'enseigner en formation des enseignants en IUFM. Ainsi, ils partagent leur enseignement entre le premier degré et la formation des professeurs des écoles.

² http://cii.sesamath.net/lille/exos_boulier/

cinq boules sur la partie basse (elles valent 1, 10, 100, etc. chacunes). Les boules activées qui composent un nombre sont amenées vers la barre centrale. Par exemple, 2 075 se compose de deux unités de mille, sept dizaines et cinq unités, que l'on écrit : $2\ 075 = 2\ 000 + 70 + 5$ pour l'apprentissage de la numération. Sur le boulier chinois, on active deux unaires dans la tige des unités de mille, une quinaire et deux unaires dans la tige des dizaines et une quinaire dans la tige des unités. Nous nommons *inscription économique*, l'inscription qui déplace le moins de boules possibles. En effet, par exemple il existe plusieurs possibilités pour inscrire 100 : comme une centaine (une unaire activée dans les centaines) ou comme dix dizaines (dix activé dans les dizaines), l'inscription d'une centaine est la plus économique en nombre de boules déplacées.

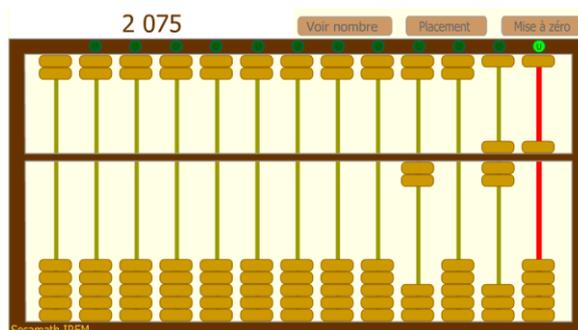


Figure 1 : Le boulier chinois virtuel Sésamath affichant le nombre 2 075 sur le boulier et en écriture chiffrée

Le boulier virtuel permet d'avoir (en plus de l'inscription sur le boulier) un affichage chiffré des nombres (icône « voir nombre »). Ceci permet aux élèves un travail autocorrectif mais cette fonction du boulier virtuel peut aussi être utilisée comme un biais par les élèves comme nous le verrons pour l'étude de Carlos. Une autre différence entre le boulier matériel et le boulier virtuel est la manière d'inscrire six, sept, huit et neuf dans une tige, le geste n'est pas le même : sur le boulier matériel, on peut claquer d'un geste une quinaire et le nombre d'unaires souhaité, ce qui n'est pas possible sur le boulier virtuel sur lequel on doit cliquer deux fois, ce qui rend l'inscription moins rapide.

Nous présentons ci-après deux études de cas assez contrastées en montrant comment les connaissances professionnelles déterminent les choix didactiques des professeurs, comment à partir d'une même ressource, les usages développés sont différents, et aussi en faisant des hypothèses sur l'évolution des connaissances des professeurs. Carlos est professeur en classe de CE2 et Noémie en classe de CE1, tous deux travaillent au sein du groupe de recherche IUFM mentionné ci-dessus. Nous avons choisi tout d'abord de présenter les deux cas afin de souligner les principaux éléments sur lesquels se fondent les interprétations proposées. Nous détaillons ensuite l'analyse en montrant les points communs aux deux intégrations ainsi que les points divergents.

2.2 Présentations des deux études de cas

2.2.1 Présentation pour Carlos

Dans un des manuels de classe de Carlos (*Le nouvel Objectif Calcul*), est proposée une séance sur le boulier chinois. Le scénario mis en place par Carlos possède huit séances (d'une heure environ) dont l'objectif est de « mieux comprendre le système d'échanges dans le cadre de la numération ». La progression est la suivante (S pour séance) :

- Recherche du mode de fonctionnement (S1)
- Inscriptions des nombres et échanges (S2 à S5, S2 possède un objectif informatique affiché « être autonome pour accéder et utiliser le boulier virtuel » et S5 est une synthèse des séances précédentes)

- Consolidation et entraînement sur les techniques d'inscription des nombres (S6 et S7)
- Évaluation sur papier : inscription et lecture des nombres (S8).

Dès la séance 2, Carlos observe que les élèves semblent arriver à inscrire un nombre. Après discussion au sein du groupe de recherche sur la possibilité pour les élèves de procéder par tâtonnement, Carlos demande un travail écrit à ses élèves (S3) avant d'utiliser l'ordinateur pour inscrire un nombre.

2.2.2 Présentation pour Noémie

Noémie utilise la *méthode Picbille* (manuel *J'apprends les maths*) pour l'enseignement de la partie numérique dans sa classe, elle utilise le matériel de jetons, boîtes et valises, et la comptine à la chinoise (« deux-dix et un » pour 21). Elle complète son enseignement avec des situations-problèmes issues de ERMEL. Le scénario sur le boulier a été mis en place sur l'année : une séance par semaine, environ 20 minutes en demi-groupe. Nous avons observé huit séances dont l'objectif est de « représenter un nombre sur un boulier, comprendre les échanges et utiliser l'outil pour calculer ». La progression est la suivante (S pour séance, la partie calcul avec le boulier n'a pas encore été envisagée à ce moment de l'année) :

- Découverte du mode de fonctionnement du boulier matériel (S1) puis du boulier virtuel (S2)
- Lecture de nombres avec échanges à effectuer, puis inscription de nombres (S3)
- Problèmes arithmétiques à résoudre de tête et inscrire le résultat sur le boulier (S4) ; lien avec la comptine à la chinoise
- Évaluation sur papier : lire et inscrire des nombres et rédiger un mode de fonctionnement du boulier (S5)
- Travail sur la rédaction d'un mode d'emploi. Inscrire un nombre « dit à la chinoise » sur le boulier en justifiant sa proposition (S6)
- Inscrire un nombre « dit à la chinoise » sur le boulier en justifiant sa proposition. Inscrire un premier nombre puis un second (plus grand) sans repasser par zéro. (S7 et S8).

Noémie a utilisé le scénario de Carlos pour organiser les séances pour sa classe. Elle a mis en place des règles d'utilisation dès la première séance (œil de lecture et inscription économique des nombres), elle pensait que c'était aussi le cas pour Carlos.

2.3 Analyse des deux intégrations du boulier virtuel

L'analyse porte sur la conception et la mise en œuvre d'une séquence d'enseignement sur la numération décimale de position. Le travail documentaire engagé ici par les professeurs a mobilisé une multiplicité de ressources (boulier matériel et virtuel, support papier/crayon, manuel de classe, etc.) et a donc initié des genèses documentaires que nous détaillons ci-dessous.

2.3.1 Découverte du boulier

Après discussion au sein du groupe et en référence à nos travaux antérieurs sur le boulier (Poisard 2005), Carlos s'est rendu compte que ses élèves (en séance S2) ne maîtrisaient pas le mode de fonctionnement du boulier mais procédaient par tâtonnement en utilisant la fonction d'affichage des nombres en chiffres (un nombre inscrit sur le boulier s'affiche alors en écriture chiffrée). Carlos a ensuite systématiquement complété son travail sur ordinateur par un travail sur papier/crayon (dessin de nombres inscrits sur le boulier). Carlos s'approprie le boulier virtuel en articulant celui-ci avec un ensemble de ressources (manuel de la classe, traces écrites) dans un mouvement d'instrumentalisation. Dans le même temps, dans un mouvement d'instrumentation, ses connaissances professionnelles évoluent, les discussions dans le groupe et les productions des élèves lui permettent de mettre à jour sa connaissance des techniques des élèves et enrichissent ses connaissances professionnelles sur l'articulation informatique et papier/crayon.

Noémie travaille dans un autre groupe de recherche IUFM et suit un Master 2 en éducation. Elle possède donc une expérience plus pointue en recherche en éducation et ses connaissances professionnelles font référence à des théories didactiques qu'elle utilise pour ses travaux. Pour la mise en place des séances, Noémie a choisi de diviser sa classe en deux groupes ce qui lui permet de faire deux fois la même séance à la suite, ceci dans l'objectif de réajuster ses choix didactiques si nécessaire. Pour la première séance (S1), elle voulait passer du temps sur l'historique, l'utilité du boulier chinois. En fait, pour le second demi-groupe, elle a réduit ce temps, car pour Noémie : « On apprend les règles en jouant ». D'autre part, Noémie avait des craintes quant à l'intérêt de ses élèves pour le boulier virtuel (S2). Elle-même, se sentant moins à l'aise avec le boulier virtuel, pensait que les élèves seraient déçus après l'utilisation du boulier matériel qui avait bien fonctionné. En fait, ça n'a pas du tout été le cas. On voit là aussi un double mouvement : Noémie s'approprie la ressource boulier en commençant par une séance avec le boulier matériel et en organisant des groupes de travail en demi-classe (instrumentalisation). Aussi, du fait de cette intégration, ses connaissances professionnelles sur la nécessité de pratiquer pour comprendre les règles sont renforcées, ainsi que l'intérêt des élèves pour l'outil informatique (instrumentation).

2.3.2 Boulier et numération de position

La notion d'échanges entre positions (unités, dizaines, centaines, etc.) est centrale pour la compréhension de la numération décimale de position. Par exemple, le boulier chinois permet un travail sur l'égalité entre dix dizaines et une centaine, cet échange se réalise physiquement entre les tiges. La notion d'échanges en numération est également importante pour l'apprentissage des algorithmes opératoires ; c'est la notion de retenue que l'on utilise pour signifier ces échanges. Pour Noémie, ses connaissances professionnelles relatives aux difficultés des élèves sont renforcées avec l'usage du boulier : elle retrouve les difficultés connues en numération concernant la valeur de position et donc celle des tiges du boulier (instrumentation). Par exemple, Noémie (post-entretien séance 6) retient l'inscription de 190 comme intéressante car elle permet de voir certaines difficultés des élèves qui font la confusion entre le rang des unités et celui des dizaines. Ils inscrivent alors 154 sur le boulier (au lieu de 190), en effet 90 se décompose comme $50 + 40$ mais certains élèves inscrivent quatre unités au lieu de quatre dizaines. Pour Noémie, le boulier permet de repérer certaines difficultés des élèves et vient donc enrichir les ressources qu'elle utilise déjà en classe.

Aussi bien pour Carlos que pour Noémie, nous pointons ici une genèse documentaire. Leurs choix font apparaître la règle d'action : « Les énoncés et les supports proposés doivent amener les élèves à pratiquer des échanges ». Nous inférons de ces choix un invariant opératoire du type : « L'apprentissage des principes de la numération nécessite la pratique, avec un matériel approprié, d'échanges physiques entre positions ».

2.3.3 Intégration du boulier dans le système de ressources

Pour expliquer cette intégration, l'appartenance au groupe de recherche est un premier facteur. Ceci est renforcé pour Noémie qui a pu utiliser le travail déjà réalisé par Carlos. D'autres facteurs expliquent cette intégration : la possibilité d'articuler cette nouvelle ressource avec d'autres déjà existantes, l'incitation institutionnelle pour l'usage des TICE, ainsi que les connaissances professionnelles sur l'enseignement de la numération. Bien que partant du manuel de classe pour intégrer le boulier à son enseignement, Carlos a mis en place un scénario assez indépendant du reste de son enseignement. À l'opposé, la progression de Noémie sur le boulier suit celle qu'elle utilise d'habitude en classe. Le boulier vient compléter son système de ressources en gardant la même progression de ses enseignements. L'instrumentalisation (la mise à la main) par rapport à la progression existante pour chacun est donc différente.

Carlos utilise fréquemment la salle informatique avec sa classe et accorde une importance particulière à préparer ses élèves au B2i (Brevet informatique et internet), on peut donc repérer un argument institutionnel, relatif au programme scolaire et à la validation du B2i pour expliquer

l'intégration du boulier par Carlos. À l'inverse, Noémie utilisait peu l'outil informatique en classe : le travail au sein du groupe a été pour elle incitatif pour travailler en salle informatique et en particulier avec un TBI (tableau blanc interactif) qu'elle n'avait jamais utilisé auparavant. Lors des séances, ses élèves viennent au TBI pour expliquer leurs procédures et débattre de la validité des réponses. Pour cette séquence, l'usage du TBI est central, il permet aux élèves de venir manipuler le boulier au tableau et au professeur d'organiser une discussion de classe, d'argumenter les propositions concernant l'inscription, la lecture de nombres et les calculs. Le TBI donne à voir le travail de classe, il est le support de discussions argumentées, nous sommes là dans une démarche d'investigation où les élèves peuvent communiquer avec l'ensemble du groupe classe. Pour Carlos qui a visionné les séances de Noémie : « Le TBI fédère ! Il est plus proche d'une pratique de classe ordinaire ». Ainsi le boulier virtuel et le TBI ont pris place dans le système de ressources de Noémie. C'est l'importance que celle-ci accorde à la numération entière, en particulier aux échanges, qui l'a conduite à retenir le boulier virtuel, le TBI quant à lui s'est imposé comme moyen de faire des synthèses en classe entière. Lors des réunions du groupe TREMA-1, nous avons pu constater que pour Carlos et Noémie, le déroulement des séances sur le boulier virtuel a renforcé l'intérêt qu'ils portaient déjà à l'usage des TICE en classe, et en particulier pour l'enseignement des mathématiques dès le cycle 2.

D'autre part, Carlos et Noémie sont des maîtres-formateurs expérimentés, qui ont des connaissances professionnelles didactiques sur l'enseignement de la numération. Ainsi, ils accordent une importance particulière aux différentes manières de coder un nombre : écriture chiffrée, écriture en lettres, décomposition des nombres pour le calcul mental en particulier. À cela s'ajoute pour Noémie la *comptine à la chinoise* utilisée dans le manuel de classe, ainsi que le matériel pédagogique associé : jetons, boîtes et valises. Le codage sur le boulier est donc venu compléter cette variété de codages, déjà en usage en classe. Il permet de plus, comme nous l'avons souligné ci-dessus, un travail spécifique sur les échanges.

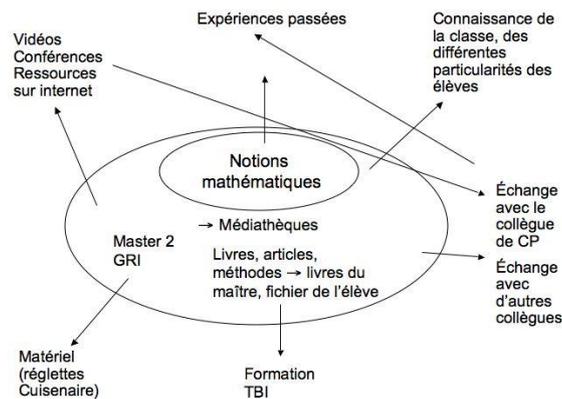


Figure 2 : Représentation schématique du système de ressources de Noémie

La représentation schématique du système de ressources de Noémie (figure 2) nous apporte des informations supplémentaires. Noémie met au centre de son système de ressources les *notions mathématiques* et en lien avec ces notions mathématiques le groupe de recherche *GRI* avec lequel se réalise le travail sur le boulier. Nous pouvons donc expliquer l'intégration de la ressource boulier virtuel dans l'enseignement de Noémie par le fait que cette nouvelle ressource s'insère dans son système de ressources existantes, en particulier parce que le boulier permet à Noémie de travailler sur la notion de numération de position en base 10 qu'elle considère importante et difficile pour ses élèves de CE1.

3. Discussion et conclusion

Nous avons proposé une approche théorique et méthodologique spécifique afin d'analyser l'intégration d'une ressource TICE en mathématiques par des professeurs des écoles. Nous avons montré comment l'intégration d'une même ressource, avec des objectifs d'apprentissage très proches, peut cependant produire des usages différents en fonction des connaissances professionnelles en jeu et du système de ressources du professeur. Nous avons mis en évidence le lien entre le système de ressources du professeur et son système de connaissances professionnelles. Le boulier virtuel s'intègre dans le système de ressources de Carlos et de Noémie grâce à leurs connaissances professionnelles sur l'enseignement de la numération ; dans le même temps, cette intégration fait évoluer ces connaissances

Dans ce système de ressources, une place particulière est à accorder aux productions des élèves (Annexes 1 et 2). Par exemple, Carlos n'avait pas dans un premier temps repéré le détournement que ses élèves avaient opéré du boulier virtuel. On peut faire ici le parallèle avec d'autres ressources qui présentent les mêmes caractéristiques d'affichage dynamique que le boulier virtuel (et matériel), comme la calculatrice et les logiciels de géométrie dynamique. Ces affichages permettent parfois difficilement d'observer le travail des élèves, ce qui peut constituer un frein à leur appropriation (Assude 2007). En termes d'approche documentaire, nous relevons que les productions des élèves sont des ressources essentielles pour le professeur ; un des critères pour l'intégration d'une ressource numérique est donc que celle-ci, éventuellement combinée avec d'autres (support papier-crayon en particulier), puisse donner accès au travail de l'élève. Toutefois, dans son scénario sur l'année Noémie n'a proposé qu'une séance sur papier/crayon. Ceci peut s'expliquer parce que ses élèves sont en CE1 et ont donc moins d'habitudes concernant l'écrit, et aussi parce que le fonctionnement en demi-groupes avec un élève par ordinateur permet au professeur de mieux analyser et garder en mémoire le travail personnel des élèves.

Enfin, cette étude a porté sur des professeurs expérimentés, les constats seraient sans doute différents avec des professeurs débutants, en particulier concernant le renforcement des connaissances professionnelles. Nous nous sommes concentrés sur l'intégration de nouvelles ressources dans un système de ressources existant. Pour compléter ce travail, et afin de consolider les genèses documentaires identifiées, ce travail serait à poursuivre dans la durée et avec différents types d'enseignants.

4. Références et bibliographie

- Assude, T. (2007). Changements et résistances à propos de l'intégration des technologies dans l'enseignement des mathématiques au primaire. *Actes du colloque TICE Méditerranée*.
- Gueudet, G., & Trouche, L. (2008). Du travail documentaire des enseignants : genèses, collectifs, communautés. Le cas des mathématiques. *Éducation et Didactique*, vol 2.3, 7-33.
- Gueudet G., & Trouche L. (2009a). *La documentation des professeurs de mathématiques*. In L. Coulange et C. Hache (dir.), Actes du Séminaire national de didactique des mathématiques 2008, p.249-269, IREM, Université Paris 7.
- Gueudet, G., & Trouche, L. (2009b). Towards new documentation systems for teachers? *Educational Studies in Mathematics* 71/3, 199-218.
- Gueudet, G., & Trouche, L. (2010). *Des ressources aux documents, travail du professeur et genèses documentaires*. In G. Gueudet & L. Trouche (eds.). Ressources vives. Le travail documentaire des professeurs, le cas des mathématiques. Presses Universitaires de Rennes.
- Imbert, J.-L. (2008). *L'intégration des TICE dans les pratiques mathématiques à l'école primaire*. Thèse de Doctorat de l'Université de Provence.
- Lagrange, J.-B., Blanchard, M., Loisy, C., & Vandebrouck, F. (dir.) (2009). *Genèses d'usages professionnels des technologies chez les enseignants*, Rapport final de l'ACI GUPTEn, <http://gupten.free.fr>

- Poisard, C. (2005). *Ateliers de fabrication et d'étude d'objets mathématiques, le cas des instruments à calculer*. Thèse de Doctorat de l'Université de Provence, Aix-Marseille I. <http://tel.ccsd.cnrs.fr/tel-00011850>
- Rabardel, P. (1995). *Les hommes et les technologies, approche cognitive des instruments contemporains*. Paris : Armand Colin.
- Ruthven, K. (2009). Towards a naturalistic conceptualisation of technology integration in classroom practice: The example of school mathematics. *Éducation & Didactique*, 3(1), 131-149.
- Vergnaud, G. (1996). *Au fond de l'apprentissage, la conceptualisation*. In R. Noirfalise, M.-J. Perrin (dir.), École d'été de didactique des mathématiques p.174-185. Clermont-Ferrand : IREM, Université Clermont-Ferrand 2.

Manuels scolaires

- Brissiaud, R. (dir.). (2009). *J'apprends les maths avec Picbille CE1*. Paris : Retz.
- ERMEL (2001). *Apprentissages numériques et résolution de problèmes CP*. Paris : Hatier.
- ERMEL (2001). *Apprentissages numériques et résolution de problèmes CE1*. Paris : Hatier.
- Peltier, M.-L., Clavié, C., & Gauch, A.-M. (1996). *Nouvel objectif calcul CE2*. Paris : Hatier.

5. Annexe 1 : Production d'Axel et Martin, classe de Carlos (CE2)

52 | 806 | 36 | 4315 |

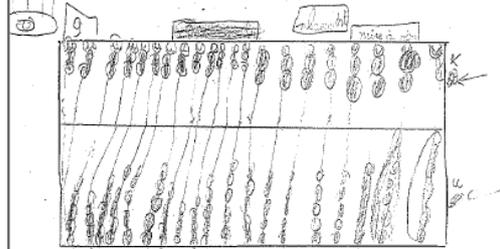
12180 | 130979 | 1012727

A B C

A = douze - ~~cent~~ mille - cent - quatre - vingt
 B = cent - trente ^{mille} neuf - soixante-dix - neuf
 C = cent ~~40~~ dix - ~~43~~ cent - ~~20~~ vingt - sept -
 deux - sept

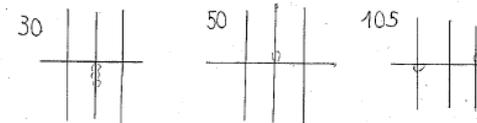
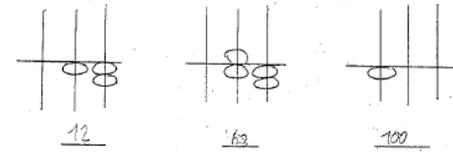
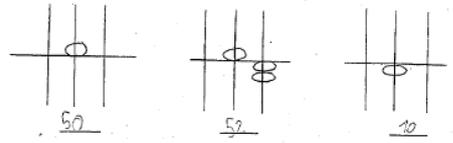
6. Annexe 2 : Production de Steven, classe de Noémie (CE1, décembre)

- Je complète le boulier :
- ① je dessine les quinaires en gris. } mise à zéro
 - ② je dessine les unaires en bleu. }
 - ③ j'indique par une flèche le sens de lecture.
 - ④ je dessine un œil pour indiquer l'axe de lecture.
 - ⑤ je colorie en rouge : les unités
 en bleu : les dizaines
 en vert : les centaines



j'écris un mode d'emploi :

le boulier sert à calculer.
 le boulier sert à représenter, avec des perles, les unités et les dizaines.



j'ai représenté 15 sur les deux bouliers.
 Bonne celui qui ne respecte pas
 les interdictions

