



HAL
open science

Intégration de ressources technologiques en mathématiques à l'école. L'exemple du boulier chinois.

Caroline Poisard

► **To cite this version:**

Caroline Poisard. Intégration de ressources technologiques en mathématiques à l'école. L'exemple du boulier chinois.. Séminaire national de l'ARDM, May 2011, Paris, France. hal-01086461

HAL Id: hal-01086461

<https://hal.science/hal-01086461>

Submitted on 24 Nov 2014

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

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

Intégration de ressources technologiques en mathématiques à l'école. L'exemple du boulier chinois.

Caroline Poisard

IUFM de Bretagne / UBO et laboratoire du CREAD

caroline.poisard@bretagne.iufm.fr

Résumé

Cette présentation porte sur un travail de recherche qui a fait l'objet d'un article paru dans la revue RDM (Poisard, Bueno-Ravel, Gueudet, 2011). Dans cet article, nous étudions la question de l'intégration des technologies pour l'enseignement des mathématiques au premier degré, en nous référant au cadre théorique de l'approche documentaire. Nous présentons deux études de cas, portant sur l'intégration du boulier virtuel, au cycle 2 et au cycle 3. Dans ces études, nous interrogeons l'appropriation des ressources par des professeurs des écoles et les usages qu'ils développent. Nous identifions des connaissances des professeurs, relatives aux contenus mathématiques à enseigner, et qui jouent un rôle essentiel dans l'appropriation, les usages, et l'intégration des ressources. Nous mettons en évidence le lien entre l'intégration de ressources, les connaissances des professeurs et les évolutions de celles-ci.

Mots clés

Connaissances des professeurs, documents, genèses documentaires, intégration des technologies, premier degré, ressources, numération entière.

Introduction

Notre travail étudie l'intégration de ressources technologiques en mathématiques à l'école. Nous montrons comment l'intégration d'une nouvelle ressource : le « boulier chinois virtuel » s'est déroulée dans le cas de deux enseignants : pour Carlos en classe de CE2 puis Noémie en CE1. En particulier, nous décrivons les connaissances professionnelles en jeu et leur organisation dans le temps. Pour cette présentation, nous avons replacé cette étude par rapport à nos travaux antérieurs (Poisard 2005) qui portent sur l'analyse didactique d'instruments à calculer à l'école primaire. Nous apportons également un éclairage sur la suite du travail sur le boulier virtuel après de nouvelles observations récentes (2010/11).

1. Pourquoi le boulier chinois ?

Notre travail doctoral a porté sur l'analyse d'ateliers de fabrication et d'étude d'objets mathématiques, avec le cas des instruments à calculer. Les questions auxquelles nous nous sommes intéressées sont principalement :

- Sous quelles conditions peut-on construire un partenariat entre l'école et un centre d'animation (en mathématiques) ?
- En quoi consiste alors l'activité mathématique ? Comment peut-on la définir ?

Notre propos ne vise pas ici à développer pleinement les résultats (qui sont détaillés dans Poisard 2005). Toutefois, il est important de noter que ce partenariat entre l'école et un centre

d'animation en mathématiques a pu être mis en place et pérennisé. Outre les observations de quatre classes de CM2 et les données recueillies, les principaux éléments théoriques qui nous ont permis de développer notre analyse portent sur la définition de l'animation socioculturelle, la notion d'œuvre culturelle (Sousa Do Nascimento 1999) et la notion d'œuvre matérielle (Deforge 1990). En didactique des mathématiques, le travail mené avec l'équipe grenobloise (ERTé Maths à modeler) sur les situations de recherche (Grenier & Payan 2003) nous a permis de mettre en place des ingénieries didactiques au cycle 3 ; nous nous référons aussi à la notion d'œuvre du savoir (Chevallard 2003) et d'ostensifs pour qualifier ces instruments (Bosch & Chevallard 1999). Nous avons montré que l'étude d'instruments à calculer (dont le boulier chinois, figures 1 et 2) est bien sous certaines conditions une activité qui permet un apprentissage en mathématiques.



Figure 1 : Un boulier chinois de commerce sur lequel est inscrit zéro



Figure 2 : Un boulier chinois construit et manipulé par un élève de CM2

La suite de nos travaux nous a amenée à nous questionner sur l'intégration du boulier virtuel dans le système de ressources de professeurs des écoles pour enseigner les mathématiques. Avant de développer cet aspect au point suivant, nous présentons brièvement le mode de fonctionnement du boulier chinois pour l'inscription et la lecture des nombres (pour les opérations, voir Poisard 2006, 2009).

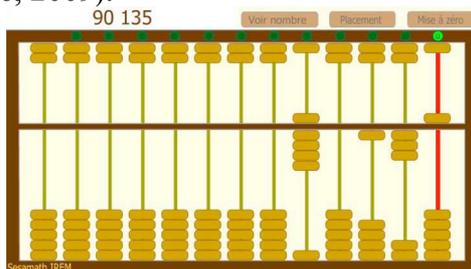


Figure 3 : Le boulier chinois virtuel Sésamath et IREM de Lille avec l'inscription 90 135¹

La tige la plus à droite marque les unités, puis les dizaines immédiatement à gauche, centaines, unités de mille, etc. Le boulier chinois comporte deux parties : une partie haute avec deux boules par tige où chaque boule vaut « cinq » par tige (donc 5, 50, 500, etc.) et une partie basse où chaque boule vaut « un » par tige (donc 1, 10, 100, etc.). Chaque tige correspond à un rang du système de numération positionnel en base 10, ainsi pour inscrire le nombre 90 135 :

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

- pour inscrire « 5 unités », on active une quinaire sur la tige unité ;
- pour inscrire « 3 dizaines », on active trois unaires dans la tige des dizaines ;
- pour inscrire « 1 centaine », on active une unaire dans la tige des centaines ;
- la tige des unités de mille reste à zéro ;
- pour inscrire « 9 dizaines de mille », on active une quinaire et quatre unaires dans la tige des dizaines de mille.

On a inscrit le nombre $90\ 135 = 9 \times 10^4 + 10^2 + 3 \times 10 + 5$ que l'on peut lire figure 3.

Nous nous intéressons maintenant à comprendre l'intégration de ressources technologiques² en mathématiques par des professeurs des écoles. Nous présentons notre questionnement, puis le cadre théorique et enfin deux études de cas : Carlos en CE2 et Noémie en CE1.

2. Comprendre l'intégration de ressources technologiques en mathématiques par des professeurs des écoles

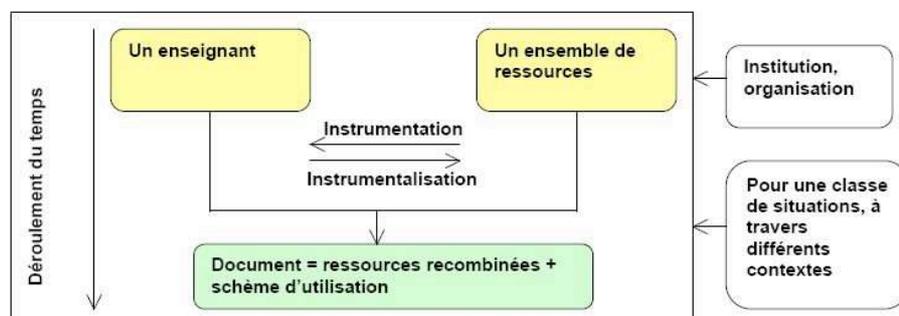
Ce paragraphe constitue la présentation d'un article co-écrit et paru dans la revue *Recherches en didactique des mathématiques* (Poisard, Bueno-Ravel & Gueudet 2011). Nous présentons ici les points essentiels de notre analyse, le travail plus détaillé est fourni dans cet article.

2.1 Questionnement, cadre théorique et choix méthodologiques

Cette étude a été réalisée au sein du groupe de recherche TREMA-1 (TICE et ressources en mathématiques au premier degré, IUFM de Bretagne-INRP) composé d'enseignants-chercheurs et de professeurs des écoles. Nos questions de recherche portent sur comment l'intégration des ressources s'effectue (plutôt que sur le pourquoi de l'intégration) :

- Quels éléments influencent ou guident les choix des professeurs pour retenir et pour choisir une mise en œuvre en classe? En particulier, comment s'articulent ces choix et les connaissances des professeurs?
- Comment les professeurs s'approprient-ils une ressource retenue en l'adaptant, la transformant, l'associant à d'autres?

Le cadre théorique qui soutient notre propos est celui de l'approche documentaire (Gueudet et Trouche 2010) inspirée de l'approche instrumentale (Rabardel 1995). Le travail documentaire du professeur est ainsi analysé c'est-à-dire l'activité du professeur -dans et hors classe- dans son ensemble, rassembler des ressources, en retenir certaines, les modifier, les articuler, etc. Au cœur de ce processus, la genèse documentaire (figure 4) identifie des ressources qui vont devenir le document du professeur dans un double mouvement d'instrumentation et d'instrumentalisation.



2 Pour une analyse a priori comparative entre le boulier matériel et virtuel, voir (Poisard, Bueno-Ravel & Gueudet 2011).

Figure 4 : Représentation schématique de la genèse documentaire

L'instrumentalisation constitue l'appropriation de l'ensemble de ressources par le professeur et l'instrumentation est relative aux modifications de l'activité du professeur et des connaissances professionnelles relativement aux ressources. L'identification d'une genèse documentaire permet de distinguer les régularités concernant les choix du professeur pour son enseignement. Le document ainsi produit est constitué des ressources et de schèmes d'utilisation. Le schème est une organisation invariante de l'activité qui comporte des règles d'action et est structuré par des invariants opératoires. Parmi ces invariants, il faut noter l'importance des connaissances professionnelles concernant l'enseignement des mathématiques. Les schèmes sont sous-tendus par les connaissances professionnelles.

Concernant nos choix méthodologiques, les ressources technologiques ont été proposées aux professeurs des écoles maîtres-formateurs (PEMF) par les chercheurs du groupe. Certaines ont été retenues, d'autres non. Parmi celles retenues, il y a entre autres le boulier chinois virtuel de Sésamath/IREM de Lille que nous avons présenté ci-dessus.

Les données recueillies sont relatives à la méthodologie d'investigation réflexive avec un questionnaire sur le système de ressources complété par les professeurs, un entretien (selon la méthode du sosie), une représentation schématique du système de ressources, des journaux de bords des ressources utilisées sur certaines périodes, de travaux élèves, d'observations de classe et de vidéos des séances. Nous avons également utilisé des grilles de description de séances (remplies par le professeur), des extraits de manuels scolaires, et les notes des réunions du groupe TREMA-1.

Les deux paragraphes suivants présentent deux études relativement à nos choix théoriques et méthodologiques. À travers le cas de Carlos (CE2) et de Noémie (CE1), nous présentons comment le boulier virtuel est choisi et intégré pour l'enseignement de la numération à l'école.

2.2 Carlos : découverte du boulier et numération en CE2

Séquence et travail documentaire de Carlos

Le manuel de classe de Carlos est le *Nouvel objectif calcul CE2* qu'il utilisait depuis plusieurs années. Ce manuel comporte quelques séances sur l'étude du boulier matériel qu'il n'avait pas pu mettre en place jusque-là, faute de matériel. Le boulier virtuel a donc permis à Carlos de mettre en place des séances de classe sur la découverte et le mode de fonctionnement du boulier chinois. La séquence³ construite par Carlos possède huit séances dont l'objectif est de « mieux comprendre le système d'échanges dans le cadre de la numération ». Les différentes séances portent sur la recherche du mode d'emploi du boulier et les différentes écritures d'un même nombre. Les élèves ont travaillé en salle informatique (deux élèves par ordinateur) et ont produit des affiches sur papier en complément du travail sur ordinateur.

Boulier et genèse pour Carlos

Carlos a choisi d'utiliser le manuel de classe pour travailler l'inscription des nombres sur le boulier, alors qu'il utilise le boulier virtuel plutôt pour la lecture des nombres. On note aussi l'importance du travail en autonomie de certains élèves et de remédiation avec Carlos pour d'autres élèves. Nous décrivons ici le processus d'instrumentalisation relatif au système de ressources de Carlos. On peut identifier une règle d'action pour Carlos : « Demander aux élèves de rédiger un mode de fonctionnement pour l'étude d'un nouvel artefact » dont

3 Pour les scénarios des séances, voir l'article intégral (Poisard, Bueno-Ravel & Gueudet 2011).

l'invariant opératoire⁴ associé est : « Les élèves apprennent en jouant un rôle actif et en élaborant des affiches ». Une caractéristique de cette genèse documentaire réside dans un détournement par les élèves de la ressource et donc de l'objectif d'apprentissage lors des premières séances. En effet, les élèves ont utilisé une méthode d'essai/erreur pour inscrire des nombres sur le boulier, sans mobiliser des connaissances relatives à la numération. Carlos a ensuite choisi d'introduire l'usage du papier/crayon pour éviter ce détournement. Les connaissances professionnelles de Carlos ont donc évolué lors de cette intégration (instrumentation). Enfin, notons que la séquence mise en place par Carlos est assez proche du fonctionnement des « laboratoires de mathématiques » (Maschietto & Trouche 2010).

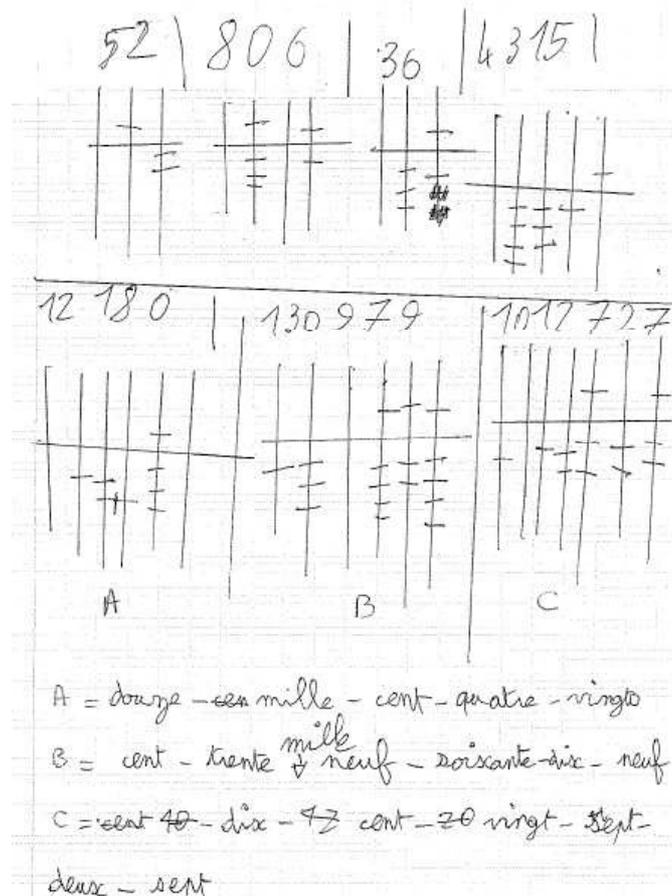


Figure 5 : Une affiche produite par les élèves de Carlos (CE2)

Intégration du boulier virtuel dans le système de ressources de Carlos

Concernant les facteurs d'intégration de la ressource, l'appartenance au groupe TREMA-1 qui a proposé la ressource est une explication, mais d'autres facteurs ont aussi joué un rôle important. Cette nouvelle ressource pour Carlos est en adéquation avec les ressources déjà en usage dans la classe, ensuite l'incitation institutionnelle est à prendre en compte avec l'importance pour Carlos de préparer ses élèves au brevet informatique B2i. Les connaissances professionnelles de Carlos constituent aussi un vecteur d'intégration : ses connaissances en didactique sur la numération et ses difficultés d'apprentissage, et l'importance que Carlos accorde pour les élèves au travail en groupe et à la rédaction du mode

4 Notons que pour Carlos, comme pour Noémie, nous proposons des hypothèses d'invariant opératoire dont il faudrait vérifier la stabilité au cours du temps.

de fonctionnement du boulier. La citation ci-dessous issue d'un entretien avec Carlos permet de mieux comprendre ses motivations :

« L'intérêt du boulier virtuel est très net. Les nombreux essais sont auto-validés par le résultat affiché. Tous les élèves sont en situation de réussite. Le fait d'écrire sur une affiche permet de fixer les connaissances. Les élèves ayant beaucoup manipulé, découvrent beaucoup de choses mais ne mémorisent pas obligatoirement. L'excitation liée au support informatique les pousse à agir énormément mais pas à analyser. L'activité informatique prenant le pas sur la réflexion, un temps sans ordinateur est primordial pour fixer par écrit ce qui a été découvert. » (Carlos)

2.2 Noémie : inscription économique et numération au CE1

Séquence et travail documentaire de Noémie

La séquence de Noémie a été mise en place après le travail de Carlos, l'année scolaire suivante. Noémie a donc pris en compte l'expérience de Carlos pour construire son scénario, elle pensait « adapter le travail pour une classe de CE1 ». Comme nous le décrivons ci-après, en réalité cette seconde intégration comporte des caractéristiques assez différentes de la première. Noémie utilise le manuel scolaire *J'apprends les maths* complété en particulier par : la comptine à la chinoise mise en place au CP (deux-dix-et-cinq pour vingt-cinq) et encore régulièrement utilisée en classe, et le matériel de numération (boîtes, jetons et valises Picbille). Le manuel ERMEL est aussi en usage pour la résolution de problèmes et la géométrie. Les séances en salle informatique (équipée d'un tableau blanc interactif ou TBI) sont des séances courtes de 20 minutes une fois par semaine en demi-classe. Lors de ces séances dont l'objectif est de « représenter un nombre sur le boulier, comprendre les échanges et utiliser l'outil pour calculer », Noémie suit la progression de classe en mathématiques. Pour cette première année d'utilisation en classe, Noémie a assez peu demandé de traces écrites aux élèves, sauf une séance d'évaluation en cours d'année.

Boulier et genèse pour Noémie

Pour cette séquence, les élèves travaillent individuellement sur l'ordinateur. Noémie a choisi d'institutionnaliser rapidement le vocabulaire relatif au boulier : unaire, quinaire, axe de lecture (processus d'instrumentation). La règle d'action sous-jacente est : « Présenter très tôt le mode de fonctionnement aux élèves et le rappeler régulièrement » et l'invariant opératoire associé : « Les élèves peuvent confondre les tiges et les valeurs des boules ». Noémie a aussi introduit rapidement une règle d'inscription concernant l'écriture économique c'est-à-dire qu'on doit déplacer le nombre minimal de boules pour inscrire un nombre et donc utiliser des échanges si besoin (entre tiges ou au sein d'un même tige). Noémie retrouve des erreurs classiques des élèves que le boulier permet de travailler, par exemple l'inscription de 154 au lieu de 190. Ainsi, le boulier apporte un intérêt particulier pour les élèves en difficulté.

Intégration du boulier virtuel dans le système de ressources de Noémie

De même pour Noémie, l'appartenance au groupe TREMA-1 ainsi que le travail réalisé par Carlos sont des facteurs d'intégration. D'autres facteurs permettent de comprendre l'appropriation de cette nouvelle ressource : l'usage du boulier virtuel pour Noémie s'est combiné avec la volonté de travailler en salle informatique avec le TBI avec ses élèves, ce qu'elle ne faisait pas auparavant. Aussi, l'articulation avec le manuel et le matériel de classe est adéquate avec une progression commune pour l'usage des différents artefacts. La représentation schématique de son système de ressources (Poisard, Bueno-Ravel & Gueudet 2011) nous permet aussi de comprendre l'importance de la cohésion entre l'intégration du

boulier et les notions mathématiques à enseigner au CE1 ici la numération. Pour Noémie, les notions mathématiques à enseigner constituent le cœur de son système de ressources donc conditionnent son enseignement et sa production de documents. Du côté des connaissances professionnelles, Noémie soulève « l'importance de coder les nombres des différentes manières pour comprendre la numération ». Le boulier fournit donc une nouvelle manière de coder les nombres pour les élèves en complément du manuel, du matériel associé et de la comptine à la chinoise en particulier. Enfin, il faut noter le rôle essentiel du TBI pour l'organisation des séances. En effet, le TBI est utilisé à chaque séance par les élèves qui viennent montrer leur manière de coder un nombre, le professeur organise donc des synthèses où les élèves montrent et discutent leurs propositions dans un esprit de démarche d'investigation (Poisard & Gueudet 2010).



Figure 6 : Usage du TBI en salle informatique pour la classe de Noémie (CE1)

Conclusions et prolongements

Notre conclusion développe trois points essentiels : les choix d'intégration et les connaissances professionnelles des professeurs, le processus d'appropriation de la ressource et les prolongements envisagés pour ce travail.

Concernant les choix d'intégration et les connaissances professionnelles, nous avons vu que les connaissances sur le contenu mathématique en jeu mais aussi sur l'apprentissage des mathématiques sont mises en avant par les professeurs pour justifier leurs choix. L'importance de ces connaissances professionnelles aussi bien notionnelles que didactiques est donc fondamentale pour comprendre des choix d'intégration. Ces deux exemples montrent aussi que des connaissances différentes impliquent des usages différents. En effet, même si Noémie s'est inspirée du scénario de Carlos mis en place en CE2 pour l'adapter au CE1, finalement ce second scénario est assez différent avec des choix et des objectifs d'apprentissage en adéquation avec les connaissances professionnelles du professeur. D'autre part, nous considérons que les productions des élèves sont des ressources à disposition du professeur qui participent à l'évolution des connaissances de celui-ci. D'autre part, pour Noémie et Carlos, nous avons montré que la nouvelle ressource a pu s'intégrer dans un système de ressources déjà construit. La compatibilité d'une nouvelle ressource dans un système existant est une donnée primordiale pour que l'intégration puisse s'effectuer.

Les professeurs sont concepteurs de leur enseignement, ils combinent, modifient, réarrangent des ressources pour former un document. Le processus d'appropriation d'une nouvelle ressource est donc un travail personnel mais en interaction avec les élèves et d'autres professeurs, etc. Pour que ce processus puisse se développer pour l'enseignement des mathématiques avec des TICE à l'école, il apparaît nécessaire de mettre en place des

formations pour accompagner l'usage de ressources, où les collectifs de professeurs peuvent jouer un rôle essentiel.

Notre travail d'observation s'est prolongé pour Noémie l'année scolaire suivante, toujours pour une classe de CE1. Les séances se déroulaient à nouveau une fois par semaine en salle informatique avec le TBI (20 minutes en demi-classe). Les modifications apportées au scénario portent sur la mise en place d'un cahier boulier pour les élèves où des fiches d'exercices sont régulièrement insérées pour garder une trace du travail, ceci est intervenu après des échanges avec Carlos sur cette question de la trace écrite pour les élèves. Carlos, lui, utilise des traces écrites régulièrement, mais ne fait pas usage du TBI ce qui ne lui permet pas de voir et de montrer à la classe le travail de chacun à chaque séance. Ensuite, Noémie a travaillé en numération et aussi -comme elle aurait souhaité le faire dès la première année- sur les techniques opératoires de calcul. En particulier, les séances à partir du mois d'avril portent sur la soustraction « à l'anglaise » avec le boulier. Dans la classe, Noémie propose deux techniques pour la soustraction : la soustraction traditionnelle française et la soustraction « à l'anglaise » ou « par emprunts », les élèves pouvant choisir leur technique. Avec le boulier chinois, la technique « à l'anglaise » peut être faite en effectuant les échanges entre les tiges. Par exemple, pour emprunter une centaine, on désactive une unaire de la tige des centaines et on active dix (par exemple deux quinaires) dans les dizaines, c'est-à-dire qu'on utilise l'équivalence « 1centaine = 10 dizaines ». Nous souhaitons poursuivre nos observations pour Noémie ce qui nous permettrait de voir sur la durée la stabilisation ou non de certains usages. Notre objectif est aussi de travailler avec d'autres professeurs, plus ou moins expérimentés, pour observer les modifications d'usage susceptibles de se mettre en place.

Références bibliographiques

- Bosch, M., & Chevallard, Y. (1999). La sensibilité de l'activité mathématique aux ostensifs. *Recherches en Didactique des Mathématiques*, 19, 77-124.
- Chevallard, Y. (2001). Les TPE comme problème didactique. *Actes du séminaire national de didactique des mathématiques*. Paris : IREM Paris 7 & ARDM.
- Deforge, Y. (1990). *L'œuvre et le produit*. Seyssel : Champ Vallon.
- Grenier, D., & Payan, C. (2003). Situations de recherche en "classe", essai de caractérisation et proposition de modélisation. *Actes du séminaire national de didactique des mathématiques*. Paris : IREM Paris 7 & ARDM. 189-203.
- Gueudet G., & Trouche L. (2010). Des ressources aux documents, travail du professeur et genèses documentaires. In Gueudet G., Trouche L. (Eds.). *Ressources vives. Le travail documentaire des professeurs, le cas des mathématiques* (pp.57-74). Rennes : Presses Universitaires de Rennes et INRP.
- Maschietto M., Trouche L. (2010) Mathematics learning and tools from theoretical, historical and practical points of view: the productive notion of mathematics laboratories. *ZDM – The international Journal on Mathematics education* 42(1) 33-47.
- 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.
- Poisard, C. (2010, sept.). Intégration et usages de ressources technologiques au premier degré : l'exemple du boulier virtuel en mathématiques, *Colloque AREF*, Genève, Suisse.
- Poisard, C., & Gueudet, G. (2010, juin). Démarches d'investigation : exemples avec le boulier virtuel, la calculatrice et le TBI. *Journées mathématiques de l'INRP*, Lyon, France. <http://www.inrp.fr/editions/editions-electroniques/apprendre-enseigner-se-former-en->

mathematiques

Poisard, C. (2009). Boulier chinois et algorithmes de calcul. *Plot 27*, 22-25. Fiche d'exercices disponible sur www.apmep.asso.fr/IMG/pdf/FichesExosBoulier.pdf

Poisard, C. (2006). Dossier : la fabrication et l'étude d'instruments à calculer. Site Internet *CultureMath*, Rubrique *Matériaux pour la classe*. <http://www.dma.ens.fr/culturemath/>

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.

Sousa Do Nascimento, S. (1999). L'animation scientifique : essai d'objectivation de la pratique des associations de culture scientifique et technique françaises. Thèse de doctorat, Paris 6.

Manuels scolaires

Brissiaud R. (dir.). (2009) *J'apprends les maths*. Paris : Retz.

Brissiaud R. (dir.). (2009) *J'apprends les maths avec Tchou CP*. 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.