Région académique
NOUVELLE-AQUITAINE

Apprentissage des mathématiques à l'école primaire

Expérimentation du boulier didactique dans des écoles de la Haute-Vienne (2015 – 2020)

Équipe de recherche API - Association pour la Prévention de l'Innumérisme

contact-api@orange.fr

Introduction

L'apprentissage des mathématiques en France produit des résultats préoccupants au regard des études nationales et internationales alarmantes. Ces difficultés apparaissent également chez les adultes en milieux professionnels qui ne maîtrisent guère les fondamentaux mathématiques (INSEE, 2012)[1]. Se pose alors la question de la « stabilité » des apprentissages de base en mathématiques.

La recherche menée depuis trois ans dans les écoles de la Haute-Vienne par l'association « API » consiste en l'expérimentation instrumentale de l'apprentissage de la numération et du calcul par le boulier didactique. Elle vise à montrer que le boulier didactique, instrument majeur, concret, de représentation, stabilise les fondamentaux mathématiques en cours d'apprentissage, ce qui garantit leur stabilité à long terme. Il rend les mathématiques plus accessibles à tout apprenant et désacralise cette matière, luttant ainsi contre la désaffection pour les mathématiques.

Cette recherche s'inscrit dans le domaine des sciences de l'éducation[2] cumulant les technologies et innovations éducatives ainsi que les dispositifs de lutte contre l'innumérisme. Elle s'opère dans un contexte du renouveau ou d'une forte valorisation des mathématiques (Fayol, 2013).

Pour confirmer la stabilité des apprentissages par le boulier didactique dès le cycle élémentaire le suivi d'une cohorte d'élèves pendant trois années scolaires s'avère nécessaire, d'autant plus que les régressions des compétences mathématiques sont constatées dès le CE2 et le CM1 comme le relèvent les études de la DEPP 2014 (Andreu, Le Cam & Rocher, 2014) et du TIMSS 2015 (Colmant & Le Cam, 2016)[3].

[1] Enquête IVQ 2012, repéré à https://www.insee.fr/fr/statistiques/1281410
[2] Les neurosciences apportent une vision plus fine des processus mentaux permettant la stabilité des acquis.
[3] DEPP : Direction de l'évaluation, de la prospective et de la performance
TIMSS : *Trends in International Mathematics and Science Study*

1. Présentation institutionnelle

Ce projet de recherche est porté par API - Association pour la Prévention de l'Innumérisme – en collaboration avec quatre partenaires institutionnels de l'Éducation.

- **API**, Association pour la Prévention de l'Innumérisme
  Personne ressource : Michel VIGIER
  Adresse mail : contact-api@orange.fr

- **FRED**, EA 6311 FLSH, Université de Limoges –Éducation et Diversité en Espaces Francophones
  Personne ressource : Pr Dominique GAY-SYLVESTRE, directrice de l'EA 6311
  Adresse mail : dominique.gay-sylvestre@unilim.fr ou
  dominique.gay-sylvestre@wanadoo.fr

- **ALEC**, Réseau International de recherches -Amérique Latine, Afrique, Europe et Caraïbes « Territoires, Populations, Politiques publiques » -, membre de *United Academic Impact* des Nations Unies
  Personne ressource : Pr Dominique GAY-SYLVESTRE
  Adresse mail : dominique.gay-sylvestre@wanadoo.fr

- **Inspection académique de Limoges**
  Personnes ressources : Loïc ROUY, inspecteur IEN et Emmanuel BLANCHER, conseiller pédagogique
  Adresses mails : loic.rouy@ac-limoges.fr
  Emmanuel.blancher@ac-limoges.fr

2. Deux concepts fondamentaux

2.1. L'Innumérisme

Le concept de l'« Innumérisme » résulte du constat que les difficultés de maîtrise de la numération et du calcul sont liées au processus d'apprentissage, contrairement aux considérations intellectuelles qui les associent à une origine héréditaire ou pathologique (Fischer cité par Vigier, 2012). L'Innumérisme est donc d'origine environnementale ; il s'oppose à la Dyscalculie qui est un dysfonctionnement d'origine neurologique chez de très rares sujets entraînant des difficultés en calcul (Vigier, 2009, 2012).

Pour l'Éducation nationale (2011) citée par Vigier (2012, p.8), l'Innumérisme est la « situation, susceptible d'évolution, des sujets dont la numératie est insuffisante ». La numératie (*numeracy* en anglais) ou numérisme se définit comme l'ensemble des connaissances et compétences de base requises pour conduire un calcul. L'éducation nationale la formalise de façon pratique : « Capacité d'une personne à manier les nombres et le calcul dans les situations de la vie courante. » De ce fait, le concept de l'Innumérisme est appréhendé comme antonyme du « numérisme ».

La définition complète est offerte par La Commission Générale de Terminologie et de Néologie (2014)[4] : « dans le domaine de l'Éducation-Formation, l'Innumérisme est l'incapacité d'une personne à manier les nombres et le calcul dans les situations de la vie courante, même après avoir reçu un enseignement. »

2.2. La stabilité des apprentissages ou d'acquis

La stabilité des apprentissages constitue le concept fondamental de notre modèle mathématique qui se décline en deux dimensions : la stabilité en cours d'apprentissage et la stabilité à long terme, la première conditionnant la seconde. Par stabilité des apprentissages, il faut entendre « le caractère cognitivement constant ou permanent des apprentissages induit par une information consciente[5] organisée autour des outils pédagogiques. »

Cette définition suppose deux évidences : premièrement, l'existence des critères sans lesquels la stabilité se manifesterait difficilement : la disponibilité cognitive de l'apprenant, l'action positive des autres acteurs interagissant dans l'apprentissage (notamment les enseignants), l'environnement pédagogique motivant. Deuxièmement, la durée de la stabilité qui devrait s'établir sur le long terme.

Or, la stabilité en cours de formation se vérifie lors du processus d'apprentissage, au cours des diverses interactions et médiations entre l'enseignants, les savoirs et l'apprenant. L'évaluation formative permet de vérifier la prise de conscience des acquis. La stabilité à long terme est caractérisée par le maintien de l'information acquise pendant un temps donné, un cycle scolaire, etc. Elle se vérifie par une évaluation sommative.

3. Problématique

La dégradation des performances en mathématiques chez les élèves en France se confirme de façon continue dans les enquêtes éducatives nationales et internationales, à l'instar des évaluations DEPP (2013) exposées par Andreu, Le Cam & Rocher (2014) ; CEDRE[6] (2014) analysées par Dalibard & Pestor (2015) ; TIMSS (2015) présentées par Colmant & Le Cam (2016) et PISA (2009, 2012, 2015). Cette faible compétence touche pratiquement tous les cycles scolaires ; elle se signale dès la classe de CM1 comme le montrent les études TIMSS (2015), mais la classe de CE2 demeure le point d'inflexion révélateur de régression des

---

[4] Voir publication du Journal Officiel du 16 avril 2014.

[5] L'information consciente se cristallise dans le système de pensée de l'apprenant sous forme d'image mentale. Pour Antoine de la Garanderie cité par Bertrand (1998, p.88), « « la loi pédagogique est que, pour apprendre et pour comprendre, on a besoin d'images mentales ». Il n'y a pas de pensées sans image et l'image mentale est la matière de la compréhension et de la mémorisation. »

[6] Cycle des évaluations disciplinaires réalisées sur échantillons

compétences mathématiques, qui se répercutent sur la baisse des performances dans les classes suivantes (CM1, CM2) (Andreu, Le Cam & Rocher, 2014).

Une des causes principales de ces contreperformances serait l'absence de « stabilité » des apprentissages de base. Dès lors, nous nous posons deux questions légitimes :

- Comment stabiliser les fondamentaux acquis, sur le long terme ?

- Quel est l'impact de cette stabilisation sur les performances mathématiques des élèves ?

Répondre à ces questions nécessite l'intelligibilité de cette régression qui se fonde sur des entraves essentiellement pédagogiques et sociologiques. Du point de vue pédagogique les apprenants éprouvent de difficultés dans la connaissance des nombres et la résolution de problèmes numériques et géométriques (Andreu, Le Cam & Rocher, 2014). Il y a un déficit notoire dans la maîtrise ou la compréhension du nombre, les techniques opératoires trop mécaniques ne favorisent guère les apprentissages par raisonnement, mais elles s'inscrivent plutôt dans une pédagogie implicite.

Ces difficultés sont également recensées dans le discernement du sens des opérations mathématiques (addition, soustraction, multiplication, division), le calcul mental et, comme le constatent Fayol & Thévenot (2005) dans la compréhension et l'interprétation de l'énoncé, ce qui entrave la compréhension et la résolution des problèmes mathématiques. Cet univers du calcul mécanique prédominant dans les pratiques pédagogiques à l'école se réalise au détriment du calcul réfléchi pour apprendre à calculer intelligemment (Durpaire, 2006).

La non maîtrise du raisonnement mathématique débouche sur la perte rapide de l'information ou des acquis, ce qui amène la perspective de l'échec, de la démotivation et de la désaffection pour les mathématiques. Dans la même veine, l'enquête PISA (2012) révèle que l'anxiété et le moindre résultat constituent autant de difficultés chez les apprenants confrontés aux sujets mathématiques. Du point de vue social voire sociétal, la faiblesse des interactions entre enseignant et apprenant ainsi que les inégalités sociales dans les apprentissages rend difficile l'appropriation des notions mathématiques. Aussi, certains élèves conçoivent les mathématiques comme une discipline particulière, difficile entravant ainsi leur motivation ; d'autres élèves sont victimes de l'influence du facteur social dans les apprentissages entre les milieux favorisés et les milieux défavorisés (CNESCO[7], 2012).

En somme, la perte des acquis mathématiques constatée dès le CE2 montre l'enjeu de la stabilité des fondamentaux acquis. Face à cette préoccupation l'usage du boulier dans l'apprentissage des mathématiques à l'école apporte une solution sur le double plan pédagogique et social, car il conforte la perception du raisonnement mathématique et facilite les interactions enseignant-apprenant. Comme l'affirme Poisard (2005, p.43) « l'étude du

[7] Conseil National d'évaluation du système scolaire

boulier permet de remonter au sens mathématique en se posant des questions sur l'écriture des nombres, la notion de position d'un chiffre dans un nombre, sur la définition des retenues… ».

Nos premières expérimentations corroborent ces constats. Une étude théorique du boulier a été publiée sur le site Sésamath par Michel Vigier, étude dans laquelle on retrouve les justifications mises en avant pour expliquer l'intérêt de l'instrument, la stabilité de l'apprentissage, la construction de la numération et du calcul sur l'échelle logico-arithmétique, représentation (sens haptique) et image mentale, bases de la technique du calcul mental.

L'objectif de l'expérimentation 2018-2021 est de mesurer la durée et l'effet de la stabilité des fondamentaux mathématiques acquis par l'usage du boulier didactique.

Sachant que l'objectif général de cette recherche demeure **l'amélioration des performances mathématiques** des élèves, nous formulons deux hypothèses de recherche.

Hypothèse 1 : l'apprentissage des mathématiques à l'école par le boulier didactique favorise la stabilité des acquis.

Hypothèse 2 : La stabilité des apprentissages mathématiques, à long terme, dépend de la stabilité des fondamentaux acquis et en cours d'apprentissage, notamment sur les compétences numériques : numération positionnelle décimale et calcul.

4. Études préliminaires 2015-2017[8]

4.1. Population d'enquête

Au cours des années scolaires 2015-2016 et 2016-2017, nos expérimentations se sont déployées dans :

- 10 écoles primaires et élémentaires de la Haute-Vienne, situées dans des zones urbaines, périurbaines, rurales et REP+ ;
- sur un échantillon cumulé de 455 élèves, répartis en 27 classes de CP, CE1 et CE2.

[8] De 2008 à 2015 une série de six études portant sur l'utilisation du boulier et les tableaux « Partie Partie Tout » et de « Proportionnalité Court » ont été Conduite par l'API et Michel Vigier. Ces premières expérimentations impliquant environs 2000 élèves, se sont déroulées dans huit établissements de niveaux et d'orientation pédagogique différents : SEGPA, Collège, CFA, ER2C et lycée.
L'analyse croisée des comptes rendus des enseignants, ceux de l'expérimentateur, des fichiers tableur et des évaluations notées des élèves, offre des résultats positifs quant à l'utilisation des tableaux de proportionnalité court [PC] dans la résolution des problèmes (situations de la vie). Des progrès spectaculaires sont observés chez tous les élèves quel que soit leur niveau en mathématiques ; plus encore chez ceux éprouvant de difficultés d'apprentissage. « Avec ces méthodes, les élèves prennent confiance en eux ».

4.2. Modalité de recherche

La recherche s'est déroulée essentiellement par :

- observation directe du processus d'apprentissage des mathématiques par le boulier didactique au sein des classes pédagogiques,
- questionnaires adressés aux enseignants, afin de recueillir leur ressenti sur :
    - la motivation des élèves face à ce nouvel outil d'apprentissage ;
    - l'amélioration des compétences des élèves ;
    - le niveau d'interactivité entre apprenants et enseignant ;
    - le nouvel environnement d'apprentissage induit par le boulier didactique.

4.3. Synthèse des résultats

Les expérimentations ont porté sur l'utilisation du boulier didactique comme outil d'enseignement et d'apprentissage des mathématiques à l'école permettant l'amélioration, la stabilité des compétences sur la numération, les opérations d'addition et de soustraction, etc. Elles concernent l'ensemble des élèves incluant ceux qui éprouvent de difficultés d'apprentissage.

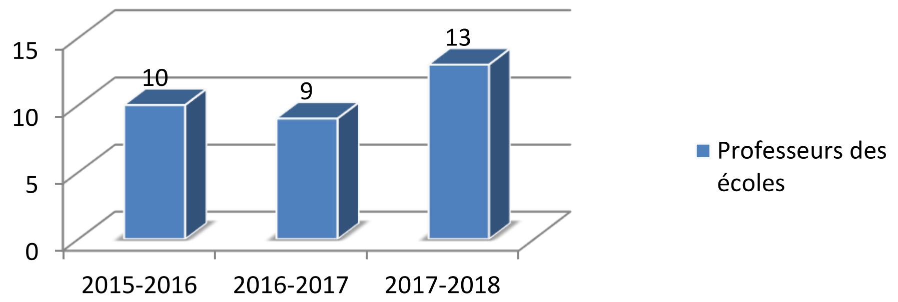
Les résultats recueillis indiquent :

- L'effet positif du boulier sur les apprentissages des mathématiques, en particulier l'amélioration des compétences chez des élèves. Le boulier est globalement considéré comme un outil d'apprentissage complémentaire intégré ; 3 enseignants sur 17 révèlent que la pratique du boulier en classe a permis de « débloquer des élèves de CE1 qui présente de difficultés d'apprentissage ». Cependant toutes les réponses indiquent que le non suivi des cohortes d'apprenants ne permet pas d'apprécier sur le long terme l'effet réel du boulier sur les apprentissages en mathématiques.
- Le boulier constitue par ailleurs une « meilleure entrée dans les apprentissages » par « son caractère ludique, et sa capacité à fixer les acquis de numération »
- L'effet motivant du boulier sur les élèves, qui se révèle plus important chez les élèves en difficulté d'apprentissage. Le boulier didactique est un support adéquat de dédramatisation du rapport aux mathématiques.
- Un niveau d'interactivité plus étroit, plus convivial, plus spontané entre les apprenants et enseignant, et entre les apprenants.
- l'utilisation du boulier en classe crée un environnement d'apprentissage complémentaire, par rapport à l'environnement habituel.

4.4. Formation continue des enseignants

L'expérimentation du boulier rencontre une acceptation unanime des enseignants qui s'inscrivent davantage aux programmes de formation élaborés par l'équipe de recherche (voir à ce sujet, le document « Pratique du boulier au CP » sur le site académique Point Sciences. De 2015 en 2017, le nombre de professeurs des écoles formés au boulier didactique augmente de 10 à 13, comme l'indique la progression graphique suivante :

Figure 1: Évolution du nombre d'enseignants en formation sur le boulier



5. Nécessité de mesurer les résultats

La durée de notre recherche n'a pas permis à l'heure actuelle de fournir des données chiffrées sur la stabilité des apprentissages, pour être plus probants dans l'analyse théorique des bienfaits du boulier didactique.

L'objectif de ce projet de recherche est une expérimentation, **sur trois ans,** sur tout le cursus primaire entre deux cohortes d'élèves : l'une, utilisant l'enseignement mathématique classique et l'autre, utilisant le boulier. Au vu des premiers ressentis et constats nous ne doutons pas que l'utilisation du boulier apportera aux élèves une **approche différente des mathématiques** et les dotera de **compétences** sur le maniement des nombres, le raisonnement, le calcul, etc.

5.1. Équipe de recherche

L'équipe de recherche sera composée de :

- un docteur en sciences de l'éducation,
- un chercheur de l'IREM Limoges,
- plusieurs professeurs des écoles,
- le président de l'API, ingénieur ENSI, professeur de mathématiques.

5.2. Population d'enquête

La recherche ciblera les élèves des écoles élémentaires de la Haute-Vienne sans distinction de compétences, du CP au CM1

5.3. Résultats attendus

Notre recherche devrait confirmer la **stabilité des fondamentaux mathématiques acquis** en primaire au-moins jusqu'au CM1.

Références bibliographiques

Andreu Sandra, Le Cam Marion & Rocher Thierry (2014). *Évolution des acquis en début de CE2 entre 1999 et 2013 : les progrès observés à l'entrée au CP entre 1997 et 2011 ne sont pas confirmés*. Note d'information de la DEPP, n° 19, mai. Repéré à http://cache.media.education.gouv.fr/file/2014/61/7/DEPP_NI_2014_19_evolution_acquis_debut_CE2_entre_1999_2013_325617.pdf

Bertrand Yves (1998). *Théories contemporaines de l'éducation*. Montréal : Éditions Nouvelles.

CNESCO (2012). *Comment l'école amplifie t'-elle les inégalités sociales et migratoires ? Dossier de synthèse*. Paris : CNESCO. Repéré à http://www.cnesco.fr/wp-content/uploads/2016/09/160927Dossier_synthese_inegalites.pdf

Dalibard Etienne & Pestor Jean-Marc (2015). *CEDRE 2014 - Mathématiques et fin d'école primaire : les élèves qui arrivent au collège ont des niveaux très hétérogènes*. Note d'information de la DEPP, n° 18, mai. Repéré à http://www.education.gouv.fr/cid53629/les-competences-en-mathematiques-des-eleves-en-fin-d-ecole-primaire.html ou http://cache.media.education.gouv.fr/file/2015/25/2/depp-ni-2015-18-cedre-2014-mathematiques-ecole_422252.pdf

Durpaire Jean-Louis (2006). *L'enseignement des mathématiques au cycle 3 de l'école primaire.* Rapport n°2006-034 de l'Inspection générale de l'éducation nationale. Repéré à http://www.education.gouv.fr/cid4172/l-enseignement-des-mathematiques-au-cycle-3-de-l-ecole-primaire.html ou http://media.education.gouv.fr/file/46/0/3460.pdf

Fayol Michel (2013). *L'acquisition du nombre*. Paris : Presses universitaires de France (Que sais-je ?, 3941).

Fayol Michel & Thevenot Catherine (2005). Résolution de problème/résolution de problèmes arithmétiques. Dans Noël Marie-Pascale (dir.). *Approche neuropsychologique et développementale des difficultés de calcul chez l'enfant* (p.193-221). Paris : Solal.

Marc Colmant & Marion Le Cam (2016). *TIMSS 2015 mathématiques et sciences, Évaluation internationale des élèves de CM1*. Note d'information n°33, novembre 2016. Repéré à http://cache.media.education.gouv.fr/file/2016/81/9/depp-ni-2016-33-TIMSS-2015-mathematiques-sciences-evaluation-internationale-eleves-CM1_672819.pdf

OCDE (2015). *PISA à la loupe-2015/02. « Plus de peur que de maths ».* PISA à la loupe, n°48, février. Repéré à
http://www.oecd-ilibrary.org/docserver/download/5js67b4thzd5-fr.pdf?expires=1491833291&id=id&accname=guest&checksum=36C365813315A67D5FEE97915FE746B4

OCEDE (2014). *Résultats du PISA 2012 : Savoirs et savoir-faire des élèves : Performance des élèves en mathématiques, en compréhension de l'écrit et en sciences* (vol.I). Paris : OCDE. Repéré à
http://www.oecdbookshop.org/browse.asp?pid=title-detail&lang=en&ds=&ISB=9789264208827

OCDE (2010). *Résultats du PISA 2009 : Synthèse*. Paris : OCDE. Repéré à
https://www.oecd.org/pisa/46624382.pdf

Poisard Caroline(2005). Les objets mathématiques matériels, l'exemple du boulier chinois. Repéré à http://www-irem.ujf-grenoble.fr/revues/revue_x/fic/68/68x3.pdf

Vigier Michel (2012). L'innumérisme : de quoi parle-t-on ? Peut-on y remédier facilement ? *ANAE, N° 120-121 – Novembre-décembre 2012.*

Vigier Michel (2009). Les élèves en grande difficulté en math : sont-ils dyscalculiques et peuvent-ils bénéficier d'une approche du calcul par tableaux et tableurs. *ANAE, N°102, juillet 2009*.

Annexe

Revue de presse et publications au 31 mars 2017 sur « les mathématiques à l'école et l'innumérisme », par Michel Vigier président de l'Association pour la Prévention de l'Innumérisme - API