



HAL
open science

Utiliser une calculatrice à l'école : pourquoi ? Comment ?

Lou Guillamon

► To cite this version:

Lou Guillamon. Utiliser une calculatrice à l'école : pourquoi ? Comment ?. Sciences de l'Homme et Société. 2017. dumas-02020855

HAL Id: dumas-02020855

<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-02020855>

Submitted on 15 Feb 2019

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.

Université de Bordeaux- ESPE d'Aquitaine

**Master Métiers de l'enseignement, de l'Éducation et de la
Formation**

Mention Premier degré

Parcours M2 étudiant

**Utiliser une calculatrice à l'école :
Pourquoi ? Comment ?**

Mémoire présenté par **Guillamon Lou**

Sous la direction de **Foulquier Laurianne**

SOMMAIRE :

INTRODUCTION	1
I. LA CALCULATRICE ET SON PROCESSUS DE « TRANSPOSITION DIDACTIQUE ».....	3
A. LE SAVOIR A ENSEIGNER DU POINT DE VUE DES DIDACTICIENS	3
1. <i>La calculatrice : un artefact complexe</i>	3
2. <i>Propositions relatives à des expérimentations et recherches didactiques</i>	5
a) Auxiliaire de calcul ou outil pédagogique ?	5
b) Étendre les connaissances mathématiques et favoriser la recherche autonome	11
c) Outil de différenciation pédagogique.....	14
B. LA CALCULATRICE ET L'ÉVOLUTION DES INSTRUCTIONS OFFICIELLES 1980-2016 :	15
1. <i>Un tournant majeur en 2002</i> :	16
2. <i>Un recul observé en 2008</i> :	18
3. <i>Une évolution mitigée en 2015</i> :	19
II. LA TRANSPOSITION DIDACTIQUE INTERNE : QUEL EST LE SAVOIR ENSEIGNE ?	21
A. LES REPRESENTATIONS DES PROFESSEURS.....	21
1. <i>Méthodologie</i> :	21
2. <i>Résultats</i> :	22
a) L'utilisation personnelle	22
b) Les pratiques de classe :	22
c) Les ressources disponibles :	27
B. ANALYSE DES RESSOURCES	28
1. <i>Moment de l'intégration</i>	28
2. <i>Fréquence d'apparition</i>	29
3. <i>Rôles attribués à la calculatrice</i>	31
C. CONCEPTIONS DES ELEVES	40
1. <i>Méthodologie</i> :	40
2. <i>Résultats</i> :	41
a) École 1 :	41
b) École 2 :	43
III. EXPERIMENTATION DIDACTIQUE : INTEGRER LA CALCULATRICE AUX APPRENTISSAGES	
MATHEMATIQUES EN CE2	46
A. DEMARCHE GENERALE :	46
1. <i>Le mode d'emploi personnel</i>	46
2. <i>Les « bons calculatrice »</i>	47

3.	<i>Le répertoire d'activités</i>	48
B.	DEVELOPPER DES COMPETENCES DE CALCUL MENTAL	49
1.	<i>L'activité « Plus vite que la calculette »</i> :	49
2.	<i>Les résultats</i> :	50
a)	La gestion de classe	50
b)	Les savoirs en jeu	51
c)	L'aspect motivationnel	53
C.	ACCOMPAGNER LA RESOLUTION D'UN PROBLEME	54
1.	<i>Résolution par le calcul instrumenté</i>	55
2.	<i>Vérification</i>	60
D.	RENFORCER LA CONNAISSANCE DU SYSTEME DE NUMERATION DECIMAL	62
1.	<i>Dictées de nombres sur la calculatrice</i>	62
2.	<i>Modifier un ou plusieurs chiffre(s) d'un nombre affiché</i>	63
	CONCLUSION :	66
IV.	ANNEXES :	68
	Annexe 1: Exemple tableau des nombres cibles d'élève	68
	Annexe 2: Guide d'entretien	69
	Annexe 3: Questionnaire initial, classe de CE2	70
	Annexe 4: Résultats du questionnaire initial CE2	71
	Annexe 5: Exemples de modes d'emploi personnels	72
	Annexe 6: Répertoire d'activités	73
	Annexe 7: Exemples de carnets « Plus vite que la calculette »	74
	Annexe 8: Exemples de procédures personnelles pour la résolution du problème 1	76
	Annexe 9: Fiche issue du « Guide d'activités pour la calculatrice »	77
V.	BIBLIOGRAPHIE :	78

INTRODUCTION

Pourquoi s'intéresser à l'utilisation de la calculatrice à l'école élémentaire ?

Ce sujet fait écho à de nombreux discours entendus, des discours généraux accusant la technologie d'être une source des difficultés croissantes des élèves, d'autres plus spécifiques rapprochant la calculatrice d'un outil entravant les apprentissages. Elle rendrait les élèves dépendants et ils ne sauraient plus résoudre par leurs propres moyens. La calculatrice s'apparenterait alors à un risque : celui de former des générations secondées qui ne sauraient plus résoudre sans outil.

« On pense au rôle des sciences dans la sélection scolaire où la mathématique est devenue la mesure de toute intelligence » (Bourdieu, 1980). La culture scolaire valorise le savoir-faire des mathématiques, dans une pensée plutôt traditionnelle rendant indispensables le calcul posé et le calcul mental. Il est donc culturellement difficile d'introduire un nouvel objet perçu comme un facilitateur de la pratique mathématique. La calculatrice est en effet souvent assimilée à un « oreiller de paresse » (Pochon, 2000) qui réduit la réflexion des élèves et allège le travail du professeur. Cette considération ne tient pas compte du fait que l'utilisation de cet outil peut être unie à un raisonnement mathématique complet et que son introduction renforce le travail didactique du professeur. Il existe aussi un effet de projection, relevant du rapport personnel que l'enseignant entretient vis-à-vis du calcul : on peut imaginer que si l'enseignant a un rapport positif avec les mathématiques et qu'il a toujours fait sans calculatrice il n'éprouvera pas nécessairement le besoin de l'intégrer aux apprentissages (Favre et Tièche Christinat, 2007, p 109). Ceci va de pair avec la pensée des parents qui n'ont pas utilisé de calculatrice à l'école et qui disent être meilleurs en mathématiques de ce fait. À la notion « d'outil socialement intégré » de Bruillard, Favre et Tièche Christinat y ajoutent celle « d'usage social très restreint » (2007, p 106) : bien que la calculatrice soit intégrée aux pratiques sociales celles-ci restent peu diversifiées, il est donc sûrement difficile d'imaginer ses bienfaits dans la compréhension des mathématiques.

Alors que de nombreuses études tendent à montrer que l'intégration de la calculatrice serait favorable à l'apprentissage de certaines notions mathématiques, l'école reste sceptique.

Comment expliquer qu'un « outil socialement intégré » (Bruillard, 1992-1993) ne fasse pas l'objet d'un apprentissage scolaire ? Quelle est la nature des retenues concernant l'usage de la calculatrice à l'école primaire ? Quelle serait son utilité si elle était totalement intégrée dans l'enseignement des mathématiques ? Quelle serait sa place parmi les moyens de calculs usuels ?

Pour répondre à ces interrogations, je choisis de traiter l'intégration de la calculatrice en classe sous le prisme de la transposition didactique (Chevallard, 1985). La transposition didactique est le processus par lequel un objet de savoir passe d'une existence au sein de la communauté scientifique à une légitimité dans l'enseignement. Ainsi, je m'intéresserai premièrement à la vision des didacticiens, dont le rôle est d'engager de nouvelles perspectives d'enseignement. J'observerai ensuite quel a été l'impact de leurs propositions dans les instructions officielles. Dans un second temps, je m'intéresserai à une deuxième étape du processus de transposition didactique, en interrogeant la manière dont les enseignants accueillent ces projets (issus de recherches ou officiels). Enfin j'expérimenterai la dernière étape du processus didactique en proposant une possible intégration de la calculatrice en classe de CE2.

I. La calculatrice et son processus de « transposition didactique »

Tout objet d'enseignement, avant d'être légitimé par les programmes et enseigné à l'école, est enclin à un processus de transposition didactique (Chevallard). Un savoir né et s'organise au sein de la communauté scientifique puis est transposé par différents acteurs de la sphère didactique : Emil Paun parle de « transposition externe » pour nommer ce passage du « savoir savant » au « savoir à enseigner » (Chevallard). Une deuxième transposition vient façonner le savoir, celle qui représente le passage entre le « savoir à enseigner » et le « savoir enseigné ». Emil Paun parle alors de « transposition didactique interne » pour décrire l'écart entre les préconisations des programmes et ce que l'enseignant propose à sa classe. Un savoir existe et s'organise en dehors de l'école avant d'y être intégré selon Yves Chevallard. Toute la particularité de la calculatrice tient au fait que sa préexistence est sociale. Elle répond premièrement à des nécessités sociales et trouve sa légitimité dans les pratiques quotidiennes qu'elle accompagne (encaissement, comptes...). Yves Chevallard (1992) explique la difficulté de son entrée dans l'enseignement par le fait qu'elle ne suscite pas les mêmes intérêts suivant l'environnement dans lequel elle est utilisée : elle est légitime en tant qu'aide au calcul dans la vie quotidienne voire dans des disciplines autres que les mathématiques, elle devient plus questionnée lorsqu'il s'agit de l'intégrer aux apprentissages mathématiques. Les interrogations que la calculatrice suscite sont liées à une double exigence : faire évoluer les savoirs au regard de la société et rendre ces nouveaux savoirs « compatibles avec l'ensemble du fonctionnement didactique » (Chevallard, 1992).

Il convient alors de définir ce que la calculatrice pourrait apporter aux apprentissages mathématiques existants.

Quelle légitimité les didacticiens confèrent-ils à la calculatrice ? Comment cette légitimité est-elle traduite dans les programmes ?

A. Le savoir à enseigner du point de vue des didacticiens

1. La calculatrice : un artefact complexe

Pour seconder, comprendre, expliciter, matérialiser son expérience, l'homme crée des outils accompagnant ses pratiques. On appellera ces outils des artefacts, selon Trouche (2007) un artefact est « un objet créé par l'homme pour assister sa propre activité : un marteau, un compas ou une calculatrice sont des artefacts ». La calculatrice est un objet informatique ce qui lui donne des attributs singuliers : elle est un artefact regroupant plusieurs artefacts, différentes fonctionnalités mathématiques (Trouche 2007). Trouche rappelle aussi la distinction entre un

artefact et un instrument. Ainsi, « un instrument n'existe pas en soi, un artefact devient un instrument quand un sujet a pu se l'approprier pour lui-même et l'a intégré dans sa propre activité (Rabardel, 1995). Cette distinction est fondamentale pour légitimer l'apprentissage de l'utilisation de la calculatrice : puisqu'un processus existe pour qu'un individu intègre un instrument à sa pratique, l'idée selon laquelle les nouvelles générations s'approprient naturellement les nouvelles technologies peut être interrogée. Les situations didactiques intégrant la calculatrice doivent donc être pensées dans un objectif d'investissement de l'objet par l'élève, c'est ce que Trouche (2007) nomme l'instrumentalisation. L'instrumentation, quant à elle, est le processus par lequel l'artefact agit sur l'activité de l'élève de par ses contraintes et ses potentialités (Trouche, 2007).

Ces notions, instrumentation et instrumentalisation, peuvent être mises en lien avec le concept de milieu didactique de Brousseau. La calculatrice est un artefact informatique qui agit sur son usager, et sur lequel l'usager agit, il met l'artefact « à sa main » (Trouche, 2007). Brousseau définit un milieu didactique comme étant « tout ce qui agit sur l'élève ou/ et sur ce quoi l'élève agit ». Ruhal Floris a interrogé cette analogie dans plusieurs de ses articles. Elle définit la calculatrice comme étant une « interface contraignante » entre le savoir mathématique en jeu et les connaissances de l'élève. En ce sens, l'élève confronte ses connaissances, ses conceptions et ses savoir-faire à l'artefact qui fait partie du milieu conçu par l'enseignant. Mais un milieu pensé avec un artefact exige que l'utilisateur puisse « donner du sens aux gestes » qu'il fait, il exige donc une « instrumentation ». L'instrumentation va permettre à l'utilisateur d'exercer un contrôle et de pouvoir interpréter les rétroactions de la machine. Si l'utilisateur est entré dans le processus d'instrumentation, la calculatrice peut être partie prenante d'un milieu contraignant « contre lequel l'élève jouera ses coups » (Floris, 2005) pour développer les connaissances visées.

La calculatrice est donc un artefact complexe, qui peut être intégré aux situations ou en être le support. Bien que Trouche et Floris affirment l'importance de la prise en compte de sa complexité ; elle peut apparaître comme un outil facilitateur de la pratique mathématique. Mais quelles sont les situations « où justement, l'utilisation des machines ne dispense pas de penser (Commission Kahane¹) ?

¹ Enseignement des sciences mathématiques : Commission de réflexion sur l'enseignement des mathématiques : Rapport au ministre de l'Éducation Nationale, sous la direction de Jean-Pierre Kahane (pages 213,214) ; Odile Jacob/ Centre National de Documentation pédagogique, Paris, 2002.

2. Propositions relatives à des expérimentations et recherches didactiques

Sous le prisme de la transposition didactique, les propositions des didacticiens apparaissent comme une impulsion donnée pour faire entrer un objet d'enseignement dans les préconisations des programmes. Grâce à de nombreuses expérimentations, ils justifient l'intégration de la calculatrice au regard de sa complémentarité avec l'enseignement existant. Plusieurs réflexions et expérimentations viennent expliciter diverses utilisations pertinentes de la calculatrice à l'école élémentaire. Ces expérimentations sont publiées sur des revues destinées aux enseignants : *Mathecole*, et *Grand N* notamment.

Dès 1978, un article de *Mathecole* est consacré à la calculatrice dans l'enseignement primaire (Hutin, 1978). Raymond Hutin y rapporte son compte rendu suite à un forum dont le thème principal était « la calculatrice de poche dans l'enseignement des mathématiques et son influence sur les plans d'étude de la scolarité obligatoire ». Les didacticiens et enseignants suisses s'interrogent sur la portée de l'intégration d'un nouvel artefact à l'école. Raymond Hutin relate deux faits fondant ces interrogations : premièrement les élèves peuvent disposer de calculatrice chez eux, pour faire leurs devoirs notamment, et l'école ne peut l'ignorer ; en second lieu, la société change avec ce nouveau moyen de calcul et il serait intéressant de former les travailleurs de demain à l'utiliser avec pertinence. Au-delà de ces considérations, Hutin expose l'utilité de la calculatrice pour les apprentissages. Tout d'abord, elle peut étendre les connaissances mathématiques : elle permet d'agir sur des nombres plus grands et donc de dépasser les expérimentations matérielles réalisables par les élèves. En second lieu, elle est source d'engagement: chacun peut « accéder à la joie de la découverte personnelle » (Hutin, 1978) car celle-ci ne dépend plus uniquement des compétences en calcul. Dès les années 80', les didacticiens semblent plaider pour une utilisation de la calculatrice, mais quelle serait l'intégration de cet artefact en classe ?

Malgré une intégration reconnue et légitimée par tous les didacticiens écrivant sur le sujet, le statut de la calculatrice reste interrogé.

a) Auxiliaire de calcul ou outil pédagogique ?

Dans un article de *Grand N* (1992-1993), Éric Bruillard se prononce sur le statut que devrait avoir la calculatrice et défend celui d'auxiliaire de résolution. Pour que l'intégration de la calculatrice soit légitime et pérenne, il faut qu'elle reste un outil qui « prolonge les possibilités » de l'utilisateur. Bruillard signale à ce sujet que la calculatrice ne peut accompagner la pratique d'un élève que si celui-ci est en mesure d'exercer un contrôle du

résultat produit. Ainsi, l'objectif premier serait d'amener les élèves à « résoudre avec les outils ». En ce sens, la mission de l'école serait de mener un apprentissage lié à l'utilisation de l'outil, tout comme elle mène un apprentissage des techniques opératoires, pour résoudre. L'utilisation de la calculatrice deviendrait alors un objectif d'apprentissage : savoir utiliser une calculatrice en étant conscient de ses portées et de ses limites. En statuant en faveur du rôle d'auxiliaire de résolution, Bruillard exclut la perspective « d'outil pédagogique ». En effet, la calculatrice peut être un moyen de créer de nouvelles situations permettant d'aborder des notions différemment, elle peut aussi être le support de nouveaux problèmes. Bruillard avertit du danger de ces modalités qui réside dans leur caractère facultatif : la calculatrice serait alors assimilée à un moyen comme un autre d'accéder à certaines compétences. Son utilisation pourrait alors être rapprochée d'une innovation pédagogique discutable et ne jamais faire l'objet d'un apprentissage dans les écoles.

Roland Charnay rejoint la vision de Bruillard en admettant que « la calculatrice est d'abord un auxiliaire de calcul » (Charnay, 2004). Lorsqu'elle exerce ce rôle, elle permet de libérer les élèves des calculs coûteux et de concentrer leur effort sur le développement des compétences visées par la résolution de problèmes : la compréhension de la situation, l'anticipation des calculs et l'organisation des données. Alors que Bruillard (1992-1993) s'interroge sur le moment pertinent pour intégrer la calculatrice au regard de la technique opératoire, Charnay annonce que « le recours à la calculatrice est d'autant plus intéressant qu'on ne sait pas (encore) calculer par d'autres moyens ». Certaines situations de découverte de nouvelles opérations sont simplifiées au regard des compétences en calcul des élèves et ne leur permettent pas d'étendre leurs connaissances mathématiques à d'autres contextes plus complexes qui font davantage sens. Un décalage se crée donc entre les compétences visées par la situation (le sens) et les procédures effectives des élèves qui s'appuient sur des savoir-faire antérieurs sans les faire évoluer (dénombrement, dessin...). La calculatrice pourrait, selon Charnay, remédier à ce décalage en favorisant des situations adaptées aux capacités de compréhension réelles des élèves pour justement faire évoluer leurs procédures de résolution. De même que la dictée à l'adulte permet de dépasser des contraintes motrices pour être au plus près de ce que les élèves sont capables de produire ; la calculatrice pourrait permettre d'engager les élèves dans des situations qu'ils sont déjà capables de comprendre et de résoudre en dépassant leurs capacités en calcul (limitées aux petits nombres). L'auxiliaire de calcul est alors un outil qui « prolonge les possibilités » (Bruillard, 1992-1993). Loin de nuire aux compétences mathématiques des élèves, la calculatrice accompagnerait leur développement. Pour illustrer

cette modalité d'utilisation, Charnay commente une activité de recherche du complément dans une classe de CE1 (Grand N, 2004).

Un parking peut accueillir x voitures. Un panneau affiche que y places sont encore disponibles. Combien de places sont occupées ?

Charnay montre que la pertinence de l'introduction de la calculatrice dépend des nombres en jeu.

- Si la capacité du parking est de 40 places, et que 30 places sont disponibles :

« Fournir une calculatrice serait ici contreproductif », les nombres en jeu sont choisis pour permettre le recours à des procédures personnelles de résolution.

- Si la capacité du parking est de 100 places, et que 75 places sont disponibles :

La calculatrice peut restreindre l'engagement dans des procédures pertinentes qui font sens pour les élèves. Néanmoins, le recours à la calculatrice peut être pertinent pour certains élèves qui souhaiteraient effectuer une soustraction « $100 - 75$ », mais qui ne disposent pas d'une procédure de calcul réfléchi efficace (ex : retranchements successifs $100 - 50$, $50 - 20$, $30 - 5$) et/ou qui ne maîtrisent pas encore la technique opératoire de la soustraction.

- Si la capacité est de 475 places et que 187 places sont disponibles :

Le recours au calcul réfléchi, par retranchements successifs, peut être plus difficile. La mise à disposition d'une calculatrice peut permettre de nouvelles procédures qui s'appuient tout autant sur des compétences mathématiques :

- Essais et ajustements pour trouver le complément de 187 à 475 : par additions itérées.
- Essais et ajustements par soustractions itérées pour aller de 475 à 187.
- Compréhension du sens de la soustraction qui permet d'enlever les places disponibles au « tout » pour obtenir « l'autre partie », donc les places occupées.

Avec cet exemple Charnay illustre :

- La responsabilité de l'enseignant de choisir le « bon moment » pour introduire la calculatrice. Ce moment dépend des acquis de la classe, mais aussi plus particulièrement de la représentation que se fait chaque élève de la situation.
- Une utilisation pertinente de la calculatrice comme auxiliaire de résolution : elle permet de focaliser l'activité des élèves sur la recherche de nouvelles procédures mathématiques. Ici la calculatrice peut amener au sens de la soustraction sans restreindre les situations à des petits nombres où l'addition à trou ou le calcul réfléchi sont suffisants.

Ce qu'entrevoyait Hutin en 1980, est donc réaffirmé par Charnay : la calculatrice permet d'agir sur des nombres plus grands, en cela elle favorise des situations qui sont adaptées aux compétences des élèves. La mise à disposition de calculatrices permet donc de focaliser l'activité sur la compétence visée par la résolution de problème : la compréhension de la situation et la reconnaissance des opérations permettant de solutionner le problème. C'est en ce sens que Rirette Guillemard (1995-1996) conclue l'un de ses articles, en s'appuyant sur les travaux de Bruillard et Charnay. Elle rappelle qu'un problème s'articule autour de trois « activités complémentaires, mais nettement distinctes » :

- « - la résolution proprement dite, c'est-à-dire l'identification de la ou des structures sous-jacentes et donc des opérations à effectuer,
- l'effectuation de ces opérations,
- la communication des résultats. »

L'activité privilégiée lors de la résolution de problème étant « la résolution proprement dite », la prise en charge des opérations (techniques opératoires, mobilisation du calcul réfléchi ou avec la calculatrice) et la communication des résultats étant pour elle « la cerise sur le gâteau ».

Au-delà du rôle d'auxiliaire de résolution, Charnay et d'autres experts élargissent les intérêts de la calculatrice à d'autres modalités d'utilisation : elle joue alors le rôle d'« outil pédagogique ». Dominique Valentin et Mireille Guillerault concèdent que le statut d'outil pédagogique « doit être nettement secondaire », mais montrent que ce « rôle contre nature » peut avoir une influence positive sur les compétences mathématiques des élèves (Valentin, Guillerault 1994-1995).

Elles proposent de courtes situations problèmes fondées sur les contraintes d'affichage de la calculatrice. Elles se servent donc des limites de la machine pour engager un apprentissage ciblé sur la numération de position. Bruillard (1992-1993) conteste cet usage en précisant que les calculatrices « n'apportent rien dans la compréhension de la numération de position » et qu'un tel travail impose de détourner l'utilisation normale de l'outil. Mais, force est de constater que cette modalité d'utilisation « contre nature » engage un travail intéressant. Valentin et Guillerault (1994-1995) proposent à des élèves de CE1 « d'afficher un nombre sur la calculette à partir d'informations successives sur les chiffres de ce nombre ».

Voici plusieurs exemples de problèmes :

Changer le chiffre des dizaines en opérant par addition :

Un enfant voulait taper 785 sur sa calculette ; il s'est trompé, il a déjà tapé 725. Comment peut-il corriger pour avoir 785 sans effacer ce qui est déjà tapé ?

Changer le chiffre des dizaines en opérant par soustraction :

Un enfant voulait taper 338 sur sa calculette ; il s'est trompé, il a déjà tapé 368. Comment peut-il corriger pour avoir 338 sans effacer ce qui est déjà tapé ?

Dictée de nombre à la calculatrice, les chiffres le composant étant dictés dans le désordre :

Le chiffre des dizaines est 3.
Le chiffre des centaines est 2.
Le chiffre des unités est 9.

Ces exemples illustrent l'utilisation de la calculatrice comme « outil pédagogique » créant de nouvelles situations qui ne peuvent exister en « papier/crayon » et qui trouvent leur légitimité dans les compétences qu'elles mobilisent pour être résolues. Les contraintes de l'outil créent un obstacle, la calculatrice fait alors partie d'un milieu contraignant auquel l'élève devra se confronter pour le surmonter. En prenant l'exemple des dictées de nombres à la calculatrice, une situation papier/crayon peut engager les élèves à se souvenir des positions relatives des chiffres d'un nombre : « je mets le chiffre des centaines à gauche, celui des unités tout à droite et celui des dizaines entre les deux ». La calculatrice empêche cette procédure (qui est un prérequis) et fait évoluer les compétences des élèves vers la compréhension du chiffre qui code une quantité (relative à sa position dans le nombre). Pour le problème cité précédemment, les élèves devront traduire : « $30 + 200 + 9$ » pour suivre l'ordre des chiffres dictés et obtenir le nombre correspondant.

Charnay propose aussi des situations s'appuyant sur les contraintes matérielles de la calculatrice dont voici quelques exemples d'utilisation :

- « Des chiffres qui changent et des chiffres qui ne changent pas »

Dans ces activités les élèves sont amenés à changer un ou plusieurs chiffres d'un nombre, en une seule fois, sans modifier les autres. Ils doivent alors trouver la ou les opérations possibles pour engendrer cette modification.

Ex : Le nombre tapé est 37 815, il faut changer le chiffre 7 sans changer les autres chiffres.

Il existe plusieurs solutions + 1000, +2000, -1000, - 2000, -3000, -4000.... On pourra aussi s'intéresser aux nombres qui ne fonctionnent pas malgré leur appartenance aux « milliers » : si on ajoute 3000, le chiffre des dizaines de mille va changer.

- « Un seul chiffre à la fois »

Ici, l'objectif est d'atteindre un nombre cible en n'opérant que sur un chiffre à la fois.

Ex : Le nombre tapé est 458, il faut atteindre 699 en utilisant les touches [+] et [=] et en ne modifiant qu'un seul chiffre par étape. Une suite d'opérations possible serait : + 1 ; + 40 ; + 200. Cette activité rejoint le travail de Valentin et Guillerault sur la numération de position.

- Des opérations sans utiliser certaines touches :

Ici, les élèves doivent contourner l'obstacle d'une touche interdite pour mener à bien des opérations.

Ex : 47×6 , sans la touche [x]

Par l'équivalence de l'addition itérée : $47 + 47 + 47 + 47 + 47 + 47$

Par des additions itérées plus « économiques » : $47 + 47 + 94 + 94$

Ces activités favorisent la réflexion sur les relations entre les nombres et les propriétés des opérations.

Dans le sens de ces propositions, France Caron (2007) présente, dans un article de Petit x, l'environnement informatique créé par Gysèle Lemoyne: « la calculatrice défectueuse ». Cette calculatrice virtuelle dispose de touches bloquées, les élèves se voient donc contraints de contourner cet obstacle et de trouver « une séquence différente mais équivalente » pour effectuer l'opération. Cette situation, fondée sur des contraintes, amène l'élève à établir des relations entre les nombres, à faire appel à ses connaissances sur les propriétés des opérations. L'enseignant dispose de l'enregistrement informatique des tentatives des élèves. Cette activité dédiée aux élèves du secondaire pourrait trouver sa place à l'école élémentaire, elle montre l'intérêt des contraintes que l'on peut engendrer par l'utilisation de l'informatique.

Les activités innovantes de Valentin, Guillerault, Caron et Charnay légitiment l'utilisation de la calculatrice en tant qu'outil pédagogique, même si ce rôle reste secondaire.

La calculatrice est une aide précieuse à la résolution de problèmes, elle apparaît alors comme un « moyen de calcul ordinaire que les élèves utilisent avant et après l'élaboration des techniques opératoires » (Charnay, 1993-1994). Elle peut aussi être le support de situations qui posent problème en amenant les élèves à mobiliser et développer leurs compétences pour les surmonter. L'outil, en lui-même, offre des contraintes intéressantes qui, lorsqu'elles sont exploitées, servent les compétences visées par le domaine des mathématiques. L'interrogation

portant sur le statut de la calculatrice en classe, auxiliaire de résolution ou outil pédagogique, semble avoir trouvé une réponse commune des didacticiens : elle est d'abord un outil accompagnant la résolution, elle est ensuite un outil pédagogique offrant de nouvelles situations intéressantes.

D'autres travaux dépassent cet axe de définition du statut de la calculatrice et ouvrent d'autres pistes d'exploitation. Certains se penchent sur la possibilité d'étendre les connaissances mathématiques des élèves, en leur permettant d'explorer de nouveaux phénomènes et/ou en leur permettant une plus grande autonomie. D'autres s'intéressent au levier de différenciation pédagogique qu'elle peut engager.

b) Étendre les connaissances mathématiques et favoriser la recherche autonome

Floris et Del Notaro (2011) exposent une expérimentation menée avec des élèves de 6 et 7 ans. Ils se placent dans l'optique de la Théorie des situations de Brousseau (1998) et intègrent donc la calculatrice à un milieu qui convoque les connaissances des élèves et les fait évoluer. Je ne synthétiserai pas l'intégralité de l'étude, suivie sur plusieurs années, elle est composée de nombreuses situations progressivement introduites par des modifications de contrat didactique. L'activité que je présenterai ici a été mise en place après un travail sur la calculatrice comprenant une approche des entiers naturels et de leur suite (par additions itérées), un aperçu de la parité des nombres, et une institutionnalisation de ces savoirs. La calculatrice est présentée comme un authentique vecteur de savoir mathématique (Floris, 2005, p. 20). Le but de l'activité est d'atteindre un nombre cible par additions itérées du même chiffre (ex : $2 + 2 + 2$ pour atteindre 6), en faisant le moins de manipulations possible à la calculatrice. Par le biais de leurs découvertes successives, les élèves sont amenés à remplir un tableau des nombres cibles, voici un exemple pour la cible 8 (exemple de tableau d'élève Annexe 1).

	[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]	[7]	[8]
8	8	4		2				1

Pour atteindre 8 je peux : taper [+] [1] 8 fois, taper [+2] 4 fois etc. Certains nombres ne me permettent pas d'atteindre 8 si je les additionne. Certains nombres me permettent d'accéder rapidement au nombre cible : les élèves de l'expérimentation ont nommé les diviseurs qui permettent d'atteindre la cible en deux manipulations les « nombres tout de suite ».

L'étude menée par Floris et Del Notaro amène à penser la calculatrice comme « un très bon moyen pour étudier le nombre et cela dès les premiers degrés de la scolarité élémentaire ». Grâce à la rapidité et la fiabilité (sauf erreur de frappe) qu'elle offre aux élèves, ceux-ci ont pu s'intéresser aux suites de nombres et étendre leurs connaissances mathématiques. Les élèves ont généré des suites de nombres et ont observé des phénomènes numériques : parité/ imparité, relation entre les nombres, l'équivalence entre l'addition itérée et la multiplication...

Le remplissage du tableau des nombres cibles permettait aux élèves d'observer des régularités entre les nombres : tous les nombres qu'on atteint en tapant plusieurs fois [+5] se terminent par le chiffre 0 ou le chiffre 5. Le langage oral produit lors de la mise en commun permettait de développer certaines notions mathématiques qui prenaient du sens dans le contexte des nombres cibles : pour obtenir 24 j'ai tapé 6 fois [+4], cette verbalisation donne du sens à l'équivalence entre additions itérées et multiplication. De plus la calculatrice offre des possibilités d'observation de la commutativité de l'addition la multiplication : dans le tableau des cibles on retrouvera le nombre 4 (6 fois) pour atteindre 24, mais aussi le nombre 6 (4 fois) pour atteindre le même nombre. Malgré la complexité de ces situations prises en charge par des experts de la didactique des mathématiques, cette expérimentation montre « la richesse d'investigation » que peut procurer l'intégration de la calculatrice. Ces élèves de 6-7 ans ont pu mener une investigation autonome, régularisée par les mises en commun, ils ont été détenteurs de leurs découvertes et ont étendu leurs connaissances mathématiques en explorant les relations entre les nombres.

D'autres situations, peut-être plus facilement exploitables ont été proposées par Roland Charnay (2004). Il propose notamment d'engager les élèves à mémoriser leurs tables par l'utilisation de la calculette : elle fournit en effet un résultat rapide et permet de contrôler son appropriation du calcul mental. La calculatrice permet alors aux élèves d'être plus autonomes pour l'entraînement au calcul mental, et de disposer de moyens fiables de vérification (le professeur n'est plus l'unique détenteur du résultat). Par binôme les élèves peuvent se livrer à des révisions de tables de multiplication ou d'addition et jouer pour apprendre.

Quelques exemples :

- Jeu n°1 :

Un élève tape la somme de deux nombres inférieurs à 10. Il passe la calculatrice à l'autre joueur qui annonce le résultat et appuie sur [=]. Si sa réponse est correcte il marque 1 point, sinon c'est l'autre joueur qui marque 1 point.

- Jeu n°2 :

Le premier joueur tape un nombre inférieur à 10, et annonce un deuxième nombre (< 20). Ce deuxième nombre est la cible à atteindre par le deuxième joueur qui doit taper une séquence du type $+ x$ pour l'atteindre.

Ces situations sont facilement exploitables et peuvent recouvrir tous les types de calcul en jeu dans le calcul mental. Les règles peuvent être adaptées et correspondre aux notions en cours de construction dans une classe. La calculatrice donne aux élèves une occasion de s'entraîner au calcul mental en autonomie et les dote d'un dispositif réutilisable pour mémoriser et s'autoévaluer.

Jean-Michel Favre (2000) va encore plus loin en montrant que « l'attrait un peu magique » (Favre, 1993) de la calculatrice peut constituer un terrain d'expérimentation fertile. Lors de l'utilisation de calculatrices en classe, l'amusement des enfants est souvent évoqué : ils essaient toutes les touches et leurs gestes expérimentaux sont souvent perçus comme non pertinents par les adultes. Or ces expériences pourraient mener à des apprentissages mathématiques selon Favre. Il insiste notamment sur le fait que l'abstraction de certaines touches n'empêche pas la création de sens. Il illustre sa position en donnant l'exemple d'une fillette intéressée par la touche $[\sqrt{\quad}]$. Par expérimentations successives et par l'accompagnement du chercheur, l'enfant va déceler certaines relations entre des nombres qu'elle connaît. Elle essaie d'abord de trouver des relations additives mais se rend compte que cette hypothèse est erronée et tente d'autres pistes dont la multiplication d'un nombre par lui-même (pour retrouver le nombre avant application de la racine carrée). Bien que cet exemple soit isolé et peu reproductible dans un contexte de classe, Favre donne à voir deux observations intéressantes :

- La fillette rétroagit en fonction de ce qu'elle avait anticipé et de ce que la calculatrice valide ou non.
- La fillette ne se lasse pas de recommencer, la calculatrice donne des réponses immédiates aux questions qu'elle se pose. Elle n'est donc pas découragée et continue d'expérimenter.

Floris, Del Notaro et Favre illustrent l'investigation riche permise par l'utilisation de la calculatrice. Elle pallie les obstacles liés au calcul et rend les élèves investis dans une recherche active. Charnay montre que la calculatrice peut permettre aux élèves de développer des méthodes d'apprentissage autonomes.

Puisque la calculatrice peut permettre d'engager les élèves dans une recherche active en réduisant les difficultés liées aux contraintes de calcul, peut-elle être un outil de différenciation pédagogique ?

c) Outil de différenciation pédagogique

Hutin, en 1980, annonçait que la calculatrice pouvait permettre à chaque élève d'« accéder à la joie de la découverte personnelle ». En effet, nous avons pu observer précédemment d'après les travaux de Charnay et Guillemard que l'utilisation de la calculatrice focalisait l'activité sur la démarche de résolution et non sur la maîtrise du calcul. Ainsi elle pourrait être un outil de différenciation pour continuer de faire progresser certains élèves sur la compréhension des problèmes et l'organisation des données nécessaires à leur résolution en leur laissant le temps de s'appropriier et de maîtriser les techniques opératoires en parallèle. On peut d'ailleurs imaginer qu'ils puissent énoncer l'opération posée qui aurait été nécessaire à la résolution, mais qu'ils calculent ensuite avec calculatrice : la compétence visée serait atteinte et l'enseignant leur laisserait le temps de savoir-faire sans la machine par la suite. Cependant, Charnay (2004) évoque clairement le problème soulevé par l'utilisation de la calculatrice comme outil de différenciation : celui de la responsabilité de l'enseignant de l'introduire au bon moment. Charnay encourage à ce titre la diversification des méthodes de résolution pour que les élèves aient « la liberté d'utiliser [celle] qui correspond à leur vision de la situation » (Charnay 1993-1994). En ce sens on peut envisager qu'elle soit un levier de différenciation puisqu'elle permet de diversifier les moyens d'atteindre le même but.

Jean-Michel Favre et Tièche Christinat ont étudié l'intégration de la calculatrice dans l'enseignement spécialisé en Suisse. Alors qu'il aurait été légitime de penser que ce moyen de calcul pouvait être utilisé pour favoriser l'autonomie des élèves ; les chercheurs ont constaté une absence d'usage. Favre et Tièche Christinat se sont alors intéressés aux raisons de l'exclusion de la calculatrice dans les classes spécialisées, et ont mené des séminaires auprès des enseignants pour sensibiliser à cet outil de différenciation. Mais l'accueil de la calculatrice s'est avéré compliqué : les élèves y voyaient un « acte de tricherie », ils ne reconnaissaient pas la légitimité de l'outil qui est contraire à la norme du « savoir calculer » transmis par leurs parents ou leurs professeurs. Les professeurs ont dû passer par un processus de « déculpabilisation à l'égard de l'usage de la calculette en classe » afin de pouvoir justifier sa légitimité auprès des parents et autres acteurs de la communauté éducative et donc de pouvoir la rendre légitime aux yeux des élèves. Cette étude menée par Favre et Tièche Christinat met en exergue un point essentiel : la calculatrice ne peut pas être intégrée en classe si elle n'est pas reconnue en tant qu'« objet officiel du contrat didactique » (Floris et Del Notaro, 2005). Les élèves étant « sous le coup d'une triple loi : la loi parentale, la loi institutionnelle et la loi du professeur » (Favre et Tièche Christinat 2007), pour que son emploi soit légitimé il faut que ces trois acteurs l'autorisent. Ainsi, il est important d'axer l'enseignement de la calculatrice sur ses

portées et ses limites : les élèves ne doivent pas croire que s'ils l'utilisent c'est parce qu'ils ne sont pas performants. Si la calculatrice est proposée par l'enseignant c'est parce qu'elle apporte quelque chose à l'élève sans le dévier des compétences en jeu, l'enseignant doit être garant de ces compétences et expliciter le recours ou le non-recours à la calculatrice. Ces considérations font écho aux conceptions sociales de l'intelligence qui s'axent en mathématiques vers la rapidité du calcul mental et la maîtrise des techniques opératoires. À ce propos, la calculatrice fait l'objet d'une interdiction pour de nombreux examens, il est alors sous-entendu que son utilisation rendrait l'évaluation des compétences mathématiques biaisée. Bourdieu fait état de ces conceptions sociales qui déterminent ce que doit être l'intelligence : « On pense au rôle des sciences dans la sélection scolaire où la mathématique est devenue la mesure de toute intelligence » (Bourdieu, 1980). Dans un contexte de classe, il peut être difficile de faire entrer un outil mathématique qui s'apparente à un « facilitateur de la pratique », à « un oreiller de paresse » (Pochon) avec le risque que les élèves croient qu'ils ne sont pas assez performants pour faire autrement. Néanmoins tous les didacticiens qui ont écrit à propos de l'intégration de la calculatrice contredisent ce risque en montrant qu'elle permet à chacun de s'engager dans l'activité mathématique, de progresser et d'étendre ses connaissances, du moment que son utilisation est motivée par l'enseignant. En ce sens, Favre et Tièche Christinat exposent dans leurs résultats le fait que les élèves soient finalement « plus égaux devant la tâche qu'à l'ordinaire » (2007). Ils ont davantage osé faire des erreurs, ils ont pu tester et émettre des hypothèses et ont donc délaissé leurs réticences premières pour aller vers une activité mathématique riche et plus complexe.

Les didacticiens se sont interrogés sur la pertinence d'une intégration de la calculatrice en classe. Malgré quelques divergences de point de vue, ils recommandent tous l'entrée de cet artefact dans les classes. La « transposition didactique externe » (Paun), ici, s'axe donc vers une utilisation des calculatrices en classe, et ce dès le cycle 2. Mais qu'en est-il des instructions officielles qui définissent le savoir à enseigner ? S'ouvrent-elles aux propositions didactiques étudiées ?

B. La calculatrice et l'évolution des instructions officielles 1980-2016 :

En considérant les programmes sous le prisme de la transposition didactique (Chevallard, 1985), trois facteurs d'évolution se dégagent : l'adaptation de l'institution scolaire

aux évolutions sociétales, la prise en compte des avancées didactiques, et les éventuelles résistances. Ainsi, l'entrée de la calculatrice dans les programmes est soumise à un compromis entre : la société dans laquelle elle est socialement intégrée (Bruillard, 1992-1993), la recherche qui tend à montrer son intérêt dans les apprentissages mathématiques, et la tradition scolaire et sociétale privilégiant habituellement le calcul mental et le calcul posé.

Je vais donc m'intéresser à l'évolution des programmes en prenant en compte leur contexte d'élaboration et le statut ainsi conféré à la calculatrice.

La calculatrice est citée dans les programmes dès 1980. On peut ainsi lire dans les instructions pédagogiques concernant le cycle moyen :

« Le maître favorisera la recherche d'une démarche raisonnée. Il pourra, par exemple :

Dissocier, dans certaines activités, les démarches et les calculs : un groupe d'enfants joue le rôle de centre de calcul en effectuant (éventuellement à l'aide d'une calculatrice) tous les calculs demandés par les autres groupes qui se consacrent alors exclusivement à la recherche des procédures de résolution ; [...] »

Pour un même problème, les procédures de résolution peuvent être diverses, notamment en fonction des outils mathématiques disponibles selon les élèves. On s'appuiera sur cette diversité pour confronter les différentes propositions des enfants : les étapes du raisonnement; la possibilité d'effectuer mentalement certains calculs ; la technique écrite nécessitée pour d'autres calculs ; le caractère suffisant, dans certains cas, d'une estimation approchée du résultat. »²

Cette apparition brève de la calculatrice montre l'adaptation de l'institution scolaire aux évolutions sociétales. Dès 1970, les calculatrices de poche entrent dans le commerce et sont alors de plus en plus intégrées socialement. Dans le même temps, elles commencent à être citées dans les programmes du second degré. Le statut de la calculatrice n'est pas défini dans ces programmes, elle semble être un moyen rapide d'obtenir des résultats justes (centre de calcul) afin de focaliser l'activité sur la démarche de résolution. Le manque d'indications concernant son utilisation laisse supposer que les élèves sauraient naturellement sans servir.

Dans les programmes de 1985, « la calculatrice est citée dans la liste des objectifs, dès le cycle 2 » (Bolon 1993-1994). Mais ces brèves apparitions, alimentées d'aucune indication, laissent place à un vide institutionnel jusqu'en 2002.

1. Un tournant majeur en 2002 :

Les **programmes de 2002** marquent une avancée considérable quant à l'intégration de la calculatrice à l'école. La rubrique « calcul instrumenté » apparaît, en articulation avec le calcul mental et le calcul posé. Les enjeux de chaque modalité de calcul sont développés : le

² Horaires, objectifs et programmes pour le Cycle Moyen (1980) R.L.R. : 514-4. Arrêté du 16 juillet 1980 (Écoles : bureau DE 3 [ex DE 10]) Vu L. n° 75-620 du 11-7-1975 ; L. n° 75-988 du 29-10-1975 ; L. n° 57-831 du 26-7-1957 ; D. n° 76-1301 du 28-12-1978 et not. art. 6 ; D. n° 58-1155 du 28-11-1958 ; D. n° 58-1156 du 28-11-1958 ; A. 31-7-1959 ; A. 17-6-1960 ; Avis du Conseil de la jeunesse, de l'éducation populaire et des sports ; Avis du Conseil de l'enseignement général et technique.

calcul mental doit occuper la place principale de l'école élémentaire, le calcul posé doit permettre de renforcer la compréhension du système de numération, le calcul instrumenté doit donner lieu à des activités spécifiques. Ces activités spécifiques sont décrites dans le document d'accompagnement des programmes qui consacre dix pages à l'utilisation des calculatrices en classe.

Les compétences visées par le programme de 2002 sont les suivantes :

Cycle 2 (CP-CE1-CE2)	Cycle 3 (CM1-CM2)
Utiliser à bon escient une calculatrice (en particulier pour obtenir un résultat lorsqu'on ne dispose pas d'une méthode de calcul efficace)	<p>Utiliser à bon escient sa calculatrice pour obtenir un résultat numérique issu d'un problème et interpréter le résultat obtenu.</p> <p>Utiliser une calculatrice pour déterminer la somme, la différence de deux nombres entiers ou décimaux, le produit de deux nombres entiers, ou le produit d'un nombre décimal par un entier ou d'un entier par un décimal.</p> <p>Utiliser une calculatrice pour déterminer le quotient entier ou décimal (exact ou approché) de deux entiers ou d'un décimal par un entier.</p> <p>Connaître et utiliser certaines fonctionnalités de sa calculatrice pour gérer une suite de calculs : touches</p>

À la lecture des préconisations du Bulletin officiel de 2002, l'influence de la sphère didactique semble primer. Roland Charnay étant l'un des rédacteurs de ces programmes, on ne peut qu'observer la mise en application de ses recherches. Les instructions officielles sont très explicites quant à la place accordée à chaque moyen de calcul. Pour renforcer les pratiques effectives des professeurs, les documents d'accompagnements présentent les modalités d'utilisation de la calculatrice, les illustrent et les associent aux compétences visées. Quatre axes d'utilisation sont détaillés :

- « La calculatrice, outil de calcul » : cette modalité s'apparente au rôle d'auxiliaire de résolution développé précédemment.
- « La calculatrice et ses fonctionnalités » : l'enseignement est focalisé sur l'outil lui-même, ses potentialités et ses limites.
- « La calculatrice, outil pour explorer les phénomènes numériques » : la calculatrice est ici un outil pédagogique au service du renforcement des compétences mathématiques.

- « La calculatrice, support d'exercices ou de problèmes » : ici, l'instrument et ses contraintes, pose des problèmes, son utilisation crée des obstacles qu'il faut surmonter par ses compétences mathématiques tout en les renforçant.

Les programmes de 2002 laissent donc une place importante au calcul instrumenté, en expliquant son apport bénéfique aux apprentissages. Ils apportent aussi un éclairage sur la manière d'articuler les différents moyens de calcul en leur attribuant le rôle qui les rend pertinents et légitimes dans l'apprentissage des mathématiques :

- « Le calcul mental sous toutes ses formes (résultats mémorisés, calcul réfléchi) occupe la place principale et accompagne l'usage intelligent d'une calculatrice ordinaire. » (B.O. 2002, p. 82)
- Les calculs posés sont légitimés par le renforcement de la compréhension de certaines propriétés des nombres et des opérations (ibid, p. 82)
- La calculatrice est un moyen de calcul ordinaire pour obtenir un résultat lorsqu'on ne dispose pas d'un moyen de calcul plus efficace (ibid, p. 53 et 83). Elle peut aussi être le support d'activités renforçant la compréhension de certaines notions (numération de position par exemple), ou être le support à l'exploration de phénomènes numériques (génération de suites de nombres par exemple).

2. Un recul observé en 2008 :

Les programmes de 2008 ne suivent pas les orientations de 2002. Ils restent axés sur la place prioritaire du calcul mental, l'importance de la résolution de problèmes, et les compétences à acquérir en matière de techniques opératoires. Cependant ils restent confus quant à l'interdépendance des différents moyens de calcul : la rubrique « calcul instrumenté » disparaît des instructions et laisse place à des compétences brèves d'utilisation de la calculatrice :

Attendu fin de cycle 3 : Utiliser une calculatrice (p. 27)			
CE1	CE2	CM1	CM2
Utiliser les fonctions de base de la calculatrice	Organiser ses calculs pour trouver un résultat par calcul mental, posé, ou à l'aide d'une calculatrice. Utiliser les touches des opérations de la calculatrice.	Connaître quelques fonctionnalités de la calculatrice utiles pour effectuer une suite de calculs.	Utiliser sa calculatrice à bon escient.

Bien qu'il y ait une évolution notable de l'intégration de la calculatrice dans les programmes de l'école élémentaire, le Bulletin Officiel de 2008 est lacunaire quant aux tenants et aux aboutissants de cette intégration. La calculatrice fait partie des compétences attendues des élèves, mais rien n'est dit concernant sa place parmi les moyens de calculs usuels. De plus, il n'existe pas de support pédagogique accompagnant la pratique des professeurs, ce qui peut donner un caractère facultatif à l'usage de la calculatrice en classe. Il est en effet assez complexe d'introduire un nouvel objet dans des situations d'apprentissage sans connaître son rôle, sa portée et les activités qui y sont favorables.

3. Une évolution mitigée en 2015 :

Les **programmes de 2015** réaffirment l'importance de l'articulation des différents moyens de calcul : « Le calcul mental, le calcul posé et le calcul instrumenté sont à construire en interaction » (p. 201). Cependant, la calculatrice n'est pas citée dans les compétences des élèves de cycle 2. Elle n'apparaît qu'à partir du cycle 3 « Utiliser une calculatrice pour trouver ou vérifier un résultat ». Loin des préconisations des programmes de 2002, les programmes de 2015 rendent l'utilisation de la calculatrice assez facultative ou du moins assez incertaine. Les élèves doivent maîtriser cette compétence mais rien n'est formulé pour expliquer ce qui y contribue.

Le document d'accompagnement « Le calcul aux cycles 2 et 3³ » intègre le calcul instrumenté aux divers moyens de calculer. L'utilisation de la calculatrice a alors pour objectif de :

- « Libérer l'esprit et centrer la réflexion sur l'élaboration d'une démarche de résolution »
- Permettre des essais et ajustements lors de calculs répétitifs.
- Sensibiliser les élèves au contrôle de leurs calculs par vérification à la calculatrice.

Malgré la présence de la calculatrice, les programmes de 2015 n'encouragent pas une réelle intégration de cet artefact. Ils ne précisent pas les modalités de mise en œuvre en classe et ne permettent pas d'envisager un enseignement qui met en lien la calculatrice avec les autres moyens de calcul.

Alors que les recherches et expérimentations didactiques tendent à montrer un intérêt à l'utilisation de la calculatrice en classe, les programmes actuels ne préconisent pas une utilisation fréquente et durable de cet outil. La transposition externe effectuée sur l'objet

3

https://cache.media.eduscol.education.fr/file/Nombres_et_calculs/99/2/RA16_C2C3_MATH_math_calc_c2c3_N.D_600992.pdf

calculatrice est donc mitigée et ne conduit pas à une utilisation légitimée. Outre les éclairages didactiques et les préconisations des programmes, l'intégration d'un objet d'enseignement est aussi influencée par les représentations des enseignants à son égard et par les moyens dont ils disposent pour l'associer à leurs pratiques.

Quel regard les enseignants portent-ils sur la calculatrice en classe ? Légitiment-ils son intégration ? De quelles ressources disposent-ils pour construire l'interaction des différents moyens de calcul préconisée par les programmes de 2015 ?

II. La transposition didactique interne : Quel est le savoir enseigné ?

Pour concevoir un enseignement, les professeurs suivent les préconisations des programmes et cherchent donc des situations permettant d'atteindre les compétences attendues. Pour ce faire, ils s'appuient sur leur conception de la notion, les formations auxquelles ils ont pu participer et les ressources didactiques disponibles (méthodes, manuels, ressources informatiques).

A. Les représentations des professeurs

1. Méthodologie :

J'ai choisi d'étudier les avis des enseignants par entretien semi-directif. Les questions sont donc assez ciblées mais la parole est laissée à la personne interrogée. L'ordre des questions n'a pas d'importance, elles sont abordées selon les interactions.

J'ai constitué mon guide d'entretien (Annexe 2) à partir de la lecture des revues Grand N et Math-Ecole. J'ai retenu quatre thèmes qui me semblaient pertinents pour recueillir la perception des enseignants quant à l'intégration de la calculatrice à l'école primaire :

- Leurs pratiques pédagogiques : Utilisent-ils la calculatrice dans leur classe ? Avec quel degré (CP, CE1, CE2, CM1, CM2) ? Quel rôle lui attribuent-ils ? À partir de quel degré faudrait-il l'intégrer ? Comment et pourquoi ? Comment élaborent-ils leurs séquences ? S'appuient-ils sur un manuel en particulier ? Si oui, qu'indique ce manuel au sujet de la calculatrice ?
- Leur vision des programmes : Que pensent-ils des directives des programmes ? Comment se les approprient-ils ?
- Leur utilisation de la calculatrice : Utilisent-ils la calculatrice ? Si oui, pour quelles activités ? Sur quel support (téléphone portable, calculatrice...) ?
- Leur formation : Avez-vous reçu une formation spécifique à l'usage de la calculatrice (formation initiale et/ ou continue) ?

Mon échantillon est composé de six enseignantes :

- Emmanuelle a 50 ans, elle est en poste depuis 2000 et enseigne actuellement dans une classe de CE2-CM1.
- Mathilde a 38 ans, elle est en poste depuis 2000 et enseigne actuellement dans une classe de CM1-CM2.
- Emma a 51 ans, elle est en poste depuis 2003 et enseigne actuellement dans une classe de CE1-CE2.

- Julie a 42 ans, elle est en poste depuis 2000 et enseigne actuellement dans une classe de CP.
- Caroline a 38 ans, elle est en poste depuis 2002 et enseigne actuellement dans une classe de CE1.
- Isabelle a 60 ans, elle enseigne depuis 1981 et occupe actuellement un poste de remplaçante.

Bien que cet échantillon ne soit pas quantitativement représentatif, l'analyse des entretiens s'avère intéressante.

2. Résultats :

a) L'utilisation personnelle

Les enseignantes interrogées n'ont qu'un « usage social très restreint » (Favre et Tièche Christinat, 2007, p 106), leur utilisation de la calculatrice se limite à la vérification et aux calculs répétitifs :

- « *oui oui je l'utilise [...] essentiellement pour faire mes comptes, oui que pour faire mes comptes d'ailleurs* » (Mathilde)
- « *moi je l'utilise, oui dans ma vie quotidienne, pour vérifier dans les devoirs de mes enfants, ou quand j'ai des opérations comme des moyennes ou des additions répétées* » (Julie)
- « *Je l'utilise très peu, je fais très peu mes comptes alors... puis pour le reste j'ai aussi vite fait de le faire à la main parce que le temps de trouver la fonction calculatrice dans mon téléphone... je suis encore de la vieille école* » (Emmanuelle)

b) Les pratiques de classe :

Lorsque l'entretien s'oriente vers les situations dans lesquelles la calculatrice est introduite, toutes les enseignantes évoquent la résolution de problèmes et certaines mentionnent la vérification de calculs posés ou en ligne.

En ce qui concerne la **résolution de problèmes**, les professeures rejoignent les propositions didactiques en exposant :

- un plus fort **engagement** des élèves dans l'activité mathématique :
« *En résolution de problème ça aide à ... à ne pas avoir peur de calculer, à s'engager* » (Mathilde CM1-CM2)
- la centration sur les **compétences de gestion de données et d'anticipation des calculs** :

« Pour ne pas les encombrer avec des calculs » (Emma, CE1-CE2)

« En résolution de problème, l'aspect calcul n'est pas le plus important, il faut avoir un objectif de recherche... de focalisation sur la démarche alors la calculatrice décharge du problème lié aux calculs » (Caroline, CE1)

« Un outil qui aide à raisonner sur des, sur de la résolution de problème où on enlève tous les écueils qu'on peut avoir sur de la technique opératoire justement... en donnant la calculatrice justement pour se pencher plus particulièrement sur la réflexion et le sens de la résolution du problème » (Julie, CP)

En parlant de l'engagement rendu possible par l'utilisation d'un autre moyen de calcul, et en évoquant l'importance accordée aux compétences de compréhension du problème, les enseignantes s'expriment aussi sur la possibilité de **différenciation** :

« Oui ça sert plus à certains qu'à d'autres, en fait ce que nous on appelle problème c'est vraiment de la lecture-compréhension, en fait en résolution on pénalise des mauvais lecteurs et si en plus on rajoute des compétences de calcul on n'est plus sur ce qu'on cherche à enrichir, donc vaut mieux enlever les difficultés de calcul pour focaliser sur la compréhension, donc on différencie » (Emmanuelle, CE2-CM1)

« Oui un outil qui peut aider plus certains élèves, mais pareil ça dépend de l'objectif qu'on se donne sur la séance. Un élève que tu veux faire réfléchir sur une résolution de problème tu ne veux pas qu'il s'embrouille avec la technique opératoire donc tu vas lui donner à lui, alors qu'un élève qui est à l'aise, c'est pas grave de lui faire poser l'opération, ça ne le gêne pas donc il n'en a pas besoin, donc ça peut être un outil de pédagogie différenciée » (Julie, CP)

« Pour ceux qui ont plus de problèmes en calcul, elle peut être utile parce qu'ils vont oser un peu plus chercher les solutions » (Mathilde, CM1-CM2)

- des problèmes mettant en jeu des **nombre plus grands** :

« Tu peux mettre le même problème avec des nombres qui permettent de poser le calcul et le même problème avec de très très grands nombres où tu peux plus poser le calcul et à ce moment-là tu utilises la calculette » (Julie, CP)

« [...] quand on veut favoriser la réflexion mais avoir par exemple des nombres réalistes c'est très intéressant » (Emmanuelle, CE2-CM1)

Trois enseignantes évoquent l'utilisation de la calculatrice pour **vérifier** :

« en vérification aussi, mais j'ai peur qu'ils soient tentés en fait, le problème du contrôle des multiplications posées c'est qu'ils peuvent tout faire à la calculette alors évidemment ça se voit, je peux vérifier ligne par ligne et en plus s'ils mettent pas les retenues ils savent qu'on voit

directement comment ils ont procédé. Donc c'est intéressant de l'autoriser après, une fois que c'est fait à la main, en plus leurs procédures de vérification sont intéressantes mathématiquement certains s'arrêtent à voir s'ils ont juste ou faux d'autres essaient de retrouver leur erreur en faisant plusieurs calculs à la calculette. » (Emmanuelle, CE2-CM1)

« Oui pour vérifier je leur fais utiliser des fois mais c'est toujours compliqué parce qu'avant il faut leur donner des procédures de vérification, la calculette ne dit pas où est l'erreur, elle valide ou invalide juste le résultat, le produit fini quoi » (Caroline, CE1)

« En vérification c'est pratique, ils peuvent savoir tout seuls s'ils ont juste ou non et revenir sur leur calcul posé ou en ligne, c'est mieux ce n'est pas moi qui dit si c'est juste et ils ont le temps de revenir sur ce qu'ils ont fait » (Emma, CE1-CE2)

Contrairement au constat de Bruillard « En France, on constate [...] que les propositions d'utilisation des calculettes suscitent parfois des réactions de rejet très vives » (1992-1993, p 68) ; ces propos rapportés montrent une certaine intégration de cet outil. Néanmoins l'usage de la calculatrice reste centré sur la résolution de problème et la vérification ce qui tend à rejoindre l'unique perspective d'auxiliaire de résolution.

Outre les avantages qu'elles concèdent à la calculatrice, les enseignantes témoignent très rapidement de ses **dangers potentiels** ou des **difficultés d'utilisation** :

- Au lieu de simplifier la tâche et de permettre aux élèves de concentrer leur attention sur les données et la planification des opérations, la calculatrice pourrait **« disperser » les efforts** des élèves :

« C'est un outil qui peut poser problème quand des élèves ont des calculatrices ils vont se compliquer la vie à l'utiliser pour faire des choses qui peuvent être faites en calcul mental et ça les disperse complètement et ça leur fait perdre le fil » (Emma, CE1-CE2)

« Quand ils ont une calculette entre les mains ils vont du coup perdre leur raisonnement tellement, tellement c'est un outil qui les amuse, qu'ils n'utilisent pas très souvent » (Mathilde, CM1-CM2)

Ces propos mettent en évidence deux considérations :

- Les élèves n'utilisent pas leur calculatrice « à bon escient » : ils ne conscientiseraient pas ce qu'ils savent faire sans, et privilégieraient la résolution instrumentée qui serait plus fiable.

Cette perception se retrouve dans d'autres entretiens :

« Certains enfants ne vont avoir aucune idée de ce qu'ils vont avoir comme résultat, alors pour eux la calculatrice va avoir obligatoirement raison puisque c'est une machine et qu'elle ne peut pas se tromper » (Isabelle, professeure remplaçante)

« Le problème c'est qu'il faut qu'ils sachent pourquoi ils en ont besoin, si ça devient l'outil obligatoire pour résoudre c'est pas normal, il faut qu'ils puissent reconnaître son utilité et la raison ... elle est utile parce que c'est trop long, parce que les nombres sont trop grands .. donc si ça ce n'est pas acquis ça ne sert à rien, ils vont l'utiliser comme ça parce qu'ils lui font plus confiance à elle » (Caroline, CE1)

« Ça peut se transformer en ennemi suivant l'utilisation qu'on en fait, c'est un outil, quand pour faire $[x 10]$ les élèves utilisent une calculatrice, je trouve qu'ils perdent un peu de réflexion » (Emma, CE1-CE2)

- L'instrument est une source de curiosité, qui « amuse » les élèves : ce qui est gênant pour cibler l'activité sur les compétences mathématiques.

Quatre enseignantes évoquent l'amusement des élèves à l'égard de la calculatrice, voici deux exemples :

« C'est la panique, c'est je tripatouille tous les boutons, c'est de l'amusement qui s'éloigne de l'objectif de la tâche » (Julie, CP)

« Des fois ils vont taper sur toutes les touches, faire tous les calculs possibles et ça n'aide pas du tout à se centrer sur l'activité » (Emmanuelle, CE2-CM1)

Ces propos rappellent l'expérience de Favre (.) qui se servait de la curiosité suscitée par l'instrument pour élever les connaissances mathématiques de « Na ».

Cette **dispersion des efforts** des élèves, qu'elle soit due à une utilisation « abusive » de l'outil ou à leur curiosité, renvoie à un manque de connaissance des portées et des limites de la calculatrice couplé à une utilisation très exceptionnelle. Or, la majorité des enseignantes (4/6) admettent ne pas mener d'apprentissage relatif aux possibilités de l'instrument.

- La matérialité et les capacités de la machine sont aussi interrogées par les enseignantes. Elles rapportent en effet des difficultés liées à l'affichage ou aux symboles présents sur les touches.

« Comme certaines ne gardent pas les calculs, on sait pas vraiment, on essaie de comprendre d'où vient l'erreur, s'ils ont mis leur doigt sur la mauvaise touche ou s'ils ont mal choisi l'opération, on peut essayer d'imaginer mais sinon parfois on est perdus devant le résultat qui s'affiche, et eux ne peuvent pas non plus savoir ce qu'ils ont fait pour en arriver à ce résultat,

alors c'est vraiment dommage qu'ils n'aient pas tous des calculettes qui gardent l'affichage du calcul » (Emmanuelle, CE2-CM1).

« Certaines touches sont compliquées, les calculettes sont chargées de choses pas forcément utiles, une fois un élève appuyait sur la touche mémoire au lieu de la touche [+] j'ai mis du temps avant de comprendre, et voilà ça fait perdre du temps un peu » (Caroline, CE1)

« En primaire on aurait besoin juste de calculatrices assez simples, plus simples, où on pourrait voir le calcul, faudrait un outil hyper simple avec affichage des calculs » (Mathilde, CM1-CM2)

Alors que ces enseignantes rapportent des difficultés de conception, et semblent montrer que l'utilisation de l'instrument n'est pas naturelle pour les élèves, d'autres pensent que les élèves s'approprient assez facilement la calculatrice :

« J'aurais tendance à dire que c'est un outil, qui ne nécessite pas forcément d'apprentissage pour lui-même, il est assez, il me semble assez facile. Enfin les enfants utilisent les ordinateurs, les machins, les téléphones portables, ils savent faire marcher la calculatrice » (Julie, CP)

« Moi je ne fais pas de séance pour le mode d'emploi de la calculatrice, ils savent déjà faire » (Emma, CE1-CE2)

Les deux enseignantes qui conçoivent la calculatrice comme « un objet entièrement maîtrisé » (Favre et Tièche Christinat, 2007, p 107) pensent conjointement qu'il n'est pas important que les élèves aient tous le même modèle. A contrario, les enseignantes qui s'interrogent sur les difficultés liées à la matérialité de l'instrument pensent qu'il serait intéressant que les élèves disposent tous du même modèle.

Les avis concernant le moment propice à l'intégration de la calculatrice sont quant à eux hétérogènes : trois enseignantes estiment qu'elle doit se faire à partir du cycle 3, les trois autres envisagent son intégration dès le CP. Celles qui envisagent l'utilisation de la calculatrice dès le CP justifient leur propos par la nécessité d'articuler les différents moyens de calcul et l'intérêt d'habituer les élèves à l'instrument. Deux d'entre elles rejoignent aussi les propos de Roland Charnay en évoquant le fait qu'il peut être intéressant de développer certaines compétences avant la maîtrise des techniques opératoires : *« dans la résolution de problème ça peut être quelque chose de vraiment utile justement en CP quand ils ne savent pas encore poser mais qu'ils ont compris l'opération* » (Mathilde, CM1-CM2), *« Je pense que dès le CP, dans certaines situations particulières, c'est bien, comme ça on habitue l'élève à avoir plusieurs ressources et à faire avec* » (Emmanuelle, CM1-CM2). Les enseignantes qui préconisent une utilisation à partir du cycle 3 défendent leur point de vue par la primauté du sens des opérations en cycle 2 : *« L'outil doit être une aide mais je trouve qu'il enlève beaucoup de sens aux*

apprentissages et moi je suis en CP et je trouve que le CP et même le cycle 2 c'est quand même la construction du sens avant l'outil » (Julie, CP).

c) Les ressources disponibles :

Lors des entretiens, le manque de ressources disponibles a été souvent évoqué :

« On devrait l'utiliser plus souvent et souvent dans les méthodes elles ne sont pas proposées, on te dit pas comment faire pour que ce soit bénéfique » (Mathilde, CM1-CM2)

« Moi je suis le Cap-Maths donc oui elle y est des fois, mais ça me convainc pas assez pour l'intégrer vraiment à ce que je fais donc je fais des activités avec mais j'essaie je teste » (Emmanuelle, CE2-CM1)

« La calculette elle peut servir en plus à faire des petits concours, faire de vraies séances ludiques autour du calcul, mais je sais pas si il existe des séquences détaillées pour lancer les enseignants sur ça » (Julie, CP)

« c'est notre rôle on devrait l'utiliser plus souvent en classe, mais c'est un manque d'habitude aussi, quand on est pas sûr de ce que ça apporte et quand on sait pas trop par où commencer c'est compliqué, j'ai vu des activités intéressantes sur la calculatrice mais c'est un peu décroché on sait pas trop où ça s'insère » (Emma, CE1-CE2)

Ces propos rapportés mettent en lumière un des freins à l'intégration de la calculatrice : le manque de ressources pour articuler l'utilisation de l'outil aux compétences visées. Contrairement aux constats de Bruillard ou de Charnay, ces enseignantes ne considèrent pas la calculatrice comme un facilitateur de la pratique mathématique, ou comme un frein au développement des compétences visées. Ici, leur réticence semble davantage provenir du manque d'apports didactiques relatifs à une intégration pratique de cet instrument.

Un des leviers d'intégration de la calculatrice à l'école élémentaire serait donc la formation continue des professeurs des écoles.

Parmi les six enseignantes interrogées, une seule dit avoir participé à des modules de formation consacrés à l'utilisation de la calculatrice à l'école primaire :

« En formation initiale oui voilà on a fait des séances vraiment sur l'utilisation et l'utilité de la calculatrice. Après en formation continue non je n'ai jamais vu d'intitulé concernant la calculatrice ».

Les autres enseignantes disent aussi ne pas avoir vu d'intitulé concernant la calculatrice dans les propositions de formation continue.

B. Analyse des ressources

Afin d'apprécier les ressources disponibles quant à l'utilisation de la calculatrice à l'école élémentaire, plusieurs manuels de CE2 seront analysés comparativement. Seul ce niveau de classe sera considéré ici, car j'ai mené mon stage avec des élèves de CE2.

Pour mener cette étude comparative, j'ai choisi quatre manuels scolaires et leur guide du maître associé, conformes aux programmes de 2015 :

- Vivre les maths, édition Nathan
- Maths tout terrain, édition Bordas
- J'apprends les maths, édition Retz
- Cap Maths et le Guide d'activités pour la calculatrice CE2-CM1-CM2 (2012), édition Hatier

Je souhaite interroger la manière dont ces supports didactiques répondent aux préconisations des programmes qui indiquent que « le calcul mental, le calcul posé et le calcul instrumenté sont à construire en interaction » (B.O. 2015, p. 201).

En premier lieu, si une articulation est souhaitée entre les différents moyens de calculs, la calculatrice devrait être présente dans toutes les périodes d'apprentissages.

En second lieu, cette articulation préconisée devrait entraîner une certaine fréquence d'utilisation de la calculatrice afin d'engager une réelle familiarisation avec l'outil.

Troisièmement, si les manuels suivent les orientations des documents ressources de 2015, bien qu'elles semblent assez facultatives, la calculatrice devrait revêtir plusieurs rôles : l'accompagnement à la résolution de problèmes, la possibilité de procéder par essais et ajustements lors de calculs répétitifs et la vérification.

Tous les manuels étudiés convoquent la calculatrice dans les apprentissages, il convient alors d'analyser à partir de quelle période elle est proposée, la fréquence de son utilisation, ainsi que les différents rôles qui lui sont attribués.

1. Moment de l'intégration

Seuls les manuels « Cap Maths » et « Maths tout terrain » proposent d'utiliser la calculatrice dès la période 1. Le manuel « Vivre les maths » la convoque à partir de la période 3 et le manuel « J'apprends les maths » ne la propose qu'en période 5. Ce choix traduit déjà une volonté quant à l'interactivité des différents moyens de calcul : si la calculatrice est présente dès le début de l'année, voire au milieu d'année, une réelle construction de la compétence « choisir le moyen de calcul adapté » est possible. Les élèves auront donc le choix entre le

calcul posé ou en ligne, le calcul mental, le calcul réfléchi ou le calcul instrumenté (sachant qu'il peut accompagner un calcul réfléchi ou posé).

Une apparition tardive de la calculatrice dans un manuel de CE2 peut aussi traduire une volonté de glissement de l'apprentissage vers le cycle supérieur : la calculatrice serait alors l'affaire du cycle 3.

Outre cette hétérogénéité quant au moment choisi pour proposer la calculatrice, une réelle intégration de l'outil suppose que la fréquence d'utilisation soit assez forte et pertinente afin de permettre aux élèves une instrumentalisation et une instrumentation (Trouche, 2007).

2. Fréquence d'apparition

Le manuel « **J'apprends les maths** » ne propose **qu'une activité** autour de la calculatrice, en période 5. Aucune découverte de l'outil n'est engagée, le guide pédagogique stipule néanmoins que « si cela s'avère nécessaire, la séance commencera en rappelant comment on allume la calculette, comment on remet l'affichage à 0, quelles sont les touches dont on apprendra plus tard l'usage, etc. » (p 203). Cette phrase confirme l'hypothèse évoquée précédemment : les rédacteurs de ce manuel semblent reporter l'apprentissage du calcul instrumenté en cycle 3. La séance proposée ressemble d'ailleurs à une situation d'initiation, aucune autre utilisation de la calculatrice n'est proposée dans la suite du manuel.

Le manuel « **Vivre les maths** » propose **deux séances relatives à la calculatrice**, une en période 3 et une en période 5. Ce nombre n'exprime pas une forte fréquence, néanmoins les informations didactiques exposées dans le guide pédagogique laissent à l'enseignant le choix de l'utiliser plus souvent. Cet ouvrage didactique reprend les préconisations des programmes en évoquant son utilité pour développer la compétence « choisir le moyen de calcul le plus approprié à la situation que l'on doit traiter », « pour mieux se concentrer sur les stratégies de résolution » ou pour permettre « le recours à des nombres assez grands » (p 204). Le choix de la mettre à disposition des élèves, ou de certains élèves, est laissé à l'enseignant. Mais cette modalité intéressante n'est pas accompagnée : les situations (résolution, vérification, recherche) ne sont pas annotées pour permettre à l'enseignant de l'intégrer (pour tous les élèves ou en différenciation). L'utilisation de la calculatrice reste alors facultative bien qu'appuyée par les programmes et reprise avec pertinence par ce manuel.

Le manuel « **Maths tout terrain** » consacre une page d'explications didactiques relatives à la calculatrice dans son guide du maître. Dans ces commentaires destinés aux enseignants, les auteurs du manuel rappellent que la calculatrice est un sujet « riche qui a suscité bon nombre de controverses qui ne sont, pour la plupart, pas encore tranchées à l'heure actuelle » (p 29). Ils axent alors l'intégration de la calculatrice dans un souci d'initiation à l'outil

de travail. Ces remarques explicites attestent du manque de prise de position des programmes de 2015 qui exposent le calcul instrumenté dans les moyens dont l'élève dispose pour calculer mais qui ne précisent pas, ou peu, les modalités didactiques de son intégration. L'utilisation de la calculatrice est peu fréquente dans ce manuel (**une seule séance**), cependant son intégration anticipée permet une utilisation dans les périodes suivantes, notamment avec des informations méthodologiques dans le fichier de l'élève :

(p 39)

Dans les problèmes suivants, **vérifie** les résultats en utilisant ta calculatrice.

(p 47)

Pose en colonnes et **calcule**.



Tu peux vérifier ton résultat avec ta calculatrice.

(p 102)

Tu peux utiliser la calculatrice pour vérifier ton résultat!



Le manuel Cap Maths est celui qui admet la plus forte fréquence d'utilisation : **6 séances** sont construites en interaction avec le calcul instrumenté.

Ce manuel accompagne fortement les pratiques enseignantes en indiquant pour chaque séance si la calculatrice peut être utilisée, dans la colonne « matériel » on peut ainsi lire :

Matériel
<p>par élève :</p> <p>FICHER NOMBRES p. 13 a à f</p>
<p>pour la classe :</p> <p>- une calculatrice</p> <p>par élève</p> <p>FICHER NOMBRES p. 13 A</p>
<p>pour la classe :</p> <p>- une vingtaine de cartes unité, dizaine et centaine de chaque sorte > fiche 1</p> <p>par élève :</p> <p>- fiche recherche 3</p> <p>- ardoise ou cahier de brouillon</p> <p>- la calculatrice est interdite</p> <p>FICHER NOMBRES p. 13 1, 2 et 3</p>

Dès que la calculatrice est autorisée, des informations didactiques viennent expliciter son intérêt ou prévenir de ses limites, à titre d'exemple on peut lire à la page 154 :

Certains élèves peuvent être gênés par l'utilisation de la calculatrice, en voulant résoudre ces problèmes par une addition à trous ou un complément « pas à pas ». Cette gêne peut les aider à percevoir l'intérêt de passer par le calcul d'une soustraction... mais sans nécessairement en avoir compris la raison, malgré l'explication qui ramène le problème à rechercher ce qui reste après avoir enlevé les points visibles. D'autres expériences seront nécessaires.

De plus, un « guide d'activités pour la calculatrice » a été édité dès 2012 pour accompagner les pratiques professorales. Ce guide est cité dans le manuel lorsqu'il serait pertinent de prolonger les apprentissages liés à une compétence du programme en faisant intervenir la calculatrice :

p 32

p 133

Autres ressources

> 90 Activités et jeux mathématiques CE2

- 17. Recto-verso (répertoire additif)
- 18. De l'autre côté
- 19. Des nombres à entourer

> CD-Rom Jeux interactifs CE2-CM1-CM2

- 9. Calcul éclair (domaine additif)

> Activités pour la calculatrice CE2-CM1-CM2

- 12. Tables d'addition et de multiplication

Autres ressources

> CD-Rom Jeux interactifs CE2-CM1-CM2

- 1. Les timbres

> Activités pour la calculatrice CE2-CM1-CM2

- 18. Des chiffres qui changent et des chiffres qui ne changent pas
- 19. Un seul chiffre à la fois

La clarté apportée par ce manuel rend l'utilisation de la calculatrice accessible donc potentiellement fréquente.

3. Rôles attribués à la calculatrice

Un tableau comparatif permet d'avoir une vue globale de la manière dont est intégrée la calculatrice. Ce tableau est conçu à partir des récurrences observées dans les manuels, 5 modalités d'utilisation de la calculatrice sont alors interrogées :

- Le manuel propose-t-il une situation de découverte de l'outil ? Si oui, est-elle à l'initiative des élèves ou plutôt centrée sur des apports de l'enseignant (plus transmissif) ?
- Le manuel propose-t-il de juger de la pertinence de l'utilisation de la calculatrice, en menant notamment une comparaison des différents moyens de calcul ?
- Le manuel adopte-t-il une perspective d'auxiliaire de résolution en mettant en jeu la calculatrice pour vérifier ou accompagner la résolution de problème ?
- Enfin, le manuel admet-il une utilisation de la calculatrice en tant qu'outil pédagogique ? Des situations sont-elles prévues pour que la calculatrice soit le support du problème ?

	J'apprends les maths	Vivre les maths	Maths tout terrain	Cap Maths
Découverte des fonctionnalités (touches et de leur fonction)	Seulement « si nécessaire » Explications <u>de l'enseignant</u> (p 203)	<u>Par les élèves</u> (p 204 du guide pédagogique)	Explications professorales + entraînement des élèves (3 exercices, p 28)	Séance détaillée uniquement dans le guide d'activités pour la calculatrice
Comparaison des différents moyens de calcul	<u>1 exercice</u> Dont l'objectif est de montrer aux élèves « qu'on va souvent plus vite de tête qu'en utilisant une machine » (p 203)	<u>1 séance</u> (3 activités) consacrée à choisir un moyen de calcul adapté entre le calcul posé, le calcul mental ou le calcul instrumenté (p 164 du fichier)	<u>1 exercice</u> comparaison rapidité entre calcul mental/calcul instrumenté (p 28 du fichier)	<u>2 exercices</u> dans le manuel (calculer le plus vite possible en choisissant le moyen adapté p 117-118) <u>4 activités</u> supplémentaires dans le guide d'activités pour la calculatrice
Vérification	<u>1 exercice</u> calcul posé puis vérification avec la calculatrice (p 161)	<u>1 exercice</u> de correction d'opérations erronées (fiches imprimables)	<u>3 exercices</u> pour lesquels la calculatrice est autorisée pour vérifier (pp 39, 47 et 102 du fichier)	Dès que l'enseignant le juge nécessaire (Guide pédagogique p 21)
Aide à la résolution		<u>2 exercices</u> centrés sur la démarche de résolution avec possibilité d'utiliser le calcul instrumenté (p 104, p 164 fichier)		En différenciation + quand l'enseignant le juge nécessaire + problèmes conçus pour être assistés par le calcul instrumenté
Support du problème		1 exercice « touches obligatoires » pour obtenir l'affichage d'un nombre (p 164)	1 exercice « touches obligatoires » pour obtenir l'affichage d'un nombre (28)	Deux unités d'apprentissage + de multiples activités dans le guide d'activités

À la lecture des scénarii pédagogiques proposés dans ces manuels, plusieurs constats peuvent être exposés :

- **La calculatrice est souvent l'objet d'activités décrochées :**

Les manuels semblent suivre les orientations des programmes en intégrant la calculatrice aux apprentissages mathématiques des élèves de CE2. Néanmoins, ces pratiques sont sommaires et ne s'articulent pas aux autres activités du domaine « Nombres et calculs ». Hormis dans le manuel « Cap Maths », la calculatrice fait l'objet d'une séance décrochée indiquée comme telle dans le sommaire. Elle n'est pas reconnue comme un moyen de calcul « ordinaire » comme le préconisait Roland Charnay (1993-1994) puisqu'elle ne fait pas partie des ressources des élèves pour résoudre. En consacrant une ou deux pages d'activités composites où tous les emplois de l'outil sont présents, les manuels n'engagent pas une pratique réfléchie : tous les rôles sont confondus dans la même séance (vérification, aide à la résolution, support du problème...) et ne peuvent de cette manière être intégrés aux pratiques des élèves. Le manuel Cap Maths, quant à lui, donne à voir une interaction accessible des différents moyens de calcul. La calculatrice est intégrée aux activités en étant une ressource disponible pour résoudre (indiquée dans la colonne « matériel »). Contrairement aux autres manuels qui développent les différentes utilisations indépendamment des autres apprentissages, dans le « Cap Maths » chaque emploi est étudié en adéquation avec la situation en jeu et la compétence visée : la calculatrice n'est pas l'objet de la séance mais un élément du milieu didactique.

- **Il existe peu d'accompagnement didactique pour encourager les pratiques :**

En présentant la calculatrice dans une séance décrochée, et sans informations didactiques supplémentaires pour expliciter son intérêt dans d'autres situations, son utilisation en classe est soumise au jugement du professeur. Cette difficulté est évoquée par les enseignants dans les entretiens étudiés précédemment : peu de ressources permettent d'envisager une réelle intégration de la calculatrice en classe. Les recherches didactiques donnent des pistes d'exploitation mais sont majoritairement axées sur des séquences isolées, et les manuels ne se prononcent pas en faveur d'une utilisation fréquente et assimilée aux autres apprentissages. Lors des entretiens, les enseignants témoignaient tous d'une utilisation lors de la résolution de problèmes, or aucune ressource ne vient accompagner cet emploi. Pourtant cette pratique se doit d'être réfléchie, Roland Charnay (2004) évoquait à ce titre l'importance de prendre en considération la manière dont l'élève conçoit la situation afin que la calculatrice ne soit pas un frein à la résolution. Il précisait alors que l'enseignant avait la responsabilité de l'introduire « au bon moment » en prenant en compte l'objectif de la situation (démarche ou calcul), les

nombres en jeu (permettent-ils le recours à des procédures personnelles ?), la conception de l'élève et ses compétences (levier de différenciation). Seul le manuel Cap Maths soutient le choix du professeur en donnant des exemples de résolution d'élèves et en indiquant si le recours à la calculatrice est pertinent. Les autres manuels ne définissent pas clairement les enjeux de l'utilisation de la calculatrice en classe. Le manuel « Vivre les maths » s'y essaie, en admettant les mêmes perspectives que le « Cap Maths » :

« Pour éviter les automatismes, il est nécessaire d'habituer les élèves à recourir à toutes les techniques de calcul. Savoir calculer, c'est choisir le moyen le plus approprié à la situation que l'on doit traiter : technique opératoire traditionnelle, calcul mental ou outils modernes que la technologie met à notre disposition. En particulier, il faut utiliser une calculatrice dans les situations où son usage s'avère pertinent. La calculatrice permet à l'élève de se libérer de tâches annexes de calcul pour mieux se concentrer sur les stratégies de résolution, et par exemple, procéder par « essais et erreurs ». Elle autorise aussi le recours à des nombres assez grands, sans compliquer inutilement le travail demandé. Son utilisation dans les premières étapes d'un apprentissage numérique ne doit pas constituer une entrave à l'élaboration de procédures personnelles nécessaires à la bonne compréhension de la notion en jeu. Il appartient à l'enseignant de distinguer les cas où la calculatrice peut être mise à la disposition des élèves, ces cas pouvant d'ailleurs varier d'un élève à l'autre.

Il est conseillé de toujours vérifier des opérations faites à la calculatrice en faisant appel aux ordres de grandeur. » (Guide pédagogique, p 204)

Néanmoins, ces informations intéressantes n'apparaissent que dans la section consacrée à la calculatrice, et ne sont pas reprises lors des autres situations, dans lesquelles la calculatrice aurait pu avoir un intérêt.

Le peu d'accompagnement didactique présent dans les manuels peut provenir du manque de prise de position des instructions officielles de 2015. Les programmes ne légitiment pas clairement une utilisation fréquente de la calculatrice mais indiquent pourtant la nécessité d'une interaction entre les différents moyens de calcul. Les manuels reprennent ces directives en présentant chacun un module consacré à la calculatrice, mais restent évasifs quant à son utilisation dans l'année scolaire.

- **Les rôles attribués à la calculatrice sont relativement restreints :**

Tous les manuels évoquent une découverte (guidée ou non) de l'objet calculatrice : ceci permet de constater qu'aucun ne considère la calculatrice comme « un objet entièrement maîtrisé » (Favre et Tièche Christinat, 2007, p 107). Ils intègrent tous la nécessité d'une appropriation de l'outil pour que son utilisation soit intéressante.

Outre cette découverte de l'outil, les manuels présentent néanmoins des emplois différents de la calculatrice. Alors que le rôle d'auxiliaire de résolution est le plus recommandé et qu'il admet l'unanimité des consentements des chercheurs, ce n'est pas le plus exposé par ces supports didactiques. Ceci peut s'expliquer par le fait que ce rôle suppose de considérer la calculatrice comme « un moyen de calcul ordinaire » (Charnay, 1993-1994) mis à disposition

des élèves lorsque la situation le permet. Or, pour que cette position soit prise par les manuels, il faudrait que cet emploi soit reconnu et légitimé dans les programmes. Seul le manuel Cap Maths revendique cette position en indiquant, dans ses avant-propos, que les calculatrices peuvent être utilisées « comme outil de calcul dans certaines activités ou pour vérifier un résultat obtenu mentalement ou par écrit. Elles peuvent alors aussi être mises à la libre disposition des élèves pour résoudre des problèmes lorsque l'enseignant l'estime nécessaire » (p XIX).

Les manuels étudiés présentent tous une activité de vérification par le calcul instrumenté. Mais les exercices proposés n'expriment pas la même volonté :

- Dans le manuel « J'apprends les maths » les élèves ont à vérifier un calcul posé qu'ils ont effectué en amont. L'exercice de vérification, qui est très complexe dans le cas d'une opération posée, n'est pas accompagné, le guide du maître ne précise pas les aides méthodologiques qui permettent à l'élève de mener une vérification instrumentée pertinente (comparaison des résultats et recherche de l'erreur en effectuant les calculs intermédiaires). De plus les opérations proposées ne sont pas très pertinentes pour mener une vérification instrumentée. À la lecture des indications du guide pédagogique, l'objectif semble être de privilégier le calcul « à la main » qui est plus lisible pour déceler une éventuelle erreur :

Par exemple : il a écrit les opérations à calculer au tableau et il demande aux élèves de faire d'abord tous les calculs à la main, d'en noter les résultats sur le fichier avant de fermer celui-ci. C'est seulement lorsque le fichier est fermé que les élèves calculent avec leur machine en notant les résultats sur leur cahier de brouillon. Quand ils ont terminé, ils comparent. En cas de discordance, que faut-il croire ? On dégagera qu'un des intérêts du calcul à la main est que les différentes étapes apparaissent par écrit, ce qui permet de retrouver le moment où l'on s'est trompé (ce qui n'est pas le cas avec la machine).

- Dans le manuel « Vivre les maths », les élèves doivent corriger des opérations erronées. Le guide du maître n'accompagne pas non plus cette pratique, l'exercice est uniquement centré sur la comparaison de résultats. Ainsi, la compétence n'est pas vraiment axée sur la vérification par calcul instrumenté mais plutôt sur la capacité à taper la bonne séquence pour attester de la justesse du résultat. Le manuel encourage à taper deux fois la séquence, à mener une double vérification, ce qui n'encourage pas le contrôle par ordre de grandeur. La vérification par calcul instrumenté ne s'avère pas très pertinente dans cet exercice, et cet apprentissage n'est pas réutilisé dans d'autres activités.

- Dans le manuel « Maths tout terrain », la vérification à la calculatrice est intégrée à des problèmes. Cette intégration est intéressante puisqu'elle permet d'envisager la calculatrice comme une ressource disponible pour mener à bien une résolution, notamment en permettant aux élèves d'être autonomes sur la recherche d'erreur éventuelle.
- Enfin, le manuel Cap-Maths intègre explicitement la calculatrice comme outil de vérification dans 5 séances. Il est intéressant de remarquer que pour 3 séances, la vérification a pour but de vérifier une hypothèse (soit par calcul mental soit par estimation d'un résultat approximatif). Cette utilisation montre l'intérêt de la rapidité de la calculatrice lorsque l'activité est centrée sur le développement du calcul approché (calcul mental) afin de permettre des rétroactions intéressantes. À la différence des manuels « J'apprends les maths » et « Vivre les maths », le Cap Maths ne propose qu'une activité de vérification de calcul posé (soustraction) et uniquement, car la méthode proposée, par cassage, permet des calculs de résultats intermédiaires :

Calculer des soustractions posées en colonnes.

Application directe de l'apprentissage précédent.

La correction permet de revenir sur la justification des étapes de la technique. Les élèves peuvent vérifier leurs réponses avec une calculatrice et revenir sur leurs calculs en cas d'erreurs.

Par exemple pour les soustractions c et d :

$$\begin{array}{r} \overset{3}{4} \overset{9}{0} 13 \\ - 57 \\ \hline 46 \end{array}$$

On a remplacé 40 dizaines par 39 dizaines et 10 unités, ce qui permet le calcul aux rangs des unités et des dizaines.

$$\begin{array}{r} \overset{6}{7} \overset{13}{4} \overset{9}{0} 13 \\ - 857 \\ \hline 6546 \end{array}$$

On a ensuite remplacé 7 milliers par 6 milliers et 10 centaines, ce qui permet le calcul aux rangs des centaines et des milliers.

$$\begin{array}{r} \overset{3}{4} \overset{9}{0} \overset{9}{0} 15 \\ - 189 \\ \hline 1366 \end{array}$$

On a remplacé 400 dizaines par 399 dizaines et 10 unités, ce qui permet tous les calculs.

RÉPONSE : a. 2 512 b. 1 044 c. 6 546 d. 3 814.


(guide de l'enseignant, p 160)

Enfin, alors que le rôle d'outil pédagogique est davantage questionné par les didacticiens, trois manuels proposent des activités où la calculatrice est le support du problème. Les manuels « Vivre les maths » et « Maths tout terrain » reprennent en effet des activités semblables à celles évoquées par Valentin, Guillerault (1994-1995) ou Charnay :

« Maths tout terrain », fichier p 28

5 *** Tu dois obtenir 145 en appuyant uniquement sur les touches **5 7 8 + =**
Écris l'opération que tu as effectuée.


Tu peux appuyer plusieurs fois sur la même touche !



« Vivre les maths », fichier p 104

4 **Enigme !** Par combien il faut multiplier **86** pour obtenir **1 032** ?

Fais plusieurs essais avec ta calculette.



« Vivre les maths », fichier p 164

La petite question

Utilise les cinq nombres et les signes **+**, **x**, **-** et **=** pour obtenir 3649.

50 6 1 100 6

.....

.....

Bien que ces activités soient exceptionnelles, leur présence dans les manuels vient soutenir les propos des didacticiens : la calculatrice peut être un outil pédagogique, ludique, engageant les élèves dans une recherche, et enrichissant leurs connaissances mathématiques. Cette utilisation innovante est envisagée dans le « Guide d'activités pour la calculatrice » (associé au manuel Cap Maths) à travers de nombreuses activités.

- **Une valorisation des autres moyens de calcul :**

La très faible présence de la calculatrice dans trois des manuels étudiés semble traduire un obstacle dans la transposition didactique. Il a été évoqué précédemment la légitimité accordée au calcul mental et au calcul posé. Cette considération repose sur la méfiance liée au calcul instrumenté qui pourrait nuire aux compétences escomptées. Les didacticiens s'accordent à dire que le développement du calcul mental est primordial, et que l'enseignement des techniques opératoires demeure important, mais s'entendent aussi pour défendre l'intérêt d'une intégration appropriée de la calculatrice. Or, trois des manuels tendent à montrer son désintérêt en n'engageant pas d'utilisation fréquente et en la présentant aux élèves comme un outil très secondaire. À titre d'exemple, tous les manuels proposent des activités de comparaison entre

les différents moyens de calcul. Les élèves sont alors incités à découvrir quel moyen de calcul est le plus rapide. Ces activités sont très intéressantes, car elles permettent aux apprenants d'être conscients de ce qu'ils savent faire seuls et rapidement. Elles engagent, de plus, une discussion intéressante centrée sur les moyens de calculer et leur efficacité (fiabilité, rapidité). Néanmoins, dans les manuels « J'apprends les maths » et « Maths tout terrain » cette activité est proposée dans la même séance que la découverte de l'outil : les élèves ne disposent donc pas d'une maîtrise leur permettant d'obtenir des résultats fiables à la calculatrice, et ne peuvent pas évoquer son utilité dans d'autres situations, car ils n'y ont peut-être jamais été confrontés. De plus, ces deux manuels orientent la pratique professorale vers une valorisation des autres moyens de calcul sans reconnaître l'utilité de la calculatrice dans d'autres situations :

La suite de l'activité consiste en un concours de vitesse où les élèves sont alternativement calculateurs sans et avec machine. Lors de l'échange collectif, l'enseignant interrogera divers élèves qui ont « battu la machine » sur leurs stratégies de calcul. Ce qui conduira à la conclusion : on va souvent plus vite en calculant « de tête » qu'en utilisant une machine.


(J'apprends les maths, p 203 Guide pédagogique)

L'exercice 2 permet de susciter un débat avec la classe sur la pertinence de l'utilisation systématique de la calculatrice, en montrant que certains calculs peuvent être plus rapidement effectués de tête que sur la calculatrice.

(Maths tout terrain, p 29 Guide pédagogique)

Ces remarques sont intéressantes et justifiées, mais ces manuels ne proposent pas d'autres activités où l'utilisation de la calculatrice s'avère pertinente.

Le manuel « Vivre les maths » est plus nuancé et permet aux élèves de reconnaître l'utilité de la calculatrice dans certaines situations, dans la même perspective que le Cap Maths il permet aux élèves de résoudre avec les moyens dont ils disposent tout en reconnaissant les limites de la machine :

 **Faisons le point**

- Nous avons travaillé avec la calculette. Nous l'avons décrite.
- Nous avons utilisé la calculette pour vérifier des calculs.
- Nous avons utilisé la calculette pour effectuer des opérations que l'on ne sait pas encore faire.
- Nous avons vu que, parfois, la calculette n'était pas le procédé le plus rapide : pour certains calculs, on allait plus vite de tête.
- Nous avons vu qu'il faut aussi vérifier un résultat obtenu avec la calculette. Par exemple, si l'on ne tape pas les bons chiffres, le résultat est obligatoirement faux.

(Vivre les maths, p 205 guide pédagogique)

Dans ce manuel, la comparaison entre les différents moyens de calcul arrive après la première séance de découverte. Ainsi, l'apprentissage est enrichi, car une plus grande réflexion est engagée :

Dans la phase collective de correction, faire porter la réflexion sur l'ensemble des opérations.

En classant ces opérations en trois catégories, repérer les opérations qui ont été faites de tête, celles qui ont été posées et celles qui ont nécessité l'utilisation de la calculatrice.

Constater que, globalement, ce sont les mêmes pour toute la classe. Cependant, il peut y avoir quelques cas particuliers. Les relever et analyser ces réponses différentes.

Échanger autour de ces choix pour voir s'ils étaient judicieux. Certains élèves, qui ont choisi les moyens P ou C, auront peut-être des résultats erronés.

Aboutir à l'idée qu'avant de faire un calcul, il faut l'analyser pour « voir » quel moyen est le plus rapide. Par exemple, les opérations de type « $\times 10$ » ou « $\times 100$ » ne doivent jamais être « posées ».

Habituer les élèves à ce type d'attitude, qui consiste à éviter de poser systématiquement une opération lorsqu'il est évident qu'elle peut être effectuée de tête.

Opérations effectuées mentalement	Opérations posées	Opérations avec calculatrice
$500 + 100 = 600$	136×4	795×38
$12 \times 2 = 24$	$287 + 142$	$7\,903 - 2\,497$
$43 \times 100 = 4\,300$	$396 - 153$	$8\,723 - 7\,089$
$485 - 85 = 400$		
$400 + 30 + 6 = 436$		
$16 \times 2 \times 5 = 160$		

Remarquer que certaines opérations qui sont à effectuer avec la calculatrice pourraient être effectuées à la main, mais que le risque d'erreur est plus grand.

(Vivre les maths, p 320 Guide pédagogique)

À la manière des programmes de 2002, les manuels « Vivre les maths » et « Cap maths » présentent chaque moyen de calcul en reconnaissant son utilité et ses limites. Ce système de comparaison des moyens de calcul fait l'objet d'activités régulières dans le « Guide d'activités pour la calculatrice » à travers des « concours de calcul ». Ces activités ritualisées permettent d'encourager l'amélioration du calcul mental et de pratiquer avec pertinence le calcul instrumenté (associé à un contrôle par ordre de grandeur) lorsque les nombres l'imposent.

Ces manuels présentent des conceptions différentes quant à la reconnaissance de chacun des moyens de calculs : « J'apprends les maths » et « Maths tout terrain » semblent exclure l'usage du calcul instrumenté en tant que moyen de calcul, « Vivre les maths » paraît plus

nuancé mais n'admet pas d'informations didactiques suffisantes pour permettre une utilisation fréquente, Cap Maths rend accessible l'interaction des différents moyens de calcul mais l'utilisation du complément didactique « Guide d'activités pour la calculatrice » s'avère nécessaire pour l'atteindre.

Les enseignants ne sont pas réticents quant à l'utilisation de la calculatrice en classe mais admettent des réserves motivées par un manque de ressources didactiques. Les ressources didactiques sont en effet lacunaires quant à la portée et aux limites de l'utilisation de l'outil en classe : peu de supports didactiques permettent d'encourager les pratiques enseignantes.

Face à ces utilisations restreintes, comment les élèves perçoivent-ils cet outil ?

C. Conceptions des élèves

1. Méthodologie :

Pour étudier la perception des élèves vis-à-vis de la calculatrice, j'ai mené des recueils de conceptions dans deux écoles différentes. Dans la première école, j'ai interrogé des élèves de tout niveau de classe, dans la seconde école je me suis intéressée aux élèves de la classe où j'effectuais mon stage : des élèves de CE2.

Pour le premier recueil, je me suis inspirée d'une des études de Bernard Charlot⁴. Pour étudier le rapport au savoir des élèves, il avait choisi de leur faire rédiger un texte pour renseigner un Martien chargé de ramener chez lui l'expérience de vie des Terriens. J'ai donc imaginé une situation qui puisse convenir à tous les enfants (âgés entre 6 et 11 ans), j'ai choisi de les enregistrer pour les libérer de la difficulté de l'écriture, et pour entraîner des interactions. Les élèves étaient enregistrés par groupe de 3.

Une fois le dictaphone allumé je donnais les renseignements suivants :

« Un extraterrestre débarque sur terre, un objet le surprend plus que tous les autres, cet objet c'est la calculatrice. Il a entendu dire que vous saviez ce que c'était. Cet extraterrestre a donc besoin de vous pour comprendre à quoi sert cet objet. Je vais donc vous enregistrer pour lui donner vos explications. Pour cela il va falloir respecter 3 consignes :

- La première est de ne jamais parler en même temps, la machine de déchiffrement de l'extraterrestre a du mal à reconnaître les différentes voix.

⁴ Charlot B. (dir) Les jeunes et le savoir: perspectives internationales, Paris Anthropos 2001, 168p

- La deuxième, pour l'aider encore plus, est de dire votre prénom à chaque fois que vous parlez.
- La dernière est de ne parler que de la calculatrice, parce que l'enregistrement ne peut durer que 10 minutes à peu près

Avez-vous des questions ? Moi je ne reste pas là, à part si vous préférez, je vous fais confiance pour la mission, à partir de maintenant vous avez 10 minutes »

Une fois les consignes expliquées, je n'intervenais que s'il y avait des blocages ou si les enfants s'éloignaient du sujet.

Suite à un échec avec les CP j'ai inclus des variantes : je montrais une calculatrice basique lors des consignes, je les laissais la manipuler pendant qu'ils parlaient, je restais avec eux et je ne donnais pas la consigne « Dire son prénom avant de parler ».

Les élèves interrogés :

- 3 élèves de CP.
- 6 élèves de CE1.
- 14 élèves de CE2.
- 4 élèves de CM1.

Pour le second recueil de conception, j'ai opté pour un questionnaire. Je l'ai construit en prenant en compte les propos des élèves précédemment interrogés et j'ai inclus certaines questions relatives aux apprentissages puisque j'allais expérimenter avec eux une séquence relative à l'utilisation de la calculatrice. Le questionnaire me semblait plus pertinent pour ces élèves puisqu'il nous permettait de garder trace des représentations initiales et de pouvoir les prendre en compte dans le processus d'apprentissage.

2. Résultats :

a) École 1 :

Je commencerai par exposer les résultats du groupe de CP, la consigne étant différente des autres groupes je ne peux les intégrer à une analyse commune.

Je nommerai les élèves interrogés : Chloé, Léa et Mathis.

À la vue de la calculatrice les premières réactions ont été : « C'est une calculatrice pour apprendre les nombres ! » (Chloé) ; « C'est une machine pour apprendre à calculer ! » ; (Léa).

Je leur ai ensuite demandé : « A quoi ça sert ? »

- C'est une calculatrice pour apprendre des doubles, des moins et des trucs sur les chiffres (Chloé)
- Le double de 2 c'est quoi par exemple (Léa)
- Bah c'est 4 (Mathis)
- Non, non attend je le fais le sur la calculette (Léa)

Léa se retrouve alors en difficulté pour trouver la touche qui exprime son idée, elle tape 2 et veut appuyer sur la touche [=] :

- Mais non mais c'est pas ça ! (Mathis)
- Mais si ... mais le double de 2 (Léa)
- Mais c'est quoi cette touche ? (Mathis)

L'expérimentation s'arrête ici car il a été difficile de maintenir davantage leur attention. Dans leurs premières phrases les enfants citent le verbe « apprendre » qui prend tout son sens lorsqu'ils me montrent un exemple de ce qu'ils feraient avec la calculatrice. Il est intéressant de voir qu'ils en font spontanément un objet d'investigation pour connaître des relations mathématiques, ici la recherche du double de 2. Néanmoins cette courte manipulation montre qu'ils ne s'approprient pas naturellement cet objet et qu'il faut connaître les touches pour donner du sens aux gestes que l'on fait.

Je retrouve cette recherche de connaissances dans les entretiens des élèves de CE1, CE2 et CM1 :

« On peut s'amuser à calculer des choses pour après les savoir » (Théo CE1)

« Sur la calculatrice tu peux t'amuser à mettre des chiffres et à appuyer sur des touches comme des [+] ou des fois [x] pour voir ce que ça fait » (Raphael CE2)

« La calculatrice c'est intéressant euh que comme ça t'auras des résultats que par exemple tu ne peux pas connaître et que tu ne sais pas encore faire » (Rachelle CM1)

« Moi je l'utilise beaucoup chez moi parce que quand je m'ennuie, je prend ma calculatrice et mon cahier et j'écris des calculs et aussi j'l'écris dans mon.. dans ma calculatrice après je vois la réponse et après, après à la fin de l'opération si j'ai bon voilà » (Zoé CM1)

Les enfants disent aussi utiliser la calculatrice pour réviser ou s'entraîner. Deux enfants diront qu'ils révisent leurs tables de multiplication avec la calculatrice parce qu'elle « répond vite ».

Certains enfants incluent la calculatrice dans leurs jeux, elle prend le rôle d'une caisse, d'un téléphone portable, où sert à donner des opérations à faire quand ils jouent à la maîtresse :

- Je m'amuse à jouer à la dinette avec la calculette (Alexis)
- Comment ça à la dinette ? (Rachelle)
- Bah je calcule les euros, parce que mon frère quand il s'ennuie il vient jouer avec moi, du coup on joue à la dinette et c'est moi le serveur. (Alexis)

- En fait des fois quand on joue à la marchande, pour faire semblant que c'est une caisse on peut s'en servir, des fois on peut s'en servir de téléphone, voilà (Anna)

- Des fois quand on s'en souvient plus on la prend des fois quand on joue à la maîtresse (Clara)

La calculatrice est donc utilisée à la maison, que ce soit pour un soutien du travail scolaire, pour « tester » les nombres, ou encore pour jouer avec leur perception du monde (« outil socialement intégré »).

Dès que la conversation des enfants concerne le rapport entre l'école et la calculatrice le verbe « tricher » apparaît immédiatement ; « L'usage de la calculatrice peut être perçu comme un acte de tricherie, de non-respect d'une loi parentale » (Favre et Tièche Christinat, 2007, p 116). Je retrouve cette notion de triche dans la totalité des entretiens.

« La calculatrice... c'est... faut pas, faut pas l'utiliser tout le temps parce que des fois tu fais un travail et après quand tu prends ta calculatrice, tu ...c'est pas bien après la maîtresse elle peut être fâchée, parce que c'est pas bien de tricher » (Amélie CM1)

« Maîtresse elle nous interdit de la prendre parce qu'elle nous l'a pris et elles les a mis dans une caisse et on n'a pas le droit de la prendre parce que sinon on risque de s'amuser et se distraire et tricher » (Lola CM1)

La notion de triche montre la perception que les enfants ont de la calculatrice, ils la voient comme un objet qui sait tout mais surtout comme un objet qui résout tout. C'est en ce point que se trouve le risque de dépendance vis-à-vis de la machine. Sans situations amenant l'élève à se rendre compte de ses capacités et des limites et potentialités de la machine, celui-ci ne pourra établir un rapport pertinent entre sa réflexion et la calculatrice.

b) École 2 :

L'école dans laquelle j'ai effectué mon stage est sujette à un fort taux d'absentéisme : douze élèves ont été présents assidument. Mon étude portera essentiellement sur ces élèves afin de bénéficier de données stables et de pouvoir évaluer l'évolution de leurs compétences.

Afin d'apprécier les conceptions initiales de ces élèves de CE2, j'ai conçu un questionnaire (Annexe 3). Je me suis servie des réponses des élèves de l'école 1 pour choisir les questions pour lesquelles il y aurait des choix multiples et celles que je laisserais plus ouvertes.

Malgré la restriction due au recueil par questionnaire, les résultats sont sensiblement les mêmes que pour la première école (résultats en annexe 4) :

- Les élèves ont davantage recours à la calculatrice dans leur environnement familial qu'à l'école

Seul un tiers des élèves a déjà utilisé une calculatrice à l'école. Alors que l'article de Hutin (1978) dans les années 80 montrait déjà un décalage entre les outils de l'école et ce dont se servent les élèves à la maison (pour faire leurs devoirs notamment), le constat est le même une quarantaine d'années plus tard. Certains savoirs se construisent en dehors de l'école avec le risque qu'ils se construisent inégalement : la maîtrise de l'outil et l'intelligence de son utilisation peuvent échapper à l'enseignant. En effet, hormis un élève, tous l'ont déjà utilisée pour des activités scolaires ou personnelles mais hors de la classe.

Le fait d'utiliser une calculatrice dans leur environnement proche engendre un deuxième biais : les élèves utilisent souvent une calculatrice intégrée à un autre objet informatique tel que les téléphones portables, les tablettes ou certains supports de jeux vidéo. Cette utilisation dérivée peut entraîner des erreurs de conceptions liées au rôle de l'outil seul, qui est avant tout un outil mathématique. Les élèves ont très rarement été confrontés à la matérialité de l'objet calculatrice (touches, écran ...) : seuls trois élèves de cette classe ont déjà utilisé l'artefact seul.

- Leur utilisation est à la fois scolaire et ludique

Cinq élèves évoquent l'usage de la calculatrice pour jouer à la « maîtresse », à la marchande ou à des jeux vidéo impliquant des mathématiques. Tout comme les élèves de la première école, ils l'assimilent à un objet social de référence (rôle d'encaissement, de calculs itérés) ou à un outil permettant l'accès au savoir mathématique (détenir la solution pour jouer à être la maîtresse, trouver la solution d'un problème pour jouer à des jeux mathématiques).

Outre une utilisation dans leurs jeux symboliques, tous les élèves interrogés disent recourir à la calculatrice pour des activités scolaires. Ainsi, 11 élèves s'entraînent à la mémorisation de résultats en s'autorégulant par le calcul instrumenté. Cette activité me semble fort intéressante et sera une piste à explorer lors de mon expérimentation didactique : l'entraînement au calcul mental par le calcul instrumenté est une des activités proposées par Roland Charnay.

Huit élèves disent l'utiliser pour « Apprendre quelque chose », cependant cet item est souvent coché sans explication l'accompagnant. Deux élèves ont néanmoins explicité leur choix en évoquant la possibilité de tester des calculs avec de grands nombres.

- L'utilisation de la calculatrice à l'école est assimilée à une tricherie

Trois élèves évoquent le fait de tricher dans les questions relatives à l'utilité de la calculatrice. Alors que dans la première école tous avaient évoqué ce biais, ici seul un quart des élèves y fait référence. Le questionnaire peut limiter ce type de réponses en s'apparentant à une sorte d'évaluation qui impose un certain « contrat scolaire ». Afin que cette question puisse être réellement traitée j'ai organisé une discussion entre les élèves. Celle-ci a permis d'intégrer cette question au processus d'apprentissage : « Est-ce qu'utiliser une calculatrice en mathématiques c'est tricher ? » « Puisque nous n'arrivons pas à trouver une réponse commune, que ça pourrait dépend des situations (évaluation, recherche entraînement...), on se posera cette question dès qu'on utilisera la calculatrice en s'interrogeant sur son rôle et sa nécessité pour chaque activité ».

- Les élèves sont intéressés par une utilisation scolaire de la calculatrice

Lorsque les élèves ont répondu aux questions « Pour toi, à quoi sert une calculatrice ? » et « Qu'aimerais-tu faire avec une calculatrice ? », ils ont majoritairement évoqué l'accès à des

savoirs scolaires. Des élèves souhaiteraient apprendre les tables de multiplication à l'aide de la calculatrice, cette volonté peut-être due à un manque d'outils contribuant à la mémorisation de résultats multiplicatifs. La calculatrice peut-être un moyen d'accompagner les élèves en leur permettant une autorégulation : ils peuvent ainsi travailler seuls ou à plusieurs, sous forme de jeux, de défis comme le propose Roland Charnay. D'autres élèves évoquent la possibilité de résoudre des « calculs compliqués » ou d'être aidé lorsqu'ils se trouvent en difficulté. Ces conceptions sont significatives d'une certaine aspiration à dépasser ses compétences : la calculatrice, comme le soulignait Bruillard (1992-1993), peut permettre un renforcement des compétences mathématiques en étant un outil qui « prolonge les possibilités ». Un élève convoite la connaissance de « toutes les touches », il explique ce souhait par sa méconnaissance de certains symboles et par son envie de pouvoir maîtriser cet outil nouveau. Ces propos défendent l'idée que l'appropriation de l'outil n'est pas naturelle, elle nécessite donc un processus d'instrumentalisation (Trouche, 2007), d'autant plus que les deux tiers des élèves interrogés n'ont jamais utilisé l'artefact seul mais sur tablette ou téléphone.

À la lecture des articles didactiques, l'intégration de la calculatrice à l'école semble intéressante. Les enseignants relatent cependant des difficultés pour concevoir des apprentissages qui la mettent en jeu. Les élèves ont des conceptions personnelles de la calculatrice et l'utilisent habituellement très peu à l'école.

Comment suivre les orientations des revues didactiques en s'emparant des ressources disponibles pour intégrer la calculatrice aux apprentissages mathématiques ? Quels peuvent être les apports de l'utilisation de cet outil ? Quels rôles lui attribuer ? Comment amener les élèves à s'approprier cet outil ?

III. Expérimentation didactique : Intégrer la calculatrice aux apprentissages mathématiques en CE2

A. Démarche générale :

Mon expérimentation vise la découverte des divers emplois de la calculatrice en ciblant deux objectifs :

- L'appropriation de l'outil par les élèves. Je souhaite que chaque élève connaisse les fonctionnalités basiques de la calculatrice : touches des opérateurs, chiffres, touche [=] ou [enter] pour obtenir le résultat.
- La reconnaissance du rôle de la calculatrice pour chaque situation. Je souhaite que chaque élève puisse distinguer les différents emplois de la calculatrice en fonction de la situation proposée. Cet objectif est associé à celui de l'évolution des conceptions initiales des élèves. En reconnaissant la portée et les limites de la calculatrice, les élèves pourront la considérer autrement qu'un objet détenteur de la solution ou qu'un outil permettant de tricher.

Pour accompagner l'apprentissage des élèves, j'ai conçu trois outils : le mode d'emploi personnel, les « bons calculatrices » et le répertoire d'activités.

1. Le mode d'emploi personnel

Le mode d'emploi personnel engage le processus d'instrumentalisation, son élaboration vise l'atteinte du premier objectif : la connaissance des fonctionnalités basiques de la calculatrice. Pour que chaque apprenant puisse s'approprier son outil, il faut qu'il puisse mettre en correspondance les touches et leur fonction. J'ai choisi de mener une séance de découverte de l'outil pour questionner le postulat de l'objet « entièrement maîtrisé » (Favre et Tièche Christinat, 2007, p 107).

Je n'ai pas pu rassembler un nombre suffisant de calculatrices identiques. Les élèves avaient donc des calculatrices basiques différentes, aucune n'avait une mémoire d'affichage. Je souhaitais analyser le processus d'instrumentalisation en élaborant un mode d'emploi personnel évolutif : dès qu'une fonction était découverte, les élèves renseignaient leur notice. Cependant, j'ai constaté une faible évolution (Annexe 5) : dès la première séance les élèves avaient presque tous reconnu les différentes fonctions de la calculatrice, nous n'avons pas découvert de nouvelles fonctions lors de l'apprentissage. Bien que l'évolution du mode d'emploi personnel soit faible, cette découverte des fonctionnalités de l'outil était essentielle.

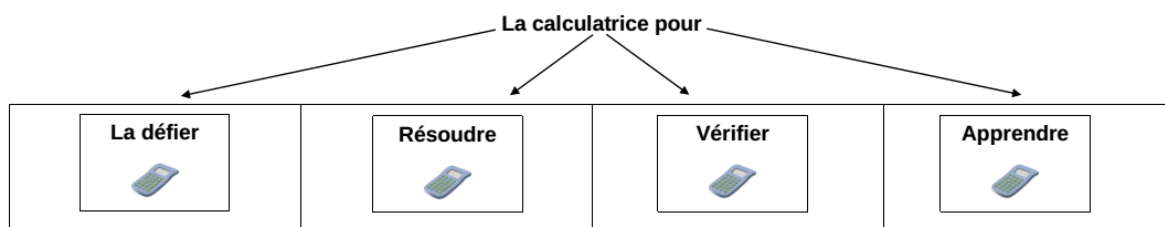
En effet, trois élèves pensaient en début de séance que les touches [M+] et [M-] étaient respectivement les touches des opérateurs [+] et [-]. Nous n'avons pas étudié les touches mémoire, mais en testant des opérations dont les résultats étaient connus des élèves, ces apprenants se sont rendu compte que ces touches n'opéraient pas comme ils le pensaient. D'autre part, l'élaboration du mode d'emploi personnel a été l'occasion de rappeler la distinction entre chiffre et nombre : la majorité des élèves avaient encadré le pavé numérique de la calculatrice en le légendant par le mot « nombre ». Lors de cette découverte nous avons aussi évoqué la fonction de la touche [=], ici le symbole ne sert pas à traduire l'égalité mais à engendrer le résultat du calcul. Enfin, la touche [.] a suscité de nombreux échanges. Un élève avait écrit « quand on a terminé notre calcul » pour légender cette touche, d'autres élèves avaient simplement noté « point ». Je n'avais pas anticipé ce biais de conception initiale qui rapproche le [.] de la calculatrice au point de ponctuation permettant de clôturer une phrase. Il était très important de revenir sur cette notion, bien que les nombres décimaux ne soient pas au programme de CE2, pour éviter que les élèves parsèment leurs calculs de [.] J'ai donc demandé aux élèves de taper un nombre à la calculatrice en insérant un point, puis je les ai questionnés sur ces nombres : « Avez-vous déjà vu ce type de nombres quelque part ? », « Quand pouvons-nous voir des nombres qui contiennent des virgules ou des points ? ». La classe a très rapidement évoqué les prix, la taille et la masse (la balance électronique affiche les nombres comme sur la calculatrice).

Cette séance de découverte des fonctionnalités s'oppose à la vision d'un outil « entièrement maîtrisé » puisque certaines conceptions initiales des élèves font obstacle à une utilisation efficace. Pour garantir au mieux un emploi assuré de la calculatrice il est nécessaire de proposer une séance de découverte.

2. Les « bons calculatrice »

Les « bons calculatrice » sont de petites étiquettes sur lesquelles figurent les différents emplois de la calculatrice. Ils favorisent l'atteinte du second objectif, pour chaque situation les élèves doivent repérer quel est l'emploi de la calculatrice et coller l'étiquette correspondante.

Nous avons étudié et nommé quatre emplois de la calculatrice :



Pour développer la reconnaissance du rôle de la calculatrice, une activité « modèle » était d'abord proposée pour chaque emploi. Le rôle et la portée de la calculatrice étaient alors analysés pour cette activité spécifique. Puis, lorsque les élèves rencontraient d'autres situations, ils devaient retrouver l'emploi spécifique par analogie (en fonction de la consigne et du type de situation). Si l'activité s'apparentait à un problème, ils pouvaient considérer que la calculatrice serait peut-être utile pour calculer ou vérifier. Si l'activité était centrée sur la calculatrice elle-même avec la nécessité d'obtenir l'affichage d'un nombre, alors elle est le support du problème et on cherchera à apprendre avec elle.

Trois emplois sont calqués sur la catégorisation effectuée par Roland Charnay dans le « Guide d'activités pour la calculatrice » : résoudre, vérifier et apprendre. La catégorie « La défier » n'est pas présente dans ce support didactique, elle a été ajoutée suite à une distinction faite par les élèves : ils tenaient à séparer les activités qui visent à surpasser la machine de celles où elle est le support du problème. La catégorie « **La défier** » a donc été créée pour englober les activités dans lesquelles les élèves tentent de devancer la rapidité du calcul instrumenté par le calcul mental. La catégorie « **Apprendre** » regroupe les activités pour lesquelles la calculatrice est le support du problème, à l'image des activités proposées par Valentin et Guillerault (1994-1995) : afficher un nombre avec des touches obligatoires ou interdites, changer un des chiffres d'un nombre...

Ce système de « bons calculatrice » vise l'atteinte du second objectif : une utilisation maîtrisée, puisque conscientisée par la verbalisation de l'apport de la calculette dans la situation en jeu.

3. Le répertoire d'activités

Enfin, le répertoire d'activités (Annexe 6) recense les différents emplois de la calculatrice et les met en lien avec les situations vécues par les élèves. Ce répertoire est lié aux « bons calculatrice ». Lorsqu'une activité est réalisée et que l'emploi de la calculatrice est défini, les élèves notent le nom de cette activité dans la colonne correspondante et écrivent sommairement la manière dont ils ont utilisé la calculatrice ou ce qu'ils savent désormais faire.

L'intérêt est double :

- Pour les élèves il s'agit de disposer d'un outil recensant les différents emplois et les activités correspondantes. Cet outil peut leur permettre de trouver rapidement l'emploi adéquat lors d'une prochaine activité, par analogie.
- Pour l'enseignant, cet outil évolutif permet d'apprécier le niveau de maîtrise des élèves. Lorsqu'un élève est capable de dire ou d'écrire que lors d'une résolution, la calculatrice est utile pour « faire des calculs compliqués » et « quand il y a beaucoup de calcul »,

l'enseignant peut être assuré de sa bonne compréhension. Le répertoire permet donc au professeur d'avoir un regard sur l'évolution des conceptions des élèves.

Pour expérimenter l'intégration de la calculatrice en classe de CE2, j'ai choisi de développer trois types d'utilisation :

- Une activité dans laquelle la calculatrice est utilisée en tant qu'**outil pédagogique**. Son attrait est au service du **développement du calcul mental** : les élèves sont incités à trouver un résultat plus vite qu'un autre élève qui tape l'opération sur la calculatrice.
- De multiples **résolutions de problèmes**, dans lesquelles la calculatrice joue le rôle d'**auxiliaire de calcul**. Elle peut alors être utilisée pour calculer ou pour vérifier une opération menée avec un autre moyen de calcul.
- Enfin, des activités pour lesquelles la calculatrice est le **support du problème**. Ses contraintes seront utilisées pour renforcer la **compréhension du système de numération décimal**.

B. Développer des compétences de calcul mental

1. L'activité « Plus vite que la calculette » :

Pour développer les compétences de calcul mental de ces élèves de CE2, j'ai imaginé une activité quotidienne faisant intervenir la calculatrice. Je me suis inspirée de l'activité « **Plus vite que la calculette ?** » de Nicolas Servajean (IDEM42) dont le dispositif est le suivant :

Les élèves sont répartis en groupe de 4 enfants. Chaque enfant reçoit en début de période un livret de calcul mental. Dans chaque groupe, il y a un responsable de la calculette, les autres font les calculs de tête. Le responsable de la calculette annonce le calcul, puis le compte avec la calculatrice. Pendant ce temps, les autres font le calcul de tête. Quand le responsable de la calculatrice a fini, il dit "top" et attend que tout le monde ait fini de calculer. Il annonce ensuite le résultat. Si l'élève a trouvé le bon résultat avant celui qui faisait le calcul à la calculette, il met une croix dans la case "Plus vite que la calculette ?". S'il a trouvé le bon résultat après la calculette, il n'écrit rien de plus. Si son résultat est faux, il corrige dans la case "Correction".

J'ai modifié quelque peu le dispositif en prévoyant :

- Des groupes de niveau, autonomes, et un groupe en difficulté que j'accompagnais
- La possibilité pour les élèves d'autoréguler leur activité et de choisir le groupe de niveau dans lequel ils souhaitaient évoluer : les groupes étaient matérialisés par les rangées de tables et les élèves se plaçaient où ils le souhaitaient chaque jour.
- Une modalité d'auto-évaluation : les élèves étaient munis d'un carnet sur lequel ils collaient leur feuille « Plus vite que la calculette ». Des fiches corrigées, laissant

apparaître le calcul à effectuer et son résultat, étaient mises à disposition pour que chaque élève puisse interroger ses réussites et ses erreurs. Ils avaient alors pour consigne de noter leur progrès, les calculs sur lesquels ils avaient des difficultés et leur souhait de changer de groupe de niveau. Après quelques activités d'essais, j'ai constitué 3 groupes de niveau.

Cette activité était menée de front avec un entraînement assisté par le calcul instrumenté. J'ai pris appui sur les activités proposées par Roland Charnay (2004). Les élèves reprenaient les calculs proposés précédemment, se groupaient en duo, et s'interrogeaient mutuellement : Un élève tape un calcul répertorié dans son carnet. Il passe la calculatrice à l'autre joueur qui annonce le résultat et appuie sur [=]. Si sa réponse est correcte il marque 1 point, sinon c'est l'autre joueur qui marque 1 point.

J'ai aussi incité les élèves à s'entraîner seuls, en reprenant les calculs qui leur étaient difficiles, ou pour apprendre les tables de multiplication : chaque élève reprenait une liste de calculs, tentait d'obtenir mentalement le résultat puis appuyait sur [=] pour obtenir la réponse.

2. Les résultats :

Les compétences en calcul mental ont évolué, mais cette évolution ne peut être attribuée à l'utilisation de la calculatrice. Le travail systématique et quotidien est davantage moteur du renforcement des compétences en calcul mental. Cependant, l'utilisation de la calculatrice a eu des effets bénéfiques notoires. L'intégration de cet outil aux activités de calcul mental a permis de faciliter la gestion du groupe classe, de mobiliser et de faire évoluer les savoirs des élèves, elle a également été une source de motivation.

a) La gestion de classe

Dans chaque groupe autonome, un élève était « responsable calculatrice ». Il annonçait oralement les opérations de la fiche, tapait la séquence correspondante sur la calculatrice, disait « top » lorsque le résultat était affiché puis inscrivait ce résultat sur sa fiche. Dans cette situation, le professeur n'est pas détenteur de la solution, c'est l'élève (hormis erreur de frappe) qui mène l'activité et qui dispose du résultat. Cette activité instrumentée permet à l'élève qui dicte les calculs d'avoir aussi une tâche mathématique : il utilise la calculatrice, il peut avoir une activité cognitive s'il contrôle le résultat affiché grâce à ses connaissances, à la fin de l'activité il communique ses résultats et les discute avec les autres élèves.

Pour marquer l'intérêt de l'intégration de la calculatrice, à propos de la gestion du groupe classe, il convient de comparer cette activité avec les activités possibles sans. Une

situation ordinaire de calcul mental en groupes autonomes serait plus difficile à mettre en place, ou ne présenterait pas les mêmes intérêts :

- Les calculs pourraient être affichés au lieu d'être dictés, mais cette modalité ne développe pas les mêmes compétences puisque les élèves peuvent développer d'autres procédures en visualisant les nombres en jeu.
- Un élève pourrait dicter les calculs, sans calculatrice pour les effectuer, mais il n'aurait pas d'activité mathématique pendant la situation. De plus la mise en commun prendrait une autre forme, l'élève devrait disposer des réponses pour les communiquer aux autres, elles seraient forcément justes puisque préparées par l'enseignant. Ici, la calculatrice laisse la place au doute et à la discussion : une erreur de frappe est toujours possible, les élèves sont engagés à contrôler les résultats du « responsable calculatrice ».

Cette autonomie efficace permet aussi au professeur d'accompagner un groupe plus en difficulté. L'enseignant est en effet déchargé de l'apport des réponses ou de la dictée des calculs et peut étayer le travail d'un groupe durant toute la situation. Lorsque j'ai mené cette différenciation, je l'ai axée sur :

- La verbalisation des procédures permettant d'aller plus vite que la calculatrice à chaque opération.
- La conscientisation des progrès réalisés et difficultés persistantes : je notais chaque jour les calculs réussis ou non, je partageais ces informations avec les élèves en pointant leurs acquis et leur marge de progrès. Ainsi, chaque élève était accompagné dans son auto-évaluation et savait comment il organiserait son programme d'entraînement assisté par la calculatrice.

b) Les savoirs en jeu

Comme évoqué précédemment, le développement des compétences en calcul mental ne peut être imputé à l'utilisation de la calculatrice. D'autres situations plus ordinaires pourraient viser ces mêmes compétences:

- La mémorisation de faits numériques et de procédures (B.O. 2015 p 77). J'ai axé l'activité sur les compléments à la centaine supérieure, les tables de multiplication, les doubles et les moitiés de nombre d'usage courant ; et nous avons aussi abordé d'autres stratégies de calcul mental (par exemple additionner 9 en ajoutant 10 et en retranchant 1).

- Calculer mentalement pour obtenir un résultat exact (B.O. 2015 p.78). Outre les faits numériques mémorisés, certains calculs appelaient à calculer rapidement pour défier l'élève détenteur de la calculatrice.

Néanmoins, cette activité instrumentée crée trois possibles :

- La discussion clôturant l'activité permet aux élèves de partager leurs procédures mentales et de constater l'existence des erreurs de frappe. Ainsi, la situation fait évoluer les conceptions initiales qui plaçaient l'outil comme un détenteur absolu du savoir mathématique. Ici, les élèves constatent d'une part qu'ils ont les capacités pour surpasser la machine et ils s'aperçoivent d'autre part que c'est leur action sur l'instrument qui permet d'obtenir un résultat. L'outil, seul, n'est garant d'aucune solution.
- En second lieu, trouver le résultat n'est pas l'unique objectif mais il s'agit d'aller plus vite que le calcul instrumenté. Ainsi, la rapidité et l'automatisation sont visées en comparaison avec le calcul à la machine. Les élèves ne jugent pas de leur efficacité en fonction du temps (qui peut être très abstrait) ou des autres (aspect plus compétitif) mais se concentrent sur leur action en étant simultanément et concrètement confrontés à un autre moyen de calcul.
- Enfin, la calculatrice est une « adversaire » lors de l'activité mais une alliée lors de l'entraînement. L'entraînement au calcul mental prend alors tout son sens car il est immédiatement lié aux situations quotidiennes : chaque élève s'entraîne avec l'outil auquel il sera opposé le jour suivant. Chacun constate alors l'efficacité du calcul instrumenté et la rapidité qu'il faudra avoir pour surpasser l'outil. L'entraînement au calcul mental est souvent laissé à la charge de l'élève qui doit trouver sa méthode personnelle d'appropriation des faits numériques. Ici, la calculatrice permet de doter les élèves d'outils et méthodes pour apprendre : ils disposent d'un moyen pour s'entraîner, seul ou à plusieurs, la calculatrice leur fournit une réponse rapide et leur permet des rétroactions engageant la mémorisation de résultats.

« Plus vite que la calculatrice » est un exemple d'activité qui permet d'enrichir les savoirs visés par les programmes. Ici, la calculatrice n'est pas étudiée pour elle-même mais son intégration permet d'aborder différemment un des apprentissages essentiels de l'école élémentaire.

c) L'aspect motivationnel

Cette activité permet aussi de susciter le défi. Je souhaitais initialement intégrer cette activité à la catégorie « Apprendre » et qu'elle soit représentée par le « bon calculatrice » du même nom. Lors de la première mise en commun, les élèves se sont accordés pour dire qu'ils défiaient la calculatrice. J'ai alors choisi de constituer une autre catégorie « La défier » englobant les activités permettant aux élèves de surpasser la rapidité de l'instrument par le calcul mental. Outre des observations, plutôt informelles, rendant compte de la motivation des élèves à l'égard de cette activité, d'autres observables peuvent être évoqués :

- Tous les élèves se sont engagés dans l'auto-évaluation. Ils ont chacun noté leurs progrès et ce qu'ils souhaitaient améliorer. Certains commentaires inscrits sur leur carnet attestent d'une certaine motivation (Annexe 7) : ils y écrivent notamment qu'ils ont fait des progrès, qu'ils pourront bientôt passer au niveau supérieur, qu'ils ont trouvé les calculs compliqués mais qu'ils en ont quand même réussi certains... Beaucoup de commentaires sont injonctifs, les élèves se donnent des objectifs à atteindre : « Je dois réviser ma table de 3 », « Je dois travailler les compléments à 100 quand ça finit par 5 (25, 15...) », « je dois réviser les doubles »... Ces commentaires injonctifs sont en lien avec la motivation puisqu'en conscientisant leur difficulté, les élèves s'engagent à les faire diminuer par l'entraînement.
- Une autre source de motivation est l'aspect ludique permis par la calculatrice. Les élèves assimilent la situation à un jeu « on marque des points lorsqu'on va plus vite que la calculatrice » et l'entraînement est lui aussi ludique. De plus, le jeu ne prend pas une tournure compétitive, les élèves ne sont pas en concurrence, chacun s'engage pour vaincre la machine et non un de ses camarades.

L'activité « plus vite que la calculatrice » est donc un exemple d'activité abordable et facilement transposable. Elle engage une gestion du groupe classe intéressante, elle permet aux élèves de mobiliser et de faire évoluer les savoirs attendus par les programmes, et elle suscite un défi pouvant renforcer leur motivation. Ici, la calculatrice s'apparente à un outil pédagogique, permettant d'aborder autrement un des apprentissages des programmes. Cette activité met en lumière une des interactions possibles entre les différents moyens de calcul : le calcul instrumenté étant au service du développement du calcul mental.

Après avoir abordé le rôle d'outil pédagogique, qui est annoncé comme secondaire par Roland Charnay entre autres, nous allons à présent questionner le rôle d'auxiliaire de résolution.

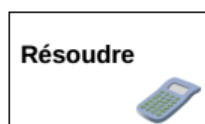
C. Accompagner la résolution d'un problème

Après plusieurs séances consacrées à l'utilisation de la calculatrice dans la résolution, j'ai proposé un ensemble de cinq problèmes inspirés de la situation du parking de Roland Charnay (1993-1994^a). L'objectif était de mobiliser les compétences de gestion de données : la complexité des problèmes réside dans la compréhension de la situation, la traduction de la situation par des opérations, et la prise en compte des étapes nécessaires. Les problèmes ont un niveau de difficulté croissant.

Voici les 5 problèmes proposés au regard de leur degré de complexité :

<p>1. Un parking peut accueillir 100 voitures. Un panneau affiche 75 places disponibles. Combien de places sont occupées ?</p>	<p>Utilisation d'une procédure personnelle La calculatrice n'est pas nécessaire</p>
<p>2. Un parking peut accueillir 475 voitures. Un panneau affiche 187 places disponibles. Combien de places sont occupées ?</p>	<p>1 opération Soustraction posée, Addition à trou, ou calcul instrumenté (soustraction nécessaire)</p>
<p>3. Un parking peut accueillir 625 voitures. A midi, 237 voitures occupent le parking. A 16h00, 243 voitures supplémentaires occupent le parking. Combien de places sont disponibles à 16h00 ?</p>	<p>1 ou 2 étapes Soustraction à trois termes : calcul instrumenté ($625 - 237 - 243$) ou 2 soustractions posées ou encore une addition ($237 + 243$) et une soustraction ($625 - 480$)</p>
<p>4. Un parking peut accueillir 625 voitures. A 14h00, 546 voitures occupent le parking. A 18h, 183 voitures ne sont plus garées sur le parking. Combien de places sont disponibles à 18h00 ?</p>	<p>2 étapes Soustraction 1 : $546 - 183 = 363$ Soustraction 2 : $625 - 363 = 262$</p>
<p>5. Un parking peut accueillir 675 voitures. A 13h00, 265 places sont disponibles. A 18h 134 voitures supplémentaires occupent le parking. Combien de places sont disponibles à 18h ?</p>	<p>3 étapes Soustraction 1 : $625 - 265 = 410$ Addition : $410 + 134 = 544$ Soustraction 2 : $625 - 544 = 131$</p>

Afin d'analyser le rôle et la portée du calcul instrumenté lors de la résolution de problème je traiterai séparément le calcul et la vérification. Les élèves avaient pour consigne d'utiliser la calculatrice quand ils le souhaitaient, quand ils s'en servaient ils collaient le « bon calculatrice » correspondant au rôle qu'ils lui attribuaient:



Lorsqu'ils effectuaient le calcul à l'aide de la calculatrice, ils devaient alors écrire la séquence tapée.



Lorsqu'ils utilisaient d'autres moyens de calcul pour résoudre et qu'ils vérifiaient le résultat obtenu à l'aide de la calculatrice. La séquence tapée devait être notée à côté.

1. Résolution par le calcul instrumenté

À l'image du constat de Roland Charnay (1993-1994^a), lors de son expérimentation didactique, le premier problème appelle des procédures de résolution personnelle (Annexe 8). Le calcul instrumenté n'a pas beaucoup d'intérêt et pourrait même constituer un frein à la résolution. Aucun élève n'a choisi d'utiliser la calculatrice pour résoudre ce problème. Les élèves se sont tous appuyés sur leurs connaissances : soit en mobilisant des procédures personnelles, soit en traduisant la situation par une opération (addition à trou ou soustraction) soit en calculant mentalement ... Ce constat contre certaines méfiances : les élèves ne sont pas dépendant de la machine et choisissent de résoudre sans. Ici, ils savent reconnaître la situation et sont conscients de leur capacité à la résoudre seuls. La mise en commun sera l'occasion de partager les différentes procédures utilisées afin de conduire progressivement les élèves à reconnaître la possible utilisation de la soustraction.

Pour le second problème, aucun élève n'a utilisé la calculatrice pour résoudre. Certains élèves ont eu quelques difficultés pour traduire la situation par une opération : soustraction ou addition à trou. La calculatrice a été un outil de différenciation, j'ai travaillé avec quelques-uns sur la compréhension du problème et la reconnaissance de l'opération adéquate. L'outil a eu pour rôle d'invalider certaines hypothèses : notamment la traduction par l'addition « 475+187 » (2 élèves) qui donne un nombre supérieur au nombre de places du parking. La calculatrice a permis aussi de répondre aux besoins de certains (3 élèves), qui ne représentaient pas la situation par la soustraction, en leur donnant accès à d'autres stratégies, notamment des additions itérées à partir de 187 à la calculatrice. Ces élèves mobilisaient alors des connaissances de l'ordre de grandeur en ajoutant premièrement des centaines puis en ajustant avec l'ajout de dizaines et enfin d'unité (ex : $187 + 200 = 387 \rightarrow 387 + 20 = 407 \rightarrow 407 + 8 = 415 \rightarrow 415 + 60 = 475$ puis toujours à la calculatrice : $200 + 20 + 8 + 60 = 288$). Ces derniers élèves ne présentent pas de difficulté de compréhension de la situation, mais ont une représentation différente, la calculatrice peut donc être un moyen de différenciation. Elle autorise une adaptation à leur représentation et leur permet d'enrichir la compétence visée par la situation : l'engagement dans une démarche de résolution.

Les trois derniers problèmes peuvent être regroupés car ils possèdent des caractéristiques communes :

- Ils sont tous trois complexes au niveau de la compréhension de la situation.
- Ils nécessitent donc une organisation efficace des données : représentation schématique de la situation, traduction des données par des opérations adéquates (augmentation ou baisse), compréhension et application de la chronologie, mise en relation des nombres suivant qu'ils indiquent les places occupées ou les places disponibles (partie-partie-tout).

J'ai choisi de concevoir des problèmes complexes pour questionner la portée du calcul instrumenté dans des situations où la réalisation du calcul est secondaire.

L'observation du professeur me semble essentielle, la calculatrice peut être un levier de différenciation très efficace à condition de prendre en compte les représentations des élèves. Ainsi, six élèves ont traduit le problème 3 par une soustraction posée à 3 termes : ils manifestent une compréhension parfaite de la situation en désirant retrancher au nombre de places maximum (le tout), le nombre total de places occupées (partie). Cependant, l'opération ainsi posée ne leur permet pas de résoudre le problème : soit ils résolvent le problème en deux étapes (2 soustractions), soit ils utilisent le calcul instrumenté pour mener cette soustraction à trois termes. L'intérêt de la calculatrice est de pouvoir donner accès à un moyen de résolution au plus proche de la représentation de l'élève, la soustraction à trois termes est une très bonne traduction mathématique de la situation et il serait dommage de ne pas la mener. En accompagnant les élèves dans leur résolution, notamment en leur demandant d'expliquer leur représentation du problème, j'ai essayé de trouver avec eux un moyen pour mener à bien leur résolution : quatre élèves ont procédé par calcul instrumenté, les deux autres ont choisi de mener deux soustractions posées successives.

Exemple de choix du calcul instrumenté :

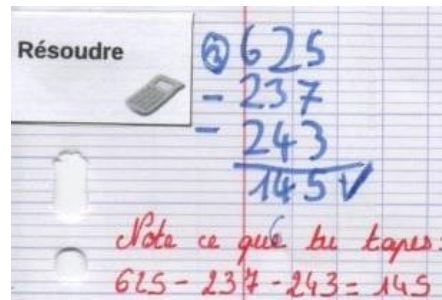
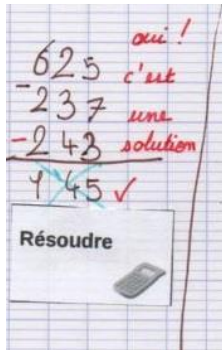
The image shows a student's handwritten work on grid paper. On the left, a subtraction problem is written in three columns: 'ma', 'a', and 'u'. The numbers are arranged as follows:

①	②	
6	2	5
- 2	3	7
- 2	4	3
<hr/>		
5	2	4

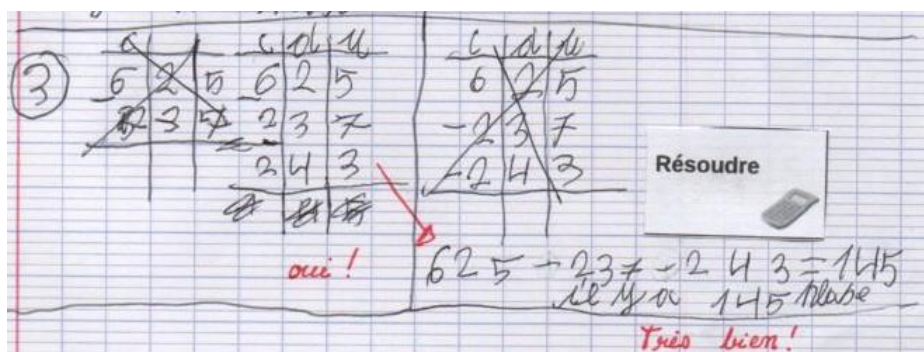
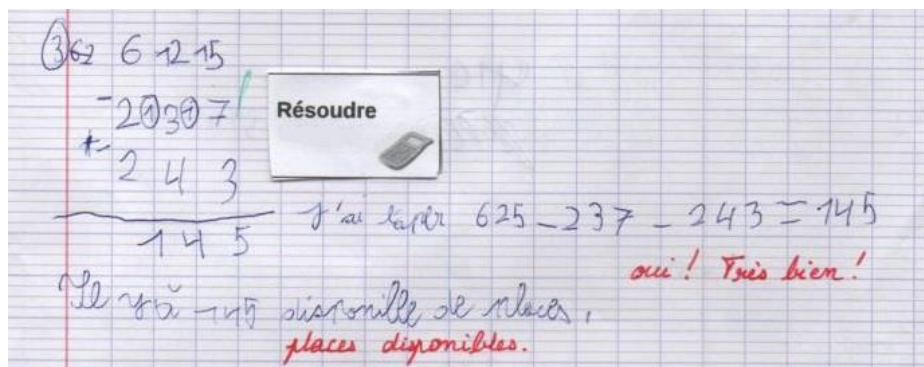
The first two columns are circled in red. To the right of the problem, the student has written in green: "Il ya 145 places disponible". Below this, in red, is "oui!". To the right of the student's work is a box containing the word "Résoudre" and a small calculator icon. To the right of the box, the student has written: "625 - 237 - 243 = 145 oui!". At the bottom left, the student has written: "Il ya 5224 place disponible".

Je remarque que peu d'élèves notent leurs opérations en ligne alors qu'ils s'appêtent à utiliser la calculatrice. Beaucoup d'entre eux notent le résultat de leur calcul instrumenté en dessous de l'opération qu'ils auraient souhaité poser.

Deux élèves gardant l'opération posée pour communiquer le résultat du calcul instrumenté :

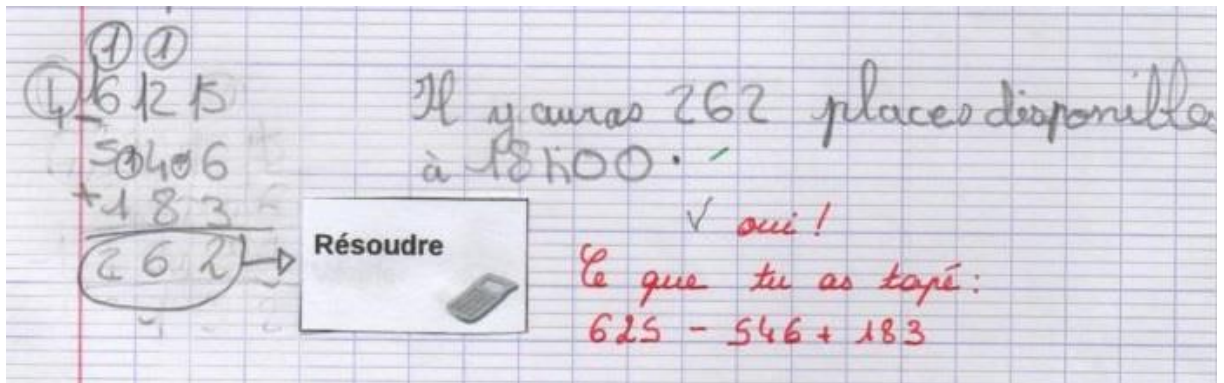


Deux élèves ayant compris que l'opération réalisée à la calculatrice nécessitait une autre forme d'écriture (en ligne) :



Le problème 4 est d'un niveau de complexité supérieur : la traduction de la situation ne peut se faire en une opération à la portée des élèves. En effet la situation pourrait être traduite par l'opération $625 - 546 + 183$ (183 représentant les places disponibles en plus), mais l'ajout de 183 ne ferait pas sens au niveau des apprenants pour représenter des voitures « en moins » sur le parking. Cependant, une élève a résolu le problème de cette manière en écrivant d'abord une opération posée mêlant addition et soustraction et en mettant du sens au choix du « + 183 » qu'elle a traduit par « J'enlève d'abord les 546 places occupées puis après j'ajoute 183 parce

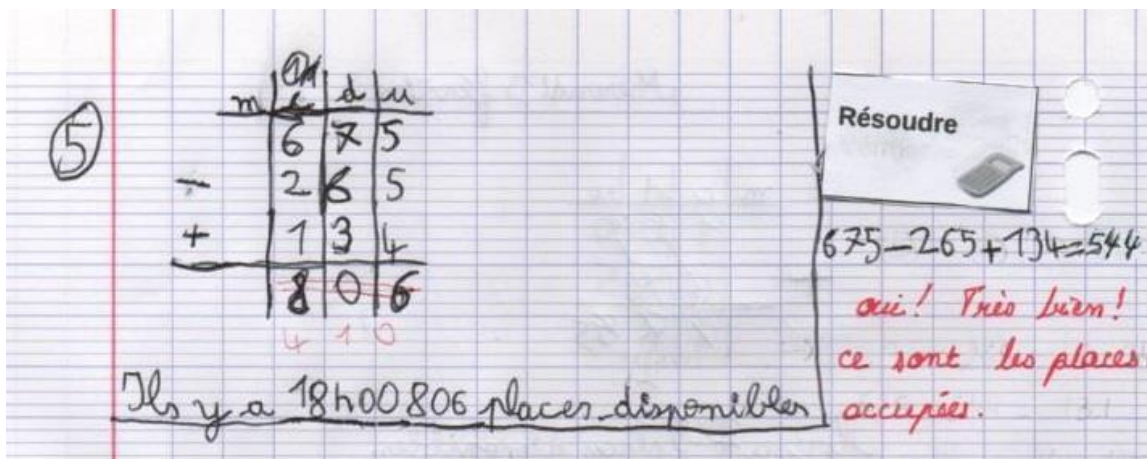
que ça fait des places en plus pour se garer ». Elle a alors utilisé le calcul instrumenté et a recopié le résultat en dessous de l'opération posée initialement :



La situation nécessite normalement des étapes : d'abord le calcul des places occupées ($546 - 183$), puis le retranchement de ces places occupées au tout pour trouver le nombre de places disponibles. Sept élèves ont utilisé la calculatrice pour résoudre ce problème après représentation schématique de la situation et en ayant écrit les opérations à taper.

Pour ce problème, la calculatrice a rempli son rôle d'auxiliaire de résolution, en permettant aux élèves de résoudre avec les moyens dont ils disposent. L'activité pouvait donc être centrée sur la recherche de procédures et la gestion des données.

Lors du dernier problème, à l'image de la résolution du problème 3, certains élèves (3) traduisent la recherche du nombre de places occupées par une opération posée à 3 termes regroupant une soustraction et une addition.



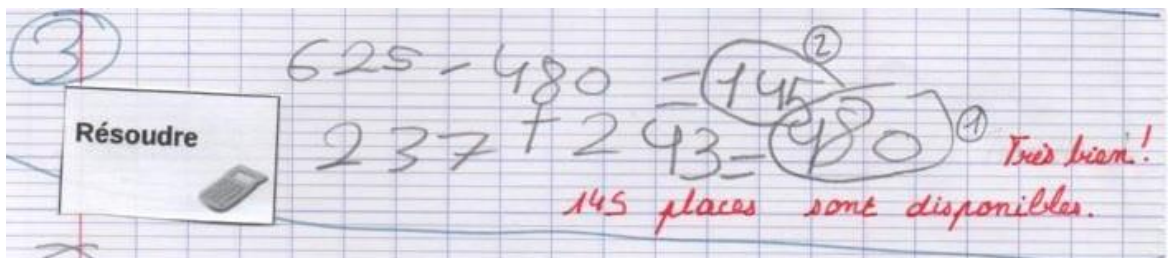
Ici l'élève a corrigé son opération posée en notant « 410 » qui est le résultat du nombre de places occupées à 13h ($675 - 265$) : ceci est une manifestation de la confusion que peut laisser la résolution directe ($675 - 265 + 134$). Lors des mises en commun intermédiaires et lors des accompagnements individuels des élèves, il a été important de revenir sur la nécessité d'indiquer la signification des calculs entrepris et de faire apparaître les étapes pour gérer au mieux les données du problème.

L'utilisation de la calculatrice pour résoudre admet quelques limites :

- La difficulté pour les élèves de garder trace des calculs réalisés sur la machine. Ceci peut engendrer une perte de repère lors de la résolution, certains peuvent ne plus savoir la provenance du nombre qu'ils viennent d'écrire.
- Les élèves peuvent croire que l'utilisation de la calculatrice permet de « résumer » les calculs et de résoudre le problème sans étape.
- La difficulté pour l'enseignant de savoir ce qui a été réalisé par l'élève : la calculatrice ne mémorise pas ce qui a été tapé, l'élève peut avoir la bonne procédure mais laisser sur sa copie un résultat qui paraît incohérent.

Néanmoins, l'utilisation de la calculatrice a des avantages :

- Elle a permis à chaque élève de choisir le moyen de calcul le plus adapté à sa représentation de la situation.
- Elle a rendu possible le travail de gestion de donnée pour tous les élèves. Quelle que soit la résolution adoptée (calcul posé ou calcul instrumenté) la gestion de donnée était l'enjeu de ces problèmes mathématiques. Les élèves les plus en difficulté ont pu s'engager dans la situation et trouver des solutions au problème posé. Une fois que ces élèves avaient obtenu le résultat par le calcul instrumenté il était intéressant de faire évoluer leurs compétences en leur demandant « Comment aurais-tu pu résoudre ce problème si tu avais dû poser les opérations ? Est-il possible de poser une opération qui contient deux soustractions ou une soustraction et une addition ? ». Voici l'exemple d'un élève qui était en difficulté pour poser les opérations mais qui a réussi à fonctionner par étapes avec la calculatrice :



- L'utilisation d'une seule opération pour traduire la situation n'était pas gênante lorsque les élèves étaient capables d'expliquer leur raisonnement. Au contraire, la calculatrice leur permettait d'agir directement sur les nombres en respectant la chronologie du problème : certains élèves tapaient les données au fur et à mesure et fonctionnaient donc par étapes. Alors que le calcul posé pouvait freiner leur raisonnement en imposant une

« pause », le calcul instrumenté leur permettait de résoudre pas à pas. Cependant, les élèves étaient tous confrontés à la même difficulté : garder trace des étapes de leur raisonnement pour le poursuivre.

Cette expérimentation confirme l'affirmation de Pochon (2000), la calculatrice n'est pas un « oreiller de paresse » pour les élèves ou pour l'enseignant. Elle peut permettre de persévérer dans le raisonnement, de canaliser l'effort vers une meilleure organisation des données, voire d'aller plus loin dans l'activité mathématique. Son intégration nécessite cependant

2. Vérification

Lors des différentes résolutions de problème, les élèves avaient la possibilité de vérifier leurs calculs à l'aide de la calculatrice.

J'ai observé plusieurs stratégies :

- **La vérification « directe » :**

Certains élèves tapaient la séquence correspondante au calcul qu'ils avaient posé, comparaient les résultats, s'il y avait une différence ils inscrivaient le résultat du calcul instrumenté et le considéraient comme juste. Ces élèves ne cherchaient pas à connaître la source de leur erreur et faisaient davantage confiance au résultat affiché qu'à leur opération posée.

Voici l'exemple d'une élève qui mène de manière erronée sa soustraction posée, cet apprentissage sera à reprendre, néanmoins elle a trouvé l'opération adéquate, sa vérification lui permet de poursuivre la résolution :

The image shows a student's handwritten work on grid paper. At the top, there is a subtraction problem set up in a grid:

2	M	2	d	U	
		4	7	5	
-		1	8	7	
		3	7	2	

To the right of the grid, the text "à reprendre" is written in red. Below the grid, there is a calculator icon with the word "Vérifier" next to it. To the right of the calculator icon, the calculation $475 - 187 = 288$ is written. To the right of this calculation, the text "Très bien !" is written in red. At the bottom, the text "il y a 288 places occupées oui !" is written in red.

- **La vérification entraînant d'autres essais de calcul :**

D'autres apprenants recommençaient leur calcul posé si leur résultat était différent de celui affiché.

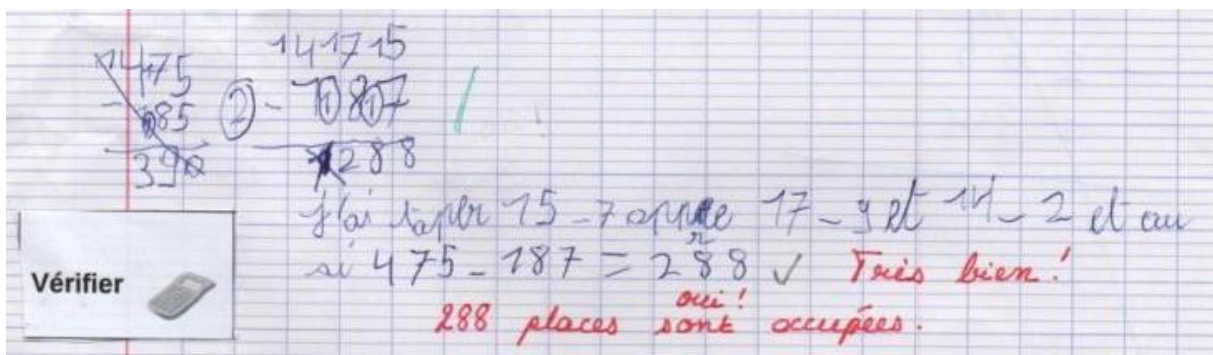
Cette élève a procédé à une vérification par le calcul instrumenté, elle a gommé plusieurs fois son calcul posé jusqu'à trouver le résultat escompté :



- **La vérification combinée à la recherche de l'erreur :**

Enfin, certains élèves commençaient par vérifier l'intégralité du calcul puis, s'ils constataient une différence de résultat, s'adonnaient à une vérification pas-à-pas de leur calcul posé.

Cet élève vérifie chaque colonne de l'opération posée à l'aide de la calculette, il s'aperçoit alors de son erreur : placer la retenue à côté du chiffre 4 des centaines au lieu de l'ajouter à la centaine de 187.



Quelle que soit la stratégie adoptée par l'élève, la vérification autorisée leur permet de poursuivre la résolution du problème, de chercher à trouver le même résultat par leurs propres moyens voire d'enrichir leurs connaissances en autoréglant leur activité.

Lors de la résolution de problème, la calculatrice peut accompagner la démarche de l'élève en permettant d'être au plus près de sa représentation de la situation. Elle peut aussi engager à trouver de nouvelles procédures (passer de l'addition à trou à la soustraction par la contrainte de l'outil). En tant qu'outil de vérification, la calculatrice peut engager une autonomie des élèves par l'auto validation et les inciter à poursuivre leur résolution.

D. Renforcer la connaissance du système de numération décimal

Ce dernier type d'emploi de la calculatrice fait d'elle le support du problème : les contraintes de l'outil sont utilisées pour faire évoluer les savoirs mathématiques des élèves. Pour mener cette séquence visant à « Apprendre avec la calculatrice » j'ai utilisé certaines activités proposées dans le « Guide d'activités pour la calculatrice » (Charnay, 2012) ainsi que les travaux de Valentin et Guillerault (1994-1995).

1. Dictées de nombres sur la calculatrice

Cette première activité incite les élèves à faire afficher un nombre sur leur calculatrice en s'emparant de données successives.

À titre d'exemple :

- Mon chiffre des centaines est 3
- Mon chiffre des unités est 5
- Mon chiffre des dizaines est 8

⇒ Séquence à taper : [300] [+] [5] [+] [80]

Comme le préconisent les chercheuses Valentin et Guillerault, j'ai commencé cette situation sans faire intervenir la calculatrice. Les élèves avaient alors pour stratégie de placer les chiffres suivant leur rang en se servant de l'espace de la feuille ou en reproduisant un tableau de numération : le chiffre des unités se place tout à droite, le chiffre des centaines tout à gauche etc. Lorsque tous les élèves eurent compris l'activité et que tous donnaient des réponses correctes, j'ai remplacé le support papier par la calculatrice uniquement.

Mes observations rejoignent celles des didacticiennes. Les élèves ont tous été confrontés à un obstacle : ils souhaitaient pouvoir taper sur le chiffre sans lui attribuer une valeur en fonction de son rang. Certains tapaient les chiffres dans l'ordre de la dictée et se retrouvaient avec un nombre erroné, d'autres mémorisaient les 3 ou 4 chiffres et les tapaient dans l'ordre. J'ai laissé les élèves expérimenter pour quelques nombres, sans imposer de contraintes supplémentaires puis j'ai ajouté la règle: entrer les données dans l'ordre où elles sont annoncées. Pour que la situation ait du sens, nous revenions à l'écriture du nombre sur une feuille. Ainsi il était possible de comparer le nombre juste à celui affiché sur la calculatrice.

J'ai fait évoluer la situation pas à pas, en posant des questions :

- Si je veux afficher une dizaine sur la calculatrice, que dois-je taper ? Quel nombre représente une dizaine ?
- Si je veux afficher une centaine sur la calculatrice, que dois-je taper ? Quel nombre représente une dizaine ?
- Si mon nombre a pour chiffre des centaines 2, quel est ce nombre ?

Outre la traduction des données sous forme de nombre (mon chiffre des centaines est 2 se traduit par 200), les élèves sont confrontés à un second obstacle : le choix de l'opérateur qui permet d'obtenir le nombre entier. Comment lier les informations entre elles ?

Cette séance a été menée suite au constat de nombreuses erreurs dans les décompositions additives des nombres, elle a donc été l'occasion d'approcher les apprentissages en cours d'une autre manière. Ici, l'utilisation de la calculatrice empêche les réponses procédurales ou automatiques, elle incite à s'intéresser au sens. Dans les exercices précédents les élèves devaient associer à un nombre sa décomposition additive ($1234 = 1000 + 200 + 30 + 4$), avec la calculatrice la démarche est autre et permet de retrouver la signification d'un nombre écrit en chiffre : chaque chiffre code une valeur en fonction de son rang. Pour réussir la dictée à la calculatrice, il faut redonner à chaque chiffre sa valeur, savoir quelle quantité il code et additionner les nombres ainsi obtenus. Les contraintes de la calculatrice incitent à jouer avec les nombres pour s'approprier le système de numération décimal. Alors que cet outil pourrait paraître abstrait et non porteur de sens, il permet ici d'agir sur les nombres de manière réfléchie et vient renforcer la compréhension parfois complexe de notre système de numération.

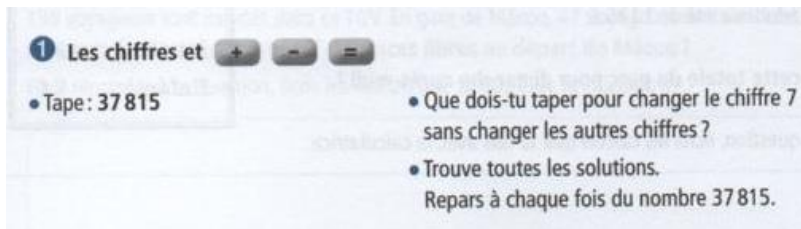
2. Modifier un ou plusieurs chiffre(s) d'un nombre affiché

Après de nombreuses dictées de nombres à la calculatrice, j'ai fait évoluer l'activité des élèves vers des situations plus complexes. J'ai utilisé pour cela les exercices proposés dans le « Guide d'activités pour la calculatrice » de Roland Charnay (Annexe 9).

Dans la même perspective que les dictées de nombres, les contraintes de la calculatrice offrent de nouvelles possibilités pour travailler la maîtrise de l'écriture des nombres en chiffres et la valeur des chiffres selon leur rang.

Les différents exercices présentaient un nombre à afficher sur la calculatrice, le but était de modifier l'un des chiffres de ce nombre sans modifier les autres chiffres qui le composent.

Voici un exemple que je commenterai pour étudier l'intérêt de la calculatrice :



Cet exercice permet de multiplier les essais, il n'est pas demandé de trouver une unique solution mais d'opérer sur le nombre pour en trouver plusieurs, voire toutes. L'utilisation de la calculatrice permet à tous les élèves de s'engager dans l'activité :

- Ceux qui ont compris qu'il fallait opérer sur les unités de 1000 vont chercher des nombres en faisant varier le chiffre des milliers. Ils s'axeront vers la recherche de toutes les solutions et expérimenteront celles qui ne peuvent fonctionner sans modifier les autres chiffres (ex : + 3000, - 8000...).

$$\begin{array}{l}
 37815 \rightarrow + 1000 = 38815 \\
 37815 + 2000 = 39815 \\
 37815 - 1000 = 36815 \\
 37815 - 2000 = 35815 \\
 37815 - 3000 = 34815 \\
 37815 - 5000 = 32815 \\
 37815 - 6000 = 31815
 \end{array}$$

- D'autres qui ne conscientisent pas encore le lien entre le rang et la valeur du nombre vont pouvoir fonctionner par essais et ajustement en observant les modifications opérées sur le nombre affiché.

$$\begin{array}{l}
 37815 - 10 = 37805 \times \\
 37815 - 20 = 37795 \times \\
 37815 - 200 = 37615 \times \\
 37815 - 2000 = 35815 \checkmark \text{ oui!}
 \end{array}$$

Cet exemple montre que l'élève est sur le point de s'appropriier la valeur des chiffres selon leur rang : il commence par soustraire 200 et observe que ce retranchement « agit » sur le chiffre du rang inférieur au chiffre qu'il souhaite modifier, il rétroagit alors en soustrayant 2000 et trouve une des solutions.

L'utilisation de la calculatrice est intéressante car elle permet de nouvelles situations, engageant les élèves dans des formes de jeux mathématiques. Cette situation ne pourrait exister sans elle. Elle est ici le support du problème et le moyen de le solutionner. Dans les deux activités présentées, l'utilisation de l'artefact permet d'empêcher le recours à des procédures automatisées et incite les élèves à se questionner sur le sens de l'écriture d'un nombre. Même si l'utilisation de la calculatrice fait l'objet d'activités spécifiques, celles-ci sont intimement liées aux autres apprentissages. Elles sont l'exemple d'une intégration au service des compétences visées par les programmes et sont ainsi l'occasion de diversifier les moyens d'atteindre certaines connaissances. Cette expérimentation m'a permis notamment de constater certaines difficultés chez des élèves qui semblaient avoir compris les décompositions additives mais qui procédaient en réalité par l'application d'une méthode. A contrario, certains élèves ont globalement réussi ces activités complexes alors qu'ils semblaient être en difficulté lors des exercices précédents. Ces observations informelles n'attestent pas d'un profit absolu de la calculatrice. Quels que soient les apprentissages en jeu, seule la diversité des situations permet d'évaluer l'acquisition des élèves, mais il me semble qu'ici la calculatrice offre une occasion riche pour renforcer la compréhension et la maîtrise du système de numération.

CONCLUSION :

Aucun chercheur dans le domaine de la didactique des mathématiques ne désapprouve l'usage de la calculatrice à l'école. Tous s'accordent à dire que son intégration serait légitime et bénéfique dès le cycle 2. Néanmoins certains préconisent l'utilisation en tant qu'auxiliaire de résolution, d'autres étendent sa portée au rôle d'outil pédagogique. Malgré la multiplicité des écrits didactiques, la calculatrice peine à entrer dans les instructions officielles. Elle est présente dans les textes mais ceux-ci ne légitiment pas ses emplois. Les programmes, hormis ceux de 2002, lui attribuent une place équivoque et laissent à l'enseignant la responsabilité d'analyser sa portée et ses limites. Contrairement aux constats de Bruillard (1992-1993) et de Charnay (2004), les enseignantes interrogées ne rejettent pas l'idée d'une utilisation plus fréquente de la calculatrice. Aucune ne s'oppose à l'intégration de cet outil en classe, mais toutes invoquent un manque de ressources pour la mener à bien. Le manque de ressource étant couplé à une méconnaissance des intérêts de la calculatrice, les enseignantes restent prudentes. L'un des leviers de l'intégration de la calculatrice en classe semble être la formation continue mais, sans une prise de position des instructions officielles, celle-ci semble comprise.

L'expérimentation, dans une classe de CE2, des possibles modalités d'utilisation m'a permis d'apprécier l'apport et les limites de l'utilisation d'une calculatrice en classe.

Le manque de ressource est effectivement un obstacle. Les articles didactiques donnent à voir l'intérêt de la calculatrice mais ne proposent que des exemples d'activités difficilement transposables en classe dans un souci de réelle intégration. Soit elles sont décrochées et il est complexe de savoir quand les intégrer aux apprentissages des élèves, soit les articles présentent des projets annuels et il paraît impossible de recréer ces situations. Les articles didactiques sont néanmoins garants d'argumentations fondées et permettent d'engager les enseignants à expérimenter l'usage de la calculatrice dans leur classe. Les manuels ne présentent pas réellement une intégration de l'outil, ils proposent quelques activités mais restent confus, voire silencieux, quant à l'interaction des différents moyens de calcul. Seul le manuel « Cap-Maths » envisage cette interaction, il est néanmoins nécessaire d'y associer le « Guide d'activités pour la calculatrice » afin que l'utilisation soit fréquente et diversifiée.

Cependant, l'intégration est possible et peut être profitable aux apprentissages. En tant qu'outil pédagogique, la calculatrice peut permettre des situations ludiques et nouvelles. Elle incite alors les élèves à chercher des solutions en se confrontant à l'interface contraignante de l'outil. Loin de doter les élèves d'une assistance dont ils seraient dépendants, la calculatrice devient motrice de leur activité mathématique. La partie prenante de l'artefact dans le milieu didactique peut

leur permettre de renforcer leurs compétences en calcul mental, de s'engager dans des recherches mathématiques complexes, ou de s'approprier des savoirs mathématiques d'une manière toute différente. Enfin, en tant qu'auxiliaire de résolution, la calculatrice s'ajoute aux moyens dont disposent les élèves pour résoudre. En autorisant le choix du moyen de calcul, l'enseignant permet à chaque élève de mener un raisonnement adapté au développement de ses compétences. Les difficultés liées à la maîtrise des techniques opératoires ne sont plus un frein à la résolution.

Plus largement, l'intégration de la calculatrice renvoie à la difficulté de la prise en compte de tous les outils technologiques disponibles. L'école est un lieu d'apprentissage initiant dans l'immédiat, avec l'inertie du passé, les citoyens du futur. Il est alors légitime de questionner les technologies au regard des impératifs de demain.

« Chacun connaît cette illusion d'optique : vous roulez sur l'autoroute à bord d'une voiture rapide, à grande vitesse, et vous doublez un véhicule beaucoup plus lent. En le regardant s'éloigner dans le rétroviseur vous avez le sentiment qu'il recule... et, pourtant, il avance, mais bien moins vite que vous ! Ainsi en est-il, pour un observateur attentif, des rapports entre l'école et la société [...] Les progrès techniques de notre société sont considérables ; nous voulons pour nos enfants toujours plus de formation afin qu'ils puissent affronter la terrible complexité d'une civilisation encore infiniment fragile [...] Mais, vue du train de la société, lancé dans des mutations à grande vitesse, elle [l'école] paraît reculer. » (Philippe Meirieu, « L'école ou la guerre civile », 1997)

IV. ANNEXES :

Annexe 1: Exemple tableau des nombres cibles d'élève

Exemple de feuille de travail *possibles dizaines*

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	
11	1										11															
12	1	2	3	4		6						12														
13	1												13													
14	1	2					7							14												
15	1		3		5										15											
16	1	2		4				8								16										
17	1																17									
18	1	2	3			6			9										18							
19	1																			19						
20	1	2		4	5					10											20					
21	1		3				7															21				
22	1	2									11												22			
23	1																							23		
24	1	2	3	4		6		8				12													24	
25	1				5																					25

Encadré 3 - Exemple de feuille de travail remplie correctement pour les cibles de 11 à 25

Page 49, extraite de :

Floris R., Del Notaro L. (2011), « Calculatrice et propriétés arithmétiques à l'école élémentaire », *Grand N*, n°87, p. 17-49.

Annexe 2: Guide d'entretien

Guide d'entretien : L'apport de la calculatrice à l'école élémentaire

Cet entretien est semi-directif, les thèmes peuvent donc être abordés dans le désordre selon les interactions.

J'ai choisi de faire un entretien semi-directif pour ne pas biaiser les réponses en posant des questions trop précises (et donc orientées). Les questions des différents thèmes resteront donc volontairement larges. J'espère ainsi pouvoir obtenir leurs avis sans que les personnes interrogées se sentent personnellement visées par les questions.

Toutes les questions en italique ne seront pas des questions posées, ce sont celles auxquelles je voudrais que les personnes interrogées répondent à partir de la question initiale.

La question starter pour lancer l'entretien est :

Que pensez-vous de la calculatrice à l'école en règle générale ?

Thème 1 : Utilisation de la calculatrice à l'école élémentaire

- ⇒ Comment la calculatrice peut-elle être utilisée à l'école élémentaire ?
- ⇒ *Quel est son statut : Outil, révélateur de connaissance, aide... ?*
- ⇒ *Il y a-t-il un moment de la scolarité où la calculatrice peut être utilisée pertinemment ? Et inversement il y a-t-il un âge où son utilisation n'est pas appropriée ?*
- ⇒ *Il y a-t-il des élèves pour qui la calculatrice peut servir plus qu'à d'autres ?*
- ⇒ *Faudrait-il qu'ils aient tous la même calculatrice ?*

Thème 2 : La calculatrice dans les programmes

- ⇒ Que pensez-vous de ce que mentionnent les programmes au sujet de la calculatrice ?

Si j'observe un blocage du ou du manque d'information, ou si je m'aperçois que la question n'est pas assez précise je montrerais les données qui suivent.

- ⇒ *Que pensez-vous des programmes qui indiquent :
(Sous-entendu : sont-ils en adéquation avec la réalité ? Sont-ils trop évasifs ?...)*

A partir du CE1 :

- *Utiliser les fonctions de base de la calculatrice*

Au CE2 :

- *Organiser ses calculs pour trouver un résultat par calcul mental, posé, ou à l'aide de la calculatrice.*
- *Utiliser les touches des opérations de la calculatrice.*

Au CM1 :

- *Connaître quelques fonctionnalités de la calculatrice utiles pour effectuer une suite de calculs.*

Au CM2 :

- *Utiliser sa calculatrice à bon escient.*

Thème 3 : Utilisation personnelle de la calculatrice

- ⇒ Utilisez-vous la calculatrice pour des activités de vie quotidienne ?

Thème 4 : Formation

- ⇒ L'IUFM donnait-il des informations sur l'utilisation de la calculatrice ?
- ⇒ Existe-il des animations pédagogiques concernant la calculatrice ?

Annexe 3: Questionnaire initial, classe de CE2

As-tu déjà utilisé une calculatrice ?

- Oui
- Non

Si oui, pour quoi faire ?

- Jouer
- Calculer
- Apprendre quelque chose
- S'entraîner à connaître des résultats
- Autre :

Si oui, où l'as-tu utilisée ?

- A l'école
- A la maison
- Autre :

Pour toi, à quoi sert une calculatrice ?

.....
.....
.....
.....

Qu'aimerais-tu faire avec une calculatrice ?

.....
.....
.....
.....

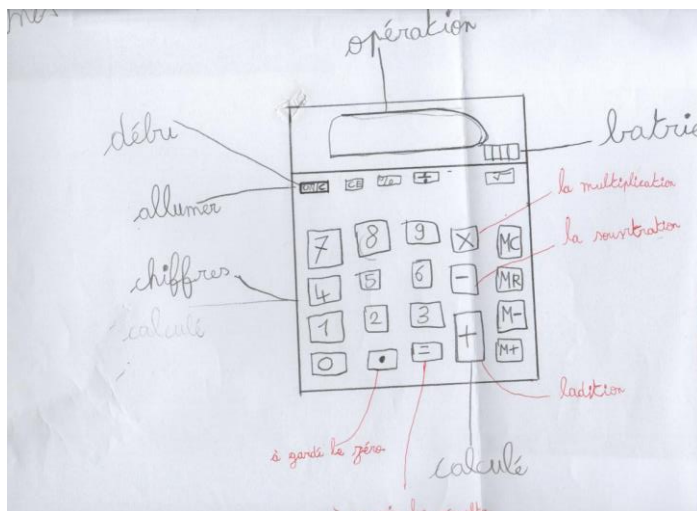
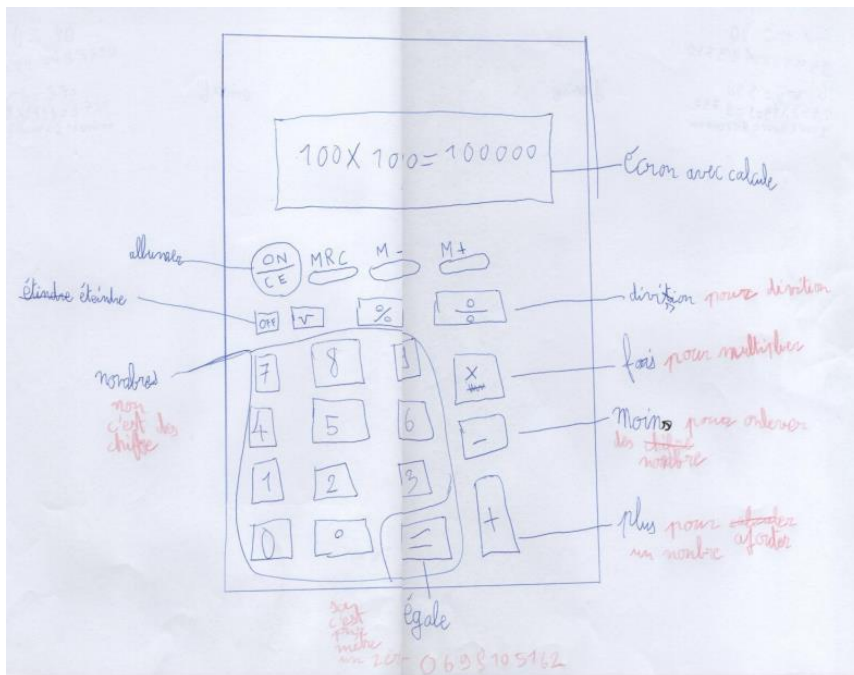
Si tu as autre chose à dire sur la calculatrice, c'est ici :

.....
.....
.....
.....

Annexe 4: Résultats du questionnaire initial CE2





<u>As-tu déjà utilisé une calculatrice ?</u>			
Oui : 11		Non : 1	
<u>Si oui, sur quel(s) support(s) ?</u>			
Téléphone : 6		Tablette : 8	Calculatrice : 3
<u>Si oui, pour quoi faire?</u>			
Jouer : 5	S'entraîner pour connaître des résultats : 11	Apprendre quelque chose : 8	Calculer : 8
Marchande Maîtresse Magasin Jeux vidéo	Apprendre mes tables (x4), m'entraîner (x3), connaître des nombres (x1), entraîner « ma tête » (x1), sans explication (x2)	sans explication (x6), pour les grands nombres (x2),	Calculer des résultats (x6), sans explication (x2)
<u>Si oui, où l'as-tu utilisée ?</u>			
A la maison : 12		A l'école : 4	Autre : 4
		Chez mamie, chez ma copine, chez papi, sans explication	
Pour toi à quoi sert la calculatrice ?			
Tricher (x 3) ; Apprendre (x 4) ; Résoudre (x1) ; Calculer (x2) ; Connaître (x3) ; Mémoriser (x1)			
Qu'aimerais-tu faire avec une calculatrice ?			
Jouer (x3) ; tricher (x1) ; faire des calculs compliqués (x3) ; apprendre les tables de multiplication (x1) ; trouver le résultat « si on a du mal » (x1) ; apprendre des calculs (x2) ; connaître toutes les touches (x1) ; apprendre à ne pas faire de fautes (x1)			
Si tu as autre chose à dire sur la calculatrice, c'est ici :			
« ça peut aider à apprendre et aussi à faire de l'intelligence du cerveau » ; « ça sert à apprendre des choses » ; « faire des multiplications » ; « on peut faire des calculs et on peut tricher ».			

Annexe 5: Exemples de modes d'emploi personnels

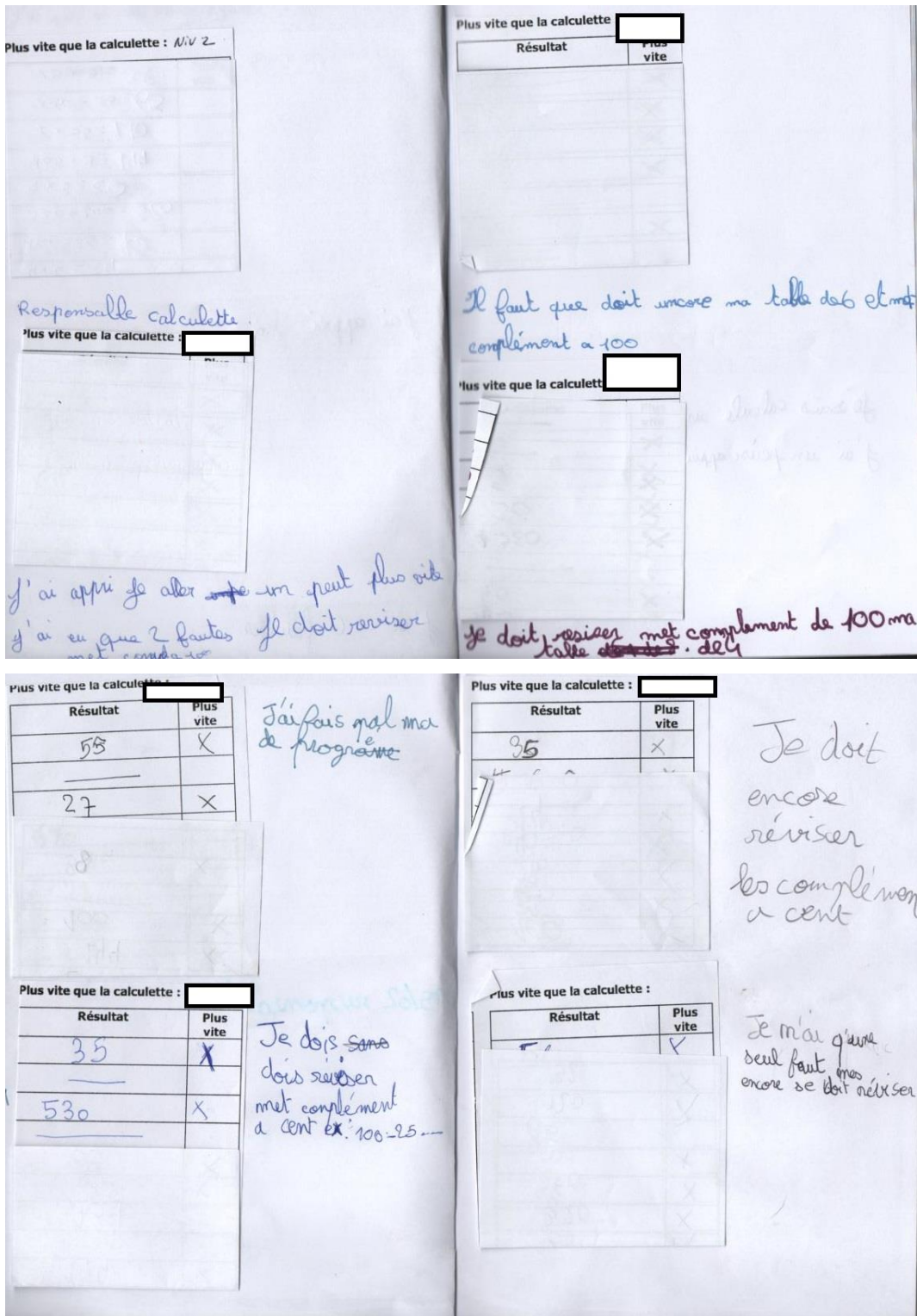


Annexe 6: Répertoire d'activités

La calculatrice pour

<p style="text-align: center;">La défier</p> 	<p style="text-align: center;">Résoudre</p> 	<p style="text-align: center;">Vérifier</p> 	<p style="text-align: center;">Apprendre</p> 
<p>Activités :</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p>	<p>Activités :</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p>	<p>Activités :</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p>	<p>Activités :</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p>
<p>Ce que je sais faire avec la calculatrice :</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p>	<p>Ce que je sais faire avec la calculatrice :</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p>	<p>Ce que je sais faire avec la calculatrice :</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p>	<p>Ce que je sais faire avec la calculatrice :</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p>

Annexe 7: Exemples de carnets « Plus vite que la calculette » :



Plus vite que la calculette : 3/6/1

Résultat	Plus vite
15	X
100 - 35 = 65	X

responsable calculette N10 1-2

Plus vite que la calculette :

Résultat	Plus vite
3 x 5 = 15	
100 - 35 = 65	X

je peu passer au niveau 2

Plus vite que la calculette : 3/6/2

Résultat	Plus vite
72	X
18	X
85	X
24	X

j'ai réussi le niveau 2 je dois apprendre les complément

J'ai fais de progrès me je dois révisé me table X3, X4.

13/6/12-017

Plus vite que la calculette : J'ai

J'ai fais de progrès me je dois révisé la table X4, X3, X5.

Plus vite que la calculette :

Résultat	Plus vite
10	X
70	X
18	X
20	X
16	X
1040	X
27	X
12	X
25	X
60	X

je quome me table me je de doit révisé la table X5.

Plus vite que la calculette : 14/6/3/2017

Je dois révisé me table X3, X4, X5, X6.

Plus vite que la calculette : J'ai

Résultat	Plus vite
80	X
18	X
16	X
70	X
46	X
60	X
20	X
9	X
60	X
30	X

je dois révisé la table X3.

Plus vite que la calculette : 15/6/3/17

Annexe 8: Exemples de procédures personnelles pour la résolution du problème 1

Calcul réfléchi/mental :

A handwritten note on a grid background. It starts with a circled '1'. The text reads: "je fait dans ma tête 75 pour aller a 100 = 25 oui!".

Calcul réfléchi appuyé sur une représentation schématique :

A handwritten note on a grid background. It starts with a circled '2'. The text reads: "25 voitures sont occupées?" followed by "places." in red. Below this is a number line starting at 75 and ending at 100, with intermediate numbers 80, 85, 90, and 95. Brackets under the line indicate jumps of +5 between each number. The word "oui!" is written in red at the end.

Représentation de la situation et comptage :

A handwritten note on a grid background. It starts with a circled '1'. The text reads: "il y a 25 ~~places~~ / oui!". To the right, there is a dot pattern starting at 75 and ending at 100, with dots placed at every 5 units (75, 80, 85, 90, 95, 100).

Activité 8 p. 14

5 Des chiffres qui changent et des chiffres qui ne changent pas

Pour chaque calcul, utilise seulement les touches autorisées.

1 Les chiffres et **+** **-** **=**

- Tape: 37 815
- Que dois-tu taper pour changer le chiffre 7 sans changer les autres chiffres ?
- Trouve toutes les solutions. Repars à chaque fois du nombre 37 815.

2 Les chiffres et **+** **-** **=**

- Tape: 40 586
- Que dois-tu taper, en une seule fois, pour que le chiffre 4 devienne 6 et que le chiffre 8 devienne 9, sans changer les autres chiffres ?

3 Les chiffres et **+** **-** **=**

- Tape: 206 953
- Que dois-tu taper, en une seule fois, pour que le chiffre 6 devienne 7 et que le chiffre 9 devienne 0, sans changer les autres chiffres ?

4 Les chiffres et **+** **-** **=**

- Tape: 227 053
- Que dois-tu taper, en une seule fois, pour que le chiffre 0 devienne 9 et que le chiffre 7 devienne 6, sans changer les autres chiffres ?

5 Les chiffres et **+** **-** **=**

- Tape: 123 456
- Que dois-tu taper, en une seule fois, pour doubler les chiffres 2 et 4, sans changer les autres chiffres ?

6 Les chiffres et **+** **-** **=**

- Tape: 543 210
- Que dois-tu taper, en une seule fois, pour doubler le chiffre 4 et augmenter de 5 le chiffre 1, sans changer les autres chiffres ?

7 Les chiffres et **+** **-** **=**

- Tape: 48 999
- Que dois-tu taper, en une seule fois, pour que le chiffre 4 devienne 5, sans changer les autres chiffres ?

8 **0** **1** **+** **-** **=**

- Tape: 48 999
- Que dois-tu taper, en une seule fois, pour que le chiffre 8 devienne 9 ? Attention, cette fois d'autres chiffres peuvent changer.
- Trouve toutes les solutions. Repars à chaque fois du nombre 48 999.

FICHE NUMÉRIQUES

© CAP MATHS - 2011 - Reproduction autorisée pour une classe seulement.

V. Bibliographie :

- Brousseau G. (1998). *Théorie des situations didactiques*. Grenoble : La pensée sauvage, 395p, Recherches en didactique des mathématiques.
- Bruillard E. (1992-1993), « Quelques obstacles à l'usage des calculettes à l'école : une analyse », *Grand N*, n°53, p. 67-78.
- Caron F. (2007), « Au cœur de "la calculatrice défectueuse" : un virus qu'on souhaiterait contagieux ! », *Petit x*, n°73, p. 71-82.
- Charnay R. (1993-1994^a), « Un exemple d'utilisation des calculatrices au CE1 », *Grand N*, n°54, p. 27-30.
- Charnay R. (1993-1994^b), « Une calculatrice pour tous dès l'école primaire... Ou quelles compétences en calcul aujourd'hui ? », *Grand N*, n°53, p. 59-61.
- Charnay R. (2004), « Des calculatrices à l'école primaire ? Oui ? Non ? Pourquoi ? Comment ? », *Grand N*, n°74, p. 67-75.
- Chevallard Y. (1985). *La transposition didactique. Du savoir savant au savoir enseigné*. Grenoble : La Pensée sauvage.
- Chevallard Y. (1992). Intégration et viabilité des objets informatiques dans l'enseignement des mathématiques. In B. Cornu (Ed.), *L'ordinateur pour enseigner les mathématiques*. Paris : PUF.
- Favre J.-M. (2000), « Calculette : Coucou, la revoilà ! », *Math-Ecole*, n°191, pp. 10-20.
- Favre J.-M., Tièche Christinat C. (2007), « La calculette : un outil médiateur de la relation ternaire dans l'enseignement spécialisé », p. 75-94 in Floris R. et Conne F. (dir.), *Environnements informatiques, enjeux pour l'enseignement des mathématiques*, Editions De Boeck, Bruxelles : De Boeck Supérieur, 240 pages, Perspectives en éducation & formation.

- Floris R. (2005), « A l'école obligatoire la calculatrice peut-elle contribuer à l'apprentissage des mathématiques ? », *Math-Ecole*, n°215, p. 19-27.
- Floris R., Del Notaro L. (2005), « L'utilisation de la calculette à l'école élémentaire : une nouvelle approche didactique pour l'enseignement de la numération », *Math-Ecole*, n°215, p. 4-18.
- Floris R., Del Notaro L. (2011), « Calculatrice et propriétés arithmétiques à l'école élémentaire », *Grand N*, n°87, p. 17-49.
- Guillemard R. (1995-1996), « La calculatrice quel usage « pertinent » ? », *Grand N*, n°57, p. 55-57
- Hutin R. (1978) « Calculatrices de poche – Le forum mathématique de Coire », *Mathecole*, n°81, p. 2-4.
- Paun, E. (2006). Transposition didactique : un processus de construction du savoir scolaire. Carrefour de l'éducation, p. 3-13.
- Pochon L.-O. (2000), « Calculatrices et moyens d'enseignement », *Math-Ecole*, n°191, p. 2-4.
- Trouche L. (2007), « Environnements informatisés d'apprentissage : quelle assistance didactique pour la construction des instruments mathématiques ? », p. 19-38 in Floris R. et Conne F. (dir.), *Environnements informatiques, enjeux pour l'enseignement des mathématiques*, Editions De Boeck, Bruxelles : De Boeck Supérieur, 240 pages, Perspectives en éducation & formation.
- Valentin D., Guillerault M. (1994-1995), « Calculette et numération en CE1 », *Grand N*, n°55, p. 17-23.