

SOMMAIRE

I.	Introduction	2
II.	Les problèmes de mathématiques et l'école	3
II.1.	<i>Qu'est-ce qu'un problème de mathématiques ?</i>	3
II.2.	<i>Pourquoi résoudre des problèmes à l'école ?</i>	3
II.3.	<i>Typologie des problèmes scolaires</i>	4
II.4.	<i>Les problèmes ouverts</i>	4
II.5.	<i>Quels types de problèmes à l'école ?</i>	5
II.6.	<i>Le rapport aux mathématiques des élèves</i>	6
II.7.	<i>Problématique et formulation d'une hypothèse de recherche</i>	6
III.	Méthodologie et expérimentation	7
III.1.	<i>Variables et dimensions</i>	7
III.2.	<i>Choix de techniques de recueil de données</i>	8
III.3.	<i>Population soumise à l'expérimentation</i>	8
III.4.	<i>Protocole de recherche</i>	8
III.5.	<i>Choix des problèmes ouverts pour l'expérimentation</i>	8
III.6.	<i>Mise en oeuvre des séances de problèmes ouverts</i>	9
IV.	Analyse des observations et résultats	9
IV.1.	<i>Problème de la somme et de la différence</i>	9
IV.2.	<i>Problème du trésor du pirate</i>	10
IV.3.	<i>Autres problèmes ouverts</i>	11
IV.4.	<i>Description du questionnaire</i>	12
IV.5.	<i>Résultats et interprétation</i>	13
V.	Conclusion	14
VI.	Bibliographie	15
VII.	Annexe 1	16
VIII.	Annexe 2	22
IX.	Annexe 3	23
X.	Annexe 4	27
XI.	Annexe 5	29
XII.	Annexe 6	31
XIII.	Annexe 7	33
XIV.	Annexe 8	36
XV.	Annexe 9	37

I. Introduction

« *L'esprit de l'homme a trois clefs qui ouvrent tout: le chiffre, la lettre, la note. Savoir, penser, rêver. Tout est là.* »
Victor Hugo, *Les rayons et les ombres*, 1840

Tout enseignant ayant été élève, à un moment de sa vie, au même niveau de classe que celui auquel il enseigne à présent, pourrait difficilement nier que sa pratique professionnelle a, dans une certaine mesure et d'une manière propre à chacun, été influencée par des expériences d'anciens élèves. Pour certains, l'école primaire fut le début d'un long cheminement scolaire à travers les « vastes et mornes plaines » de l'ennui ; pendant des années, ils ont été dans l'attente de rencontrer des professeurs, jardiniers de l'éducation, qui sauraient cultiver ces plaines infertiles de l'enseignement traditionnel pour leur offrir des nourritures intellectuelles propres à satisfaire leur curiosité et leur désir d'exercer leur réflexion dans la création et la recherche.

Au lieu de cela, ils ont dû se satisfaire tout au long de leur scolarité, de réponses à des questions qu'ils ne s'étaient pas posés et auxquelles on ne leur avait pas demandé de réfléchir, de techniques et de méthodes à appliquer qu'on ne leur demandait pas de comprendre, encore moins d'inventer, de savoirs assimilés sans plaisir dont le sens profond ne pouvait que leur échapper, tuant ainsi du même coup toute envie d'en apprendre davantage.

Comment prendre goût à cette école qui ne leur donnait rien à comprendre, aucun défi, aucune découverte ou aventure ? C'est de ces expériences d'anciens élèves dans cette école du non-sens, où leur tristesse n'égalait que ses faiblesses, où son impuissance se reflétait dans leur souffrance, qu'est né en nous le désir d'imaginer une école différente où l'on réfléchirait pour de vrai à des problèmes de toutes sortes, où chacun pourrait être en mesure de « *favoriser l'épanouissement de sa personnalité et le développement de ses dons et de ses aptitudes mentales et physiques, dans toute la mesure de leurs potentialités* »¹.

Parmi toutes les disciplines enseignées à l'école élémentaire, les mathématiques, si elles sont capables d'apporter à ceux qui les fréquentent avec plaisir les plus grandes joies intellectuelles, sont bien souvent la cause d'immenses peines pour les élèves qui ne rencontrent que des problèmes scolaires sans intérêt où la réponse est dans la question.

Alors que nous nous imaginions les mathématiques comme un jardin extraordinaire où chacun pourrait chercher de véritables problèmes, elles n'étaient à l'école que des sentiers battus où l'on n'avait que le droit de répondre (juste) à l'enseignant. Pour essayer de transmettre un rapport aux mathématiques emprunt de plaisir et de sens, nous proposons d'offrir aux élèves une activité qui fait tant défaut à l'école : la résolution de véritables problèmes de recherche (appelés aussi problèmes ouverts), en reprenant pour les élèves le pari philosophique engagé du Groupe Français d'Éducation Nouvelle : « *Tous capables ! Tous créateurs ! Tous chercheurs !* ».

Dans une première partie, nous ferons un bref état des lieux des problèmes mathématiques à l'école, en liaison avec le rapport aux mathématiques des élèves pour arriver à la problématique de ce travail. Dans la partie suivante, nous détaillerons la méthodologie employée pour tester notre hypothèse correspondant à notre problématique et l'expérimentation mise en œuvre dans une classe de cycle 3 en 2005. Enfin, dans la dernière partie, nous présenterons nos analyses et nos résultats, avant de conclure.

¹ Convention Internationale relative aux Droits de l'Enfant, 1989

II. Les problèmes de mathématiques et l'école

II.1. Qu'est-ce qu'un problème de mathématiques ?

Le mathématicien dont l'activité essentielle consiste à tenter de formuler et de résoudre des problèmes divers, considère qu'un problème est généralement une question que personne n'a encore résolue. Dans le cadre scolaire, l'élève est lui aussi parfois confronté à des problèmes de mathématiques que l'enseignant lui demande de résoudre mais ceux-ci se distinguent des problèmes du mathématicien. En effet, un problème de mathématiques scolaire peut être défini comme « *une situation initiale, avec un but à atteindre, demandant au sujet d'élaborer une suite d'actions ou d'opérations pour atteindre ce but. Il n'y a problème, dans un rapport sujet/situation, que si la solution n'est pas disponible d'emblée, mais possible à construire. C'est dire aussi qu'un problème pour un sujet donné peut ne pas être un problème pour un autre sujet, en fonction de leur niveau de développement intellectuel par exemple*² ».

Si le problème de l'élève ainsi défini ressemble à celui du mathématicien car sa résolution n'est pas immédiate et nécessite de *chercher* (il *pose problème*), trois aspects fondamentaux les différencient. D'abord, le problème scolaire a déjà été résolu par de très nombreuses personnes, ce qui ne constitue donc plus un véritable problème pour un mathématicien. Ensuite, l'élève ne dispose que d'un temps limité pour résoudre un problème contrairement au mathématicien. Enfin, alors que les problèmes de mathématiques du mathématicien sont étudiés pour eux-mêmes sans autre objectif essentiel qu'une meilleure compréhension du monde mathématique, les problèmes proposés à l'école sont en fait « exploités » dans un but pédagogique et ainsi dénaturés, devenant des outils au service d'un apprentissage. On peut alors s'interroger sur les raisons pour lesquelles des activités de résolution de problèmes sont proposées aux élèves.

II.2. Pourquoi résoudre des problèmes à l'école ?

Les programmes de l'école primaire de 2002, en plaçant « *la résolution de problèmes au centre des activités mathématiques de l'élève* »³, répondent à cette question en affirmant que celle-ci « *permet de donner leur signification à toutes les connaissances qui y sont travaillées* »³. Les documents d'application des programmes soulignent le caractère fondamental de la résolution de problèmes pour « *la construction et l'appropriation par les élèves des connaissances mathématiques* »⁴ dès le cycle 2, et qu'à travers elle, « *les mathématiques doivent être perçues, et donc vécues comme fournissant des moyens, des outils pour anticiper, prévoir et décider* »⁵.

« *Cette activité particulière qui consiste à résoudre des problèmes* »⁶ constitue même pour le psycho-généticien Jean Julo « *un passage obligé* »⁶ pour l'accès aux connaissances mathématiques et « *apparaît comme le moyen le plus sûr de construire des connaissances, de leur donner du sens et d'en faire de vrais outils de pensée pouvant être mobilisés en vue de comprendre et de maîtriser son environnement* »⁶.

Ainsi propose-t-il « *une idée très simple pour permettre à tous de réussir en mathématiques : (...) leur offrir la possibilité de résoudre des problèmes* »⁶ ! Se pose alors la question de savoir quels problèmes leur offrir.

² BRUN J., revue Math-Ecole, n°141, 1999

³ M.E.N., *Qu'apprend-on à l'école élémentaire ?*, Les programmes 2003-2004, CNDP, 2003

⁴ M.E.N., *Mathématiques cycle 2*, Documents d'application des programmes, CNDP, 2002

⁵ M.E.N., *Mathématiques cycle 3*, Documents d'application des programmes, CNDP, 2002

⁶ JULO J., *Représentation des problèmes et réussite en mathématiques*, PU Rennes, 1995

II.3. Typologie des problèmes scolaires

Suivant les objectifs d'apprentissage poursuivis, différents types de problèmes proposés dans le cadre scolaire ont été inventoriés.

On distingue généralement quatre types de problèmes⁷ proposés à l'école :

- Les *problèmes d'application ou de réinvestissement* qui ne sont pas des véritables problèmes au sens défini précédemment. Ils servent essentiellement à consolider des connaissances, des savoir-faire et permettent d'évaluer des acquis.
- Les *problèmes complexes* qui offrent l'occasion de mobiliser plusieurs connaissances mathématiques dans des situations proches de la vie de l'élève. Ces problèmes demandent aux élèves d'organiser une démarche raisonnée, de poser des étapes intermédiaires, de programmer des calculs, des constructions.
- Les *situations-problèmes* qui sont des problèmes pour apprendre, c'est-à-dire pour permettre aux élèves de s'approprier une notion nouvelle.
- Les *problèmes ouverts* dont l'un des objectifs est le développement des capacités à chercher.

Si les trois premiers types de problèmes sont bien connus car utilisés couramment dans les classes depuis de nombreuses années, les problèmes ouverts restent toujours une activité marginale dans les pratiques de classe les plus courantes. Aussi nous semble-t-il important de détailler leurs caractéristiques et les arguments pour lesquels ils devraient être proposés régulièrement dans les classes tout au long de la scolarité dès l'école primaire.

II.4. Les problèmes ouverts

Le terme de « problème ouvert » introduit par une équipe de chercheurs de l'IREM de Lyon⁸ désigne une activité scolaire au cours de laquelle les élèves sont confrontés à un problème inédit, nouveau, dont la solution ne peut être obtenue par l'utilisation directe, immédiate de connaissances apprises antérieurement. Il s'agit de véritables problèmes qui nécessitent de chercher réellement, d'essayer des solutions, de les tester, d'argumenter à propos de leur validité. Il n'y a pas de solution toute prête, il faut en construire une, originale.

Un problème sera dit « ouvert » s'il possède les propriétés suivantes d'après l'équipe de l'IREM de Lyon :

- L'énoncé est court.
- L'énoncé n'induit ni la méthode, ni la solution (pas de questions intermédiaires). La solution ne doit pas être l'utilisation ou l'application immédiate des dernières notions acquises en cours.
- Le problème doit se trouver dans un champ conceptuel familier de celui des élèves afin que ceux-ci puissent facilement cerner la situation et se lancer dans des essais, émettre des hypothèses, s'engager dans des procédures de résolution personnelle etc.

La pratique des problèmes ouverts, aussi appelés « problèmes pour chercher », dans les classes peut se justifier pour au moins quatre raisons :

- Ces problèmes mettent l'élève dans une situation comparable au mathématicien qui doit affronter des problèmes qu'il n'a pas appris à résoudre.

⁷ M.E.N., *Les problèmes pour chercher*, Document d'accompagnement des programmes

⁸ ARSAC G., GERMAIN G., MANTE M., *Problème ouvert et situation-problème*, IREM Lyon, 1991, cité par CHARNAY R., MANTE M., *Préparation à l'épreuve de mathématiques du concours de professeur des écoles*, Hatier, 1995

- Ils permettent de développer des compétences méthodologiques qui ne sont pas (ou très peu) travaillées dans les autres activités scolaires telles que essayer, formuler des hypothèses, des conjectures, les tester, mettre en oeuvre une démarche personnelle, en évaluer l'efficacité, argumenter à propos de sa solution ou celle d'un autre élève etc.
- Les problèmes ouverts donnent lieu à la formulation de différentes méthodes, d'argumentation et permettent de mettre en valeur une riche diversité apportée par les différences entre les élèves, amenant à des échanges, des débats.
- Les problèmes ouverts peuvent permettre de modifier l'attitude des élèves à l'égard des mathématiques. En effet, ces problèmes obligent les élèves à chercher plutôt que de trouver rapidement une solution, à prendre des initiatives (faire des essais pour voir). L'enseignant encourage ici l'originalité en responsabilisant les élèves qui deviennent créateurs de leur solution et non plus simples exécutants d'une technique étudiée en classe.

Bien que ces arguments évoqués en faveur de la pratique des problèmes ouverts devraient inciter les maîtres à tous les niveaux de l'école à proposer cette activité mathématique à notre sens essentielle, nous allons développer dans la partie suivante le constat que les problèmes ouverts sont absents des classes le plus souvent et les conséquences éventuelles que cela est susceptible d'engendrer sur le rapport aux mathématiques des élèves.

II.5. *Quels types de problèmes à l'école ?*

En consultant les manuels scolaires en usage dans les écoles et en observant les pratiques des enseignants, il apparaît que les problèmes les plus fréquemment soumis aux élèves à l'école primaire sont des problèmes d'application classiques permettant le réinvestissement de nouveaux outils mathématiques, et des situations-problèmes pour construire de nouvelles connaissances. Certains manuels proposent aussi parfois des activités dites de résolution de problèmes mais il ne s'agit pas de véritables problèmes de recherche mais de problèmes de réinvestissement camouflés: les élèves sont guidés dans la résolution du problème par un questionnement progressif, et n'ont qu'à « *adapter ce qu'ils ont appris à cette nouvelle situation. D'où l'idée que pour trouver, il faut davantage chercher dans le répertoire des solutions déjà éprouvées que construire une solution originale* »⁹.

Dès lors, même s'il est indéniable que les manuels cherchent à rendre les activités attrayantes en usant d'une présentation séduisante, abondamment illustrée, faisant référence à l'univers concret des élèves, ils ne parviennent qu'à susciter une motivation passive extrinsèque des élèves pour les situations mathématiques proposées. En effet, ces problèmes « classiques » où il n'y a rien à trouver par soi-même, où il y a juste à appliquer des résultats connus, ne peuvent générer chez les élèves de « *motivation véritable, celle qui naît de la curiosité intellectuelle, de la volonté d'affronter des défis, de répondre à des questions, de la recherche du vrai qui sont au coeur de l'activité mathématique et devrait en être le moteur principal* »⁹ mais de la démotivation et de l'ennui. Ainsi, les manuels scolaires, fondés sur les pratiques mathématiques les plus courantes dans les classes, même s'ils ne peuvent être considérés comme la cause unique de l'ennui scolaire pour cette discipline, en sont au moins le reflet.

Par ailleurs, une autre indication du fait que la résolution de problèmes semble être une activité peu répandue en classe est fournie par les évaluations nationales de mathématiques¹⁰. Effectivement, depuis plusieurs années, le score moyen de réussite aux activités de résolution de problèmes est significativement plus faible que les autres scores moyens de réussite pour d'autres champs mathématiques. Cette faible réussite aux items des évaluations mettant en jeu des compétences en résolution de problèmes pourrait s'expliquer par des pratiques de classe ne proposant pas ou très peu de situations de recherche aux élèves.

⁹ CHARNAY R., *Pourquoi des mathématiques à l'école ?*, Pratiques et enjeux pédagogiques, ESF, 1996

¹⁰ M.E.N., *Evaluations CE2-sixième-cinquième*, Les Dossiers n°141, Repères nationaux, 2002

II.6. Le rapport aux mathématiques des élèves

L'enseignement scolaire « traditionnel » des mathématiques consiste la plupart du temps à proposer des activités purement gratuites dénuées de sens dans lesquelles il faut savoir trouver (ou deviner !) et appliquer les bonnes techniques de calcul. R. Charnay⁹ constate l'échec de cet enseignement qui « *n'a donc pas réussi à transmettre l'essentiel : une façon d'aider à penser et à comprendre le monde, une activité de l'esprit confronté à des problèmes à résoudre, un instrument pour décider avant d'agir, une manière de décider du vrai et du faux* ».

Ainsi, l'image des mathématiques que se construisent les élèves est celle d'une discipline où les savoirs n'ont pas de sens, où l'activité, régie par de multiples règles implicites du contrat didactique¹¹, ne consiste pas à chercher, à se tromper, à vérifier mais à trouver la bonne opération qui donne le bon résultat validé par l'enseignant. Les élèves, « *n'ayant été instruits que de résultats déjà élaborés, prêts à être utilisés, de techniques qu'on ne prend pas toujours la peine de faire comprendre, n'ayant jamais été confrontés à de véritables problèmes ou n'ayant jamais pu y essayer leurs solutions personnelles, n'ayant jamais eu l'occasion de débattre avec leurs pairs de ces solutions, n'ayant jamais à rendre des comptes qu'à leur enseignant qui sait déjà...* »⁹, pouvaient-ils se construire une autre image des mathématiques ?

Par conséquent, au fur et à mesure de leur scolarité, les élèves, soumis à un enseignement « traditionnel » où les savoirs n'ont pas été construits, risquent progressivement de développer un rapport aux mathématiques plutôt « négatif ». Tel est le constat que font Bkouche, Charlot & Rouche¹² qui remarquent que « *l'enseignement des mathématiques est pour beaucoup d'élèves une source d'ennui, d'angoisse, de dévalorisation de soi-même, de rejet de l'école* ». P. Merle¹³, s'intéressant au rapport des collégiens aux mathématiques, a relevé en particulier que la moitié des élèves de sixième considère que les mathématiques sont « difficiles » ou « très difficiles » et que 15% des élèves se déclarent faibles dans cette discipline. Celle-ci est la matière la moins aimée en sixième pour 10% des élèves. De plus, son étude révèle que l'intérêt déclaré pour les mathématiques est d'autant plus faible que l'élève a le sentiment d'être faible dans cette discipline. Or, une mauvaise image de soi dans une discipline, notamment en mathématiques, est d'après Martinot & Monteil¹⁴, un obstacle à la compréhension d'un exercice. Selon eux, la dévalorisation de l'image de soi (provoquée notamment par les pratiques d'humiliation que 13% des sondés de sixième reconnaissent avoir ressenti « souvent » et « assez souvent » en mathématiques selon l'étude de P. Merle¹³) est difficilement compatible avec la réussite des élèves.

II.7. Problématique et formulation d'une hypothèse de recherche

Ces quelques travaux semblent indiquer qu'il existerait un lien entre la réussite en mathématiques et le rapport que l'élève entretient avec cette discipline, autrement dit ses représentations de la discipline. Plus que tout autre domaine, les mathématiques paraissent être capables de provoquer des réactions affectives fortes chez les élèves, pouvant résulter en échec scolaire en mathématiques en cas d'aversion pour celles-ci. Or les représentations ayant une influence sur les comportements, serait-il possible d'agir sur les représentations des élèves pour favoriser le développement d'attitudes positives à l'égard des mathématiques et ainsi faire réussir les élèves ?

¹¹ BROUSSEAU G., Fondements et méthodes de la didactique des mathématiques, In Didactique des Mathématiques, Delachaux et Niestlé, 1996

¹² BKOUCHE R., CHARLOT B., ROUCHE N., Faire des mathématiques : le plaisir des sens, A. Colin, 1991

¹³ MERLE P., Les mathématiques au collège : la perception des élèves des classes de sixième et troisième, APMEP, n°448, 2003

¹⁴ MARTINOT D., MONTEIL J.-M., Insertions scolaires et représentations de soi, in Perspectives cognitives et conduites sociales, Delachaux et Niestlé, 1996, cité par P. Merle¹³

Une modification du rapport aux mathématiques pourrait s'opérer si par exemple les élèves pouvaient donner du sens à l'apprentissage mathématique par une véritable activité intellectuelle, passant d'un rôle d'exécutant dans l'enseignement traditionnel à celui d'acteur et s'ils étaient convaincus que cela en vaut la peine. Ceci pourrait se produire en proposant de véritables problèmes de recherche aux élèves qui leur permettraient de réaliser que l'important n'est pas de connaître la solution, mais d'être capable de la trouver *par soi-même*. On peut ainsi penser qu'à travers ce genre d'activité mathématique, les élèves pourraient se construire une image de soi positive, valorisante, à l'égard des mathématiques, et se percevoir comme quelqu'un capable de résoudre des problèmes, de *faire* des mathématiques. D'où l'on peut se demander *dans quelle mesure une pratique de problèmes ouverts dans la classe, de par les spécificités propres à ce type de problèmes, pourrait transformer le rapport aux mathématiques des élèves ?*

Pratiquer les problèmes ouverts en classe, c'est autoriser les élèves à vivre l'activité mathématique comme un travail créateur (ils doivent *s'engager* dans des essais, des conjectures, des projets de résolution, des contre-exemples, chercher une solution personnelle avec leurs moyens etc.), c'est donner « *du temps pour développer le plaisir de chercher, pour lancer aux élèves des sortes de défis intellectuels dont l'objectif se trouve dans l'activité plus que dans son résultat. Du temps aussi pour développer les attitudes et les compétences nécessaires à cette activité, du temps pour essayer, pour se tromper, pour discuter une solution avec d'autres, pour tenter de convaincre, pour mettre en doute une méthode ou une réponse. Et tout cela, hors du souci des apprentissages de notions et hors de la pression de l'évaluation* »⁹. En situation de recherche grâce aux problèmes ouverts, les élèves *font* des mathématiques et partent à l'aventure avec audace et curiosité en construisant du sens, source de plaisir, abandonnant ce faisant la routine, l'ennui (et la sécurité) que peuvent procurer les « problèmes » scolaires traditionnels.

Par suite, nous formulons l'hypothèse que donner des problèmes ouverts à résoudre en classe favorise le développement d'un rapport « *positif* » chez les élèves à l'égard des mathématiques.

III. Méthodologie et expérimentation

III.1. Variables et dimensions

L'expérimentation consiste à ne proposer que des problèmes ouverts (pas de problèmes d'application ou de situations-problèmes pendant le temps de l'expérimentation) à résoudre pour une classe de cycle 3 pendant deux semaines lors des heures consacrées aux mathématiques par l'enseignante en charge de la classe et d'observer l'effet que cette expérimentation de problèmes ouverts a sur le rapport aux mathématiques des élèves de cette classe.

En utilisant la terminologie en usage dans la méthodologie des sciences humaines, pour l'hypothèse formulée précédemment, la *variable dépendante*, qui est celle dont on veut observer l'effet, est l'activité de problèmes ouverts. La *variable indépendante*, qui est l'objet d'étude et sur laquelle on veut observer l'effet de la variable dépendante, est le rapport aux mathématiques des élèves.

Les dimensions du concept « rapport aux mathématiques » qui sont étudiées dans le cadre de cette investigation se limitent à :

- la connotation du mot « mathématiques »
- l'attitude devant un problème de mathématiques
- la représentation de ce qu'est « faire des mathématiques »
- les valeurs attribuées aux mathématiques
- l'attitude vis-à-vis des mathématiques.

III.2. Choix de techniques de recueil de données

Etant donnée une durée d'expérimentation très courte, nous avons établi un protocole de recherche basé d'une part sur une enquête par questionnaire fermé et d'autre part, sur des observations en situation dissimulées, les élèves ne sachant pas explicitement que leurs comportements seraient observés et analysés lors de l'expérimentation de problèmes ouverts. Il aurait été souhaitable de procéder à des entrevues individuelles pour étudier finement le rapport aux mathématiques des élèves, mais cette procédure, extrêmement coûteuse en temps, n'aurait pas pu être mise en oeuvre pendant une période d'expérimentation aussi réduite.

III.3. Population soumise à l'expérimentation

La population se compose de 22 élèves d'une classe de CM2 de l'école élémentaire Dr Philippe Vinson à la Montagne à Saint-Denis de La Réunion, provenant d'un milieu socioculturel très favorisé. Etiquetée comme une « bonne classe », sans problèmes de discipline, par les titulaires de l'école, cette classe est apparue en fait comme très « scolaire » : les élèves sont dociles, disciplinés, de bonne volonté et travailleurs mais ont été en apparence soumis à un enseignement très traditionnel (de type transmissif) au vu notamment des comportements de élèves. Cette classe forme un échantillon idéal où engager une expérimentation sur les problèmes ouverts puisque ce type de problèmes n'a vraisemblablement jamais été proposé aux élèves pendant leur scolarité. Dans la configuration retenue pour l'expérimentation, il n'a pas été possible de constituer un groupe témoin qui ne subirait pas l'expérimentation vu le faible effectif de l'échantillon (une seule classe) pour le traitement statistique des données.

III.4. Protocole de recherche

L'investigation consiste à faire répondre les élèves à un questionnaire qui permet d'évaluer leur rapport aux mathématiques suivant différentes dimensions et utilisant de nombreux indicateurs (Cf. Questionnaire, Annexe 1) deux fois : une fois avant l'expérimentation de problèmes et une seconde fois après l'expérimentation. On observe ensuite l'évolution des réponses entre les deux questionnaires pour apprécier l'effet qu'a eu l'expérimentation de problèmes ouverts sur le rapport aux mathématiques des élèves.

Cette collecte de données par sondage s'accompagne aussi d'une observation qualitative des comportements des élèves lors des séances de recherche de problèmes ouverts. Tous les brouillons de recherche des élèves ont été récupérés après chaque séance afin d'étudier finement les diverses procédures des élèves.

L'expérimentation comporte plusieurs problèmes proposés aux élèves pendant différentes séances. Parmi les problèmes recherchés pendant cette investigation, deux parmi les quatre problèmes ouverts qui ont fait l'objet du travail le plus approfondi en classe sont analysés brièvement ci-dessous. Le déroulement des séances correspondantes est détaillé dans les annexes 2, 3, 4, et 5). Accessoirement, nous avons également recueilli une représentation des mathématiques des élèves dans le cadre d'une séance d'arts visuels (Cf. Annexe 7). Finalement, un travail de tri de textes sur des histoires et des énoncés de problèmes (Cf. Annexe 6) nous a permis d'avoir une idée de leur représentation de ce qu'est un énoncé de problème mathématique¹⁵.

III.5. Choix des problèmes ouverts pour l'expérimentation

Les problèmes ouverts proposés aux élèves sont issus du livre d'ERMEL CM2¹⁶. Tous ces problèmes ont fait l'objet d'une réflexion approfondie dans leur conception et leur utilisation, et ont

¹⁵ L'analyse de ces deux activités n'est pas présentée dans ce document.

¹⁶ ERMEL, Apprentissages numériques et résolution de problèmes CM2, Hatier, 2001

été expérimentés dans des classes. Ceci nous a assuré de disposer d'une banque de problèmes « prêts à l'emploi », applicables dans une classe de CM2, accompagnés d'une analyse didactique sur les procédures attendues des élèves, les difficultés éventuelles, de conseils de méthodologie et de mise en oeuvre pour les séances. Les quatre problèmes ouverts (dont deux détaillés ci-dessous) relèvent tous du champ numérique. Un problème de logique mathématique a également été proposé mais ne fera pas l'objet d'une analyse dans ce document. Aucun problème de géométrie n'a pu être soumis aux élèves dans cette expérimentation mais cette situation ne résulte pas d'un choix délibéré, seulement d'un manque de temps pour cette étude. Il eût probablement été profitable d'avoir recours à des problèmes ouverts dans les différents champs mathématiques pour l'expérimentation afin que celle-ci puisse concerner le plus possible d'« aspects » des mathématiques qui interviennent tous dans le rapport des élèves à cette discipline.

III.6. Mise en oeuvre des séances de problèmes ouverts

Les déroulements de séances détaillées dans les annexes ont été pensés en prenant en compte les propositions d'interventions didactiques préconisées par Ermel dans la mise en oeuvre d'activités de problèmes ouverts. Il a notamment été porté une attention particulière à une phase essentielle, selon Ermel, de l'action didactique : la mise en commun. Dans les situations de recherche, l'objectif principal assigné à cette phase est de présenter et d'analyser les différentes procédures trouvées par les élèves, d'établir des liens entre elles, de valoriser la multiplicité, voire l'originalité.

Avant de débiter la mise en pratique de problèmes de recherche dans une classe, nous doutions de la pertinence didactique d'une phase de mise en commun dans le cas des problèmes ouverts. Attirée de façon intuitive par une sorte d'« utopie » pédagogique que l'on pourrait qualifier de constructivisme extrémiste non-interventionniste où les élèves seraient invités à construire seuls leurs apprentissages avec une aide et une intervention de l'enseignant réduites au minimum, nous avons toujours rejeté l'idée que présenter les diverses procédures des élèves pouvait avoir un quelconque intérêt puisqu'ils ne les avaient pas construites eux-mêmes (à part la leur quand ils en avaient construit une). Ces indices qu'on distille, ces procédures qu'on suggère et ces solutions qu'on souffle sont autant d'aide que nous considérons comme néfastes, persuadée que l'aide à la résolution de problème, c'est le problème qu'on assassine.

Néanmoins, prête à renoncer et à tester nos a priori didactiques pendant cette expérimentation, nous avons pratiqué des mises en commun lors de chacune des séances en suivant les recommandations d'Ermel.

Dans la partie suivante, les séances de problèmes ouverts sont analysées succinctement du point de vue des attitudes, des réactions et des comportements des élèves.

IV. Analyse des observations et résultats

IV.1. Problème de la somme et de la différence

L'énoncé du problème est : « *Je pense à deux nombres. Leur somme vaut 49 et leur différence vaut 3. Quels sont ces deux nombres ?* ». La solution experte pour résoudre ce problème consiste à utiliser une mise en équation. Des élèves de CM2 peuvent résoudre le problème en faisant des essais plus ou moins organisés. Les différentes procédures attendues des élèves sont mentionnées dans la fiche de séance en annexe 2.

Ce problème ouvert fut le premier proposé dans le cadre de cette expérimentation. Les réactions des élèves ne se firent pas attendre : « On ne peut pas trouver, on ne donne pas les nombres dans l'énoncé ! », « Je ne vois pas quelle opération il faut faire », « C'est un problème impossible », « Il n'y a pas de solution » etc., exprimant une sorte de désarroi devant cet énoncé intrigant, en apparence si simple mais qui *pose problème* !

R. Charnay⁹ analyse précisément la difficulté que provoque ce type de problème inhabituel chez les élèves qui « *ne peuvent répondre par une solution standard obtenue par une suite de calculs. Beaucoup d'entre eux semblent être dans l'impossibilité de procéder autrement qu'en déduisant la réponse de calculs sur les seuls nombres de l'énoncé. Pour eux, faire des mathématiques, c'est faire des calculs, et au bout de ces calculs, doit se trouver la réponse. C'est l'image qu'ils se sont construites de ce qu'on attend d'eux dans ce type d'activité, c'est leur lecture du contrat didactique pour les tâches de résolution de problèmes* ». On conçoit ainsi la « résistance » qu'offrent ces problèmes ouverts aux élèves ayant peu de compétences pour s'engager dans une procédure de résolution personnelle.

Certains élèves, ayant trouvé une manière de résoudre le problème après avoir réfléchi, ont suscité une saine émulation dans la classe, tous les autres élèves étant dès lors convaincus qu'il y avait donc bien une solution à ce problème, et qu'il suffisait de chercher un peu plus pour trouver. Lorsqu'une majorité d'élèves fut parvenue à une représentation du problème et à un début d'opérationnalisation de la représentation se traduisant par la réalisation d'essais, nous avons procédé à la phase de mise en commun des procédures. À ce moment, l'élève le plus en difficulté de la classe, s'exprimant très peu en classe, a réclamé qu'on le laisse encore chercher avant de donner les méthodes et les résultats, démontrant ainsi un intérêt profond à rechercher la solution de ce problème qu'il ne voulait pas voir dénaturé par la suggestion d'une démarche de résolution ou pire encore, de la solution. Nous avons ainsi observé une classe « absorbée » par un problème décidément bien étrange pour que tous les élèves sans exception s'essaient à le « creuser » de la sorte, sans autre motivation que la résolution d'une énigme !

En choisissant certaines valeurs pour la somme et la différence qui sont des variables didactiques, on peut aboutir à des cas impossibles où il n'y a pas de solution au problème. Ces cas offrent la possibilité de causer une rupture du contrat didactique dont une des règles affirme que l'enseignant a la responsabilité de proposer des problèmes faisables où il y a une solution. Dans une seconde étape, nous avons bien sûr proposé aux élèves d'essayer de chercher le problème pour un cas où il n'y a pas de solution. Les élèves ont dû transgresser (non sans difficulté pour certains) cette règle implicite du contrat lorsqu'ils ont argumenté à propos de l'existence de solutions à ce problème.

L'énoncé du problème, jouant sur des relations entre des nombres décontextualisés, a peut-être constitué une difficulté pour certains élèves, ou induit une absence de motivation pour un énoncé abstrait. Aussi aurait-il été intéressant de proposer la résolution du même type de problème dans un contexte différent, par exemple avec un énoncé comme celui-ci: « *James a 3 euros de plus qu'Océanne. S'ils mettent leur argent ensemble, ils ont 42 euros. Combien d'argent a James ? Quelle somme possède Océanne ?* ».

IV.2. *Problème du trésor du pirate*

Ce problème constitue une sorte de problème ouvert « classique » dans le sens où il se retrouve cité dans plusieurs ouvrages et a fait l'objet d'analyses approfondies, entre autres par ERMEL, Charnay⁹, Porcheron & Guillaume¹⁷ sous le titre du problème de la tirelire. Ne pouvant être sûre que le problème n'avait jamais été proposé dans cette classe, nous avons choisi de changer le contexte sémantique du problème pour le transformer en « trésor du pirate » en conservant les mêmes valeurs numériques. Il est à noter que ce changement de contexte sémantique n'est pas sans incidence sur la réussite à résoudre le problème, les élèves ayant des représentations différentes du problème suivant le contexte comme l'a démontré J. Julio⁶. Ainsi, par un simple changement de quelques mots dans l'énoncé peut-être a-t-on rendu le problème plus ou moins difficile à résoudre pour les élèves alors que la structure mathématiques sous-jacente et les variables didactiques sont identiques .

¹⁷ PORCHERON J.-L., GUILLAUME J.-C., In *Comment font-ils ? l'écolier et le problème de mathématiques*, Rencontres pédagogiques, INRP, 1984, p.34

Il s'agit d'un type de problème pour lequel les élèves de cycle 3 ne connaissent pas de procédure experte mais qu'ils peuvent résoudre en mettant en oeuvre une procédure personnelle. La structure mathématique sous-jacente est un système linéaire de deux équations à deux inconnues, le nombre de pièces et le nombre de billets. Une procédure experte consiste par exemple à mettre en équation et à résoudre le système d'équations par substitution. Pour un tel problème, en CM2, on attend des élèves qu'ils émettent et testent des hypothèses, qu'ils gèrent des essais et qu'ils vérifient que la solution produite tient compte de toutes les contraintes de l'énoncé. Ce problème a dans un premier temps causé de grandes difficultés aux élèves qui se sont traduites par des visages perplexes, contrariés, tendus ou perdus, et par une inhibition, une suspension de toute activité autre que la relecture de l'énoncé. J. Julo⁶ explicite les réactions ainsi observées en faisant remarquer que « *ce problème est représentatif d'un certain type de casse-tête : ceux qui conduisent rapidement à un blocage important au niveau de l'action. Or cette absence d'action, non seulement est frustrante mais a également un effet très néfaste au niveau du processus de résolution en bloquant toute possibilité d'évolution de la représentation (...) On sèche vraiment ! (...) Le niveau d'opérationnalisation de cette représentation devient si faible qu'il ne permet plus d'agir (ni matériellement, ni mentalement) et de tendre ainsi vers la solution* ».

Pour faire cesser la frustration de n'y rien comprendre, certains élèves se réfugient dans la sécurité apportée par les règles du contrat didactique en faisant des calculs sur les nombres prélevés dans l'énoncé (car c'est ce que l'on doit faire habituellement pour résoudre un problème) mais qui n'ont aucun sens par rapport à l'énoncé. D'autres, se remémorant la résolution du problème ouvert précédent, se souviennent qu'il fallait « faire des essais » mais en ont retenu l'idée que cela consiste à faire des opérations au hasard sur des nombres au hasard en espérant trouver un résultat qui soit un nombre donné dans l'énoncé !

Cette réaction d'imitation d'une procédure mal comprise (car pas construite ?) face au problème s'est produite chez de nombreux élèves d'un bon ou très bon niveau scolaire général et en mathématiques, mais qui avaient eu des difficultés à résoudre le premier problème ouvert lors de sa phase initiale. Pour ce premier problème, l'idée de faire des essais ne leur était pas venue d'eux-mêmes. Pour arriver à la solution, ils avaient imité leurs voisins ou, assimilé et reproduit une idée de procédure de résolution présentée lors d'une phase de mise en commun. Bien qu'ils aient su très bien appliquer la procédure exposée lors des étapes ultérieures du problème de la somme et de la différence, ils ont été incapables de réutiliser correctement l'idée de faire des essais dans un nouveau contexte pour le problème du trésor du pirate alors qu'il s'agit mathématiquement de deux problèmes très proches à deux inconnues et deux contraintes. Ce non-réinvestissement d'une procédure, assimilée pendant une phase de mise en commun sans avoir été véritablement construite, dans un autre problème a fait ressurgir nos doutes quant aux interventions didactiques de l'enseignant souhaitables dans des activités de problèmes ouverts¹⁸.

IV.3. *Autres problèmes ouverts*

Deux autres problèmes ouverts ont été proposés aux élèves pendant cette expérimentation : le problème des trois nombres qui se suivent (« *Je pense à 3 nombres entiers qui se suivent. Je les additionne. Je trouve une certaine somme. Quels sont ces 3 nombres ?* »), et le problème des cordes qui aboutit au calcul de la somme des n premiers entiers. Les déroulements des séances correspondantes sont détaillés en annexe.

À la fin de l'expérimentation, nous avons demandé aux élèves si les problèmes qu'ils avaient cherchés ressemblaient à ce qu'ils faisaient habituellement en mathématiques. Les élèves ont bien perçu une différence entre ces problèmes où « il faut réfléchir, on ne sait pas comment il faut faire au début, on essaye, chacun a sa méthode etc. » et les activités mathématiques plus classiques du

¹⁸ La réflexion sur ce sujet ne sera pas développée davantage dans ce document, même si cette question paraît fondamentale à l'auteur.

manuel. Ils ont aussi fait remarquer que ces problèmes ressemblent aux problèmes que l'on rencontre dans la vie réelle où il n'y a jamais une solution toute prête à appliquer mais où il faut arriver par soi-même à résoudre les problèmes. Enfin, ils ont noté que cela leur faisait développer des aptitudes à penser différemment, à expliquer, à justifier, à raisonner plus sûrement, à valider leur résultat par eux-mêmes, et à leur donner plus confiance en eux dans leur propre capacité à faire des mathématiques.

Quand bien même il peut sembler impossible d'évaluer scientifiquement le rapport aux mathématiques des élèves à partir de simples observations de classe, on peut analyser subjectivement les changements de comportement perçus au fur et à mesure de l'expérimentation. Nous avons ainsi senti des élèves de moins en moins inquiets lorsqu'arrivaient les séances de problèmes ouverts. La plupart ont paru comprendre progressivement que l'important n'est pas de trouver instantanément la solution, et que l'on pouvait éprouver du plaisir à trouver (les visages soudain s'illuminent d'intelligence!) après avoir longuement cherché et douté de soi-même. Afin d'éclairer plus précisément ces indications comportementales d'un possible changement du rapport aux mathématiques des élèves, une analyse statistique du questionnaire soumis aux élèves est décrite dans la partie suivante.

IV.4. Description du questionnaire

La première partie du questionnaire (questions Q1 à Q18) vise à saisir, au travers du choix d'adjectifs qualificatifs, à quels qualités ou caractères sont associées les mathématiques par les élèves. Les caractères sont notés sur une échelle bipolaire en sept points, les deux pôles étant constitués de deux aspects contraires, telles que « faciles ou difficiles ». N'ayant pas d'idée a priori sur les adjectifs que des élèves de cycle 3 pourraient associer aux mathématiques, et n'ayant pas le temps de procéder à des entretiens individuels préliminaires à notre expérimentation afin de collecter les attributs les plus fréquemment liés aux mathématiques par les élèves, nous avons décidé de recourir au questionnaire proposé par Jacques Nimier¹⁹, élaboré à partir de l'étude des thèmes remarquables qu'il a relevés dans des entretiens qu'il a effectués. L'utilisation du même questionnaire pourra aussi permettre une comparaison ultérieure des résultats obtenus pour cette classe avec ceux publiés par J. Nimier.

Dix-huit couples d'adjectifs de sens contraires ont été proposés et les élèves avaient à cocher une case sur une échelle de 1 à 7 pour chaque couple. Par exemple, pour la question « Les mathématiques te paraissent-elles faciles / difficiles ? », les réponses possibles (très difficiles / assez difficiles / un peu difficiles / pareil / un peu faciles / assez faciles / très faciles) sont codées respectivement 1, 2, 3, 4, 5, 6 et 7. La réponse médiane où n'est exprimée aucune préférence pour l'un ou l'autre des adjectifs et son contraire est codée par la valeur 4.

Lors de cette enquête, afin d'être sûre que la signification de chaque adjectif était comprise de tous les élèves, nous avons fait expliciter le sens de tous ces couples de mots par la classe, en ayant recours au dictionnaire pour certains adjectifs peu familiers d'élèves du cycle 3.

Il est à noter qu'à la lecture du questionnaire en commun, les élèves ont été au premier abord fortement surpris dès lors que les adjectifs se situaient au plan imaginaire tels que « Les mathématiques te paraissent-ils solides ou fragiles ? Bonnes ou mauvaises ? Etc. » Devant notre demande renouvelée de noter ce qu'ils sentaient, percevaient des mathématiques même si la question ne semblait pas avoir de sens pour eux à première vue et ne ressemblait pas aux questions qui leur étaient posées d'habitude, ils se sont aventurés à répondre au questionnaire consciencieusement en prenant bien le temps d'examiner chaque question.

Afin de ne pas influencer les réponses, les couples d'adjectifs présentant un aspect « négatif » et « positif » avaient été disposés au hasard dans le questionnaire. Pour la lisibilité des résultats

¹⁹ NIMIER J., *Mathématique et affectivité : une explication des échecs et des réussites*, Stock, 1976

d'analyse, nous avons replacé tous les aspects négatifs en bas et les aspects positifs en haut du graphique présentant les résultats (Cf. Annexe 9).

La deuxième partie du questionnaire (questions Q19 à Q54) est une grille d'analyse multidimensionnelle de l'attitude affective des élèves à l'égard des mathématiques. Cette grille a été testée sur un échantillon important d'élèves dans divers pays francophones²⁰ et a permis de définir des tendances dans les attitudes affectives de certains groupes d'élèves. Elle peut être utilisée comme un instrument pour comparer les résultats d'un élève ou d'un groupe d'élèves aux résultats moyennés obtenus pour le grand échantillon. Les auteurs de cette grille distinguent neuf attitudes différentes ou modes de relation à l'objet mathématique: l'attitude « positive », la réparation, l'introjection de bon ordre, le narcissisme, l'angoisse, la renonciation, la projection, le refoulement et l'attitude « négative » (Cf. Annexe 8 pour une explicitation de ces termes).

Enfin, la troisième partie du questionnaire a pour objectif, soit d'explorer quelques autres indicateurs mineurs, absents de deux premières parties du questionnaire, soit de proposer des indicateurs similaires à ceux des deux premières parties, afin de vérifier par corrélation, que les élèves donnent bien des réponses cohérentes du début à la fin du questionnaire et qu'ils répondent sérieusement !

IV.5. Résultats et interprétation

Les résultats présentés ci-dessous sont étayés par une analyse statistique des données recueillies grâce au questionnaire soumis aux élèves. Les traitements statistiques ont consisté à effectuer un test non-paramétrique (test des rangs appliqué au cas d'échantillons appariés de Wilcoxon) à l'aide d'un tableur. Il convient d'adopter une attitude prudente concernant l'utilisation et l'interprétation de ces résultats en raison du caractère exploratoire du travail. Les constats faits sont avant tout destinés à ouvrir des pistes pour des recherches plus systématiques.

La Figure 1 (Cf. Annexe 9) présente les moyennes des notes données par les élèves aux questions Q1 à Q18, avant l'expérimentation de résolution de problèmes ouverts (tracés en pointillés bleus et ronds) et après l'expérimentation (tracés en traits pleins roses et carrés). Les adjectifs « négatifs » apparaissent en bas de la figure et ils leur sont associés des notes de 1 à 4, alors que les adjectifs « positifs » correspondent à des notes de 4 à 7. Les distributions des notes pour chaque question sont unimodales, la moyenne représentant bien l'opinion majoritaire. On remarque que pour la période pré-expérimentation (dénommée « avant » dans la légende), la majorité des points du graphique se situent dans la zone supérieure de la figure notée de 4 à 7 du côté des adjectifs « positifs », ce qui signifie qu'en moyenne les élèves ont globalement *une image plutôt positive des mathématiques*. On notera cependant que les mathématiques apparaissent un peu « imposées » et « exigeantes ».

Le traitement statistique des données à l'aide d'un test des rangs signés de Wilcoxon révèle une modification du rapport aux mathématiques significative statistiquement avec une probabilité de 95% pour les questions Q3, Q9, Q11, Q15, Q18, Q20, Q30, Q38, Q49, Q51, Q54, Q60, Q62, Q84 et Q95. Pour toutes les autres questions, on ne peut pas rejeter l'hypothèse nulle (au seuil de 90%) que l'expérimentation n'a pas eu d'impact sur le rapport aux mathématiques des élèves.

On trouve ainsi, qu'après l'expérimentation de problèmes ouverts, les mathématiques sont perçues comme moins faciles (Q3), plus sécurisantes (Q9), moins exigeantes (Q11), plus solides (Q15), moins franches (Q18). Devant un problème de mathématiques, ils ressentent un peu que les difficultés rencontrées sont comme un mur (Q20), ils perçoivent moins que faire des mathématiques est quelque chose de fondamental (Q30) et moins que c'est une façon de discipliner son esprit (38)

²⁰ BOUVIER A., *et al.*, Didactique des mathématiques, le dire et le faire, Cedic/Nathan, 1986

mais ils expriment un plus grand accord avec l'affirmation que les mathématiques permettent d'avoir un raisonnement sûr (Q49). Ils sont moins convaincus qu'« en mathématiques, on sait ou on ne sait pas » (Q54). Ils sont plus d'accords avec l'affirmation que « quand je fais des maths, je construis des choses » (Q60). Ils se récusent fortement après l'expérimentation que « les maths sont ennuyeuses » (Q62). Ils sont moins nombreux à nier qu'« un problème, c'est comme un barrière » (Q84). Enfin, ils sont plus nombreux à se sentir libres lorsqu'ils résolvent des problèmes (Q95).

De façon moins nette (seuil de probabilité à 90%), ils trouvent que les mathématiques sont un peu plus puissantes qu'avant l'expérimentation (Q12). Devant un problème de mathématiques, ils sont moins d'accord avec l'impression d'être devant un trou noir (Q23). Les avis sont partagés sur le fait que faire des mathématiques est quelque chose d'obligatoire ou non (37). Ils sont légèrement plus en faveur avec l'affirmation que les maths permettent de se détendre (Q66) et sont un peu plus nombreux à ne pas nier se sentir prisonniers quand ils résolvent des problèmes (Q90) même si la majorité des élèves ne se sentent pas prisonniers. Enfin, ils pensent plus volontiers que « les maths permettent de lier des idées entre elles ».

Une première analyse sommaire des modes relation à l'objet mathématique semble indiquer que les élèves utilisent un peu plus le processus de projection que tous les autres processus et très peu le processus d'introjection. On constate une différence entre les moyennes obtenues par cette classe et le grand échantillon de référence d'élèves français²⁰ testé dans la construction de la grille. Enfin, le rôle du processus de projection apparaît plus important après l'expérimentation de problèmes ouverts, les élèves projetant plus de sentiments inconscients sur l'objet mathématique.

Globalement, cette étude statistique sommaire semble indiquer que les élèves ont vu leur rapport aux mathématiques modifié sur certains points dans un sens que l'on peut interpréter positivement. S'il peut paraître étonnant que sur une si courte période d'expérimentation, un impact positif soit décelable, on peut vraisemblablement conjecturer que le rapport aux mathématiques des élèves, loin d'être figé, peut à tout moment évoluer positivement avec des pratiques d'enseignement appropriées.

V. Conclusion

L'expérimentation de problèmes ouverts réalisée dans une classe de cycle 3 a permis de mettre en évidence une modification du rapport aux mathématiques des élèves, d'abord par l'observation du groupe classe au fur et à mesure des séances, ensuite par les résultats issus d'un traitement statistique d'un questionnaire évaluant leur rapport aux mathématiques. La modification peut s'interpréter globalement dans un sens favorable, les élèves ayant une image plus « positive » de la discipline après l'expérimentation. Si la modification ne s'est opérée que sur un nombre restreint d'indicateurs, il convient de noter que malgré une période d'expérimentation très courte, un impact positif statistiquement significatif a pu être observé. L'analyse statistique pourra encore être affinée, notamment en étudiant non plus globalement la classe, mais les modifications du rapport de chaque élève individuellement. Il serait aussi intéressant d'examiner des corrélations éventuelles des modifications d'attitude avec d'autres critères comme le niveau en mathématiques, l'estime de soi etc.

Pour pouvoir généraliser les résultats obtenus, il conviendrait de mener cette étude exploratoire dans d'autres classes de profils divers où l'image initiale des mathématiques est différente de la classe où a été menée cette expérimentation pilote. Enfin, ce travail renforce notre conviction première que les problèmes ouverts sont une activité essentielle pour donner le « plaisir du sens » mathématique aux élèves et qu'ils doivent faire partie des pratiques de classe régulières à tous les niveaux.

VI. Bibliographie

ARSAC G., GERMAIN G., MANTE M., Problème ouvert et situation-problème, IREM Lyon, 1991, cité par CHARNAY R., MANTE M., Préparation à l'épreuve de mathématiques du concours de professeur des écoles, Hatier, 1995

BKOUCHE R., CHARLOT B., ROUCHE N., Faire des mathématiques : le plaisir des sens, A. Colin, 1991

BOUVIER A., *et al.*, Didactique des mathématiques, le dire et le faire, Cedic/Nathan, 1986

BROUSSEAU G., Fondements et méthodes de la didactique des mathématiques, *In* Didactique des Mathématiques, Delachaux et Niestlé, 1996

BRUN J., revue Math-Ecole, n°141, 1999

CHARNAY R., Pourquoi des mathématiques à l'école ?, Pratiques et enjeux pédagogiques, ESF, 1996

ERMEL, Apprentissages numériques et résolution de problèmes CM2, Hatier, 2001

JULO J., Représentation des problèmes et réussite en mathématiques, PU Rennes, 1995

MARTINOT D., MONTEIL J.-M., Insertions scolaires et représentations de soi, *In* Perspectives cognitives et conduites sociales, Delachaux et Niestlé, 1996, cité par P. Merle

M.E.N., Qu'apprend-on à l'école élémentaire ?, Les programmes 2003-2004, CNDP, 2003

M.E.N., Mathématiques cycle 2, Documents d'application des programmes, CNDP, 2002

M.E.N., Mathématiques cycle 3, Documents d'application des programmes, CNDP, 2002

M.E.N., Les problèmes pour chercher, Document d'accompagnement des programmes

M.E.N., Evaluations CE2-sixième-cinquième, Les Dossiers n°141, Repères nationaux, 2002

MERLE P., Les mathématiques au collège : la perception des élèves des classes de sixième et troisième, APMEP, n°448, 2003

NIMIER J., Mathématique et affectivité : une explication des échecs et des réussites, Stock, 1976

PORCHERON J.-L., GUILLAUME J.-C., *In* Comment font-ils ? L'écolier et le problème de mathématiques, Rencontres pédagogiques, INRP, 1984