



HAL
open science

Améliorer les compétences d'argumentation des élèves de CM2 à travers la résolution de problèmes de type rallye maths

Martin Husson

► **To cite this version:**

Martin Husson. Améliorer les compétences d'argumentation des élèves de CM2 à travers la résolution de problèmes de type rallye maths. Education. 2021. dumas-03361471

HAL Id: dumas-03361471

<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-03361471>

Submitted on 1 Oct 2021

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.

Année universitaire 2020-2021

Master MEEF

Mention 1^{er} degré

2^{ème} année

AMÉLIORER LES COMPÉTENCES D'ARGUMENTATION DES ÉLÈVES DE CM2 À TRAVERS LA RÉOLUTION DE PROBLÈMES DE TYPE RALLYE MATHS

**Mots Clefs : Problèmes pour chercher – Argumentation – Rallye Maths – Preuve
mathématique**

Présenté par : Martin HUSSON

Encadré par : Eric GREFF

Table des matières

Introduction :	3
I) Apports de la recherche :	5
1. Qu'est-ce que la résolution de problèmes en mathématiques ?	5
1.1 Qu'est-ce qu'un problème en mathématiques ?	5
1.2 La place des problèmes dans les programmes scolaires de cycle 3.....	7
1.3 Comment choisir un problème mathématique ?.....	8
1.4 Qu'est-ce qu'un rallye mathématique ?.....	9
1.5 Ses règles et son organisation.....	10
1.6 La place de l'enseignant.....	11
1.7 Intérêts du rallye.....	12
2. Qu'est-ce que l'argumentation en mathématiques ?	12
2.1 La place de l'argumentation dans les programmes.....	13
2.2 Développement de l'argumentation chez l'enfant	13
2.3 Qu'est-ce que l'argumentation en mathématiques ?	15
2.4 Le débat mathématique.....	16
2.5 La place de l'enseignant dans ces échanges.....	17
II) Mise en place et expérimentation :	18
1. Objectifs de recherche et méthodologie :	18
1.1 Objectifs de recherche :	18
1.2 Méthodologie :.....	18
2. Situations et éléments mis en place en amont en période 3 :	18
2.1 Découverte et choix des problèmes pour chercher :	18
2.2 Découverte du débat mathématique :	20
3. Situations et éléments mis en place en période 4 : vers le rallye mathématique	21
3.1 Découverte du rallye : 1 ^{er} entraînement.....	21
3.2 Une séance de langage entre les deux phases d'entraînement pour apporter de la précision dans les termes mathématiques employés par les élèves.....	23
3.3 Le débat mathématique lié au problème géométrique du rallye 1 :	23
3.4 Deuxième rallye avec un problème de géométrie similaire :	24
III) Analyse des résultats et discussions :	25
1. Analyse des résultats :	25
1.1 Les problèmes de type rallye mathématique permettent-ils d'améliorer les compétences d'argumentation des élèves de CM2 ?	25
1.2 Les problèmes de type rallye mathématique sont-ils des vecteurs d'apprentissage efficaces ?	31
2 Discussions :	33
2.1 Des objectifs atteints :	33
2.2 Limites :.....	33
2.3 Pour aller plus loin :.....	33
Conclusion :	34
Bibliographie :	35
ANNEXES :	37
Annexe 1 : ZOOLOGIE.....	37
Annexe 2 : Problème étudié – Rallye 1 :.....	37
Annexe 3 : Les autres problèmes proposés – Rallye 1 :.....	38
Annexe 4 : Séance lexicale géométrie :.....	39
Annexe 5 : Rallye 2 :.....	40

Annexe 6 : Problème géométrique étudié - Rallye 2 :	41
Annexe 7 : Retranscription du raisonnement du groupe 1 :	42
Annexe 8 : Retranscription du raisonnement du groupe 3 :	43
Annexe 9 : Retranscription du raisonnement du groupe 6 :	44
Annexe 10 : Retranscription du raisonnement du groupe 3 – Rallye 2 :	45
Annexe 11 : Retranscription du raisonnement du groupe 5 – Rallye 2 :	46
Annexe 12 : Évaluation sommative de géométrie :	47
<i>Résumés :</i>	48

Introduction :

“Niveau en maths et en sciences : la France s’enfonce. » Voici le triste titre d’un article du journal Libération publié le 8 décembre 2020 à la sortie des résultats de l’étude TIMSS (Trends in International Mathematics and Science Study). Cette étude évalue les performances en mathématiques des élèves de primaire (CM1) et collège (4^{ème}) et les résultats sont alarmants. La France se situe à la dernière position des pays européens. D’autres études dressent le même constat comme l’enquête PISA ou l’enquête Cedre : le niveau en mathématiques des écoliers français est en baisse. Changer la manière d’enseigner les mathématiques est donc un objectif majeur à la fois pour l’institution, mais aussi pour les professeurs des écoles et les chercheurs en didactique des mathématiques.

Pourtant, au cours du XX^{ème} siècle les méthodes d’enseignement des mathématiques ont connu de grands changements. À partir de la réforme des mathématiques modernes de 1978, une place centrale est accordée à la résolution de problèmes dans l’apprentissage des mathématiques. Depuis lors, une grande continuité s’observe dans les programmes scolaires de mathématiques avec une priorité à la notion de problème. C’est donc dans une logique de continuité que nous retrouvons la résolution de problèmes au cœur des programmes mathématiques actuels et au cœur des six compétences majeures des mathématiques (Chercher – Modéliser – Représenter – Reasonner – Calculer – Communiquer). Il est ainsi pertinent de s’intéresser à la résolution de problèmes mathématiques dans le cadre de son enseignement. Dans le cadre de cette recherche nous nous intéresserons aux problèmes dits « problèmes ouverts ». Il s’agit de problèmes dont la ou les méthode(s) de résolution ne sont pas induites par l’énoncé et au cours desquels il reviendra à l’élève de s’engager dans une procédure de recherche.

Étant adepte de ce genre d’exercices, j’avais la volonté de mettre en place en classe des situations permettant de mettre les élèves en situation de recherche. Toutefois, cette mise en place a soulevé des questionnements qui m’ont interpellé. Comment mettre en place des problèmes ouverts ou des rallyes mathématiques en classe ? Quels sont les intérêts de ces situations ? Qu’allons-nous pouvoir travailler avec les élèves ? Sont-ils vecteurs d’un apprentissage efficace ? Très vite, la notion d’argumentation et la mise en place de débats mathématiques ont suscité mon intérêt. Mais ces problèmes ouverts permettent-ils vraiment d’améliorer les compétences d’argumentation des élèves de CM2 ? À travers ces situations, est-ce que les élèves parviendront à prendre conscience de ce qu’est l’argumentation en

mathématiques ? À savoir, qu'elle consiste à prouver une affirmation ou au contraire contredire une affirmation par le biais de propriétés mathématiques. De plus, cette argumentation mathématique a une double finalité : convaincre un auditoire et établir la justesse d'une proposition.

Par conséquent, en tant que professeur des écoles stagiaire dans une classe de CM2, je me suis demandé comment organiser ces activités pour qu'elles soient des vecteurs d'apprentissage efficaces et pour qu'elles améliorent les compétences d'argumentation de mes élèves. Ma classe est composée de vingt élèves avec un niveau plutôt homogène en mathématiques. Les situations problèmes qui ont été proposées à mes élèves ont été tirées de l'ouvrage Défi Maths CM2 (Résoudre des énigmes en équipe)¹ et du site internet de l'IREM Paris – Nord. De plus, plusieurs débats mathématiques ont été effectués pour que les élèves prennent conscience de la nécessité de la preuve en mathématiques. Ces débats ont ainsi permis aux élèves d'acquérir des stratégies d'argumentation et leur ont également permis d'acquérir des structures de phrases pour argumenter leur propos. En outre des problèmes sur des notions géométriques précises ont été proposés puis évalués pour étudier si ces situations étaient vectrices d'un apprentissage efficace. Selon la définition de De Ketele (1989), l'apprentissage est « un processus systématiquement orienté vers l'acquisition de certains, savoirs, savoir-faire, savoir-être et savoir-devenir. »

L'enseignement de ce type de problèmes me paraît décisif pour l'enseignement des mathématiques. J'ai donc choisi ce sujet pour m'intéresser à ce qu'il était possible de travailler, avec des élèves de CM2, au cours de ces situations. Et plus précisément, je me pose la question suivante : « les problèmes de type rallye mathématiques permettent-ils d'améliorer les compétences d'argumentation en mathématiques des élèves de CM2 ? »

Pour répondre à cette question, j'étudierai les différents apports de la recherche sur le sujet, puis dans un second temps j'explicitai les modalités de mise en place de ma recherche. Et dans un troisième temps, j'exposerai les résultats de cette recherche.

¹ P. COLIN et C. REDOUTÉ, Défi Maths CM2, Résoudre des énigmes en équipe, Retz, 2004.

I) Apports de la recherche :

1. Qu'est-ce que la résolution de problèmes en mathématiques ?

1.1 Qu'est-ce qu'un problème en mathématiques ?

« I do believe that problems are the heart of Mathematics. » (Halmos, 1985)²

Comme le souligne Halmos, le problème est le cœur de l'activité mathématique. De nombreux auteurs ainsi que les programmes scolaires (BOEN n° 31 du 30 juillet 2020) partagent cet avis. Dans les programmes de mathématiques du cycle 3 il est écrit que la résolution de problèmes « constitue le critère principal de la maîtrise des connaissances dans tous les domaines des mathématiques ». Mais qu'est-ce qu'un problème mathématique ?

En 1900, au congrès international des mathématiciens de Paris, David Hilbert décrivait ce qu'était un problème : « Pour avoir de l'attrait, un problème mathématique doit être difficile, mais non pas inabordable, sinon il se rit de nos efforts ; il doit au contraire être un véritable fil conducteur à travers les dédales du labyrinthe vers les vérités cachées, et nous récompenser de nos efforts par la joie que nous procure la découverte de la solution. » Cette citation a le mérite d'être claire : trop simple, un problème n'a pas d'intérêt ; trop dur, le problème n'a pas d'intérêt non plus. Il revient donc à l'enseignant de sélectionner des problèmes adéquats au niveau des élèves pour que ces derniers puissent s'investir dans la tâche, essayer, vérifier, recommencer et trouver la solution. Le travail de l'élève, lorsqu'il se retrouve face à l'énoncé d'un problème, consiste à, tel un mathématicien, formuler une proposition précise puis l'essayer. Que cette proposition soit vraie ou fausse, elle représentera toujours un progrès. Nous pouvons mentionner la célèbre citation d'Einstein pour illustrer ces propos : « Je n'ai pas échoué, j'ai trouvé dix mille moyens qui ne marchent pas. »

Si nous reprenons la définition de D. Hilbert, un problème mathématique est donc une question à laquelle le ou les chercheurs (ici les élèves) n'ont pas la solution dans l'immédiat et doivent ainsi essayer différentes méthodes pour y répondre.

² Citation reprise du travail de Marie-Line GARDES. Étude de processus de recherche de chercheurs, élèves et étudiants, engagés dans la recherche d'un problème non résolu en théorie des nombres. Education. Université Claude Bernard - Lyon I, 2013.

Cependant, nous pouvons nous interroger sur la variété des problèmes mathématiques. Tous les problèmes mathématiques sont-ils de même nature ? Ont-ils tous les mêmes finalités d'apprentissage ?

Pour répondre à cette question, nous nous appuyerons sur les travaux de Marie-Line Gardes qui mentionne la typologie de problème de Claude Tisseron (1998)³. Ainsi, ce dernier reconnaît trois types de problèmes :

- Le problème d'application qui correspond au type de problèmes proposés lors d'un entraînement ou d'un réinvestissement de notions étudiées en classe.
- Le problème pour apprendre une nouvelle notion qui correspond aux situations problèmes.
- Le problème pour chercher qui correspond aux problèmes de recherche.

Dans le cadre de ce travail, nous nous intéresserons plus particulièrement au troisième type de problème proposé par C. Tisseron : les problèmes pour chercher. Ce type de problème est également appelé problème ouvert par G. Arzac et M. Mante⁴. Dans leur ouvrage, ces deux auteurs précisent qu'un problème ouvert possède les caractéristiques suivantes :

- Il possède un énoncé court qui n'induit ni la méthode, ni la solution.
- La solution ne doit pas se réduire à l'utilisation ou à l'application immédiate des dernières méthodes ou notions vues en classe.
- Le problème doit pouvoir être conceptualisé par les élèves. Ainsi, ils pourront aisément prendre possession de la situation et s'engager dans des essais, des conjectures, des projets de résolution.

Ainsi, lorsqu'un problème pour chercher ou problème ouvert est proposé à un élève, ce dernier doit mobiliser des connaissances et des notions déjà acquises afin de les mettre en œuvre dans des situations nouvelles et variées. L'intérêt de ce type de problèmes est qu'ils vont permettre aux élèves de retravailler et d'approfondir les connaissances et les notions mises en jeu dans l'exercice. Ces problèmes répondent également pleinement aux attendus des programmes de cycle 3 (BOEN n° 31 du 30 juillet 2020) et des compétences mathématiques travaillées : chercher ; modéliser ; représenter ; raisonner ; calculer ; communiquer.

³ Marie-Line GARDES. Étude de processus de recherche de chercheurs, élèves et étudiants, engagés dans la recherche d'un problème non résolu en théorie des nombres. Education. Université Claude Bernard - Lyon I, 2013, p. 13.

⁴ Gilbert ARSAC et Michel MANTE, *Les pratiques du problème ouvert*, co-édité par l'IREM et le CRDP de l'académie de Lyon (2007).

1.2 La place des problèmes dans les programmes scolaires de cycle 3

Dans les programmes scolaires de mathématiques en cycle 3⁵, la résolution de problèmes « constitue le critère principal de la maîtrise des connaissances dans tous les domaines des mathématiques ». Cette tendance n'a pas toujours été présente dans les programmes scolaires. C'est à partir de la réforme des mathématiques modernes de 1978 qu'une place centrale est accordée à la résolution de problèmes dans l'apprentissage des mathématiques : « La théorie n'est pas un but en soi, mais un outil pour répondre à des questions que pose la vie : technologie, physique, économie. De ce point de vue l'analyse de situations et la résolution de problèmes jouent un rôle majeur. »⁶ Ainsi, depuis cette réforme, nous pouvons voir apparaître un principe toujours d'actualité : les mathématiques sont utilisées pour répondre à des questions (des problèmes) issues de la vie de la classe, de la vie courante ou d'autres enseignements. Dans les programmes du cycle 3 de 1977⁷, la notion de « situation-problème » apparaît comme la notion principale du programme de mathématiques. Ces situations-problèmes sont classées en trois catégories similaires à la typologie de Claude Tisseron (1998). Ainsi, ils distinguent les situations-problèmes pour l'approche de nouvelles notions mathématiques ; les situations-problèmes permettant aux élèves de réinvestir les savoirs ; et les situations-problèmes plus complexes permettant aux élèves d'explorer ces situations en exerçant la précision et la justesse de leur raisonnement.

Depuis lors, une grande continuité s'observe dans les programmes scolaires de mathématiques avec une priorité à la notion de problème. En effet, dans les programmes de 2002⁸, « la résolution de problème est au centre des activités mathématiques et permet de donner leur signification à toutes les connaissances qui y sont travaillées ». Aux programmes de mathématiques de 2002 s'ajoute un document d'accompagnement. Ce dernier⁹ précise que dès l'école élémentaire, les élèves doivent être confrontés à des problèmes ouverts, pour lesquels ils ne disposent pas de solution immédiate et pour lesquels plusieurs méthodes de raisonnement peuvent amener à la solution. Ainsi, les élèves vont devoir adopter un comportement de chercheur et développer leur compétence de recherche : émettre des hypothèses, les tester, effectuer des essais successifs, les valider et les argumenter.

⁵ Bulletin officiel de l'Éducation Nationale n°31 du 30 juillet 2020

⁶ BO n°11 du 24 mars 1977 (programme appliqué en septembre 1978 en classe de 6^{ème})

⁷ Rapport n°2006-34, juin 2006, L'enseignement des mathématiques au cycle 3 de l'école primaire, Jean-Louis DURPAIRE, p. 10-12

⁸ BO hors-série n° 1 du 14 février 2002

⁹ Document d'accompagnement des programmes, École primaire, Mathématiques, Ministère de l'Éducation nationale, de l'Enseignement supérieur et de la Recherche Direction de l'enseignement scolaire, applicable à la rentrée 2003

C'est donc dans une logique de continuité que nous retrouvons la résolution de problèmes au cœur des programmes mathématiques actuels et au cœur des six compétences majeures des mathématiques. Ils mentionnent que les élèves doivent être confrontés à des « problèmes pour apprendre à chercher qui ne soient pas directement reliés à la notion en cours d'étude, qui ne comportent pas forcément une seule solution, qui ne se résolvent pas uniquement avec une ou plusieurs opérations mais par un raisonnement et des recherches par tâtonnements¹⁰. » De plus, comme les programmes précédents (depuis la réforme), les programmes actuels soulignent la diversité des problèmes à enseigner. Si les programmes du cycle 2 sont très explicites sur le rôle des différents problèmes : « aborder de nouvelles notions, consolider des acquisitions, provoquer des questionnements¹¹ », les programmes de cycle 3 restent plus flous sur leur rôle. Bien qu'ils insistent sur la place centrale de la résolution de problème dans les programmes de mathématiques, l'accent est mis sur les problèmes d'origine extra-mathématiques (« Les situations sur lesquelles portent les problèmes sont, le plus souvent, issues de la vie de classe, de la vie courante ou d'autres enseignements. »), les problèmes issus d'un contexte interne aux mathématiques (« La mise en perspective historique de certaines connaissances contribue à enrichir la culture scientifique des élèves. »), et des problèmes pour chercher. Il s'agit alors, pour l'enseignant, de choisir minutieusement les problèmes qu'il proposera aux élèves en fonction des objectifs visés, des compétences qu'il souhaite exercer chez les élèves et en fonction de ce que savent déjà les élèves.

1.3 Comment choisir un problème mathématique ?

Lors d'une conférence donnée à l'Inspe de Paris (anciennement Espe) le 20 novembre 2018, Catherine Houdement précise que le choix des problèmes proposés aux élèves doit être associé à une intention ou des intentions d'enseignement¹² qu'il faudra expliciter aux élèves.

Elle distingue plusieurs intentions d'enseignement :

- **Des intentions mathématiques :**

- Participer à l'apprentissage d'un savoir, d'une technique.
- Mettre en relation savoirs, techniques et informations.
- Construire de nouveaux raisonnements, de nouvelles stratégies, de nouvelles procédures (relatifs au répertoire didactique des élèves de la classe).

¹⁰ BOEN n°31 du 30 juillet 2020

¹¹ BOEN n° 31 du 30 juillet 2020, programmes scolaires du cycle 2.

¹² C. HOUDEMMENT (2018), conférence à l'Espe de Paris (maintenant Inspe), « Quelles intentions pour la résolution de problème ? », *Résolution de problèmes arithmétiques : lesquels, pour quoi et comment ?*

→ Comprendre le fonctionnement mathématique.

- **Des intentions sociales :** Collaborer (instaurer un travail de groupe) ; s'organiser ; s'écouter (respecter la parole de l'autre) ; présenter (rendre compte de la démarche ; prendre la parole devant la classe).
- **Des intentions sociales mathématiques :** Problèmes qui relèvent de l'argumentation, de la preuve ; qui distinguent la recherche de la réponse au problème.

De plus, C. Houdement dégage plusieurs familles de problèmes¹³ :

- Les problèmes basiques : ce sont les problèmes pour lesquels l'enseignant, à un moment donné de l'apprentissage, vise la reconnaissance d'une opération pour des problèmes d'une structure donnée. Ainsi, l'enjeu pour les élèves sera de mémoriser ces structures.
- Les problèmes complexes : ce sont des problèmes qui demandent aux élèves de construire des « sous-problèmes basiques » pour pouvoir les résoudre. La construction de sous problèmes basiques fait appel à la mémoire des élèves ; ces derniers seront plus efficaces s'ils construisent des sous problèmes qu'ils savent résoudre. Un problème complexe est un problème qui demande plusieurs étapes de raisonnement et qui est donc plus coûteux cognitivement.
- Les problèmes atypiques : ce sont des problèmes qui s'apparentent aux problèmes pour chercher.

Dans le cadre de ce mémoire, nous nous intéresserons à la dernière famille de problème : les problèmes atypiques, des problèmes pour chercher.

1.4 Qu'est-ce qu'un rallye mathématique ?

Aujourd'hui, de multiples rallyes mathématiques sont organisés en France ; ils se sont développés dans les IREM et existent dans plus de la moitié des IREM¹⁴. Ces épreuves s'adressent à tous les niveaux scolaires allant de l'école élémentaire au lycée : c'est l'institution qui crée le rallye qui fixe le niveau à qu'il s'adresse. Par exemple, au regard de la Gazette du Rallye Mathématique de l'IREM Paris – Nord, le rallye proposé par cette même institution offre des épreuves uniquement aux élèves de cycle 3. En opposition, le rallye mathématique de l'académie de Lyon s'adresse aux élèves de troisième, seconde et CAP.

¹³ C. HOUEMENT. Au milieu du gué : entre formation des enseignants et recherche en didactique des mathématiques. Sciences de l'Homme et Société. Université Paris-Diderot - Paris VII, 2013.

¹⁴ P. FRÉTIGNÉ et T. MERCIER (2015), *Les rallyes Mathématiques dans les IREM*, p.151, Dossier : Rallyes et compétitions entre équipes, APMEP n°513.

L'organisation de cette activité peut légèrement différer selon les rallyes mais les objectifs généraux restent similaires pour tous :

- 1) « faire des mathématiques en résolvant des problèmes variés ;
- 2) développer des compétences de recherche, de confrontation et de coopération (travail en équipe) ;
- 3) développer une culture mathématique ;
- 4) participer et pratiquer une démarche d'investigation ou une démarche scientifique.¹⁵ »

Dans la revue *Grand N* n°78¹⁶, Rolland Charnay définit le rallye comme une épreuve qui propose aux élèves des « défis mathématiques pour lesquels ils ne disposent pas d'une solution immédiate ». Ainsi, les élèves sont forcés à essayer des stratégies, à en utiliser des déjà connues (étudiées en classe) ou à en inventer des nouvelles. De plus, les rallyes s'opèrent dans le cadre d'un groupe, les élèves devront donc être capables de présenter et de justifier leur résultat aux autres membres du groupe. Rolland Charnay précise également que les rallyes sont conçus « comme une partie intégrante du programme de mathématiques et de ses objectifs, en particulier de ceux qui concernent l'initiation à la démarche scientifique, le développement de l'autonomie, l'organisation d'une recherche, la communication de résultats. »

1.5 Ses règles et son organisation

Les modalités d'organisation varient en fonction des rallyes. Régulièrement, il s'agit d'une épreuve où tous les élèves d'une même classe travaillent ensemble dans le but de résoudre tous les défis proposés par le rallye. Cependant, il est également possible de proposer des rallyes à plusieurs groupes de 3 ou 4 élèves au sein d'une même classe : une compétition entre les élèves au sein de la classe démarre.

La durée de chaque épreuve est imposée par son règlement. Elle est variable et peut se situer entre 45 minutes et 1h30 minutes. Le temps imposé est un critère objectif que les élèves vont progressivement apprendre à gérer. Ainsi, ils vont apprendre à réaliser une tâche en un temps donné.

L'objectif pour chaque équipe est de résoudre un maximum de problème dans le temps imparti. Chacun de ces problèmes rapporte un certain nombre de points à condition qu'il soit

¹⁵ Marie-Line GARDES (2018), *Démarches d'investigation et recherche de problèmes*, p.75, Le rallye mathématiques dans la classe : un jeu très sérieux, ouvrage coordonné par G. ALDON.

¹⁶ Rolland CHARNAY, « Rallyes Mathématiques : quel intérêt ? », *Grand N*, n° 78, Irem de Grenoble, 2006, p. 54.

correctement résolu. La réponse au problème doit être unique pour tout le groupe ou toute la classe et doit être communiquée sur un bulletin réponse (aucune justification écrite n'est requise). Pour résoudre ces problèmes, les élèves disposent de toutes les aides qu'ils peuvent trouver dans la classe à l'exception de l'appel à l'adulte. En effet, cette interdiction favorise le développement de l'autonomie des élèves qui seront forcés d'aller chercher des supports d'aide par eux-mêmes : manuel de mathématique, affichages dans la classe, cahiers de mathématiques, dictionnaire, outils de géométrie et de mesure, ou bien encore la calculatrice.

L'équipe qui remporte le rallye est celle qui compte le plus de points à la fin de l'épreuve.

1.6 La place de l'enseignant

La place de l'enseignant dans cette organisation est primordiale. S'il ne peut pas intervenir pour aider ou aiguiller les élèves dans leurs recherches pendant l'épreuve, il est bel et bien présent dans la classe. Avant de démarrer l'épreuve, l'enseignant explicitera les règles et l'organisation de l'épreuve ; il indiquera le matériel dont les élèves disposent en fonction des objectifs fixés. De plus, avant de réaliser « l'épreuve officielle » du rallye, plusieurs étapes d'entraînement sont à programmer par l'enseignant. Ainsi, les élèves vont progressivement intégrer le fonctionnement de l'épreuve ; intégrer différentes stratégies à mettre en œuvre pour marquer un maximum de points ; apprendre à gérer le temps ; apprendre à coopérer en se répartissant les tâches et les rôles ; et apprendre à argumenter leurs réponses pour convaincre les autres. Lors des phases d'entraînement, c'est l'enseignant qui organise la mise en commun et qui met en place les conditions du débat (permettre la formulation, la compréhension, la critique des productions). Ainsi, lors de ces mises en commun, les élèves vont apprendre à déterminer et à justifier si un résultat ou si une proposition est juste ou fausse et pourquoi¹⁷.

En outre, une progression en termes de difficultés devra être mise en place par l'enseignant lors de ces entraînements. L'objectif premier est que tous les élèves rentrent dans l'activité et soient en réussite avec un premier problème proposé. Pour reprendre la comparaison de Daniel Perrin¹⁸, l'objectif des élèves ou du mathématicien lorsqu'ils sont confrontés à un problème nouveau est de rentrer dans ce problème comme un sportif rentre dans un match. Le rôle de l'enseignant est de veiller à ce que les élèves « rentrent » dans le problème et ne cèdent pas au découragement en leur proposant des pistes de recherche si cela est nécessaire.

¹⁷ Jacques DOUAIRE et Christiane HUBERT, « Mise en commun et argumentation en mathématiques », *Grand N*, n°68, (2000-2001), p. 29.

¹⁸ Daniel PERRIN, Préface de *Vrai ? Faux ? ... On en débat*, J. DOUAIRE et C. HUBERT, INRP, 1999, p. 10

Dans le cadre de ce mémoire, avant d'effectuer une épreuve de rallye complète, j'ai décidé de proposer aux élèves des problèmes pour chercher afin qu'ils découvrent individuellement le plaisir de chercher et qu'ils soient tous en réussite face à ces premiers problèmes. J'ai également demandé aux élèves de raconter par écrit toutes les étapes de leur raisonnement qui leur ont permis d'arriver à leur résultat. Dans un second temps, les élèves ont résolu des problèmes individuellement puis ont été regroupés par binôme. L'intérêt de les regrouper par binôme est que chacun des deux élèves doit expliciter sa démarche et son raisonnement à l'autre élève : ils pourront ainsi comparer leur production et leur raisonnement en argumentant leur réponse.

1.7 Intérêts du rallye

Les rallyes mathématiques présentent des intérêts variés pour les élèves et pour les enseignants.¹⁹ Pour les élèves, le rallye représente l'opportunité de faire des mathématiques autrement, en résolvant des problèmes et de développer leurs compétences de coopération au sein d'une équipe et d'argumentation (ils découvrent et apprennent les règles du débat scientifique). Pour les enseignants, le rallye conduit à : observer les élèves en activité de résolution de problème (il est attentif aux raisonnements des élèves et à leur capacité de s'organiser en équipe) ; évaluer les productions des élèves qui pourront être discutées plus tard en classe ; renouveler son enseignement en proposant une nouvelle manière de faire des mathématiques (ouverture pédagogique vers une autre organisation de classe).

De plus, le rallye mathématique peut être un moyen de valoriser le jeu dans les apprentissages ; de donner le goût de la recherche aux élèves en incitant au débat mathématique : raisonner, argumenter, vérifier, prouver, choisir le « bon » résultat ; pour favoriser la socialisation des élèves ; et pour consolider la construction de l'autonomie²⁰. Sur ce dernier point, P. Colin et C. Redouté écrivent que les rallyes mathématiques vont permettre à l'élève d'affirmer son autonomie par rapport à ses camarades et par rapport à l'enseignant. Ils ajoutent que l'élève va devoir adapter son comportement dans une activité où il n'est pas seul et va ainsi devoir prendre en compte les autres, les reconnaître, les écouter, les respecter et coopérer.

2. Qu'est-ce que l'argumentation en mathématiques ?

¹⁹ Rolland CHARNAY, « Rallyes Mathématiques : quel intérêt ? », *Grand N*, n° 78, Irem de Grenoble, 2006, p. 54.

²⁰ P. COLIN et C. REDOUTÉ, *Défi Maths CM2, Résoudre des énigmes en équipe*, Retz, 2004, p. 4.

L'argumentation est vue selon Thyrion comme la « *démarche par laquelle la pensée accepte à partir d'une incertitude de se voir confrontée à elle-même, à ses modes de raisonnement privilégiés ou habitudes, à ses propres opinions et apories, avec la volonté, dans le meilleur des cas, de progresser sur le plan de la connaissance* »²¹.

L'argumentation orale se définit selon C. Perelman comme une conduite qui « se propose d'agir sur un auditoire, de modifier ses convictions ou ses dispositions par un discours qu'on lui adresse, et qui vise à gagner l'adhésion des esprits. »²² Cette définition indique clairement le but de l'argumentation orale. Cette dernière consiste à convaincre un interlocuteur afin de lui faire adopter un point de vue ou modifier son point de vue existant.

2.1 La place de l'argumentation dans les programmes.

Dans les programmes scolaires de cycle 3 (*BOEN n°31 du 30 juillet 2020*), la place de l'argumentation est centrale. En effet, elle prend part à une compétence majeure de ces nouveaux programmes, à savoir, la maîtrise du langage oral. C'est dans cette logique que l'un des attendus de fin de cycle 3 en Français est : « *Participer de façon constructive aux échanges avec d'autres élèves dans un groupe pour confronter des réactions ou des points de vue* »²³. Les activités argumentatives trouvent donc toute leur place dans l'environnement scolaire. Ces pratiques deviennent donc objet d'étude mais se transforment également en véritable compétence que les élèves devront mobiliser dans différentes activités comme lors de la résolution de problème de recherche.

Les programmes ajoutent que la qualité et la justesse du langage oral doivent être travaillées lors de toutes les situations d'apprentissages afin de permettre à tous les élèves d'acquérir des compétences suffisantes pour dialoguer et interagir avec les autres.

Ainsi, lors des activités mathématiques proposées aux élèves, ces derniers ont nécessairement mobilisé cette compétence d'argumentation (ici, compétence transversale) en lien avec le langage oral.

2.2 Développement de l'argumentation chez l'enfant

²¹ THYRION, 1997, cité par D. MOUSSI dans « Les compétences argumentatives des élèves au cycle 3 : le rôle de l'enseignant ? », 2016.

²² C. PERELMAN, 1958, *Traité de l'argumentation : la nouvelle rhétorique*.

²³ *BOEN n°31 du 30 juillet 2020*

Pour pouvoir proposer des problèmes mathématiques centrés sur l'argumentation, il est important de vérifier que ces activités soient compatibles avec le développement intellectuel d'un enfant de cycle 3.

Selon, C. Golder, Coirier et Champaud²⁴, le développement de l'argumentation chez les enfants se résume à différentes composantes essentielles. La première, nécessaire à l'argumentation, est l'étayage. Cette dernière permet aux enfants, dès leur plus jeune âge (vers 3 ans), de justifier une proposition ou une demande. En revanche, cet étayage n'est pas encore systématique (il le deviendra vers 13-14 ans) ; au contraire, il est plutôt occasionnel. En effet, les enfants rencontrent de grandes difficultés à justifier leurs propos et à produire un enchaînement d'arguments. Ces barrières à l'argumentation peuvent s'expliquer par la difficulté que peut avoir un enfant à trouver plusieurs arguments, ou par la difficulté d'associer des arguments sans simplement les juxtaposer.

Pour Champaud, il ne faut pas oublier l'importance de l'ancrage énonciatif. Ce dernier correspond à l'implication du locuteur dans son discours qui sera étroitement lié à la relation qu'entretient le locuteur avec son interlocuteur. Ainsi, à partir de 6 – 7 ans, le discours des enfants repose de plus en plus sur des valeurs morales et sociales qui leur sont propres (du moins inculqué par l'entourage proche de l'enfant) plus que sur des jugements factuels.

Selon C. Golder, une autre composante, appelée la négociation, fait son apparition chez les enfants âgés de 8-9 ans. Cette opération consiste, de la part du locuteur, à prendre de la distance par rapport à ses propres propos (*il me semble, je pense, je crois que, ...*). Cette prise de distance va permettre aux interlocuteurs d'intervenir et donc de créer une discussion, un débat. Grâce à cette négociation, les élèves vont pouvoir présenter et recevoir des arguments auprès des autres élèves. De plus, cette composante est beaucoup plus élaborée que les précédentes car elle nécessite une maîtrise dans la production d'arguments et de contre-arguments. Ceci implique : une maîtrise du langage oral afin de construire ou d'amener correctement un argument ou un contre-argument dans la discussion ; une capacité à se décentrer pour pouvoir recevoir le point de vue de l'autre. De plus, pour être efficace, ces arguments vont devoir se reposer sur des connaissances en lien avec le sujet de la discussion. Dans le cadre de cette recherche, les connaissances mathématiques en lien avec les problèmes proposés devront être solides pour permettre aux élèves d'argumenter le plus efficacement possible.

²⁴ Toute cette sous partie s'appuie sur les travaux de ces chercheurs cités par J. DOUAIRE et C. HUBERT, « VRAI ? ... FAUX ? ... On en débat ! », 1999, *Le développement de l'argumentation*, p. 50.

La dernière composante essentielle à l'argumentation est la recevabilité des arguments. En effet, comme son nom l'indique, un argument doit être recevable par l'interlocuteur. C'est-à-dire que les enfants vont devoir apprendre à produire des arguments vecteurs de valeurs communes qui ne traduisent plus seulement l'intérêt personnel du locuteur. Cette recevabilité des arguments semble maîtrisée vers 13-14 ans.

Ainsi, le développement de l'argumentation repose sur quatre composantes : l'étayage, l'ancrage énonciatif, la négociation et la recevabilité. Cependant, l'argumentation peut aussi s'exercer de manière différente chez les enfants en fonction de : la relation sociale entre le locuteur et l'interlocuteur ; l'implication personnelle de l'enfant dans la discussion ; l'authenticité de la situation d'argumentation. Il reviendra donc de proposer des situations mathématiques porteuses de sens aux élèves dans lesquelles chacun puisse être en mesure de produire des arguments.

2.3 Qu'est-ce que l'argumentation en mathématiques ?

Dans les programmes scolaires de 2020²⁵ il est écrit « Tous les enseignements contribuent à la formation du jugement. (...) Les mathématiques contribuent à construire chez les élèves l'idée de preuve et d'argumentation. » De plus, dans les programmes de mathématiques, l'une des compétences travaillées est « communiquer ». Pour maîtriser cette compétence, les élèves vont devoir « Utiliser progressivement un vocabulaire adéquat et/ou des notations adaptées pour décrire une situation, exposer une argumentation ». Nous retrouvons la notion d'argumentation dans la partie « espace et géométrie » des programmes de cycle 3. Il est écrit qu'il s'agit désormais d'amener les élèves vers une géométrie dont la validation repose sur le raisonnement et l'argumentation.

Si l'argumentation est bel et bien présente dans les programmes scolaires de mathématiques au cycle 3, nous pouvons nous interroger sur la nature de cette argumentation en mathématiques. Selon J. Douaire et C. Hubert²⁶, l'argumentation mathématique « consiste à établir au moyen de raisonnements la valeur de vérité d'une proposition mathématique » (à condition que ces raisonnements soient reconnus comme acceptables par l'ensemble de la classe). Ils ajoutent que l'argumentation mathématique a une double finalité : convaincre un auditoire et établir la

²⁵ Volet 2 : contributions essentielles des différents enseignements au socle commun, Domaine 3 : La formation de la personne et du citoyen, *BOEN n°31 du 30 juillet 2020*

²⁶ J. DOUAIRE et C. HUBERT, « VRAI ? ... FAUX ? ... On en débat ! », 1999, *L'argumentation mathématiques* p.43

justesse d'une proposition. Ainsi, les élèves vont pouvoir émettre des jugements sur d'autres propositions que les leurs.

En résumé, l'argumentation en mathématique se compose de plusieurs étapes de raisonnements, qui reposent sur des propriétés ou des définitions mathématiques, permettant d'établir la validité ou l'invalidité d'une proposition. L'enjeu pour les élèves est donc d'élaborer des éléments de preuve pour établir la vérité d'une proposition.

2.4 Le débat mathématique.

Pour organiser une situation permettant un débat mathématique et donc une argumentation de la part des élèves, il est important de penser à différentes questions avant de proposer cette situation. Comme l'indique les travaux de A. Colona, G. Arzac, G. Chapon, G. Germain, Y. Guichard, M. Mante dans l'ouvrage Initiation au raisonnement déductif au collège, il est essentiel de pouvoir répondre à ces différentes questions *a priori* de la situation :

- 5) « Quels sont les objectifs visés ?
- 6) Les élèves peuvent-ils s'engager facilement dans la résolution de problèmes ?
Peuvent-ils faire des essais ? Peuvent-ils conjecturer ? Les élèves ne risquent-ils pas de produire tous la même conjecture ?
- 7) Quel(s) enjeu(x) va pousser les élèves à valider leur conjecture ?
- 8) Les élèves ont-ils les moyens de prouver leur conjecture ? Quels sont les types de preuve qu'ils vont produire ? »²⁷

Quelles mises en œuvre en classe ?

Ce même ouvrage (Initiation au raisonnement déductif, cité précédemment) propose une modalité de travail bien précise. Il conseille d'effectuer une première recherche individuelle afin que chaque élève puisse prendre connaissance de la situation et tente, dans un premier temps, d'y répondre tout seul. Ce temps de recherche individuelle est suivi d'une seconde phase de recherche mais cette fois-ci en collectif. Les élèves travaillent en groupe et produisent un affichage ou une trace écrite pour présenter les résultats du groupe au reste de la classe. Il est possible que des désaccords persistent à la fin de cette phase. Le débat mathématique commence en suivant. Les élèves vont pouvoir argumenter, critiquer les différentes productions jusqu'à ce qu'une ou plusieurs conjectures soient retenus par la classe.

²⁷ Travaux de A. COLONA, G. ARSAC, G. CHAPION, G. GERMAIN, Y. GUICHARD, M. MANTE, Initiation au raisonnement déductif au collège, 1992, cités par J. DOUAIRE et C. HUBERT, « VRAI ? ... FAUX ? ... On en débat ! », 1999

2.5 La place de l'enseignant dans ces échanges.

Le rôle principal de l'enseignant au cours de ces situations orales est de réguler les échanges de ses élèves. De ce fait, le professeur favorise le développement des compétences transversales de ses élèves liées au langage oral.

Son rôle est de s'assurer que le débat se fasse selon les règles du débat mathématique. Afin d'y parvenir, l'enseignant doit être en capacité d'analyser les différentes propositions écrites des élèves ou des groupes d'élèves avant le débat. Cette analyse lui permettra de classer les différentes propositions dans le but de prévoir une progression des différentes étapes du débat. Au cours du débat, l'enseignant est le régulateur de la parole. Par différents types de relance, il doit être en mesure de faire progresser le débat ; de faire avancer les élèves dans leur raisonnement. Ses relances sont de différentes natures. Il peut faire reformuler un élève quand sa proposition n'est pas assez claire (trop vague ; manque de précision dans le vocabulaire ; syntaxe incorrecte). Il peut également demander à l'élève d'explicitier une justification ou de justifier une affirmation pour faire progresser le raisonnement de l'élève (« justifie ; explique pourquoi tu dis ça ; mais encore ? ; va au bout de ton raisonnement / de ta pensée ... »). Lorsqu'un élève fait part de sa proposition à la classe, l'enseignant doit être en mesure de renvoyer cette proposition au groupe (« et vous, qu'en pensez-vous ? ; que pouvez-vous dire sur ce qu'il/elle vient de nous proposer ... »). Ainsi, la proposition émise par l'élève peut être critiquée par le reste du groupe. L'enseignant peut également prendre la liberté de reformuler la proposition à la place de l'élève si ce dernier présente des difficultés langagières.²⁸

Le professeur doit garantir la qualité des échanges tout en permettant à chacun des élèves d'exprimer sa proposition ou son opinion jusqu'au bout même si celle-ci est maladroite. De plus, le rôle de l'enseignant n'est pas de valider ou d'invalider les différentes propositions. Au contraire, il doit garder une posture neutre et laisser les élèves argumenter sur la valeur de vérité des différentes propositions. Les élèves doivent comprendre que la charge de la preuve des propositions leur appartient.

²⁸ A. JABIER, D. ROBERT, Chapitre VI, *Un témoignage de maitres* p.174, dans l'ouvrage de J. DOUAIRE et C. HUBERT « VRAI ? ... FAUX ? ... On en débat ! », 1999.

II) Mise en place et expérimentation :

1. Objectifs de recherche et méthodologie :

1.1 Objectifs de recherche :

L'objectif principal de cette recherche était de démontrer que les problèmes de type rallye mathématiques améliorent l'argumentation des élèves de CM2.

L'objectif secondaire était d'étudier l'efficacité des problèmes ouverts dans les apprentissages. Permettent-ils un apprentissage efficace ?

1.2 Méthodologie :

Pour atteindre ces objectifs, j'ai mis en place une première phase de découverte où les élèves ont pu découvrir en quoi consistait les problèmes pour chercher. À travers ces nouvelles situations nous avons ensuite travaillé sur le débat mathématique. L'objectif était de faire prendre conscience aux élèves de la nécessité de la preuve en mathématique ou comment convaincre un auditoire et établir la justesse d'une proposition. Ainsi, les élèves ont pu émettre des jugements sur les différentes propositions. L'enjeu pour eux était d'élaborer des éléments de preuve pour établir la vérité d'une proposition.

Lors d'une seconde phase, je leur ai proposé deux problèmes de géométrie similaires, espacés dans le temps, afin d'étudier l'évolution de la précision de leurs arguments. De plus, l'évaluation sommative de géométrie, effectuée après ces séances de rallye, m'a permis de constater si les notions travaillées avec ces problèmes étaient acquises ou non.

2. Situations et éléments mis en place en amont en période 3 :

2.1 Découverte et choix des problèmes pour chercher :

Situation « Zoologie » (Annexe 1).

En fin de période deux, j'ai effectué un sondage auprès des élèves de ma classe et des enseignants des niveaux inférieurs et le résultat était sans appel. Seule une élève de ma classe (nouvelle dans l'école depuis la rentrée de septembre 2020) avait déjà été confrontée au rallye mathématique ou à ce type d'activité. Ainsi, en période trois, afin de familiariser les élèves avec des problèmes de type rallye mathématique ou des problèmes pour chercher, il était essentiel avant toute chose de leur proposer des activités dans lesquelles ils puissent engager une démarche de recherche, s'investir dans une tâche nouvelle, essayer, vérifier, recommencer et

trouver la solution. Il me paraissait également primordial de proposer des situations dans lesquelles tous les élèves seraient en réussite pour commencer de façon à ce que ces derniers prennent du plaisir à chercher. Ainsi, pour que cette volonté de ma part soit respectée, il a fallu que les élèves rencontrant des difficultés soient aiguillés. Ainsi, après un court temps d'exploration individuel, des pistes de recherche ont été proposées afin que ces élèves ne cèdent pas au découragement et puissent entrer dans l'activité.

De plus, cette nouvelle approche des mathématiques a nécessité d'éclairer les élèves sur le but de la tâche. En effet, ici, il ne s'agissait plus d'appliquer des propriétés ou d'effectuer des calculs plus ou moins indiqués par l'énoncé mais de s'investir dans une posture d'élève chercheur. Les élèves allaient apprendre à s'engager dans une démarche de recherche. L'intérêt n'était pas de trouver la bonne réponse mais bien d'essayer de la trouver. De plus, dans certains problèmes, plusieurs réponses pouvaient être possibles ou bien au contraire, il était possible que le problème n'ait pas de bonne réponse. Pour reprendre les propos de C. Houdement, un problème proposé aux élèves doit être associé à une intention d'enseignement. Tout d'abord, ces premiers problèmes étaient associés à une intention mathématique. En effet, il s'agissait, dans un premier temps de construire, chez les élèves, de nouveaux raisonnements, de nouvelles stratégies ou de nouvelles procédures relatifs à la résolution de problème.

Des mises en commun étaient organisées à la fin de chacune de ces activités pour montrer à tous les élèves, et en particulier à ceux qui rencontraient des difficultés à s'investir dans la tâche, différentes manières de s'engager dans le problème. En effet, certains élèves ne percevant pas la manière dont ils allaient résoudre le problème n'osaient pas essayer, n'osaient pas se tromper. La première mise en commun que nous ayons effectuée concernait la situation « zoologie » (voir annexe 1). Ainsi, lors de cette mise en commun, j'ai repris le raisonnement d'un binôme qui avait pourtant bien débuté : « nous avons commencé par trouver la valeur du chat car sur la ligne deux, il n'y a que des chats. $35 : 5 = 7$. Donc un chat = 7. Nous avons ensuite pris la ligne numéro une sur laquelle on connaît le chat (7) et il reste trois lapins et un chameau. Donc un lapin = 6 (car $3 \times 6 = 18$) et un chameau = 2. On a donc un chat (7) + trois lapins (18) + un chameau (2) = 27. » Cette seconde phase aboutit à une erreur qui peut être vérifiée par la cinquième ligne « 4 chats + 1 lapin = 31 » or, si nous reprenons les résultats du binôme, 4 chats (28) + un lapin (6) = 34. Leur résultat n'est donc pas correct. Cependant, leur raisonnement a permis de faire émerger des confrontations avec les autres élèves, a permis de faire avancer la démarche et d'éliminer des solutions : « Nous savons que le lapin n'est pas égal à 6 car le résultat ne correspond à la ligne 5. » Ce type de mise en commun permet de démontrer

aux élèves que l'erreur fait partie de la recherche et que pour avancer dans sa démarche, il faut essayer, quitte à se tromper, car cette erreur sera un pas en avant vers la solution.

2.2 Découverte du débat mathématique :

Dans le prolongement de la découverte des problèmes pour chercher, les élèves ont dû confronter leur production au regard des autres et se confronter aux productions des autres élèves. Bien que les premières situations proposées (comme Zoologie) avaient pour but d'initier les élèves aux problèmes pour chercher, ces derniers ont également eu la tâche d'expliquer par écrit les différentes étapes de leur raisonnement. Par la suite, les élèves étaient regroupés par binôme et ont dû confronter leur raisonnement et leur résultat. Ce travail par deux permettait de se mettre d'accord sur une proposition commune qui pourra ensuite être présentée et débattue au sein de la classe lors de la mise en commun. Cette phase est très intéressante car elle nécessite que les deux élèves se mettent d'accord sur un point de vue. Pour arriver à cette fin, ils vont devoir réussir à se décentrer de leur point de vue pour accepter et comprendre celui d'autrui. En revanche, pour que cette phase fonctionne correctement, c'est-à-dire pour que les élèves puissent être en situation d'argumentation, il faut que les réponses des deux élèves soient différentes. Ainsi, les conjectures des deux élèves ne doivent pas être identiques. C'est ici qu'intervient la limite de la situation zoologie par exemple. Car, s'il n'est pas difficile de montrer qu'une réponse n'est pas correcte, la diversité des réponses est très limitée. C'est pourquoi mon intention d'enseignement en proposant ce problème était une intention mathématique.

Le problème présenté aux élèves : « Golf »²⁹ - Trouver tous les couples de solution permettant d'atteindre un nombre en effectuant la somme d'un multiple de 2 avec un multiple de 5.

Cette situation s'est réalisée sur plusieurs séances afin de faire découvrir le débat mathématique aux élèves. Mes intentions d'enseignement avec cette situation variaient selon les séances. Si les deux premières séances avaient des intentions mathématiques (toujours dans le but de découvrir la recherche) puis sociales (confronter son point de vue, son résultat avec un autre), la troisième séance avait pour intention, une intention sociale mathématique. En effet, les objectifs de ce problème restaient l'argumentation et démontrer la nécessité de la preuve.

²⁹ Situation tirée de l'ouvrage de J. DOUAIRE et C. HUBERT « VRAI ? ... FAUX ? ... On en débat ! », 1999.

Pour résoudre ce problème, il s'agissait de trouver toutes les solutions permettant d'atteindre un nombre en effectuant la somme d'un multiple de 2 avec un multiple de 5. Par exemple, pour atteindre 17, nous trouvons les solutions suivantes : $17 = 2 \times 1 + 3 \times 5$ ou $17 = 2 \times 6 + 5 \times 1$. Lors de la première séance (intention mathématique), l'objectif était de familiariser les élèves avec le problème. Ainsi, ils ont dû, individuellement, chercher des solutions pour 37 puis pour 74, puis organiser leurs essais pour éviter les répétitions et les oublis. De ce fait, leur « mission » n'était pas de trouver tous les couples de solutions possibles mais bien de « rentrer » dans le problème ; de comprendre l'enjeu du problème pour les prochaines séances.

Lors de la deuxième séance, la tâche des élèves était, dans un premier temps, de trouver toutes les solutions possibles pour « 88 ». Puis, dans un second temps, il s'agissait d'amener les élèves à la nécessité d'une preuve comme quoi nous obtenions bien toutes les solutions. Chaque binôme devait donc justifier par écrit le fait qu'ils aient trouvé toutes les réponses. Cette trace écrite était le support de la séance 3 qui nous a permis d'entamer un travail d'argumentation en mathématique. En effet, les différentes propositions ont été débattues et chaque binôme a pu expliquer son raisonnement. Les propositions et les raisonnements de chaque binôme ont donc été soumis au regard critique des autres groupes. À la fin de cette troisième séance il s'agissait de montrer la validité des propositions de chaque binôme en s'appuyant sur une preuve mathématique. Ainsi, nous avons pu expliciter la différence entre une croyance ou une certitude (« nous avons trouvé toutes les solutions car il est impossible d'en trouver d'autre »), et une preuve mathématique s'appuyant sur une propriété mathématique (ici, montrer la valeur exhaustive de son raisonnement).

3. Situations et éléments mis en place en période 4 : vers le rallye mathématique.

3.1 Découverte du rallye : 1^{er} entraînement

Problèmes présentés en annexe 2 et 3.

Le premier « petit rallye » s'est déroulé au début du mois de mars. Les élèves avaient déjà été confrontés à des problèmes de recherche de ce type lors la période précédente. Avant de commencer l'épreuve, un temps d'explication des modalités du défi était nécessaire. Ils étaient répartis en six trinômes et un binôme (effectif : 20 élèves). Les groupes ayant été composés de manière à rendre l'épreuve la plus équitable possible. De plus, au sein de chaque groupe, régnait une hétérogénéité suffisante pour que les échanges soient propices au débat. Le dispositif était un peu différent de celui du rallye classique. En effet, chaque groupe recevait cinq problèmes à résoudre en trente minutes, puis, une fois ce temps écoulé, un autre problème

était distribué. Ce dernier rapportait plus de points que les problèmes précédents et les élèves devaient absolument le résoudre collectivement de façon à ce que des échanges entre eux prennent place et que je puisse étudier leur capacité à argumenter leurs propos.

J'ai choisi de proposer cette épreuve de cette manière afin de focaliser mon attention sur un problème et pour pouvoir étudier plus précisément les techniques argumentatives des élèves sur un problème précis (des enregistrements audios ont été effectués). J'ai tout de même choisi de leur proposer plusieurs problèmes (six au total – voir annexe 3) afin de conserver l'esprit du rallye. Les problèmes choisis lors de cette épreuve étaient tirés de l'ouvrage de Défi Maths CM2 (Résoudre des énigmes en équipe)³⁰ et du site internet de l'IREM Paris – Nord. Les problèmes étaient de difficultés variées, ainsi, chaque élève pouvait trouver au moins un problème à résoudre.

L'enjeu également de ce premier rallye était de proposer un problème (voir annexe 2) en lien avec des apprentissages ayant eu lieu au cours de l'année à savoir « reconnaître un quadrilatère à partir de ses propriétés » et « la symétrie axiale ». Ce problème m'a permis de vérifier l'acquisition de ces notions par les élèves. De plus, j'ai pu écouter leurs techniques d'argumentation : est-ce que, oui ou non, ils se servaient des propriétés géométriques des quadrilatères pour justifier leurs propos ?

Le problème de géométrie (voir annexe 2), tiré de Défi Maths CM2, consistait à trouver un moyen de tracer les axes de symétrie d'un quadrilatère uniquement avec une règle graduée. Cependant, ils pouvaient se servir d'autres instruments pour identifier la figure. En effet, la première phase du problème correspondait à l'identification de la figure. Ainsi, grâce à la règle graduée ou au compas, ils pouvaient se rendre compte que le quadrilatère comptait quatre côtés de même longueur et avec l'équerre, ils pouvaient identifier les quatre angles droits du carré. Grâce à cette première étape du raisonnement les élèves étaient en mesure de dire qu'il s'agissait bien d'un carré et donc qu'ils allaient devoir expliquer comment tracer les quatre axes de symétrie du carré. Une fois cette première partie terminée, il s'agissait de faire le lien entre la notion de symétrie axiale (deux parties d'une figure ou deux figures sont symétriques par rapport à une droite lorsqu'elles se superposent après pliage le long de cette droite), étudiée en début d'année scolaire, avec sa définition. Comment obtenir l'axe de symétrie du carré si je ne peux pas plier la figure ?

³⁰ P. COLIN et C. REDOUTÉ, Défi Maths CM2, Résoudre des énigmes en équipe, Retz, 2004.

3.2 Une séance de langage entre les deux phases d'entraînement pour apporter de la précision dans les termes mathématiques employés par les élèves.

Suite aux enregistrements audios effectués et au débat mathématique réalisé (voir partie II – 3.3), je me suis rendu compte que les élèves ne parvenaient pas toujours à exprimer correctement leur point de vue. En effet, leurs propos manquaient souvent de précision (voir partie III). De ce fait, j'ai trouvé judicieux de proposer aux élèves une séance de lexique géométrique (voir annexe 4). Cette dernière fut partagée en plusieurs parties. La première, consistait à relier la définition du concept à sa définition. La deuxième consistait à replacer tous ces concepts dans un texte à trou. Puis, pour finir, nous avons effectué un travail en lien avec les propriétés des quadrilatères particuliers (carré – rectangle – losange – parallélogramme). Le questionnement était le suivant : « Quelle(s) propriété(s) pouvons-nous utiliser pour identifier la nature de telle ou telle figure ? » ou par exemple, « Si je montre que cette figure a quatre angles droits, est-ce suffisant pour affirmer que c'est un carré ? ». L'objectif de cette séance était d'enrichir le lexique géométrique des élèves afin qu'ils puissent le réutiliser à bon escient dans leurs propos lors du rallye suivant. De plus, il me semblait nécessaire qu'ils comprennent l'importance de connaître toutes les propriétés liées aux quadrilatères particuliers car, parfois une seule ne permet d'identifier complètement la figure. Par exemple, bien que le carré soit un rectangle, si j'identifie qu'une figure possède quatre angles droits, je ne peux pas affirmer que celle-ci est un carré. C'est un rectangle mais pas forcément un carré. Si je veux l'identifier en tant que carré je dois également vérifier que ses 4 côtés sont bien de la même longueur.

3.3 Le débat mathématique lié au problème géométrique du rallye 1 :

L'objectif de ce débat était d'étudier la validité des sept propositions (une par groupe) proposées. Avant de commencer la séance, j'avais étudié toutes les propositions afin de préparer une progression dans les différentes étapes du débat. Ainsi, dans un premier temps, nous avons étudiés les propositions des groupes qui n'avaient pas identifié le fait que le carré possède quatre axes de symétrie (ses diagonales et les médiatrices de ses côtés). Très rapidement, ces propositions ont été écartées par la classe car la propriété du carré est d'avoir quatre axes de symétrie. Ensuite, nous avons étudié les propositions des groupes qui avaient bel et bien identifiés les quatre axes de symétrie. En revanche, la plupart des groupes ne sont pas parvenus à expliquer correctement comment tracer ces axes par manque de précision dans le vocabulaire utilisé.

3.4 Deuxième rallye avec un problème de géométrie similaire :

Problèmes présentés en annexe 5 et 6.

Cette seconde épreuve s'est déroulée selon les mêmes modalités que la première fois (voir partie II - 3.1) et ayant bien fonctionné comme tels, les groupes sont restés identiques lors de cette seconde épreuve.

Comme lors du premier rallye, les élèves avaient cinq problèmes à résoudre en trente minutes (voir annexe 5), puis je leur distribuais un nouveau problème qu'ils devaient absolument résoudre collectivement (voir annexe 6). De ce fait, je pouvais à nouveau focaliser mon attention sur un problème précis et étudier plus précisément les techniques argumentatives des élèves sur ce problème (des enregistrements audios ont été effectués). Les problèmes ont été tirés des mêmes sources que ceux du rallye 1 et ces derniers suivaient également une progression de difficulté.

Le problème de géométrie choisi était similaire à celui proposé lors du premier rallye. Il consistait à trouver un moyen de tracer les axes de symétrie d'un quadrilatère uniquement avec une règle graduée. Cependant, ils pouvaient se servir d'autres instruments pour identifier la figure. En effet, la première phase du problème correspondait à l'identification de la figure. Ainsi, grâce à la règle graduée ou au compas, ils pouvaient se rendre compte que le quadrilatère avait ses côtés opposés de même longueur et avec l'équerre, ils pouvaient identifier les quatre angles droits du rectangle. Grâce à cette première étape du raisonnement les élèves étaient en mesure de dire qu'il s'agissait bien d'un rectangle et donc qu'ils allaient devoir expliquer comment tracer les deux axes de symétrie du rectangle. La difficulté du problème était d'identifier la figure comme rectangle alors qu'à l'œil nu, nous aurions tendance à y voir un carré ou un losange car la position de la figure n'était pas prototypique.

J'ai choisi de leur proposer ce problème de la sorte pour permettre aux élèves de réutiliser le lexique étudié lors de la séance de langue. Ainsi, il me paraissait intéressant d'étudier la précision et la pertinence de leurs arguments suite à ces nouveaux acquis. Cependant, en rédigeant cette partie du mémoire je me suis rendu compte des limites du fait d'avoir proposé ce problème similaire. Pour reprendre la classification de C. Houdement (voir partie I – 1.3), ce problème n'était plus un problème atypique mais un problème complexe. En effet, suite au débat mathématique effectué au préalable, les élèves avaient acquis la méthode de résolution de ce type problème. Il n'a donc pas été nécessaire pour eux de s'engager dans une réelle démarche de recherche. En revanche, ils ont dû appliquer les différentes étapes de raisonnement débattues lors du débat précédent.

III) Analyse des résultats et discussions :

1. Analyse des résultats :

1.1 Les problèmes de type rallye mathématique permettent-ils d'améliorer les compétences d'argumentation des élèves de CM2 ?

Le problème « Golf » :

La finalité de cette situation était de faire découvrir le débat mathématique aux élèves et de leur faire prendre conscience de la nécessité de la preuve ; qu'ils soient en mesure d'argumenter leurs propos en se basant sur des propriétés mathématiques.

(Rappel du but de la tâche : Trouver tous les couples de réponse permettant d'atteindre 88 en effectuant la somme de deux entiers : un multiple de 2 avec en un multiple de 5. Puis justifier le fait d'avoir trouvé toutes les solutions au problème).

Sur les dix propositions (une proposition par binôme), quatre ont été validées par la classe. Les autres propositions se contentaient d'énumérer toutes les solutions trouvées. Pour eux, le fait de ne pas trouver plus de solutions était une preuve suffisante pour répondre à la question. Ainsi, leur argumentation ne reposait que sur une certitude (« il est impossible de trouver d'autres solutions ») et non pas sur une preuve mathématique.

Sur ces six binômes, seulement deux avaient trouvé les huit réponses au problème. De ce fait, il a été facile pour les binômes les ayant toutes trouvées de prouver l'invalidité des propositions des quatre groupes restants : « je ne suis pas d'accord avec votre proposition parce que vous avez oublié une ou plusieurs solutions comme ... » Ainsi, si la solution proposée par l'élève permettait effectivement d'obtenir une nouvelle solution, la proposition était invalidée. « En effet, il était possible de trouver d'autres solutions ».

Sur les quatre propositions validées nous en retrouvons deux différentes :

- 1) « Pour obtenir toutes les solutions avec 88, il faut additionner un multiple de 5 se finissant par un zéro (10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80) et additionner le multiple de 2 se finissant par 8 (78, 68, 58, 48, 38, 28, 18, 8) de façon à ce que la somme des deux soit égale à 88 ».

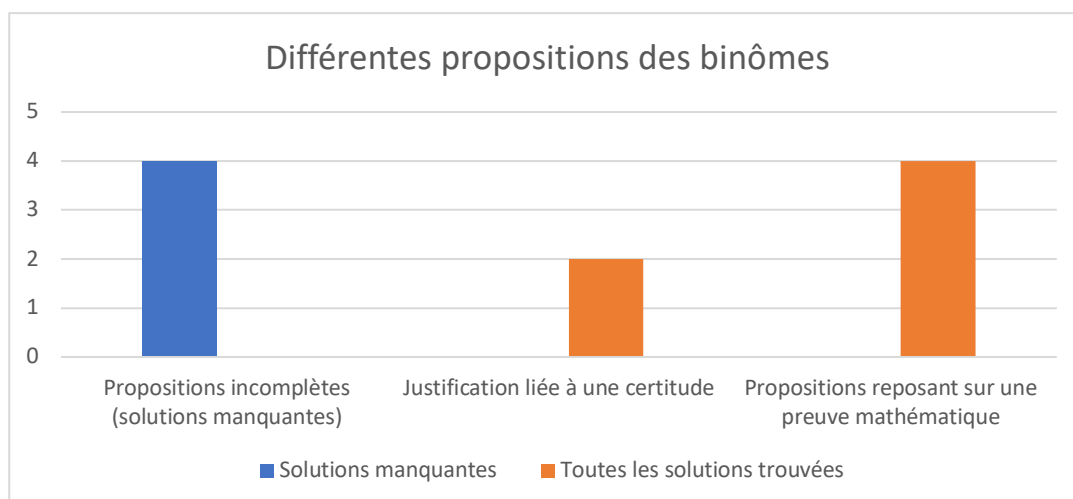
Ainsi, les différentes réponses sont : $5 \times 2 + 2 \times 39$; $5 \times 4 + 2 \times 34$; $5 \times 6 + 2 \times 29$; $5 \times 8 + 2 \times 24$; $5 \times 10 + 2 \times 19$; $5 \times 12 + 2 \times 14$; $5 \times 14 + 2 \times 9$; $5 \times 16 + 2 \times 4$.

- 2) « Pour obtenir toutes les solutions avec 88, il faut trouver une première solution puis à chaque fois qu'on ajoute 5 au nombre multiplié par 2, on soustrait aussi 2 au nombre qu'on multiplie par 5 et ça nous donne le résultat ».

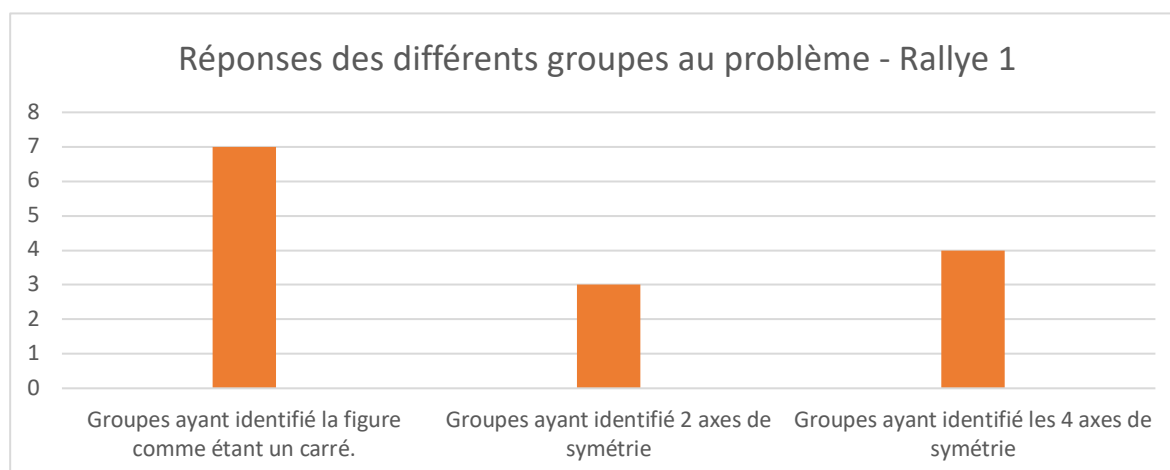
La justification orale des groupes argumentant la première proposition reposait sur le fait que pour obtenir 88, un nombre pair, il fallait ajouter un nombre pair dans la table de 5 car toute la table de 2 est paire. Or, dans la table de 5, seuls les nombres se finissant par zéro sont pairs.

La deuxième proposition n'avait pas été validée à l'unanimité par la classe car l'argumentation orale du binôme ayant produit cette réponse n'était pas très claire. En effet, le binôme avait perçu qu'à chaque nouvelle solution on ajoutait 5 au nombre multiplié par 2, et on soustrayait 2 au nombre multiplié par 5. En revanche, il n'avait pas perçu que le résultat ne changeait pas parce que faire cette opération revenait à ajouter 5×2 d'un côté, soit 10, et à enlever 2×5 de l'autre soit 10 également. Ainsi, ma tâche a été de les aiguiller en fin de séance pour pouvoir valider cette réponse car le débat n'avancait plus.

Selon moi, le plus intéressant était de comparer la qualité de l'argumentation de ces quatre groupes avec celle des deux groupes ayant trouvé toutes les solutions mais dont la justification ne reposait pas sur une preuve mathématique. Ainsi, il était intéressant d'explicitier la différence entre une certitude, soit l'impossibilité de trouver d'autres solutions, et une preuve mathématique. Selon le dictionnaire Larousse, une certitude est « un sentiment qu'on a de la réalité d'un fait, de la vérité d'une idée ; une conviction ». Ainsi, dans ce sens, la certitude diffère de la preuve qui elle permet d'établir la vérité en s'appuyant sur des faits. Si nous reprenons la double finalité de l'argumentation en mathématiques (citée en partie I), cette dernière a pour objectif de convaincre un auditoire et d'établir la justesse d'une proposition. Or, une certitude ou une conviction ne peut pas être aussi efficace qu'une preuve lorsqu'il s'agit de convaincre un auditoire ou lorsqu'il faut établir la valeur de vérité d'une proposition.



Problèmes de géométrie – Rallye 1 et 2 :



Lors de la résolution de ce problème, la première étape consistait à identifier la figure comme étant un carré. Si les sept groupes y sont parvenus, seulement quatre d'entre eux sont parvenus à identifier les quatre axes de symétrie du carré. Voici les différentes propositions des groupes :

- 1) « Il faut plier le carré dans sa tête pour visualiser ses axes de symétrie puis tracer les deux axes à l'endroit où il y'aurait le pli. » (Cf. annexe 7 pour voir le raisonnement du groupe).
- 2) « On peut voir que c'est un carré. Pour trouver ses deux axes de symétrie, on regarde quelle est sa longueur. Puis on met 3 au milieu de chaque côté et on trace les axes de symétrie. »
- 3) « Il faut mesurer les côtés du carré, ils font tous 6 cm. Nous trouvons ensuite le milieu et on trace le trait au milieu du carré pour tracer les axes de symétrie. » (Cf. annexe 8 pour voir le raisonnement du groupe).
- 4) « Avec la règle, il faut tracer les diagonales AC et BD et rejoindre les côtés opposés. »
- 5) « C'est un carré car il a tous ses côtés égaux et des angles droits. Le carré a quatre axes de symétrie. Il faut d'abord mesurer tous les côtés pour trouver la moitié de chaque côté. Il faut ensuite relier les moitiés des côtés opposés. Puis, relier les sommets opposés. »
- 6) « Il faut d'abord mesurer un côté du carré (ici 6 cm). Puis, mesurer tous les autres côtés. Nous pouvons ensuite relier les moitiés de chaque côté. Il faut ensuite tracer les axes de symétrie le long des diagonales. Voilà les quatre axes de symétrie du carré. » (Cf. annexe 9 pour voir le raisonnement du groupe).

- 7) « Pour trouver les axes de symétrie de ce carré, il faut relier A à C et B à D. Après, il faut chercher la moitié des segments AB, BC, CD, DA pour relier les segments opposés. »

De ces réponses et des enregistrements effectués, plusieurs choses sont observables. Tout d'abord nous pouvons noter que la plupart des groupes manquent de justesse, de précision dans le lexique lorsqu'il s'agit de nommer les éléments géométriques. Par exemple, le groupe 2 écrit qu' « il faut regarder la longueur du carré ». Nous savons qu'ils veulent évoquer la longueur d'un côté mais ils ne le spécifient pas. Le groupe 3 écrit « nous pouvons tracer le trait au milieu du carré », mais qu'est-ce qu'un trait ? La notion de droite était celle à utiliser. Les groupes 5, 6 et 7 indiquent qu'il faut « trouver la moitié de chaque côté » or en géométrie, nous parlons de milieu de segment et non pas de « moitié ». Le constat est le même lorsqu'on écoute les raisonnements des groupes 1, 3 et 6 (Voir retranscriptions en annexe). C'est pourquoi, une séance de lexique géométrique a été ajoutée. De plus, nous observons que trois des sept groupes n'ont pas identifié les quatre axes de symétrie du carré ; une notion qui avait pourtant déjà été travaillée au cours de l'année.

Le troisième point observable correspond aux techniques d'argumentation des élèves. Nous pouvons observer que certains élèves s'appuient encore sur des certitudes comme le groupe 1 : « pas besoin d'expliquer parce qu'on sait qu'ils sont là les axes de symétrie du carré ». Alors que d'autres s'appuient sur des propriétés mathématiques pour prouver leurs dires comme le groupe 6 : « Si parce que l'axe de symétrie il coupe le carré en deux, il faut que les deux parties soient pareilles ». Malheureusement, je n'avais que trois dictaphones à disposition lors de ces séances, je n'ai pu donc enregistrer que trois des sept groupes. Cependant, si nous observons la retranscription de ces trois groupes nous nous apercevons que deux d'entre eux utilisent les propriétés des figures ou des propriétés géométriques pour argumenter leurs propos tandis que le troisième groupe n'a pas encore saisi la nécessité de la preuve mathématique.

Le débat mathématique entre les deux problèmes de recherche a permis aux élèves d'argumenter leurs différentes propositions.

Les propositions des trois premiers groupes ont tout de suite été invalidées par la classe car la propriété du carré est d'avoir quatre axes de symétrie. Les trois premiers groupes n'ayant trouvé que deux axes n'ont pas été retenues. Il a tout de même été souligné par un élève que la proposition du groupe 2 était correcte mais incomplète : « Ils ont seulement parlé des axes de symétrie qui rejoint les milieux des segments opposés il manquait les deux autres. » Sur cette proposition une autre élève rebondit en disant : « Oui je suis d'accord c'est juste mais ils ont

oublié les axes qui forment une croix. » Un autre élève ajoute que ces axes s'appellent les diagonales. La proposition du groupe 4 a également été contestée car jugée incomplète. En effet, si la première partie était correcte (les diagonales), la seconde partie n'était pas assez précise. C'est en tout cas ce qui a été relevé par un élève : « ce n'est pas correct car ils ont oublié de dire qu'il fallait rejoindre les côtés opposés **en leur milieu**. Si ce n'est pas au milieu ce n'est pas un axe de symétrie. » À cette remarque, ma position en tant qu'enseignant a été de demander à l'élève d'expliquer pourquoi ça ne serait pas un axe de symétrie si le tracé ne rejoint pas les milieux des côtés opposés. La réponse de l'élève a été : « l'axe de symétrie coupe une figure en deux parties égales qui peuvent se superposer ». Le groupe 4 a tenté d'argumenter : « nous savons tous où il faut les tracer parce que nous l'avons déjà étudié ». Cette réflexion montre bien que ce groupe n'avait pas saisi la nécessité de la preuve en mathématiques et que la notion d'axe de symétrie n'était pas forcément claire pour eux.

La proposition du groupe 5 a été invalidée par la classe car des élèves expliquaient que le groupe en question n'avait pas précisé qu'il fallait relier les milieux des côtés **opposés**. En effet, le groupe s'était contenté d'écrire qu'il fallait relier le milieu de chaque côté. Les propositions des groupes 5 et 7 ont été validées par la classe car ces deux groupes ont été en mesure d'expliquer leur raisonnement en se basant sur les propriétés du carré (pour l'identification de la figure et de ses axes de symétrie) et sur ce qu'est la symétrie pour justifier de tracer une droite passant par le milieu des côtés opposés de la figure.

Lors du deuxième problème de géométrie proposé, l'objectif pour moi était de voir si l'argumentation des élèves était plus précise et si elle reposait oui ou non sur des propriétés mathématiques. Sur ce problème il s'agissait d'identifier la figure comme étant un rectangle et donc ayant deux axes de symétrie. Six des sept groupes ont identifié correctement la figure et le nombre d'axe de symétrie à relever. En revanche, un groupe ne s'est pas mis en situation de recherche et s'est contenté de réécrire la même réponse que lors du rallye 1 sans vérifier la nature de la figure.

Voici les différentes propositions :

- 1) « C'est un carré, il y a quatre axes de symétrie donc on relie A à C et B à D. Ensuite, on trouve le milieu de chaque segment et on relie les milieux des côtés opposés. »
- 2) « La figure a deux axes de symétrie parce que c'est un rectangle, il a quatre angles droits et ses côtés opposés de même longueur. Il faut trouver le milieu de chaque côté. Il faut ensuite relier le milieu d'un côté au milieu du côté opposé. »

- 3) « Pour commencer, il faut vérifier qu'elle figure c'est. On constate que c'est un rectangle parce qu'il a quatre angles droits et $AB = CD$ et $BC = AD$. Pour trouver ses deux axes de symétrie il faut relier le milieu de chaque côté au milieu de son côté opposé. » (Cf. annexe 10 pour voir le raisonnement du groupe).
- 4) « C'est un rectangle. On doit trouver le milieu de chaque côté puis le relier à son côté opposé. »
- 5) « Nous avons regardé si c'était un carré ou un rectangle car il a quatre angles droits et c'est un rectangle car DA et CB mesurent 6,4 cm et AB et CD mesurent 5,8 cm. Donc ensuite, nous avons su qu'il fallait trouver deux axes de symétrie. Il fallait relier le milieu de DA au milieu de CB et le milieu de AB au milieu de CD . » (Cf. annexe 11 pour voir le raisonnement du groupe).
- 6) « Il y a deux axes de symétrie car c'est un rectangle (quatre angles droits et les côtés opposés sont parallèles et de même longueur). D'abord nous devons relier le milieu du segment AB jusqu'au milieu du segment DC et le milieu du segment AD jusqu'au milieu du segment BC . Et nous trouvons les deux axes de symétrie. »
- 7) « Nous avons trouvé deux axes de symétrie car c'est un rectangle. C'est un rectangle puisque AB et CD sont égaux et pareil pour AD et BC et il a quatre angles droits. Nous avons trouvé la moitié de chaque côté et relier les moitiés opposées. »

En analysant ces réponses et les enregistrements audios, nous nous apercevons que le lexique employé par les groupes est beaucoup plus précis qu'il ne l'était auparavant ce qui améliore nettement la clarté de leur argumentation. Toutefois, nous pouvons observer que certains groupes emploient encore le mot « moitié » au lieu de « milieu ».

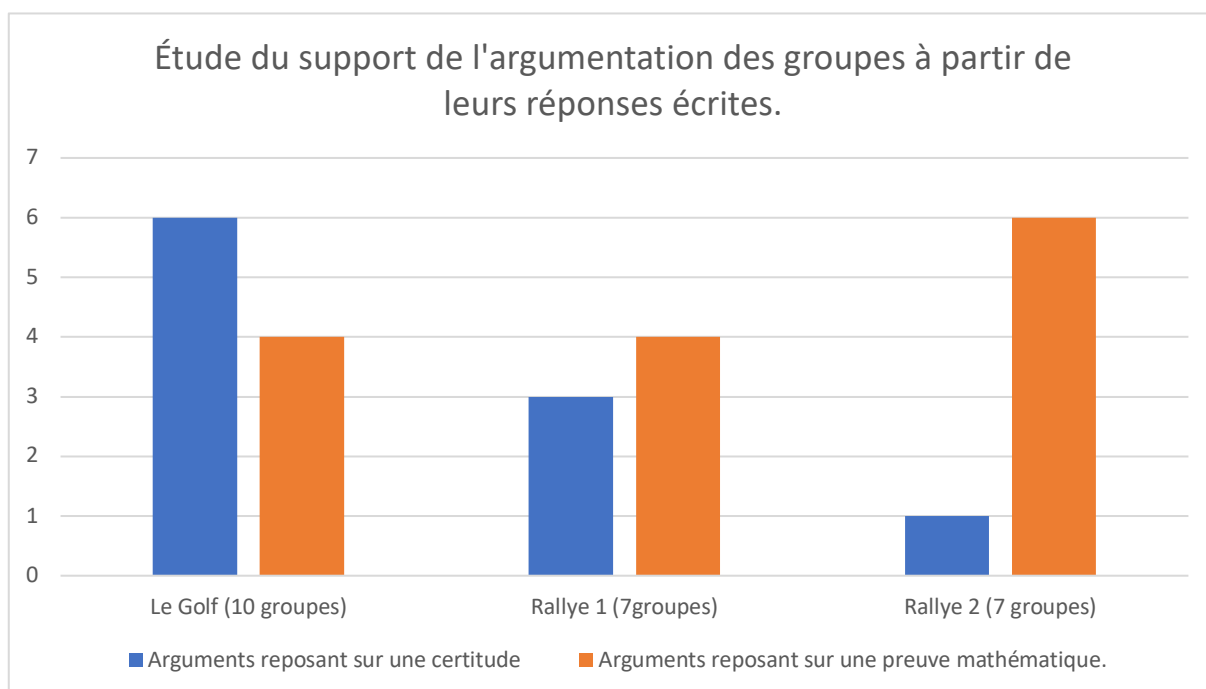
Par manque de matériel, seuls les trois mêmes groupes ont été enregistrés. L'enregistrement du groupe 1 n'ayant pas été exploitable car les élèves s'étaient contentés de réécrire la même réponse que lors du Rallye 1. Ainsi, seuls deux enregistrements ont été utilisés.

Si nous comparons la qualité de l'argumentation du groupe de S, E et A (voir annexes 6 et 11), nous nous apercevons qu'elle repose cette fois-ci sur des propriétés mathématiques. La figure est correctement identifiée et cette identification est justifiée par des propriétés mathématiques. De plus, l'argumentation est beaucoup plus claire que précédemment, notamment grâce à un lexique plus riche.

Le groupe de K, N et M (voir les annexes 9 et 10) montre une constante. Que ce soit lors du premier rallye ou lors du second. Ils s'appuient sur des propriétés mathématiques pour argumenter leurs propos. Ils ont conscience qu'il faut prouver les choses en s'appuyant sur ces propriétés. Cependant, nous pouvons tout de même observer une amélioration de

l'argumentation des élèves au sein de ce groupe. En effet, le lexique employé est plus précis (emploi de « milieu » au lieu de « moitié » ; de « diagonales » par K au lieu de « trait »). En outre, c'est surtout chez K qu'on observe une nette amélioration. En effet, lors du premier problème, celui-ci ne voyait pas la nécessité de prouver l'affirmation du groupe (« On sait que c'est à la moitié pas besoin de le dire »). Alors que lors du second problème il répond lui-même à une de ses questions en ayant recours à une justification mathématique (« Et pas les diagonales comme la dernière fois ? Ah bah non ça se superpose pas si on plie là c'est vrai. »)

Ainsi, à travers ces activités, nous nous rendons compte que l'argumentation des élèves s'est améliorée avec les séances. Cette amélioration se justifie par une prise de conscience de la preuve mathématique (voir graphique ci-dessous). Il ne suffit plus d'être certain de quelque chose pour le prouver, il s'agit maintenant d'appuyer son argumentation sur une preuve mathématique. De plus, l'acquisition d'un lexique plus adapté, plus précis et plus riche a permis également d'aller dans ce sens.



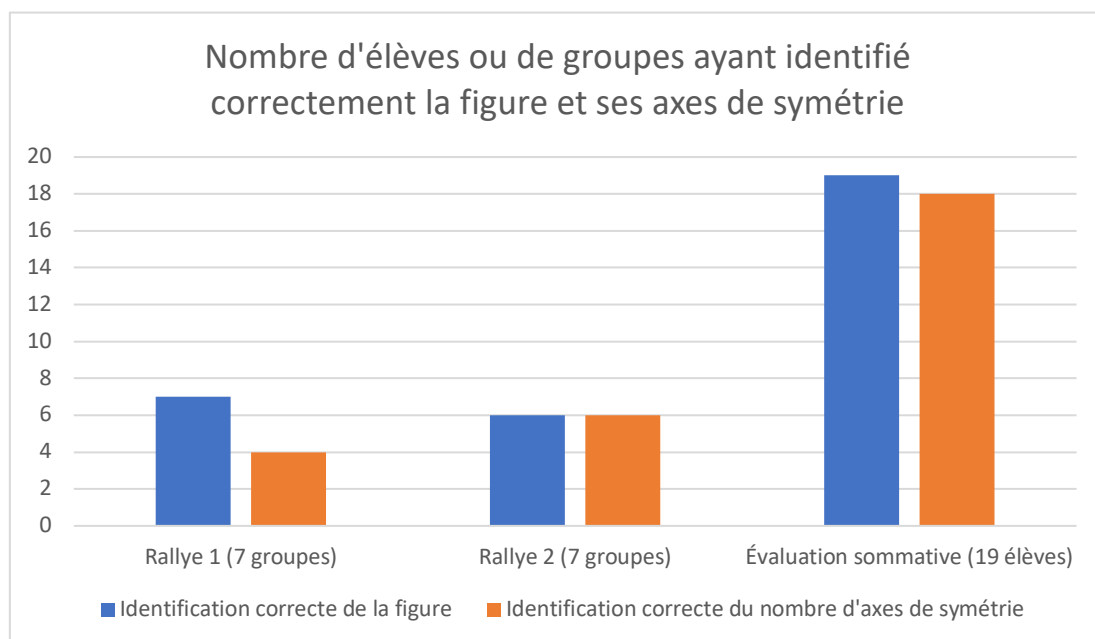
1.2 Les problèmes de type rallye mathématique sont-ils des vecteurs d'apprentissage efficaces ?

Pour répondre à cette question, nous étudierons les résultats obtenus par les différents groupes lors du rallye 1 et 2, ainsi que les résultats obtenus par les élèves lors de l'évaluation sommative où deux exercices de géométrie ont été proposés : le premier où il s'agissait de

reconnaitre des quadrilatères grâce à leurs propriétés et un second similaire aux deux problèmes proposés lors des rallyes (voir annexe 12).

Lors du premier rallye, tous les groupes ont correctement identifié le carré mais tous n'ont pas identifié les quatre axes de symétrie du carré. En revanche, lors du deuxième rallye, tous les groupes, sauf un, ont été capables d'identifier la figure et ses axes de symétrie. De plus, lors de l'évaluation sommative, sur les 19 élèves présents le jour J, 19 ont reconnu la figure comme étant un losange et 18 ont été capables d'identifier les diagonales du quadrilatère comme étant les axes de symétrie de la figure.

Le graphique ci-dessous nous montre que les élèves sont parvenus, lors des trois épreuves à identifier correctement les quadrilatères. Cependant, nous observons qu'après le premier rallye, le nombre d'élèves ou de groupes ayant identifié correctement les axes de symétrie des quadrilatères augmente. Cette augmentation est liée à l'explicitation de ce qu'est la symétrie lors du débat mathématique en lien avec le rallye 1 et avec la séance intermédiaire entre les rallyes où un exercice de rappel des propriétés des figures a été réalisé. Nous pouvons ainsi dire que ces problèmes géométriques ont été efficaces pour l'apprentissage des élèves. De plus, nous pouvons affirmer que les élèves connaissent les propriétés des quadrilatères et qu'ils savent à quoi correspond un axe de symétrie.



2 Discussions :

2.1 Des objectifs atteints :

Au regard des résultats exposés, les objectifs de recherche semblent atteints. En effet, une amélioration de l'argumentation des propositions par les élèves est observable. Ceci est dû à une meilleure maîtrise du lexique et des propriétés mathématiques. De plus, ces problèmes ouverts se trouvent être efficaces dans l'apprentissage des élèves car suite à cette recherche, nous pouvons affirmer que les élèves connaissent les propriétés des quadrilatères et qu'ils savent à quoi correspond un axe de symétrie.

2.2 Limites :

Pour rendre les résultats de cette recherche plus significatifs, il faudrait pouvoir enregistrer les échanges entre les élèves de chaque groupe. En effet, étudier l'évolution des stratégies d'argumentation des élèves au sein des sept groupes apporterait plus de validité à cette recherche car seulement trois groupes ont été enregistrés.

2.3 Pour aller plus loin :

Il serait également intéressant de leur proposer un nouveau problème de type « Golf » ou autre mais qui va permettre aux élèves de trouver différentes conjectures. Ces dernières seraient débattues lors d'un débat mathématique. Nous pourrions ainsi observer quels élèves ou groupes d'élèves se basent sur une preuve mathématique pour argumenter leur propos à la classe. Car la limite de cette recherche, réside aussi dans le fait d'avoir proposé deux problèmes similaires. Pour reprendre la classification de C. Houdement (voir partie I – 1.3), le second problème géométrique proposé n'était plus un problème atypique mais un problème complexe. En effet, suite au débat mathématique effectué au préalable, les élèves avaient acquis la méthode de résolution de ce type problème. Il n'a donc pas été nécessaire pour eux de s'engager dans une réelle démarche de chercheur. En revanche, ils ont dû appliquer les différentes étapes de raisonnement débattues lors du débat précédent.

Il serait intéressant d'effectuer un travail sur la posture d'élève chercheur : même si ce n'était pas le sujet du mémoire, j'ai observé que de nombreux élèves se laissaient porter par les différents leaders des groupes (souvent les « bons » élèves en mathématiques) et n'osaient pas forcément entrer dans les problèmes sans avoir l'aval de ce leader. Il serait intéressant de développer dans un premier temps cette posture pour que tous les élèves entrent dans la tâche

et proposent d'autres manières de faire. Ces dernières permettraient d'avoir plus de matière à débattre et surtout ces tâches auraient plus de sens pour ces élèves-là. En effet, si leur propre proposition est débattue par la classe, l'élève se sentira certainement plus concerné et apprendra davantage que lorsqu'il n'a pas réellement pris part à l'élaboration de la proposition de son groupe.

Conclusion :

Suite à ce travail de recherche, des éléments de réponse ont été apportés aux questions initiales. En effet, les problèmes de type rallye mathématique ou problèmes pour chercher semblent être de bons outils pour améliorer les compétences d'argumentation des élèves. Les modalités de ces activités favorisent les échanges entre pairs et vont aider ces derniers à expliquer, à verbaliser, à argumenter leurs démarches, leurs raisonnements ou leurs réponses. Cependant, pour que cette amélioration soit nette, il me semble important d'effectuer plusieurs situations de débat mathématique afin que les élèves prennent conscience de la nécessité de la preuve en mathématiques. Il ne s'agit plus de justifier ses propos grâce à une certitude (« je sais que c'est comme ça ») mais bien de les argumenter à l'aide de propriétés ou de règles mathématiques. Ces temps de débat vont également permettre aux élèves d'acquérir des structures de phrase leur permettant de créer des techniques d'argumentation pour le futur. C'est en ce sens que l'enseignant trouve toute sa place dans le débat mathématique. Par ses relances, il va faire comprendre aux élèves qu'il est nécessaire de systématiquement argumenter ou prouver ce que l'on avance. De plus, des situations de lexique peuvent être prévues pour enrichir l'argumentation des élèves et la rendre plus claire.

Ce type de problème et les rallyes mathématiques semblent également être des vecteurs d'apprentissage efficaces. De par ses modalités de travail, ces activités sont sources de plaisir pour les élèves qui collaborent et se mettent au travail avec enthousiasme. Les résultats de l'évaluation sommative vont également dans ce sens : il y a eu apprentissage ; les élèves savent reconnaître un quadrilatère à l'aide de ses propriétés et savent reconnaître les axes de symétrie d'un quadrilatère.

En réalisant ce travail, j'ai également pu constater que certains élèves gagnaient en aisance à l'oral, qu'ils osaient de plus en plus prendre la parole devant la classe et exposer leurs points de vue. Les élèves se sont montrés appliqués et motivés tout au long de ces séances. Ainsi, je compte conserver ces situations dans ma pratique professionnelle pour poursuivre dans ce sens.

Bibliographie :

Articles et ouvrages

ARSAC G., CHAPION G., COLONA A., GERMAIN, GUICHARD Y., MANTE M. (1992) Initiation au raisonnement déductif au collège.

ARSAC G. et MANTE M. (2007), *Les pratiques du problème ouvert*, co-édité par l'IREM et le CRDP de l'académie de Lyon.

CHARNAY R. (2006), « Rallyes Mathématiques : quel intérêt ? », *Grand N*, n° 78, Irem de Grenoble.

COLIN P. et REDOUTÉ C. (2004), *Défi Maths CM2, Résoudre des énigmes en équipe*, Retz.

DOUAIRE J. et HUBERT C. (1999), « VRAI ? ... FAUX ? ... On en débat ! ».

DOUAIRE J. et HUBERT C. (2001), « Mise en commun et argumentation en mathématiques », *Grand N*, n°68.

DURPAIRE J.L. (2006), Rapport n°2006-34, juin 2006, *L'enseignement des mathématiques au cycle 3 de l'école primaire*.

FRÉTIGNÉ P. et MERCIER T. (2015), *Les rallyes Mathématiques dans les IREM*, Dossier : Rallyes et compétitions entre équipes, APMEP n°513.

GARDES M.L. (2013), *Étude de processus de recherche de chercheurs, élèves et étudiants, engagés dans la recherche d'un problème non résolu en théorie des nombres*. Education. Université Claude Bernard - Lyon I.

GARDES M.L. (2018), *Démarches d'investigation et recherche de problèmes*, Le rallye mathématiques dans la classe : un jeu très sérieux, ouvrage coordonné par G. ALDON.

HOUEMENT C. (2013), *Au milieu du gué : entre formation des enseignants et recherche en didactique des mathématiques*. Sciences de l'Homme et Société. Université Paris-Diderot - Paris VII.

JABIER A. et ROBERT D. (1999) Chapitre VI, *Un témoignage de maitres*, dans l'ouvrage de J. DOUAIRE et C. HUBERT « VRAI ? ... FAUX ? ... On en débat ! ».

MOUSSI D. (2016) « Les compétences argumentatives des élèves au cycle 3 : le rôle de l'enseignant ? »

PERELMAN C. (1958), *Traité de l'argumentation : la nouvelle rhétorique*.

PERRIN D. (1999), Préface de *Vrai ? Faux ? ... On en débat*, J. DOUAIRE et C. HUBERT, INRP.

Conférences

HOUDEMONT C. (2018), conférence à l'Espe de Paris (maintenant Inspe), « Quelles intentions pour la résolution de problème ? », *Résolution de problèmes arithmétiques : lesquels, pour quoi et comment ?*

Références institutionnelles

Bulletin officiel de l'Éducation Nationale n°31 du 30 juillet 2020, Programmes scolaires cycle 2 et cycle 3.

BO n°11 du 24 mars 1977 (programme appliqué en septembre 1978 en classe de 6^{ème}).

BO hors-série n° 1 du 14 février 2002.

Document d'accompagnement des programmes, École primaire, Mathématiques, Ministère de l'Éducation nationale, de l'Enseignement supérieur et de la Recherche Direction de l'enseignement scolaire, applicable à la rentrée 2003.

Sites Internet



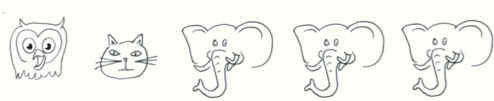



Site de l'IREM Paris – Nord : http://www-irem.univ-paris13.fr/site_spip/

ANNEXES :

Annexe 1 : ZOOLOGIE

Zoologie

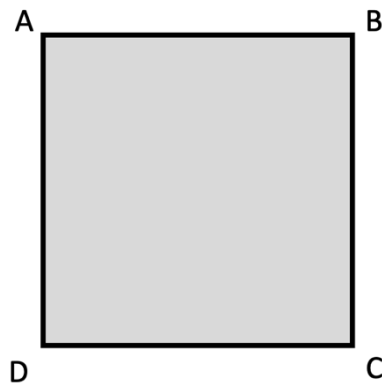
Chaque animal représente un nombre entier, on trouve en bout de ligne la somme de ces cinq nombres.
Retrouve le nombre qui correspond à chaque animal.

	27
	35
	44
	53
	31
	40

Annexe 2 : Problème étudié – Rallye 1 :

N°6 : Géométrie / 15 points

Expliquez comment tracer les axes de symétrie de cette figure ABCD avec un double décimètre



Annexe 3 : Les autres problèmes proposés – Rallye 1 :

N°1 : Numération / 3 points

Trouvez quatre nombres à 6 chiffres en utilisant à chaque fois uniquement ces 4 mots :

Cent – Un – Sept – Mille

Attention ! Chaque mot ne peut être écrit qu'une seule fois par nombre.

N°2 : Numération / 3 points

Choisissez, dans chaque ballon, le résultat qui vous paraît exact puis complétez les opérations.

Pour vous aider, pensez à l'ordre de grandeur.

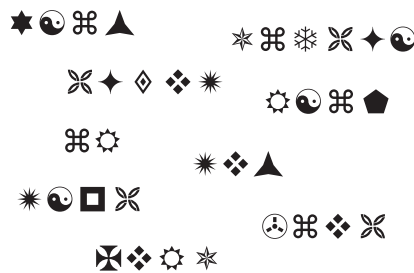
N°3 : Problème / 6 points

En 1995, Pierre a eu 11 ans, Émilie 14 ans, Véronique 18 ans, leur mère 43 ans et leur père 45 ans.

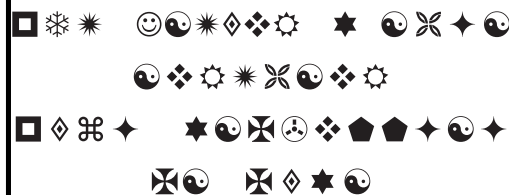
- 1) Quel sera l'âge de chacun en l'an 2000 ?
- 2) Quel âge auront les membres de la famille quand Véronique aura 35 ans ? En quelle année serons-nous ?

N°5 : Code secret / 10 points

Voici les nombres de 1 à 9 écrits à l'aide d'un code secret. Chaque lettre de chaque nombre est remplacée par un même symbole :



Saurez-vous décoder la phrase suivante ?



N°4 : Logique / 10 points

logique

Trouvez le correspondant de chacun !

L'école est jumelée avec une école anglaise. Sophie, Pierre et Ève ont chacun un correspondant : Jane, John et Tony.

- Jane correspond avec une danseuse ;
- Sophie ne correspond pas avec une fille ;
- Tony correspond avec la fille du directeur.

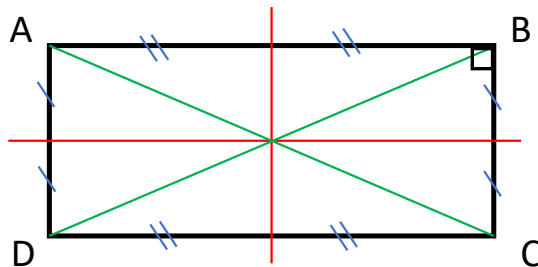
Pour vous aider, construisez un tableau

Annexe 4 : Séance lexicale géométrie :

Consigne : Relie chaque notion à sa définition

Parallèle	•	• Axe qui s'obtient après pliage d'une figure le long d'une droite. Ce pliage doit permettre de superposer à l'identique deux parties de la figure.
Côtés consécutifs	•	• Se dit de deux droites qui se coupent en formant un angle droit.
Milieu d'un segment	•	• Un segment reliant deux sommets non consécutifs.
Sommet	•	• Le point d'intersection des deux côtés d'un angle.
Angle droit	•	• Se dit de deux droites qui ne se croisent jamais.
Perpendiculaire	•	• Le point qui partage un segment en deux segments égaux.
Côtés opposés	•	• Dans un polygone, deux côtés avec un sommet commun.
Diagonales	•	• Équivaut à l'angle de l'équerre.
Axe de symétrie d'une figure	•	• Dans un polygone, deux côtés non consécutifs. Ils n'ont pas de sommets en commun
Une droite	•	• Une ligne formée de points alignés qui ne s'arrête jamais.

Consigne : Complète le texte avec les notions géométriques de l'exercice 1.



La figure ABCD est un quadrilatère.

AB et DC sont des côtés Comme ABCD est un rectangle, je sais que

AB et DC sont AB et BC sont des côtés

Ils sont car ils coupent en

A, B, C et D sont les de la figure.

Les segments AC et BD sont les de la figure ABCD.

Les rouges représentent Elles coupent respectivement AB et DC puis BC et AD en leur

Annexe 5 : Rallye 2 :

N°1 : Mesure / 3points

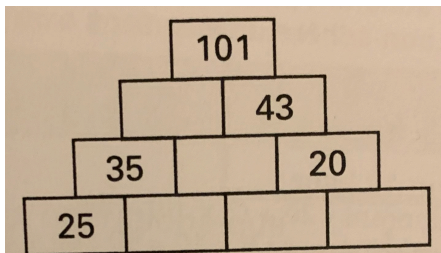


N°3 : Mesure / 6 points

Aline veut encadrer une photo de 18 cm sur 13 cm. Le cadre qui entoure la photo mesure 3,5 cm de largeur. Quel est le périmètre mesuré à l'extérieur du cadre ?

N°2 : Problème / 3 points

Dans la pyramide ci-dessous, chaque brique vaut la somme des deux briques sur lesquelles elle repose. Complétez chaque brique avec le nombre qui convient.



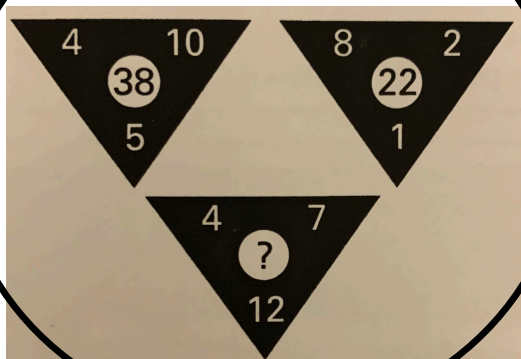
N°5 Problème / 15 points

Dans un élevage, il y a des poulets et des lapins. Paul compte 23 têtes et 68 pattes.

Combien y a-t-il de poulets ?

Combien y a-t-il de lapins ?

N°4 : Logique / 6 points



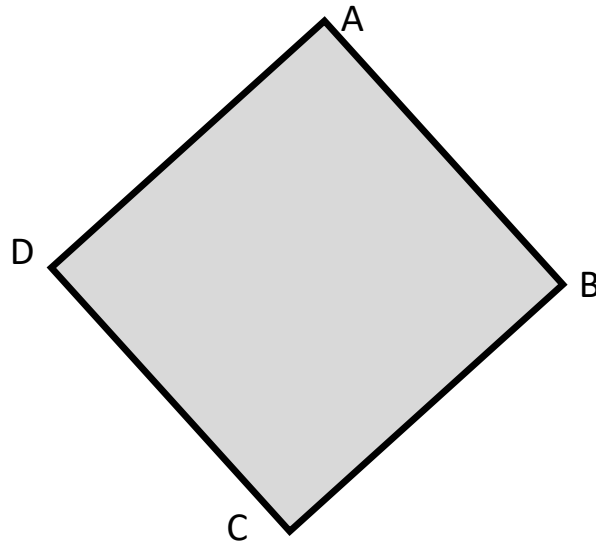
Observez bien la combinaison des chiffres des deux triangles du haut pour trouver la solution du dernier triangle.

Quel est le nombre qui doit remplacer le point d'interrogation ?

Annexe 6 : Problème géométrique étudié - Rallye 2 :

N°6 : Géométrie / 15 points

Expliquez comment tracer les axes de symétrie de la figure ci-dessous :



Annexe 7 : Retranscription du raisonnement du groupe 1 :

- S (d'un ton assuré) : Bon déjà on sait qu'un carré a deux axes de symétrie.
- E : Mais vous êtes sûrs que c'est un carré déjà ?
- A : Oui, chaque côté fait 6 cm donc le périmètre est 24 cm.
- S : On s'en fiche du périmètre.
- E : Vous avez une idée alors pour tracer les axes ?
- A : On reproduit la figure sur un autre papier comme ça on peut la plier et on trouve les deux axes.
- E : Mais comment tu sais où on plie ?
- A : Parce qu'on l'a déjà fait.
- S : Mais on n'a pas le droit de plier, on doit expliquer qu'avec la règle.
- A : Oui c'est pour ça qu'on reproduit la figure sur une autre feuille pour être sûr de l'emplacement des axes de symétrie.
- E : Mais on sait déjà où ils sont. Ils sont là, au milieu du carré.
- S : Bah oui c'est logique on sait qu'ils sont au milieu on n'a pas besoin de plier.
- E : Oui mais comment on l'explique.
- A : On dit qu'on a plié la figure dans notre tête et qu'on trace les traits où il y'aurait le pli.
- E : Oui c'est vrai c'est logique on sait déjà qu'ils sont là, pas besoin d'expliquer.
- A : Oui on sait où ils sont on a juste à tracer.
- S : Voilà et si on ne sait pas on plie dans notre tête.

Annexe 8 : Retranscription du raisonnement du groupe 3 :

- S : Alors comment on va faire ?
- B : Déjà il faut trouver c'est quoi cette figure.
- R : C'est un carré, c'est un carré il y'a quatre angles droits.
- S : Le rectangle aussi a quatre angles droits.
- R : Ah oui c'est vrai faut vérifier les côtés aussi.
- B : C'est bon ils font tous 6 cm, c'est un carré.
- Y'a combien d'axes de symétrie dans le carré déjà.
- R : Y'en a 2.
- S : Non y'en a 4.
- R : N'importe quoi, y'a les diagonales et c'est tout.
- B : Non S a raison parce qu'il y a aussi ceux du milieu.
- R : Ah oui j'oublie tout le temps ceux-là.
- B : Donc c'est facile on trace les diagonales comme ça.
- S : Et on relie les deux milieux.
- B : On va utiliser la règle pour être sûr que ce soit droit.
- R : Mais non on n'a pas le droit d'utiliser l'équerre pour tracer les traits.
- S : C'est pas grave on relie les deux côtés avec la règle.
- B : Voilà c'est bon on a trouvé. On mesure les côtés du carré, on trouve le milieu et on trace un trait dans le carré. On trace ensuite le trait du milieu et on le fait jusqu'à avoir tous les axes de symétrie.
- S : C'est pas très clair B

Enfin le groupe écrit comme réponse écrite :

« Il faut mesurer les côtés du carré, nous trouvons ensuite le milieu et on trace le trait au milieu du carré pour tracer les axes de symétrie. »

Annexe 9 : Retranscription du raisonnement du groupe 6 :

- N : Mais c'est super facile. Attendez, on mesure l'intérieur ou l'extérieur du trait du côté.
- K : On mesure l'extérieur, il faut avoir toute la longueur.
- M : Oui on mesure toute la longueur.
- N : Ah oui logique en fait. Bon bah j'écris alors.
- M : Attends, on fait d'abord un brouillon pour voir si on est tous d'accord.
- N : Oui t'as raison.
- M : Attendez, on n'a même pas vérifié si c'était bien un carré.
- N : Si ça se voit.
- K : Si c'est bien un carré il a quatre angles droits.
- M : Oui et ses côtés font bien tous 6 cm, c'est un carré. Il faut qu'on trouve quatre axes de symétrie.
- N : Ok alors qu'est-ce qu'on met ? K t'as une idée ?
- K : J'ai tracé sur les traits là comme ça.
- M : Les diagonales.
- K : Oui voilà, j'ai tracé sur les diagonales et après j'ai ... je me souviens plus.
- N : Oui les deux premiers axes de symétrie sont les diagonales et pour trouver les deux autres il faut mesurer les côtés du carré. C'est combien déjà M ?
- M : 6 cm.
- N : Voilà on trouve 6 cm, ensuite on trouve la moitié de chaque côté. La moitié de 6 c'est 3. Et on les relie.
- K : On sait que c'est à la moitié qu'il faut tracer pas besoin de le dire.
- N : Si parce que l'axe de symétrie il coupe le carré en deux.
- M : Oui tu sais il faut que les deux parties soient pareilles. Si on le dit pas on pourrait mettre le trait n'importe où.
- K : Ah oui c'est vrai.
- N : Donc on relie la moitié de chaque côté et c'est bon.
- M : Voilà les diagonales et les côtés du carré, on a les quatre axes on écrit.

Annexe 10 : Retranscription du raisonnement du groupe 3 – Rallye 2 :

- K : C'est la même chose que la dernière fois !
- M : Ah oui ça ressemble en tout cas. Faut qu'on trouve d'abord c'est quoi cette figure.
- N : Oui, faut regarder si on trouve des angles droits.
- K : Oui c'est bon c'est la même chose, il a quatre angles droits, c'est un carré.
- M : Attends, pas sûr ça peut être un rectangle aussi.
- K : Ah oui faut qu'on mesure les côtés.
- M : Oui j'ai vérifié c'est pas un carré parce que AB est égal à 5,8 et BC à 6,4.
- K : Ah ça doit être un rectangle alors. T'as mesuré AD et CD pour voir si c'est la même chose.
- M : Oui je suis en train. Oui c'est bon c'est un rectangle ! AB et CD font tous les deux 5,8 et BC et AD font tous les deux 6,4
- N : Heureusement qu'on a mesuré moi je pensais que c'était un losange !
- K : Oui moi aussi.. ah non moi un carré plutôt.
- N : Le rectangle a deux axes de symétrie. Les deux axes du milieu.
- M : Oui parce que si on plie on a deux parties égales.
- K : Et pas les diagonales comme la dernière fois ? Ah bah non ça se superpose pas si on plie là c'est vrai.
- M : Oui exactement t'as raison K ça se superpose pas si on plie là.
- N : Donc on est d'accord il y a que deux axes ?
- K et M : Oui.
- N : Ok alors comme la dernière fois il faut trouver la moitié et ..
- M : Non c'est le milieu pas la moitié.
- N : Ah oui t'as raison. Il faut trouver le milieu de chaque côté et relier le milieu d'un côté à son côté opposé.
- K : Oui c'est ça.
- M : Attends, répète N.
- N : Il faut trouver le milieu de chaque côté et le relier au milieu du côté opposé.
- M : Oui je suis d'accord aussi. On peut l'écrire.

Annexe 11 : Retranscription du raisonnement du groupe 5 – Rallye 2 :

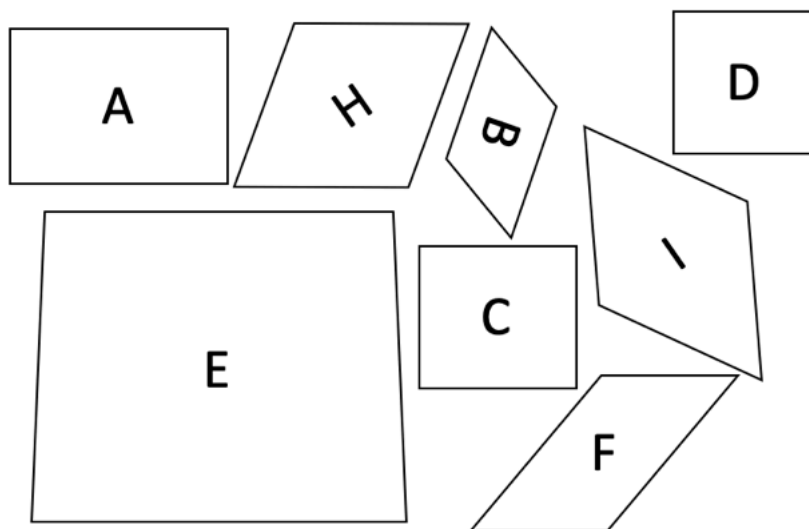
- S : Comme la dernière fois, il faut relier les diagonales AC et BD.
- E : C'est un carré ou un losange ? Il faut relier AC et BD comme dit S puis faire comme la dernière fois.
- A : Il faut ensuite mesurer la moitié de chaque côté et les rejoindre.
- S : Attendez AB mesure 5,8 cm et BC 6,4 cm.
- A : Ah mais c'est pas un carré alors !
- E : Bah si regarde.
- A : Mais non t'as entendu ce qu'a dit R ?
- E : Non
- A : Les côtés ne sont pas tous égaux donc ça ne peut pas être un carré.
- E : Ahhhh... mais c'est quoi alors ? Ah mais c'est un rectangle ! Il a quatre angles droits et les côtés opposés de même longueur.
- S : Oui faut vérifier les longueurs des côtés.
- A : Oui j'ai vérifié c'est un rectangle il y a deux axes de symétrie. Vous êtes d'accords ?
- E et S : Oui.
- E : Les axes sont au milieu. C'est pas les diagonales.
- A : Oui il faut mesurer la moitié de chaque côté et relier les milieux des côtés opposés.
- S : C'est ça on écrit la réponse.

Annexe 12 : Évaluation sommative de géométrie :

Évaluation bilan : Mathématiques

Les quadrilatères et leur périmètre	Élève			Enseignant
	Acquis	Partiellement Acquis	Non Acquis	
Je sais identifier un quadrilatère grâce à ses propriétés.				
Je connais les propriétés des quadrilatères particuliers.				
Je sais calculer un périmètre.				

Exercice 1 : Range chaque quadrilatère dans sa famille :



Rectangle :

Parallélogramme :

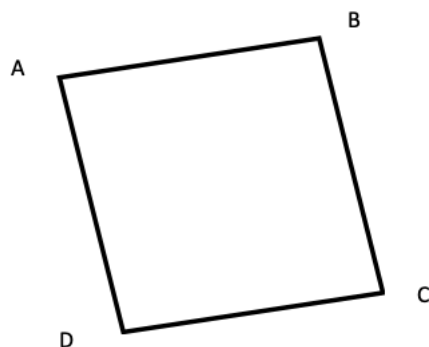
Losange :

Autres :

Carré :

Exercice 2 : Expliquez comment tracer les axes de symétrie de cette figure ABCD avec un double

décimètre :



Résumés :

Les problèmes pour chercher ou problèmes de type rallye mathématique sont des activités présentant des avantages multiples. Ces activités offrent la possibilité de faire des mathématiques autrement et sont vectrices d'un apprentissage efficace. Voilà les élèves en position d'élève chercheur. Ces derniers vont notamment pouvoir développer des compétences de recherche, de coopération et d'argumentation. Cette dernière compétence ne peut être améliorée qu'à certaines conditions. Des débats mathématiques, animés par l'enseignant, doivent régulièrement avoir lieu. Au cours de ces débats, les élèves vont peu à peu prendre conscience de la nécessité de la preuve en mathématiques. Pour atteindre cet objectif, les élèves auront la responsabilité de la preuve, c'est-à-dire qu'il leur reviendra de valider ou d'invalider les différentes propositions en s'appuyant sur des propriétés ou des faits mathématiques. Bien que ces débats permettent d'améliorer les compétences d'argumentation des élèves de CM2, notamment en leur présentant des structures de phrase permettant de présenter un argument ou de contredire un argument, ils ne sont pas forcément suffisants. En effet, des séances de lexique peuvent être prévues pour aider les élèves à gagner en précision ce qui renforcera la qualité et la force de l'argument.

Mathematical problems or open problems are school activities with many advantages. Those activities give the opportunity to do some mathematics in a different way. Moreover, they also can be used for an effective learning. Pupils will turn into true investigators and develop many skills in research, cooperation and argumentation. The last one might be improved under certain conditions. First of all mathematical debate has to take place regularly. The discussion is moderated by the teacher and during this discussion, pupils will have to become aware of the fact that the mathematical proof is required. To reach that goal, students will have responsibility for proof. It will be their task to validate or invalidate what is being proposed by the whole class. To do so they will have to debate using mathematical properties or mathematical facts as a support. Although those debates are a good way to improve argumentation skills, they might be not enough to do so. That's why vocabulary lessons can be used as well. Pupils will improve the quality of their vocabulary and the strength of their arguments thanks to those lessons.