

Difficultés de résolution de problèmes mathématiques chez les élèves de première année du collège : Une analyse empirique basée sur le modèle de Pólya

Mathematical problem-solving difficulties among first-year middle school students: An empirical analysis based on the Pólya model

Résumé:

La résolution de problème est au centre de l'activité mathématique mais certaines observations réalisées en classe montrent que la plupart des élèves rencontrent des difficultés dans cette discipline, et ce quel que soit leur âge. Même si les enseignements acquis sont les mêmes, les élèves n'arrivent pas tous à résoudre le même problème et certains n'arrivent pas même à poursuivre au-delà d'un certain niveau de la résolution. Cette recherche vise à identifier les difficultés particulières que rencontrent les élèves de première année du collège lorsqu'ils résolvent des problèmes mathématiques, en se basant sur le modèle à quatre étapes de George Pólya (1945) (compréhension, élaboration du plan, exécution du plan, vérification). Pour réaliser notre objectif, nous avons adopté une approche qualitative, en utilisant l'étude de cas comme principale méthode de recherche, en proposant aux élèves un exercice « problème » et dont les réponses des élèves seront analysées et comparées avec une solution standard. Les résultats de notre recherche indiquent une répartition hétérogène des difficultés : 7 % des élèves échouent à l'étape de compréhension du problème, 14% rencontrent des obstacles lors de l'élaboration du plan, 79 % éprouvent des difficultés majeures lors de l'exécution du plan (calculs, application des stratégies) et 72 % omettent ou échouent à vérifier la solution, étape cruciale pour valider leur démarche.

Mots clés : résolution de problèmes mathématiques, difficultés d'apprentissage, modèle de Pólya, élèves du collège, étude qualitative.

Abstract

Problem solving is at the heart of mathematical activity, but observations in the classroom show that most students, whatever their age, have difficulty with this discipline. Even if the lessons learned are the same, not all pupils manage to solve the same problem, and some don't even manage to go beyond a certain level of resolution. This research aims to identify the

particular difficulties encountered by first-year middle school students when solving mathematical problems, based on George Pólya's (1945) four-stage model (comprehension, plan development, plan execution, verification). To achieve our objective, we adopted a qualitative approach, using case study as our main research method, proposing a "problem" exercise to students, with the students' answers analyzed and compared with a standard solution. The results of our research indicate a heterogeneous distribution of difficulties: 7% of students fail at the problem comprehension stage, 14% encounter obstacles during plan development, 79% experience major difficulties during plan execution (calculations, application of strategies) and 72% omit or fail to check the solution, a crucial step in validating their approach.

Key words: mathematical problem solving, learning difficulties, Pólya model, middle school students, qualitative study.

Introduction :

Aujourd'hui, les responsables de différentes disciplines, mettent en avant la résolution de problèmes lorsqu'ils évoquent les compétences des 21st siècles (cadre 21)¹. En effet, le citoyen de la société contemporaine a de plus en plus besoin de compétences analytiques et de raisonnement pour résoudre des situations et de tâches complexes (Lamri et al., 2018).

En effet, la résolution de problèmes mathématiques à l'école vise à favoriser le développement de ces compétences. Elle permet également aux élèves de consolider leurs connaissances mathématiques, de développer des compétences mathématiques (recherche, modélisation, représentation, raisonnement, calcul, communication), d'être proactifs et de prendre confiance en eux. « La résolution de problèmes constitue le critère principal de la maîtrise des connaissances dans tous les domaines des mathématiques, mais elle est également le moyen d'en assurer une appropriation qui en garantit le sens (Ministère de l'Éducation nationale de la Jeunesse et des Sports (France), 2022) ». Savoir résoudre des problèmes est l'objectif primordial de l'enseignement des mathématiques à l'école, mais aussi le principal vecteur d'acquisition des connaissances et des compétences ciblées.

¹ Cadre du partenariat pour les compétences du 21st siècle" (ou "P21") est un ensemble de normes et de pratiques éducatives qui vise à doter les étudiants des compétences nécessaires pour réussir dans un monde en constante évolution. Il se concentre sur l'intégration de la résolution de problèmes dans l'enseignement des matières fondamentales.

Toutefois, malgré sa présence au centre des enjeux éducatifs (Barrouillet et Camos, 2003 ; Claracq et al. 2022), la résolution de problèmes mathématiques restent l'activité où les élèves n'étaient pas en situation de réussite et éprouvent le plus de difficultés (Fayol et al., 1997 ; Jarlégan, 2020). Ainsi, et dans le cadre de cette recherche, en adoptant le processus du mathématicien George PÓLYA, on va chercher à déterminer les niveaux de difficultés de résolution de problèmes mathématiques rencontrées par les apprenants à savoir ; la compréhension du problème, l'élaboration du plan, son exécution et la vérification de la solution retenue.

Pour réaliser notre objectif, on va essayer de répondre à cette question principale : « Pourquoi les élèves, qui ont reçu les mêmes enseignements en mathématiques, n'arrivent pas tous à résoudre le même problème, et certains ne peuvent pas poursuivre au-delà d'un certain niveau de la résolution ? » Cette question, et pour la rendre procédurale et mesurable, on peut la décliner en deux sous questions ci-après :

Question 1- Pourquoi des élèves ne réussissent pas la résolution de problèmes en mathématiques, malgré l'achèvement de leur démonstration ?

Question 2- Pourquoi des élèves ne dépassent pas certaines étapes lors de la résolution de problèmes en mathématiques ?

Pour répondre à cette question de recherche, nous avons adopté une approche qualitative, menée auprès de 14 élèves de 1^{ère} année collège, en utilisant l'étude de cas comme principale méthode de recherche et en proposant aux élèves un exercice « problème » et dont les réponses des élèves seront comparées avec une solution standard.

Nous tâchons, en premier lieu, de présenter le cadre conceptuel et théorique de notre recherche. En deuxième lieu, nous présenterons la méthodologie adoptée, la nature et la démarche de l'étude en examinant la population et la population "cible", ensuite nous exposerons l'instrument de collecte des données, le déroulement de notre étude et finalement nous analyserons et discuterons les réponses des élèves pour répondre à notre question principale de cette recherche ainsi qu'aux questions secondaires précitées.

1. Difficultés et trouble d'apprentissage

1-1 Définition de difficultés d'apprentissage

Il existe plusieurs façons d'aborder les difficultés d'apprentissage. Par conséquent,

Différents points de vue sont exprimés, les difficultés d'apprentissage peuvent être le résultat de causes biologiques ou ils peuvent être étroitement liés à des facteurs environnementaux tels que l'école, la famille ou la culture dans laquelle vit l'élève. La façon dont on conçoit l'origine des difficultés d'apprentissage a un impact sur les interventions privilégiées puisque ceux qui mettent en avant les origines biologiques tenteront d'intervenir sur l'élève tandis que ceux qui privilégient les facteurs environnementaux se concentreront davantage sur des interventions visant à agir sur l'ensemble des facteurs impliqués et à favoriser la prévention des difficultés d'apprentissage.

Dans sa publication abrégée du document Difficultés d'apprentissage à l'école comme cadre de référence dans le but de guider l'intervention, le MEQ² définit le terme difficultés d'apprentissage comme exprimant la : *«difficulté d'un élève à progresser dans ses apprentissages en relation avec les attentes du programme de formation»* et comme étant la *« résultante des interactions entre les caractéristiques de l'élève, celles de sa famille, de son école et de son entourage »*. Et le MEQ ajoute que même si les difficultés d'apprentissage sont *« à l'occasion liées à certaines caractéristiques de l'élève, elles sont souvent le résultat d'un processus qui débute tôt, dans la famille, et se poursuit à l'école»* (Gouvernement du Québec, Ministère de l'Éducation, 2003, p. 2). Le MEQ poursuit en précisant que les difficultés d'apprentissage se manifestent au regard des compétences définies par le Programme de formation et qu'elles *« touchent plus particulièrement les compétences à lire, à communiquer oralement ou par écrit et à utiliser la mathématique »* (Gouvernement du Québec, Ministère de l'Éducation, 2003, p. 2).

Cependant, certains élèves rencontrent des difficultés d'apprentissage qui s'avèrent très sérieuses et qui persistent malgré les interventions d'ordre préventif et la différenciation pédagogique dont ils ont fait l'objet durant toute leur scolarité primaire. Ces difficultés d'apprentissage paraissent donc davantage liées aux caractéristiques de l'élève qu'à l'interaction individu-famille-école. Il est donc approprié, dans ces cas, de parler de trouble d'apprentissage.

1-2 Définition de trouble d'apprentissage

Selon la définition nationale adoptée le 30 janvier 2002 par l'Association canadienne des troubles d'apprentissage, l'expression trouble d'apprentissage :

² Ministère de l'Éducation du Québec

Fait référence à un certain nombre de dysfonctionnements pouvant affecter l'acquisition, l'organisation, la rétention, la compréhension ou le traitement de l'information verbale ou non verbale. Ces dysfonctionnements affectent l'apprentissage chez des personnes qui, par ailleurs, font preuve des habiletés intellectuelles moyennes essentielles à la pensée ou au raisonnement.

L'altération de certains processus liés au traitement phonologique, aux capacités visuo spatiales, au langage, à la vitesse de traitement de l'information ou à la mémoire entraîne des troubles de l'apprentissage. Le trouble d'apprentissage est donc spécifique à la fonction cognitive concernée. Dans ce sens, le trouble d'apprentissage peut être lié au langage, à l'attention ou à la mémoire et affecter les compétences en lecture, en orthographe ou en arithmétique. Les troubles d'apprentissage se distinguent des difficultés d'apprentissage en ce qu'ils sont plus sévères et persistent malgré des interventions éducatives précoces. Lorsque les interventions pédagogiques destinées au plus grand nombre et plus spécifiquement à un petit nombre d'élèves en difficulté d'apprentissage ne produisent pas l'effet escompté, il importe de tenter de mieux cibler les causes expliquant la persistance et l'ampleur des difficultés d'apprentissage. Une grande partie des tâches du psychologue scolaire consiste à évaluer les élèves pour lesquels les mesures d'aides pédagogiques précoces et soutenues se révèlent inefficaces. Le but de l'évaluation cognitive consiste alors à cibler l'origine des difficultés, à orienter les objectifs de rééducation et à préciser le diagnostic (Flanagan et al., 2008). Comme on peut le constater, les termes difficultés d'apprentissage et trouble d'apprentissage, bien que similaires, ne sont pas équivalents. Actuellement, le [MELS](#)³ préconise l'utilisation du terme difficultés d'apprentissage dans ses publications récentes. Cependant, certains élèves éprouvent plus que des difficultés d'apprentissage et ce fait doit être distingué et désigné de manière à refléter la nature grave et persistante des difficultés d'apprentissage rencontrées par une catégorie particulière d'élèves.

1-3 Critères d'identification des difficultés d'apprentissage

Il paraît que la tâche d'identifier les élèves considérés comme ayant de sérieuses difficultés d'apprentissage soit relativement complexe puisqu'il faut trancher entre ce qui provient des caractéristiques de l'élève, de sa famille et de son entourage. De plus, il est important de séparer les difficultés inhérentes à la méthode d'enseignement de celles associées aux capacités cognitives (Geary, Brown & Samaranayake, 1991 cité dans Geary, 2004). Enfin, le critère de la persistance doit également être considéré dans l'identification des

³ Ministère de l'Éducation, du Loisir et du Sport ; nouvelle nomination de MEQ, depuis le remaniement ministériel de février 2005

difficultés d'apprentissage. D'ailleurs, Geary (2004) précise qu'un élève qui obtient d'année en année des résultats inférieurs à ce qui est attendu manifeste souvent un déficit au niveau de la mémoire ou d'une autre caractéristique cognitive et un diagnostic de difficultés d'apprentissage est généralement indiqué.

Selon Habimana et al., (1999), pour être identifié en tant que personne ayant de sérieuses difficultés d'apprentissage, l'élève doit avoir un retard de plus de deux ans soit dans la langue d'enseignement, soit dans le domaine des mathématiques. Tout en prenant en compte ses propres capacités et le cadre de référence représenté par la plupart des élèves de son groupe d'âge. Ces auteurs précisent en outre que les difficultés d'apprentissage se révèlent plus particulièrement dans deux des principales matières scolaires : la langue d'enseignement et les mathématiques. Conformément au DSM-IV-TR (2000), le diagnostic de trouble des apprentissages peut être posé lorsqu'il existe une différence de plus de deux écarts-types entre les résultats scolaires obtenus par le sujet aux tests standardisés pris individuellement et le quotient intellectuel (QI). Dès lors, il faut mentionner que les tests, examens et épreuves du MELS, qui sont utilisées en salle de classe pour évaluer les acquis scolaires, ne sont pas des épreuves standardisées. Le mode de dépistage des élèves en difficulté d'apprentissage dans le contexte scolaire québécois est plutôt basé sur les résultats obtenus par l'élève selon les compétences définies par le Programme de formation de l'école québécoise et en comparaison avec les résultats réalisés par d'autres élèves de sa tranche d'âge qui représentent une certaine norme en termes de niveau moyen de compétences que tout élève est censé avoir acquis à la fin de chaque cycle dans les différents domaines d'apprentissage. Au moment du dépistage, en classe, l'élève est alors orienté vers le service d'orthopédagogie de son école où il va d'abord bénéficier de services d'accompagnement en sous-groupes avant d'être potentiellement évalué à partir de mesures standardisées dans le cas où les difficultés manifestées seront qualifiées de graves et persistantes. Généralement, la détection des difficultés en français est privilégiée étant donné que le français est le médium privilégié dans la transmission des savoirs académiques (Goupil, 2007). Geary (2004) regrette qu'il n'existe pas de dispositif spécialement dédié au diagnostic des difficultés d'apprentissage en mathématiques.

2. Catégorisation et résolution des problèmes en mathématiques

2-1 Catégorisation des problèmes en mathématiques

Après avoir défini ce qu'est un problème, il convient d'examiner les différents types de problèmes. Premièrement, si nous choisissons de considérer les opérations impliquées, c'est-à-dire les concepts mathématiques, nous pouvons classer les problèmes en deux catégories :

ceux qui relèvent de l'addition ou de la soustraction dans le champ additif et ceux qui concernent l'opération de multiplication ou de division dans le champ multiplicatif. Par la suite, en examinant les objectifs pédagogiques d'apprentissage, on présente quatre catégories de problèmes. [Evelyne TOUCHARD](#), conseillère pédagogique de circonscription, décrit ces problèmes selon la classification suivante :

- Tout d'abord, les « **situations problèmes** » qui visent l'apprentissage de nouvelles connaissances. Ces problèmes peuvent être utilisés soit pour présenter un concept plus nouveau, soit pour composer une nouvelle dimension d'une idée déjà connue. Ils se distinguent par le type de problème cognitif que l'élève est censé résoudre, ce qui l'amène à être conscient de l'évolution de ses connaissances en analysant les différentes approches et leurs limites.
- Ensuite, les problèmes qui font appel à des connaissances antérieures :
 - Les "**problèmes d'application**" : ceux-ci servent d'exercices d'entraînement, en particulier lorsqu'il y a besoin de renforcer la compréhension d'un concept.
 - Les "**problèmes de réinvestissement**" également appelés problèmes de transfert, exigent que les élèves utilisent les connaissances acquises dans des situations nouvelles ou pour résoudre des problèmes de mots qui englobent les connaissances sur lesquelles ils ont déjà été formés. Ce sont des problèmes plus avancés à partir desquels un certain nombre de concepts provenant des différentes leçons déjà suivies doivent être intégrés.
- Enfin, des instructions ouvertes ouvrant des problèmes de défi ouverts "**problèmes ouverts**" qui plongent les élèves dans la méthodologie de modélisation mathématique. Lorsque les étudiants n'ont pas de méthode experte formelle déjà établie, en 3 pièces ou plus, ils améliorent leur capacité à résoudre des problèmes en formulant des conjectures, en raisonnant, en testant les conjectures et en créant des solutions de réponse qui doivent être testées davantage. Les élèves sont encouragés à essayer différentes stratégies de pièces qui leur sont intrinsèques, comme dessiner ou effectuer des calculs intermédiaires.

La résolution de problèmes mathématiques met l'élève dans une position proche de celle d'un chercheur, reprenant ainsi les fondements mêmes de la recherche mathématique. Cette approche répond à trois fonctions essentielles : d'une part, elle sert d'objectif, puisque les concepts mathématiques sont enseignés en tant qu'outils de résolution ; d'autre part, elle sert de support à l'apprentissage, en donnant du sens aux connaissances acquises ; enfin, elle

constitue un véritable objet d'étude, qui vise à développer des compétences de recherche et des compétences méthodologiques. Peu importe la situation présentée par l'enseignant, celle-ci doit poser un défi au sujet. Elle doit donc être fortement connectée aux connaissances du sujet et à son apprentissage, et doit faciliter l'établissement de liens entre la vie quotidienne et le cadre de l'exercice suggéré. Il est important de noter qu'un même problème peut représenter des niveaux de difficulté variables selon les élèves : ce qui constitue un défi stimulant pour l'un peut s'avérer trop simple ou trop complexe pour un autre. Cette réalité souligne la nécessité d'une approche différenciée dans l'enseignement de la résolution de problèmes, comme dans tous les autres aspects de l'apprentissage.

Donc, selon le stade de développement, une difficulté pour un élève particulier peut ne pas en être une pour un autre. Cela nécessite d'examiner les élèves et d'instaurer une différenciation dans la résolution de problèmes, tout comme dans tous les autres domaines. La conception multidimensionnelle des problèmes mathématiques nous permettent de définir et de comprendre les différentes compétences que les élèves développent en les résolvants.

2-2 La résolution de problème en mathématiques

2-3-1 Que signifie la résolution de problèmes en mathématiques ?

Lorsqu'on se confronte à un problème mathématique, l'objectif est de trouver la solution à la question posée. C'est grâce à une suite d'opérations ou de démarches que nous parviendrons à la solution. Ce processus, nous l'appellerons la résolution de problèmes. [Tardif \(1992\) \(cité par Fagnant & Demonty, 2005\)](#) nous offre l'explication la mieux exprimée pour faire comprendre ce qu'est la résolution de problème. Ils considèrent quatre caractéristiques fondamentales d'un problème : des données initiales, un objectif à réaliser, des contraintes et la nécessité d'effectuer des recherches pour y parvenir.

a. La représentation de problème

La première étape cruciale est la représentation, car elle constitue un élément important du processus de résolution. Selon [Crahay \(1996\) \(cité par Fagnant & Demonty, 2005\)](#) : « *C'est en se basant sur la représentation qu'il s'est faite du problème que le sujet détermine les connaissances qui doivent être activées dans sa mémoire à long terme pour être rendues disponibles pour la recherche de solutions* » (p.15).

247 Construire une représentation d'un problème est primordial pour pouvoir le résoudre, car cela
248 détermine le succès des étapes suivantes. Apprendre aux élèves à se faire une représentation
249 d'un problème est une activité qui doit être enseignée. Nous pourrions ainsi encourager les
250 élèves à employer des outils qui leur garantiront une meilleure compréhension. Il s'agit d'un
251 processus complexe qui exige le travail sur plusieurs composantes : une compréhension
252 initiale du contexte général, la recherche de l'objectif à atteindre, une organisation des
253 informations présentées en fonction de l'objectif souhaité, une prise de conscience du « déjà là
254 », autrement dit des connaissances antérieures et une brève estimation du résultat escompté.
255 Ces différentes composantes peuvent être formulées sous forme de questions : Quel est le
256 contexte? Que me demande-t-on de trouver? Quelles sont les informations que l'on me
257 donne? Qu'est-ce que je connais ou je ne connais pas ? Que puis-je déduire?
258 Cette première étape a aussi pour but de développer les capacités d'estimation et
259 d'anticipation, car l'élève doit se représenter le contexte et comprendre ce qui pose problème.
260 Une analyse du problème lui-même est par conséquent nécessaire pour pouvoir en faire une
261 représentation. Il faut également préciser que la représentation ne se limite pas au contexte du
262 problème, elle est également dépendante de la représentation que l'élève se fait du nombre lui-
263 même en mathématiques. En fait, le concept de nombre et sa représentation donnent à l'être
264 humain la possibilité de donner un sens et de comprendre le problème. Il est par conséquent
265 important de prendre en compte ce point en vue de comprendre de quelle manière nos élèves
266 conçoivent les mathématiques et comment ils peuvent donc se représenter les données d'un
267 problème. Cette représentation du nombre n'est pas si simple à réaliser pour les êtres humains,
268 car notre cerveau est obligé de fonctionner sur un mode triadique. Ce sont des spécialistes de
269 la neuropsychologie et de la psychologie cognitive comme [Dehaene et al., en 1993](#), qui ont
270 cherché à comprendre la manière avec laquelle notre cerveau peut représenter les nombres et
271 qui ont pu le découvrir. Selon ces chercheurs, de multiples zones de notre cerveau sont
272 mobilisées en même temps lorsque nous pratiquons les mathématiques, y compris des calculs
273 simples. Ils ont cherché à découvrir quelles sont ces zones et quels sont leurs liens potentiels.
274 Ils se sont appuyés sur les recherches antérieures de Dehaene pour élaborer leurs propres
275 hypothèses sur le modèle du triple code. *«Dehaene's (1992) triple-code model postulates*
276 *three cardinal representation of number verbal, Arabic, and magnitude-each of which*
277 *supports specific procedures such as number comparison or mental multiplication»* ([Dehaene](#)
278 [et al, 1993, p.371](#)). Cela veut dire que notre cerveau doit passer par trois dimensions pour
279 pouvoir représenter mentalement et manipuler les nombres. Ces trois dimensions sont les

suivantes: la représentation analogique (quantité physique), la représentation verbale (nombre, mot) et celle arabe (symbole numérique)

Le cerveau humain devra donc apprendre à basculer de l'une à l'autre de ces représentations. [Schmithorst et Brown \(2004\)](#) soutiennent cette théorie. «*These results support the hypothesized triple-code model corresponding to the activated regions found in the individual components and indicate that the triple code model may be a suitable framework for analyzing the neuropsychological bases of the performance of complex mathematical tasks*» (p.1). Cela nous amène donc à présumer que la vitesse d'exécution de notre cerveau dans la représentation du nombre peut être améliorée si nous le stimulons et si nous faisons des exercices de façon régulière. En fait, il établira beaucoup plus vite les liens entre les trois représentations du modèle du code triple.

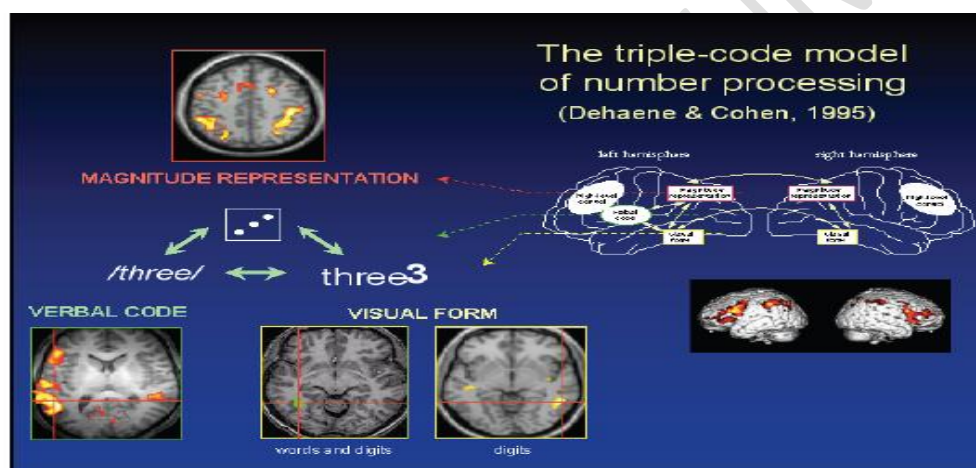


Figure 1 : Représentation du modèle triple-code (Dehaene & Cohen, 1995)

Le passage d'une représentation à une autre nécessite la capacité de symboliser, de coder ou d'abstraire l'objet mathématique.

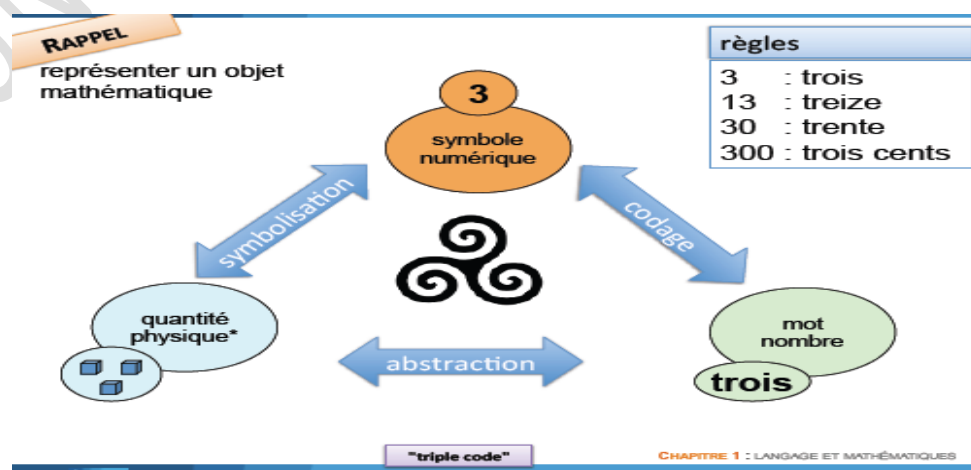


Figure 2 : Représentation d'un objet mathématique (Dias, 2012)

Nous constatons que dans la pratique, ces trois représentations sont travaillées à l'école. Toutefois, elles sont fréquemment mal équilibrées alors qu'elles devraient être travaillées de manière égale tout au long de la scolarité de l'élève. Ce travail sur plusieurs années a pour but d'exercer et de stimuler les trois pôles du modèle du triple code sur une base hebdomadaire.

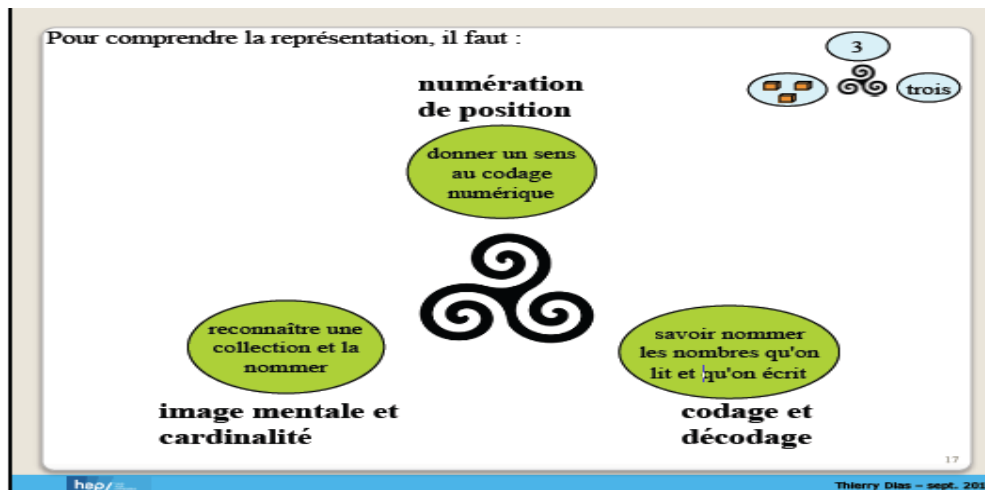


Figure 3: Description des trois pôles (Dias, 2012)

Pour travailler sur chaque représentation, nous devons faire des choix didactiques, parce qu'elles activent différentes zones du cerveau et sont associées à certaines actions précises de l'être humain pour qu'elles puissent être sollicitées, comme l'a noté [Dehaene \(1993\)](#). Ainsi, pour travailler chaque représentation, l'enseignant doit se pencher sur les points suivants :

- La représentation verbale en apprenant aux élèves le codage et le décodage des nombres par la lecture et l'écriture. Les questions linguistiques sont importantes.
Exemple : le signe « 3 » est écrit « trois », il se lit /trwa/ et désigne trois objets.
- La représentation par analogie en apprenant aux élèves à se faire une image mentale et à connaître la cardinalité des nombres par le biais du comptage et de l'énumération d'une collection de nombres.
Exemple : L'élève sera capable de déterminer le nombre d'éléments que comporte un ensemble d'objets et il est symbolisé par le signe « 3 ».
- La représentation arabe en enseignant aux étudiants la numérotation des positions par le biais de notre système de base. L'élève est appelé à donner un sens au codage numérique.

Exemple : le terme ou la quantité « trois » est lié au signe « 3 ». Il est nécessaire de savoir où se situe ce nombre par rapport aux autres. Par exemple, le chiffre 2 se trouve entre les chiffres 1 et 3.

b. Du processus de résolution à la communication des résultats

Il est essentiel de mettre en place le processus de résolution sur la base d'une représentation adéquate de la situation. Il s'agit ici de comprendre l'approche pour résoudre le problème. Il est cependant indispensable de réaliser les calculs appropriés en fonction du contexte du problème pour découvrir une solution. Parfois, les calculs fournissent une réponse directe à la question posée, tandis que dans d'autres situations, une étape intermédiaire est nécessaire. Pour parvenir à la solution finale du problème, il sera nécessaire de combiner plusieurs résultats. Dans cette phase de travail, les élèves doivent se heurter à divers problèmes pour acquérir la capacité à relier le contexte du problème, les calculs nécessaires et la question qu'ils doivent traiter. Cela n'est possible que si les élèves sont exposés à diverses situations problématiques et commettent des erreurs, puis ils recommencent. Cette approche est soutenue par [Fagnant et Demonty \(2005\)](#).

Pour aider les élèves dans cette étape du processus, il est possible de leur apprendre à développer certains outils généraux d'aide à la résolution de problème, comme notamment le développement de démarches de type essais-erreurs ou la décomposition en sous-problèmes. Devant certains problèmes, la construction de modèles mathématiques plus spécifiques s'avèrera nécessaire, comme notamment les problèmes d'intervalles, de proportionnalité ou de partages inégaux (p.16)

Par la suite, il est nécessaire de savoir comment présenter la solution, car elle doit être claire pour les autres. Initialement, il est nécessaire de situer le contexte du problème, ensuite d'exprimer ce que l'on recherche et finalement de détailler les calculs réalisés. L'instructeur peut enseigner à l'élève la communication en réalisant une démonstration. Il doit se mettre en situation et montrer comment il procède, par exemple en détaillant chaque phase du problème. L'éducateur agit en tant que modèle pour ses élèves qui pourront l'imiter ([Bruner, 1983](#)).

c. La vérification systématique : une étape cruciale pour la validation

Finally, the last phase in the process of resolving a problem consists in performing a verification. The main obstacle of this phase lies in the fact that mistakes can occur at various stages during the series of actions deployed throughout the process of resolution. Effectively, an error can occur if we have an incorrect interpretation of the situation because we have misunderstood the statement, it is also possible to commit calculation errors at any moment, etc. In order to prevent these errors, the ideal would be to control each phase in progress or at least at the end of the process of resolution.

2-3- La résolution de problèmes mathématiques : un outil clé pour le développement des compétences et l'indépendance des élèves.

According to FAGNANT et al., (2013) « the resolution of a problem is a démarche to privilege for developing competences and lasting knowledge in students because this can allow them to give meaning to mathematical concepts ». This notion is present in the accompaniment documents of cycle 3 of 2002, where it is clearly indicated that the resolution of problems constitutes the main way of acquiring knowledge in mathematics, notably on operations and numbers.

The resolution of problems also contributes to developing in students research behaviours and methodological competences : formulation and verification of hypotheses, argumentation. It offers thus the opportunity to develop several competences, such as : research ; Exploiting previous acquisitions, making proof of reasoning, structuring the different phases of a solution, elaborating a unique answer, abstracting, expressing the démarche and conclusions in writing, and also presenting them orally. Discussing the pertinence of a solution ; providing arguments ; verifying the probability of a result ; Detecting errors linked to the selection of a procedure (for example : choice of the operation) and identifying errors concerning the application of the procedure (example : calculation error).

En se concentrant particulièrement sur les élèves du Réseau d'Éducation Prioritaire⁴, un effort constant doit être déployé dans la résolution de problèmes pour favoriser l'acquisition et la réutilisation des compétences et des savoirs mathématiques. La loi d'orientation pour les Réseaux d'Éducation Prioritaire (janvier 2014) indique les connaissances et les compétences qui engendrent de grandes disparités. Selon les documents d'accompagnement du cycle 3 de 2002, « chaque élève progresse et gagne en autonomie s'il arrive à résoudre des problèmes inédits » Cependant, ces objectifs ne peuvent être réalisés que si l'enseignant parvient à transformer la résolution de problèmes en un moment agréable et couronné de succès. Autrement dit, les élèves se persuadent que « c'est trop dur », selon leurs propres termes. Dans cette optique, le défi pour l'enseignant sera de faire avancer les élèves en leur soumettant des situations ajustées à leurs difficultés.

3. Méthodologie et Discussions des résultats

3-1 Méthodologie

3-1-1 Approche méthodologique de la recherche

Après la délimitation du sujet de recherche et des questionnements, le choix méthodologique s'impose comme un moyen incontournable pour approcher le terrain d'étude. Deux modes génériques de production de la connaissance sont envisageables : celui d'une approche quantitative ou d'une approche qualitative. Le choix de la méthodologie et des techniques d'investigation est déterminé avant tout par la nature du phénomène à étudier (Thiéart, 2014), ainsi que l'objet même de la recherche.

Pour réaliser ce travail, nous avons utilisé l'étude de cas comme principale méthode de recherche, en proposant aux élèves un exercice « problème » et dont les réponses des élèves seront comparées avec une solution standard. Par conséquent, nous avons adopté une approche qualitative qui est la plus appropriée pour notre étude.

⁴ La politique d'éducation prioritaire favorise le travail collectif des équipes, l'accompagnement et la formation des enseignants pour le développement de pratiques pédagogiques et éducatives cohérentes, bienveillantes et exigeantes adaptées aux besoins des élèves et inscrites dans la durée.

3-1-2 Population et population-cible “échantillon”

La population de notre étude est composée des élèves de 1ère année du collège dont leur enseignant : Applique l’heuristique de POLYA⁵ lors de l’activité de résolution de problèmes écrits de mathématiques et a accepté de participer au projet.

Au total, 4 classes de 1ère année du collège, issue d’une même école située à la ville de Salé, ont été impliquées dans notre projet. Ces 4 classes comptaient initialement un total de 100 élèves, mais au final, 14 élèves, choisis au hasard au détriment de leur niveau social et économique, constituent l’échantillon de l’étude.

Les élèves ont été choisis en se basant sur les critères de sélection ci-après: Etre élève de même établissement scolaire, avoir le même niveau scolaire qui est la 1ère année du collège.

3-1-3 Instrument de collecte de données

Du point de vue méthodologique, il est clair que la difficulté de notre recherche consiste à pouvoir avoir accès au travail de recherche des élèves afin d’analyser leur travail effectif lorsqu’ils résolvent des problèmes. Nous devons donc recueillir des données au plus proche de ce que l’élève fait. C’est pourquoi nous avons fait le choix d’utiliser l’étude de cas comme principale méthode de recherche, en proposant aux élèves un exercice « problème » et dont les réponses des élèves seront analysées et comparées avec une solution standard. Nous mentionnons que l’étude de cas pédagogique est un outil d’analyse souvent utile pour les professeurs dans le cadre d’un cours. Il permet de traduire l’apprentissage théorique en pratique et de vérifier la capacité des élèves à analyser une situation concrète.

La méthodologie du travail d’une étude de cas pédagogique se divise en 4 étapes de travail : la lecture des documents ; l’analyse des données ; la ou les problématiques et les solutions et la conclusion.

3-1-4 Déroulement de l’étude

Dans le cadre de cette étude qualitative, nous avons cherché à mieux comprendre la manière dont les élèves résolvent des problèmes mathématiques et à déterminer les difficultés

⁵ Parmi les modèles de résolution de problèmes les plus réputés et les plus enseignés aux élèves, on trouve celui de George Pólya, présenté pour la première fois dans le livre *How to solve it* publié en 1945. Il s’agit d’un modèle en quatre étapes itératives, à savoir : (1) comprendre le problème, (2) concevoir un plan, (3) exécuter le plan et (4) examiner la solution obtenue.

qu'ils rencontrent dans ce type d'activité. Pour atteindre notre objectif, un modèle de résolution de problème appelé modèle de **Pólya** a été intégré dans le programme d'enseignement de notre école. Après un mois de pratique de ce modèle, une étude d'évaluation s'est avérée nécessaire.

Les copies des élèves qui contiennent leurs solutions, nous ont permis de garder des traces écrites de l'activités des sujets (élèves) afin de s'en servir dans un temps ultérieur. Ces copies seront utilisées comme un outil de recueil de données en analysant en premier lieu les réponses des élèves suivant le modèle de résolution de problèmes en quatre étapes du mathématicien **George Pólya** : (1) comprendre le problème, (2) concevoir un plan, (3) exécuter le plan et (4) examiner ou vérifier la solution obtenue et en 2^{ème} lieu les comparées à une réponse standard.

3-1-5 Modèle de problème

Comme on a déjà mentionné, nous avons utilisé l'étude de cas comme principale méthode de recherche, en proposant aux élèves un exercice « problème ».

De ce fait, notre modèle de problème est l'énoncé suivant : « **La somme de trois nombres entiers consécutifs est 315, trouver ces trois nombres.** »

3-2 Lecture de la résolution et réponse relative aux sous-questions

Cas n°	Compréhension	Elaboration	Exécution du plan	Vérification
--------	---------------	-------------	-------------------	--------------

Nous avons pris les copies des élèves qui présentent une trace écrite de l'activité des élèves pour récolter nos données. Comme mentionnée auparavant, chaque copie a été analysée suivant les quatre étapes du modèle de Pólya, à savoir : la compréhension, l'élaboration du plan, l'exécution du plan et en fin la vérification de la solution obtenue.

L'analyse des données collectées a mené aux deux catégories de solutionneurs suivantes :

- Catégorie 1 : Ceux qui ont achevé leur démonstration ;
- Catégorie 2 : ceux qui n'ont pas pu poursuivre au-delà d'un niveau de la résolution du problème.

3-2-1 Catégorie 1

Tableau 1 : récapitulatif des niveaux de difficultés des élèves de la « catégorie 1 »

			Choix de l'inconnue	Mise en équation	Résolution de l'équation	
1	R	R	R	R	R	R
2	R	R	R	R	R	R
3	R	R	R	R	R	R
4	R	R	NR	NR	NR	NR
5	R	R	NR	NR	NR	NR
6	R	R	NR	NR	NR	NR
7	R	R	NR	NR	NR	NR
8	R	R	R	R	NR	NR
9	R	R	NR	NR	NR	NR
10	R	NR	NR	NR	NR	R

R : Réussi ; **NR** : Non réussi

Rappel de la sous-question 1 :

« Pourquoi des élèves ne réussissent pas la résolution de problèmes en mathématiques, malgré l'achèvement de leur démonstration ? »

Le résultat figurant sur le tableau récapitulatif, montre que :

- **Compréhension du problème** (100 % de réussite (10/10 élèves)): Tous les élèves ont correctement déterminé les éléments du problème (trois entiers consécutifs dont la somme est 315) et l'objectif (identifier ces nombres). Ce constat indique que la compréhension littérale de l'énoncé ne constitue pas un obstacle significatif pour ces élèves, contrairement à plusieurs études précédentes (Fayol et al., 1997). Toutefois, cette étape ne garantit pas une représentation mentale appropriée du problème, comme le notent Cummins et al. (1988). Par exemple, un élève pourrait saisir le sens des termes sans comprendre la structure mathématique qui les sous-tend (par exemple : la relation entre « entiers consécutifs » et expression algébrique).
- **Élaboration du plan** (90 % de réussite (9/10 élèves)) : le Cas n°10 n'a pas été capable d'élaborer une stratégie cohérente, malgré une bonne compréhension de l'énoncé du problème. Cela indique une difficulté à transformer la compréhension en plan d'action. Selon Fagnant et Demonty (2005), la conception d'un plan repose sur l'aptitude à faire appel à des structures cognitives déjà existantes (par exemple : modélisation algébrique). L'insuccès du Cas n°10 peut indiquer un manque de

connaissance des heuristiques de résolution ou une surcharge cognitive lors du passage de la phase de compréhension à celle de la planification.

- **Exécution défaillante du plan** (70 % d'échec) : Bien qu'ils aient réussi à comprendre et à planifier correctement (90 % de réussite), 70 % des élèves n'ont pas réussi à appliquer leur stratégie de manière appropriée. On observe ces erreurs à deux niveaux distinctes :

- ✓ **Sous-étapes techniques** : Lors du choix de l'inconnue, 60 % des élèves ont choisi une variable inappropriée. En revanche, lors de la résolution de l'équation, seulement 30 % des élèves ont correctement résolu l'équation, les autres ayant commis des erreurs de calcul.

- ✓ **Causes cognitives** : Ces fautes témoignent de déficiences dans l'automatisation des processus (Geary, 2004) ou d'insuffisances en mémoire de travail, restreignant la possibilité de gérer simultanément plusieurs concepts et actions (Barrouillet & Camos, 2003). Par exemple, le Cas n°8 a correctement formulé l'équation ($*x + (x+1) + (x+2) = 315*$) mais n'a pas réussi à isoler $*x*$ à cause d'une erreur de signe.

- **Absence ou échec de la vérification** (60 % d'échec) : Malgré la réalisation des étapes antérieures, 72 % des étudiants n'ont pas réussi à valider leur solution. Cette omission, mise en évidence par Pólya (1945), entrave l'identification d'erreurs qui sont pourtant élémentaires

- ✓ Exemple : Un élève qui a trouvé $*x = 100*$ (donc $100 + 101 + 102 = 303 \neq 315$) n'a pas vérifié la cohérence de son résultat.

Il ressort donc que certains élèves n'ont pas réussi la résolution du problème mathématique même s'ils ont terminé leur démonstration et cela est expliqué par :

- L'exécution du plan nécessite une maîtrise technique (calcul, algèbre) souvent absente.
- La vérification, étape cruciale pour assurer la cohérence et l'exactitude des résultats, est souvent négligée par les élèves, qui la considèrent comme optionnelle et ne l'intègrent pas automatiquement dans les processus de résolution (Fagnant & Demonty, 2005)
- Le modèle de résolution n'est pas appréhendé comme un processus itératif et autonome, où les erreurs peuvent être identifiées et rectifiées.

507

3-2-2 Catégorie 2

508

Tableau 2 : récapitulatif des niveaux de difficultés des élèves de la « catégorie 2 »

Cas n°	Compréhension	Elaboration du plan			Exécution du plan			Vérification
		Choix de l'inconnue	Mise en équation	Résolution de l'équation	Choix de l'inconnue	Mise en équation	Résolution de l'équation	
11	R	F	F	F	F&NR	F&NR	NF	NF
12	NR	F	NF	NF	F&NR	NF	NF	NF
13	R	F	F	F	F&R	F&R	NF	NF
14	R	F	F	F	F&NR	F&NR	F&NR	NF

R : Réussi ; **NR** : Non Réussi ; **F** : fait ; **NF** : Non Fait

509

510

Rappel de la sous-question 2 :

511

512

Pourquoi des élèves ne dépassent pas certaines étapes lors de la résolution de problèmes en mathématiques ?

513

Pou

514

Les données figurant sur le tableau récapitulatif ci-dessus, font ressortir les constats

515

ci-après :

516

- **Compréhension du problème** (75 % de réussite (3/4 élèves)) : Trois élèves (Cas n°11, 13, 14) ont compris l'énoncé, repérant avec précision les éléments clés (nombres consécutifs, total = 315) et le but à atteindre (identifier ces nombres). Pour le Cas numéro 12 : L'élève n'a pas pu identifier les données principales, ce qui indique un éventuel problème de compréhension du texte ou une insuffisance dans la maîtrise du vocabulaire mathématique (par exemple : « entiers consécutifs »).

521

522

- **Élaboration du plan** (0 % de réussite (4/4 élèves)) : Aucun élève n'a présenté de stratégie efficace. Les essais que l'on a repérés comprennent :

523

524

- ✓ Choix d'inconnue incorrecte

525

- ✓ Absence de modélisation algébrique (par exemple, aucune équation formulée)

526

- ✓ Absence de schémas cognitifs préexistants (Fagnant & Demonty, 2005), tels que la maîtrise des heuristiques de résolution (par exemple : représenter des entiers consécutifs par x , $x+1$, $x+2$).

527

528

- **Exécution du plan** (100 % d'échec (4/4 élèves)) : Les élèves ont mis en place des démarches désorganisées : faire des calculs au hasard (par exemple : ajouter 315/3 sans explication) et commettre des erreurs de raisonnement (par exemple : diviser 315 par 3 en négligeant les entiers consécutifs).

- **Vérification de la solution** (100 % d'échec (4/4 élèves)) : Aucun élève n'a validé ou même essayé de confirmer ses résultats (Exemple : Le Cas n°14 a écrit $*x = 100*$ sans substituer les valeurs ($*100 + 101 + 102 = 303 \neq 315*$)).

L'analyse des données de la catégorie 2, montrent que l'incapacité à avancer dans la résolution du problème mathématique est due à :

- La dépendance des étapes de Pólya rend chaque échec initial un obstacle insurmontable.
- L'absence de méthodologies structurées et de stratégies rigoureuses entraîne des essais erronés.
- La négligence de l'étape de la vérification qui est cruciale pour éviter ou corriger la série des erreurs commises lors de la résolution.

3-2-3 Réponse à la question principale et discussion générale du résultat

Tableau 3: récapitulatif des niveaux de difficultés des élèves de notre échantillon

Cas n°	Compréhension	Elaboration du plan	Exécution du plan	Vérification de la solution obtenue
1	R	R	R	R
2	R	R	R	R
3	R	R	R	R
4	R	R	NR	NR
5	R	R	NR	NR
6	R	R	NR	NR
7	R	R	NR	NR
8	R	R	NR	NR
9	R	R	NR	NR
10	R	NR	NR	R

11	R	R	NR	NR
12	NR	NR	NR	NR
13	R	R	NR	NR
14	R	R	NR	NR

R : Réussi ; **NR** : Non Réussi

549 A travers cette étude, nous avons constaté que certains élèves (cas n°1,2 et3) ont
550 obtenu une solution correcte en réussissant les quatre étapes du modèle de Pólya et qui
551 représentent pour notre étude une catégorie témoin, alors que d'autre et malgré qu'ils ont reçu
552 le même enseignement, se sont confrontés à des difficultés lors de la résolution du problème
553 proposé. Ce constat a été confirmé par [Barrouillet, P., et Camos, V. \(2003\)](#) : « La résolution
554 de problèmes demeure l'activité dans laquelle les élèves rencontrent le plus de difficultés ».

555 Les difficultés rencontrées diffèrent d'un élève à un autre, en effet, 7% des élèves n'ont pas
556 réussi l'étape de la compréhension, ces élèves ont négligé ou n'ont pas accordé suffisamment
557 du temps à cette étape primordiale et ils ont passé directement à l'étape suivante qui est
558 l'élaboration du plan, pourtant, l'étape de la compréhension, ou de la représentation interne
559 (mentale) que se construit l'élève de la situation qu'on lui présente, est déterminante dans le
560 processus de résolution. Dans ce contexte, les auteurs [Cummins et al., \(1988\)](#) ont établi un
561 lien étroit entre les représentations internes que les élèves modélisent à partir de l'énoncé écrit
562 d'un problème et le processus de résolution qu'ils mettent en œuvre pour obtenir une solution.
563 Ces auteurs ont validé l'hypothèse selon laquelle les solutions produites par les élèves sont
564 cohérentes avec les représentations internes qu'ils ont construites. [Cummins et al., \(1988\)](#)
565 soulignent dans leur analyse que le succès de la résolution de problèmes dépend
566 principalement d'une bonne représentation interne du problème.

567
568 La 2ème difficulté rencontrée par les élèves (14% : cas n°10 et 12) correspond à l'élaboration
569 du plan. [Cummins et al., \(1988\)](#) mentionnent qu' « en général, on ne peut pas demander à
570 l'élève d'avancer un plan, suite à la lecture du problème, la compréhension et l'élaboration
571 d'un plan ne sont pas des "étapes" indépendantes, ce sont des processus inter-reliés »

572 La planification est donc le résultat direct d'une bonne compréhension de l'énoncé du
573 problème. Cependant le cas n°10 étant particulier puisque l'élève, et malgré sa compréhension
574 des données du problème, n'a pas pu élaborer un plan correct. En plus des deux premières
575 difficultés précitées, on trouve celle au niveau de l'exécution du plan. A cette étape, l'élève
576 met en pratique la stratégie adoptée en faisant les calculs nécessaires. De ce fait, l'élève est

appelé à exploiter convenablement les données de l'énoncé du problème, à utiliser les prérequis nécessaires et ses capacités cognitives et à réinvestir des nouvelles connaissances qu'il vient d'acquérir pour résoudre ce problème. Le fait de constater que 79% des élèves ont rencontré des difficultés au niveau de l'exécution du plan affirme clairement qu'ils n'ont pas fait appel correctement aux éléments cités précédemment.

Finalement, la dernière difficulté exposée est celle de la 4ème étape du modèle de Pólya, qui correspond à la vérification de la solution obtenue. En effet 72 % des élèves ont rencontré des difficultés au niveau de cette étape, ce qui prouve un fort interdépendance avec la réussite ou pas au niveau des étapes qui précèdent. Par conséquent cette étape de vérification servira comme un filtre et reste décisive dans la validation ou la correction des erreurs commises dans les étapes précédentes. Ceci met en évidence l'idée selon laquelle il est toujours possible de revenir en arrière sur les étapes précédentes. Donc notre stratégie de résolution, est un modèle circulaire, puisque la vérification peut avoir lieu à n'importe quel moment. Effectivement, Fagnant et al., (2013); Greer, (1997); Pólya, (1945); Verschaffel et ses collaborateurs mentionnent que « les étapes choisies devraient être vécues de façon cyclique et itérative, intervenant les unes sur les autres »

Conclusion

Cette étude, qui s'est portée sur les difficultés des élèves de première année de collège à résoudre des problèmes mathématiques, révèle des défis multidimensionnels explicités par le modèle de Pólya. Les analyses quantitatives et qualitatives menées sur un échantillon de 14 élèves mettent en évidence une distribution hétérogène des obstacles : 75 % des élèves en difficulté (catégorie 2) ont raté l'étape de la compréhension ou de la planification, tandis que 70 à 100 % ont échoué lors de l'exécution sur le plan technique ou de la vérification des résultats. Ces données confirment que la résolution de problèmes ne se résume pas à une série d'étapes linéaires, mais qu'il s'agit d'un processus dynamique et réflexif, où chaque étape influence la suivante (Pólya, 1945).

Les difficultés rencontrées, que ce soit sur le plan technique (erreurs de calcul, choix incorrect de l'inconnue), cognitif (surcharge de la mémoire de travail) ou méthodologique (manque de vérification), ne constituent pas des obstacles, mais au contraire des leviers pédagogiques. En effet, l'intégration explicite du modèle Pólya dans un enseignement différencié et itératif permettra de transformer ces obstacles en opportunités d'apprentissage. Par exemple, un entraînement automatique à la modélisation algébrique ($*x$, $x+1$, $x+2*$) et à la vérification

609 proactive (substitution des résultats) pourrait combler les lacunes observées chez 72% des
610 élèves qui n'ont pas réussi à valider leurs solutions.

611 Cette recherche montre que la résolution de problèmes mathématiques ne se résume
612 pas à une succession d'étapes mécaniques, mais constitue plutôt un processus de réflexion
613 dynamique, où chaque phase se répercute sur la suivante. Les difficultés repérées, aussi bien
614 techniques, cognitives ou méthodologiques, sont des leviers pour penser autrement le
615 processus d'enseignement, et non pas des impasses. En intégrant le modèle de Pólya dans une
616 démarche pédagogique explicite, différenciée et itérative, il est possible de transformer ces
617 obstacles en opportunités d'apprentissage approfondi.

618 Le challenge va bien au-delà des mathématiques : il implique de développer chez les élèves la
619 pensée critique, la discipline méthodologique et la capacité d'adaptation face à l'erreur - des
620 compétences essentielles pour affronter un monde de plus en plus complexe. Cette étude
621 appelle à une action collective - enseignants, chercheurs et décideurs politiques - pour faire de
622 la résolution de problèmes un pilier central de l'enseignement des mathématiques et l'ancrer
623 au cœur des curricula.

624 **Bibliographie :**

625 **Articles scientifiques et chapitres**

626 Barrouillet, P. & Camos, V. (2003). Savoirs, savoir-faire arithmétiques et leurs déficiences. Dans
627 *Presses Universitaires de France eBooks* (pp.305-351).

628 <https://doi.org/10.3917/puf.coll.2003.01.0305>

629 Claracq, I., Fayol, M., & Vilette, B. (2022). Comprendre d'abord, calculer ensuite. Améliorer la
630 résolution de problèmes en CM1. *A.N.A.E.*, *180* (4), 618-628.

631 https://hal.science/hal-03861069v2/file/RDPCM1_INFVIPREPRINT.pdf

632 Cummins, D. D., Kintsch, W., Reusser, K., & Weimer, R. (1988). The role of understanding in
633 solving word problems. *Cognitive Psychology*, *20* (4), 405–438

634 Dehaene, S., Bossini, S., & Giraux, P. (1993). The mental representation of parity and number
635 magnitude. *Journal of Experimental Psychology: General*.

636 http://www.unicog.org/publications/Dehaene_ParitySNARCeffect_JEPGeneral1993.p

637 Fagnant, A. & Demonty, I. (2005). *Résoudre des problèmes: pas de problème !* De Boeck

638 Fagnant A., Demonty I., Hindryckx, G. (2013). *Résoudre des problèmes : pas de problème. Maths et*
639 *sens. Guide méthodologique et documents reproductibles en ligne.*

- 640 Fayol, M., Barouillet, P., & Camos, V. (1997). *Early mathematics learning: What can research tell*
641 *us?* Direction XXII de la Communauté Européenne.
- 642 Geary, D.C. (2004). Mathematics and learning disabilities. *Journal of Learning Disabilities*, *37*(1),
643 4–15.
- 644 <https://doi.org/10.1177/00222194040370010201>
- 645 Greer, B. (1997). Modelling reality in mathematics classrooms: The case of word problems. In T.
646 Nunes & P. Bryant (Eds.), *Learning and teaching mathematics: An international perspective* (pp.
647 295–311). Psychology Press.
- 648 Jarlégan, A. (2020). Analyse des performances de résolution de problèmes arithmétiques verbaux en
649 début de collège. *L'année psychologique*. *120*(3), 271–296.
- 650 **Ouvrages et rapports**
- 651 American Psychiatric Association - DSM-IV-TR. (2000). *Manuel diagnostique et statistique des*
652 *troubles mentaux* (4e éd, rév.)
- 653 Flanagan, D. P., Ortiz, S. O., Alfonso, V. C., & Dynda, A. M. (2008). Best practices in cognitive
654 assessment. Dans A. Thomas et J. Grimes (Éds.), *Best practices in school psychology* (5e éd., pp. 633–
655 659). National Association of School Psychologists.
- 656 Goupil, G. (2007). *Les élèves en difficultés d'adaptation et d'apprentissage*. Gaétan Morin.
- 657 Gouvernement du Québec. (2003a). *Les difficultés d'apprentissage à l'école. Cadre de référence pour*
658 *guider l'intervention*. Ministère de l'Éducation.
- 659 Gouvernement du Québec. (2003b). *Programme de formation de l'école québécoise*. Ministère de
660 l'Éducation.
- 661 Habimana, E., Éthier, L. S., Petot, D., & Tousignant, M. (1999). *Psychopathologie de l'enfant et de*
662 *l'adolescent*. Gaétan Morin.
- 663 Lamri, J., Barabel, M., & Meier, O. (2018). *Les compétences du 21^e siècle*. Dunod.
- 664 Ministère de l'Éducation nationale de la Jeunesse et des Sports. (2022). *La résolution de problèmes*
665 *mathématiques au cours moyen*. Eduscol
- 666 . <https://eduscol.education.fr/document/32206/download>
- 667 Pólya, G. (1945, 1973). *How to Solve it*. Princeton: Princeton University Press.
- 668 Pólya, G. (1954). *Mathematics and plausible reasoning*. Princeton University Press.
- 669 Thiétart, R.-A. (2014). Construction de l'objet de la recherche. Dans *Méthodes de recherche en*
670 *management* (4e éd., pp. 34–56). Dunod.
- 671 <https://doi.org/10.3917/dunod.thiet.2014.01>
- 672 **Sources en ligne**
- 673 Association canadienne des troubles d'apprentissage. (s. d.). *Le droit d'apprendre*, la possibilité de
674 réussir, [http://www.ldac-acta.ca/fr/En-savoir-plus/ld-definies/definition-nationale](http://www.ldac-acta.ca/fr/En-savoir-plus/ld-definies/definition-nationale-des-troubles-dapprentissage.html)
675 [-des-troubles-](http://www.ldac-acta.ca/fr/En-savoir-plus/ld-definies/definition-nationale-des-troubles-dapprentissage.html)
[dapprentissage.html](http://www.ldac-acta.ca/fr/En-savoir-plus/ld-definies/definition-nationale-des-troubles-dapprentissage.html)

676 Coen, P.-F. (2009). *Métacognition et contrôle de l'activité*.

677 http://www.unifr.ch/ipg/assets/files/DocCoen/theorie/metacognition/regulations/metaco_regul.html

678 Gouvernement du Québec (s. d.). *Banque de données des statistiques officielles sur le Québec*

679 http://www.bdso.gouv.qc.ca/pls/ken/iwae.proc_acce?p_temp_bran=ISQ

680

UNDER PEER REVIEW IN IJAR