

Perceptions d'une pratique réflexive du jeu d'échecs sur la résolution de problèmes mathématiques

Auteur : Buron, Marie

Promoteur(s) : Fagnant, Annick

Faculté : Faculté de Psychologie, Logopédie et Sciences de l'Éducation

Diplôme : Master en sciences de l'éducation, à finalité spécialisée en enseignement

Année académique : 2020-2021

URI/URL : <http://hdl.handle.net/2268.2/13373>

Avertissement à l'attention des usagers :

Tous les documents placés en accès ouvert sur le site le site MatheO sont protégés par le droit d'auteur. Conformément aux principes énoncés par la "Budapest Open Access Initiative"(BOAI, 2002), l'utilisateur du site peut lire, télécharger, copier, transmettre, imprimer, chercher ou faire un lien vers le texte intégral de ces documents, les disséquer pour les indexer, s'en servir de données pour un logiciel, ou s'en servir à toute autre fin légale (ou prévue par la réglementation relative au droit d'auteur). Toute utilisation du document à des fins commerciales est strictement interdite.

Par ailleurs, l'utilisateur s'engage à respecter les droits moraux de l'auteur, principalement le droit à l'intégrité de l'oeuvre et le droit de paternité et ce dans toute utilisation que l'utilisateur entreprend. Ainsi, à titre d'exemple, lorsqu'il reproduira un document par extrait ou dans son intégralité, l'utilisateur citera de manière complète les sources telles que mentionnées ci-dessus. Toute utilisation non explicitement autorisée ci-avant (telle que par exemple, la modification du document ou son résumé) nécessite l'autorisation préalable et expresse des auteurs ou de leurs ayants droit.



Faculté de Psychologie, Logopédie et Sciences de l'Éducation

**Perceptions d'une pratique réflexive du jeu d'échecs sur la
résolution de problèmes mathématiques**

*Recherche qualitative réalisée dans une classe de quatrième primaire et
dans une classe de sixième primaire de l'enseignement ordinaire*

Promotrice : Annick FAGNANT

Lecteurs : Dylan DACHET

Yves DEPLUVREZ

Mémoire présenté par **Marie BURON** en vue de
l'obtention du grade de Master en Sciences de
l'Éducation à finalité spécialisée en Enseignement

Année académique 2020-2021



Faculté de Psychologie, Logopédie et Sciences de l'Éducation

**Perceptions d'une pratique réflexive du jeu d'échecs sur la
résolution de problèmes mathématiques**

*Recherche qualitative réalisée dans une classe de quatrième primaire et
dans une classe de sixième primaire de l'enseignement ordinaire*

Promotrice : Annick FAGNANT

Lecteurs : Dylan DACHET

Yves DEPLUVREZ

Mémoire présenté par **Marie BURON** en vue de
l'obtention du grade de Master en Sciences de
l'Éducation à finalité spécialisée en Enseignement

Année académique 2020-2021

Pour retrouver une vie... ma vie...

Remerciements

Ce mémoire clôture mon parcours universitaire en Sciences de l'Éducation. Ces quelques lignes sont donc, pour moi, l'occasion de remercier sincèrement l'ensemble des personnes qui ont participé de près ou de loin à la réalisation de ce cursus. Certaines situations m'ont amenée à considérer qu'on ne peut y arriver seul. Alors, une main tendue, un sourire, une oreille attentive, quelques encouragements... ont fait toute la différence pour entrevoir la lumière au bout de ce tunnel. Un proverbe africain dit : « Seul, on va plus vite. Ensemble, on va plus loin. » Aujourd'hui, je peux dire que j'en comprends réellement le sens...

Plus particulièrement, je tiens, tout d'abord, à remercier Madame Annick Fagnant, ma promotrice pour sa confiance, sa disponibilité, ses remarques et ses conseils tout au long de l'élaboration de cette recherche. Je souhaite également remercier mes lecteurs, Monsieur Dylan Dachet et Monsieur Yves Depluvrez, pour l'attention qu'ils ont portée à mon travail.

Cette recherche n'aurait pas pu aboutir sans les enseignantes qui m'ont accueillie dans leur classe afin que je puisse mettre en place mon dispositif. Je leur en suis reconnaissante. Je tiens également à remercier l'ensemble de leurs élèves qui m'ont accueillie dans leur classe avec le sourire. Rien n'aurait été possible sans leur investissement, leurs efforts et leur motivation. Je tiens aussi à remercier leurs parents pour la confiance qu'ils m'ont témoignée en acceptant la participation de leur enfant. Dans la même optique, je remercie les enseignantes et les élèves qui ont participé à la mise à l'essai de mes questionnaires pour le temps et les efforts qu'ils m'ont dédiés.

Je tiens également à remercier Fabian Graitson, animateur socio-sportif, pour son partage d'expérience lié aux échecs, mais aussi pour ses réflexions pertinentes concernant le déploiement de mon dispositif. Je lui suis reconnaissante du temps qu'il m'a consacré, mais également de son enthousiasme vis-à-vis de ma recherche.

Je tiens à remercier mon double, Anne-Catherine Buron pour avoir partagé avec moi ce cursus et les péripéties qui en découlent. Elle a été mon pilier tout au long de ces trois ans. Nos parents, nos grands-parents, notre sœur, notre frère et David ont également été embarqués avec nous dans cette aventure. Je les remercie pour leur patience, leur aide, et leur soutien tant moral que matériel.

J'ai également pu compter sur le soutien sans faille de Jessica Collin, Pascaline Hemroulle, Élise Lobet et Lara Thiry. Merci pour leur compréhension, leur disponibilité et leurs conseils. Louis Dusoleil m'a aidée à comprendre qu'il y a des fleurs partout pour qui veut les voir. Il m'a permis d'aborder la rédaction de ce travail différemment. Merci.

Je tiens à remercier tous les amis, les collègues et les directions qui m'ont aidée, remotivée, réconfortée, soutenue, félicitée et qui ont aussi cru en moi quand je n'y croyais plus... Ils se reconnaîtront.

Mes relecteurs ont fourni un travail magnifique. Merci à Anne-Catherine Buron et à Élise Lobet.

Finalement, j'ai une pensée pour l'ensemble des enseignants que j'ai côtoyés de la maternelle au supérieur. Ils m'ont permis d'être la personne que je suis aujourd'hui.

Les mots me manquent pour remercier à leur juste valeur toutes ces personnes. Simplement, merci à tous...

SOMMAIRE

I. INTRODUCTION	1
II. REVUE DE LA LITTÉRATURE	3
Chapitre 1 : La résolution de problèmes	3
Chapitre 2 : La métacognition	18
Chapitre 3 : Une pratique réflexive du jeu d'échecs (PRJÉ)	30
III. QUESTION DE RECHERCHE ET HYPOTHÈSES	41
IV. MÉTHODOLOGIE	45
V. RÉSULTATS	56
VI. DISCUSSIONS	73
VII. CONCLUSIONS	81
VIII. BIBLIOGRAPHIE	84
TABLE DES MATIÈRES	95
TABLE DES FIGURES	97
TABLE DES ENCADRÉS	98
TABLE DES TABLEAUX	99
ANNEXES	100

I. INTRODUCTION

La résolution de problèmes est perçue comme le cœur des apprentissages (Van Nieuwenhoven, 2014). Pourtant, les difficultés dans ce domaine sont persistantes, affichant de faibles performances chez les élèves (Hanin & Van Nieuwenhoven, 2020). Ce constat est notamment étayé par les enquêtes internationales. L'OCDE (2014a) met en évidence que 20,8% des élèves belges à 15 ans seraient considérés comme des élèves peu performants en résolution de problèmes. Ce pourcentage est, par ailleurs, similaire à la moyenne de l'OCDE.

En comparaison à d'autres domaines, les difficultés en résolution de problèmes peuvent s'expliquer par la complexité à utiliser des compétences maîtrisées dans un autre domaine (OCDE, 2014a). Ces difficultés récurrentes ont également un lien avec le sentiment d'efficacité personnelle car elles influencent les décisions de l'individu. Les élèves qui réalisent avec succès une tâche génèrent généralement une émotion positive face à celle-ci. Ils croient en leurs capacités. Ils la refont dès lors davantage avec plaisir et par la même occasion se qualifient davantage. L'inverse est également de mise (Rondier, 2004). De même, l'émotion est un soutien à l'apprentissage (attention, mémoire de travail, consolidation...). Ce soutien est indispensable au développement de l'apprentissage. Dans ce sens, les émotions peuvent donc le favoriser ou le limiter (Denervaud, Franchini, Gentaz, & David Sander, 2017).

Pour pallier aux difficultés présentes en mathématiques, des projets éducatifs liés aux échecs ont émergé dans de nombreux pays (Sala, Gorini, & Pravettoni, 2015). Ils font donc suite à la Déclaration du Parlement européen du 15 mars 2012 sur l'introduction du programme « Le jeu d'échecs à l'école » dans les systèmes éducatifs de l'Union (Parlement européen, 2012). En 2015, un appel à projets visant l'acquisition de jeux d'échecs à l'école a été émis pour les écoles de la Fédération Wallonie-Bruxelles (FW-B) (Wery, 2016).

S'intéresser à la mise place du jeu d'échecs au sein de l'enseignement semble donc opportun. Globalement, dans la littérature, l'enseignement du jeu d'échecs a un impact positif sur les résultats en mathématiques (et notamment en résolution de problèmes), qu'il soit significatif (Kazemi, Yektayar, & Abad, 2012 ; Sala et al., 2015) ou non (Ferreira & Palhares, 2008 ; Rosholm, Mikkelsen, & Gumede, 2017 ; Sala & Gobet, 2017). Cependant, il est nécessaire de tenir compte du fait que l'apprentissage des échecs doit pouvoir être réutilisé pour qu'il y ait

une réelle plus-value de cette pratique. Malheureusement, la littérature de recherche est toujours incapable d'expliquer les mécanismes de ce possible transfert (Sala et al., 2015). Ce manque est apparu comme une opportunité afin de développer le sujet de cette présente recherche.

Appréhender les divers résultats de la littérature de recherche concernant les dispositifs d'échecs s'est donc dégagé comme l'objectif principal de la présente étude. Plus précisément, nous voulons comprendre la possible influence du jeu d'échecs sur la façon dont les élèves de primaire abordent la résolution de problèmes mathématiques. Suite à la mise en place d'une pratique réflexive du jeu d'échecs, nous tenterons donc d'étudier, via une recherche qualitative, les variables qui favorisent le transfert de compétences entre le jeu d'échecs et la résolution de problèmes. Ainsi, cette recherche s'appuie sur les « **Perceptions d'une pratique réflexive du jeu d'échecs sur la résolution de problèmes mathématiques** ».

Nous organiserons cette recherche selon le plan suivant.

Tout d'abord, nous définirons les concepts clés liés à cette recherche : la résolution de problèmes, la métacognition et le jeu d'échecs. Diverses études et leurs limites seront également déployées afin de mettre en avant ce que nous savons déjà sur la thématique. Nous dégagerons, grâce à cette revue de la littérature, la question de recherche et ses hypothèses.

Suite à cette partie théorique, nous passerons à la partie méthodologique où nous mentionnerons les particularités de l'échantillon et expliquerons le déroulement de la pratique réflexive du jeu d'échecs (PRJÉ) mise en place. Nous détaillerons également les outils de collecte utilisés (questionnaire de résolution de problèmes, questionnaire relevant les perceptions des élèves et entretien semi-dirigé lié aux deux questionnaires précédents) et la démarche d'analyse. Ensuite, pour chaque hypothèse définie, nous présenterons les résultats permettant d'y répondre.

Nous discuterons ces résultats à la lumière de la littérature pour éprouver les hypothèses rédigées.

Finalement, nous clôturerons cette recherche en répondant à la question de recherche, en émettant diverses limites et en envisageant différents prolongements pour d'éventuelles recherches futures.

II. REVUE DE LA LITTÉRATURE

Cette partie vise à mettre en exergue les différents concepts clés se rapportant à cette recherche. Nous y explicitons les concepts de **résolution de problèmes**, de **métacognition** et de **jeu d'échecs** ainsi que **leurs liens**. Ces différentes portes d'entrée seront également présentées au travers d'études antérieures. Entre autres, nous prendrons appui sur les enquêtes internationales et les études d'Hanin et de Van Nieuwenhoven pour mettre en avant les difficultés en résolution de problèmes. Le programme *Solve It* de Montague et Warger (2003) sera présenté comme une piste afin de rendre chaque élève « bon résolveur de problèmes ». Pour faire le lien avec le jeu d'échecs, Sala et ses collaborateurs (2015, 2016, 2017) témoigneront de par leurs multiples études des influences du jeu d'échecs.

Chapitre 1 : La résolution de problèmes

Ce premier chapitre théorique est l'occasion d'aborder la notion de résolution de problèmes. Il présente les tenants et aboutissants de la démarche de résolution de problèmes, des éléments caractéristiques d'un problème mathématique, des difficultés et des pistes de solution liées à ce domaine ainsi que l'évaluation de la démarche de résolution de problèmes des élèves.

1. Les tenants et aboutissants de la démarche de résolution de problèmes

« (...) la résolution de problèmes [est] comme la pierre angulaire des apprentissages. » (Van Nieuwenhoven, 2014, p.215). Les Socles de compétences (Administration générale de l'Enseignement et de la Recherche scientifique & Service générale du Pilotage du Système éducatif (AER & SPS), 1999, p.23) rejoignent ce propos en envisageant la résolution de problèmes au travers de compétences transversales : « Analyser et comprendre un message », « Résoudre, raisonner et argumenter », « Appliquer et généraliser » et « Structurer et synthétiser ». Ainsi, « Les élèves ne sont plus amenés à construire uniquement des savoirs ou des savoir-faire mais bien à mobiliser un savoir-agir qui leur permettra de résoudre des situations complexes et authentiques. » (Van Nieuwenhoven, 2014, p.215). En effet, le monde professionnel recherche aujourd'hui des personnes capables de rebondir sur les imprévus et les difficultés. Pour ce faire, ces individus doivent maîtriser des procédures susceptibles de les aider

dans de multiples situations nouvelles (OCDE, 2014a). Ces prises de conscience se rattachent à la notion de compétence en résolution de problèmes telle que définie dans PISA 2012 :

la capacité d'un individu à s'engager dans un traitement cognitif pour comprendre et résoudre des situations problématiques pour lesquelles une méthode de solution n'est pas immédiatement évidente. Elle inclut la volonté de s'engager dans de telles situations afin de réaliser son potentiel en tant que citoyen constructif et réfléchi.¹ (OCDE, 2014a, p.30)

À l'heure actuelle, la résolution de problèmes est perçue comme « un processus complexe de modélisation mathématiques (*sic*) » (Fagnant, 2008, p.52). Cette considération prend tout son sens à la lumière des points de vue précédents (Van Nieuwenhoven, 2014 ; OCDE, 2014a ; AER & SPS, 1999) qui considèrent la résolution de problèmes comme bien plus que l'application de procédures ou la connaissance d'opérations.

Le modèle de Verschaffel et al. (2000, cités par Fagnant, 2008) nous éclaire sur « ce processus complexe de modélisation mathématique ». Ce modèle présente une démarche de résolution de problèmes utilisée par les « bons solveurs ».

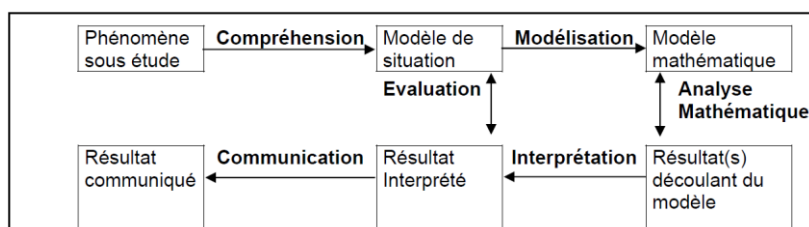


Figure 1 : Modèle de résolution de problèmes de Verschaffel et al. (2000, cités par Fagnant, 2008)

Le processus présenté prend place dans une certaine situation qui peut être analysée de manière mathématique. Lors de la première étape (compréhension), le résolveur veille à comprendre l'énoncé afin d'élaborer une première représentation (schéma, dessin...). La deuxième étape (modélisation) vise à transposer la première représentation sous forme mathématique. Les éléments importants de la situation et leurs relations doivent être pris en compte. À la troisième étape (analyse mathématique), un raisonnement mathématique prend place. À partir de ses ressources, le résolveur va agencer un plan lui permettant d'atteindre une solution. Cette solution est étudiée au regard de la première représentation de la situation à la quatrième étape (résultat interprété). Si la solution est considérée comme plausible, le processus continue. La dernière étape (résultat communiqué) consiste à exprimer la solution sous une forme qui répond à la question posée. Si la solution n'est pas acceptable, une boucle dans le processus est

¹ Traduction personnelle : « ...an individual's capacity to engage in cognitive processing to understand and resolve problem situations where a method of solution is not immediately obvious. It includes the willingness to engage with such situations in order to achieve one's potential as a constructive and reflective citizen. » (OCDE, 2014a, p.30).

envisagée. Le résolveur re-considère sa démarche à partir de sa première représentation (modèle de situation) dans le but d'identifier de possibles erreurs. Le modèle présente donc une démarche cyclique en mettant en exergue l'importance de la régulation de ses étapes (Verschaffel et al., 2000, cités par Fagnant, 2008).

Dans cette perspective, la résolution de problèmes n'est pas perçue comme une démarche linéaire. Elle donne l'opportunité au résolveur de faire des aller-retours afin de faire des erreurs et de les corriger. L'erreur n'est pas perçue comme un échec, mais comme un tremplin. Cette opportunité n'est malheureusement perçue par le résolveur que si l'environnement éducatif dans lequel il se trouve est adéquat. Caballero, Blanco et Guerrero (2011) ainsi que Verschaffel et al. (2000, cités par Fagnant, 2008) l'ont bien compris.

De ce fait, Caballero et al. (2011) ainsi que Becker, Goetz, Morger et Ranellucci (2014) ont mis en évidence que les émotions des enseignants et leurs pratiques pédagogiques ont une influence sur les élèves. En outre, ce sont les émotions négatives, comme la colère, qui ont le plus d'impact sur autrui (Becker et al., 2014). Les enseignants eux-mêmes estiment manquer de confiance et se sentent démunis face à l'enseignement de la résolution de problèmes (Fernández, Palarea, & Socas, 2001, cités par Caballero et al., 2011 ; Caballero, 2008, citée par Caballero et al., 2011 ; Fagnant, Marcoux, & Vlassis, 2013 ; Hanin & Van Nieuwenhoven, 2020 ; Mullis, Martin, Foy, Kelly, & Fishbein, 2020). À titre d'exemple, 70,58% des futurs enseignants interrogés chez Caballero et al. (2011) confirment l'affirmation précédente. Renvoyant cet état émotionnel, les enseignants peuvent transmettre à leurs élèves des émotions négatives envers les mathématiques. Celles-ci affectent le sentiment d'efficacité personnelle et les performances des élèves face aux tâches de résolution de problèmes (Caballero et al., 2011). Caballero et al. (2011) se sont donc intéressés aux enseignants (en formation). Ils se sont afférés, dans leur programme, à faire prendre conscience à chacun de ses propres émotions, à contrôler ces dernières, à favoriser l'utilisation de démarches de résolution de problèmes basées sur l'autorégulation. Cette intervention a diminué les émotions négatives face à la résolution de problèmes mathématiques et a favorisé un apprentissage centré sur les élèves.

La clé pour comprendre le processus de construction du sens en classe réside dans l'établissement d'échanges entre l'enseignant et les élèves sur les contenus d'apprentissage. De tels échanges mettent à jour et modifient à la fois leurs connaissances antérieures et leurs attitudes, attentes et motivations vis-à-vis de l'apprentissage.² (Caballero et al., 2011, p.283)

² Traduction personnelle : « The key to understanding the process of construction of meaning in the classroom lies in establishing exchanges between teacher and pupils about the learning content. Such exchanges update and

Ces propos s'accordent avec les trois dimensions du climat de classe avancées par Verschaffel et al. (2000, cités par Fagnant, 2008). Premièrement, ils invitent les enseignants à utiliser des problèmes ouverts, variés et réalistes. En outre, les problèmes doivent être envisagés comme un challenge adapté aux élèves. Ces caractéristiques favorisent l'emploi d'heuristiques et de la métacognition. Deuxièmement, il est recommandé que l'enseignant prenne un rôle de soutien afin d'encourager ses élèves à persévérer dans la démarche de résolution de problèmes (i.e. l'utilisation de processus et de stratégies). Troisièmement, il est préconisé d'élaborer un climat de classe évitant les croyances erronées comme :

- L'enseignant détient toujours la bonne réponse ;
- Il y a une seule bonne démarche à utiliser ;
- Il y a une seule bonne réponse ;
- Il faut toujours utiliser des calculs dans sa démarche.

2. Vers une définition des problèmes mathématiques

Face aux divers apports attribués à la résolution de problèmes (AER & SPS, 1999 ; OCDE, 2014a ; Van Nieuwenhoven, 2014), la littérature a mis en évidence différents rôles pour les problèmes mathématiques. Il semble ainsi judicieux de clarifier cette appellation de « problèmes ».

De manière générale, Brun (1990) détermine un problème via quatre caractéristiques : une **situation de départ** avec un **objectif** à atteindre, l'élaboration de **procédures** pour atteindre l'objectif, la perception qu'il s'agit d'un **problème pour l'individu** et l'absence de l'indentification directe d'une réponse.

Plus précisément, « La résolution de problèmes est au cœur des mathématiques, de leur enseignement et de leur apprentissage. » (Fagnant & Vlassis, 2010, p.50) En effet, la résolution de problèmes permet d'acquérir de nouveaux apprentissages mathématiques. Elle favorise également le développement de processus lui étant liés. Ces deux axes d'apprentissages sont complémentaires et soutiennent la réalisation de tâches complexes (Fagnant & Vlassis, 2010).

modify both their prior knowledge and their attitudes, expectations, and motivations about learning. » (Caballero et al., 2011, p.283).

Concernant l'axe d'apprentissages des mathématiques, trois types de problèmes peuvent être identifiés (Touchard, 2011) :

- Celui des problèmes qui ont pour but de découvrir de nouvelles connaissances (Situations-problèmes) ;
- Celui des problèmes qui visent à solidifier des connaissances par de l'entraînement (Problèmes d'application directe) ;
- Celui des problèmes qui utilisent plusieurs connaissances simultanément (Problèmes de réinvestissement de transfert).

Si l'on s'intéresse, à l'axe de développement des processus de résolution de problèmes, un type de problèmes peut être mis en lumière (Touchard, 2011) :

- Celui des problèmes dont l'objectif est de chercher pour développer les compétences des « bons solveurs de problèmes » (Problèmes ouverts).

La typologie de Riley, Greeno et Heller (1983, cités par Fagnant, 2008) donne des indications sur trois types de problèmes ayant des catégories de schémas de résolution différents :

- Celui des problèmes liés à une situation dynamique dans laquelle la situation de départ est influencée par des actions (Type « Changement ») ;
- Celui des problèmes liés à une situation statique dans laquelle deux éléments sont associés (Type « Combinaison ») ;
- Celui des problèmes liés à une situation statique dans laquelle des quantités sont comparées (Type « Comparaison »).

Chacun de ces types peut encore être divisé en prenant en compte le positionnement de l'inconnue des schémas de résolution.

La connaissance de typologies n'est pas sans importance. En effet, les différents rôles des problèmes impliquent des apprentissages différents (Touchard, 2011). De plus, les problèmes liés à des situations dynamiques sont plus facilement représentables pour les élèves. Les problèmes dévoilant une situation de comparaison sont, quant à eux, moins bien réussis que les autres types (Riley et al., 1983, cités par Demonty & Fagnant, 2018). Ensuite, la structure des problèmes, c'est-à-dire la partie visible de la démarche liée à un énoncé (Baffrey-Dumont, 1996), a des répercussions sur les performances (Fayol & Abdi, 1986, cités par Brun, 1990 ; Riley et al., 1983, cités par Demonty & Fagnant, 2018). Par exemple, les problèmes ayant une structure comme suit « ... + 3 = 10 » sont moins réussis que ceux qui suivent une telle structure « 7 + 3 = ... ». Selon De Corte et Verschaffel (1987, cités par Brun, 1990), cette structure a

également une influence sur les stratégies développées par les élèves (e.g., les stratégies que les élèves emploient pour transposer leurs représentations sous forme mathématique). De surcroît, l'aspect psychologique des élèves est également impacté par la structure des problèmes car la perception de la difficulté par les élèves n'est pas la même (Fagnant, 2008).

3. Des difficultés en résolution de problèmes aux pistes de solution

Malgré l'importance du domaine de la résolution de problèmes sur les mathématiques mis en évidence par Vlassis et Fagnant (2010) et par étendue, sur des compétences transversales (AER & SPS, 1999 ; Van Nieuwenhoven, 2014), de nombreux élèves présentent encore des difficultés dans ce domaine (Hanin & Van Nieuwenhoven, 2020).

Afin d'identifier et comprendre ces difficultés, nous avons d'abord interrogé les données PISA (OCDE, 2014a) qui permettent d'avoir des données récentes et nuancées fiables sur les performances des élèves, mais également sur les systèmes éducatifs. La dernière session de PISA dédiée aux mathématiques date de 2012. C'est donc ces données que nous avons utilisées pour construire le tableau suivant (2014a, p.15³) :

Résultats PISA 2012 en résolution de problèmes				
	Score moyen	Pourcentage d'élèves peu performants (sous le niveau 2)	Pourcentage d'élèves très performants (niveau 5 ou 6)	Performance relative en matière de résolution de problèmes, par rapport aux élèves du monde entier ayant des performances similaires en mathématiques, en lecture et en sciences
Moyenne OCDE	500	21,4	11,4	-7
Belgique	508	20,8	14,4	-10

Tableau 1 : Données en résolution de problèmes pour l'OCDE et pour la Belgique à l'enquête PISA 2012 (OCDE, 2014a, p.15)

Légende :

Pays/économies dont le score moyen/la part des plus performants/la performance relative/le taux de résolution sont supérieurs à la moyenne de l'OCDE
Pays/économies dont la part des moins performants est inférieure à la moyenne de l'OCDE
Pays/économies dont le score moyen/la part des meilleurs élèves/la performance relative/la part des élèves les moins performants/le taux de résolution ne sont pas statistiquement différents de la moyenne de l'OCDE.
Pays/économies dont le score moyen/la part des meilleurs résultats/la performance relative/le taux de résolution est inférieur à la moyenne de l'OCDE
Pays/économies dont la part des mauvais élèves est supérieure à la moyenne de l'OCDE

Le tableau 1 indique que le score moyen en résolution de problèmes et le pourcentage d'élèves très performants sont supérieurs en Belgique comparativement à la moyenne de l'OCDE. Le pourcentage d'élèves peu performants (i.e. des élèves qui examinent partiellement un problème,

³ Traduction personnelle

qui présentent des difficultés pour planifier plusieurs étapes, mais qui sont globalement capables de résoudre des problèmes simples déjà rencontrés (OCDE, 2014a)) ainsi que la performance relative en matière de résolution de problèmes par rapport aux élèves du monde entier ayant des performances similaires en mathématiques, en lecture et en sciences, ne sont pas statistiquement différents de la moyenne de l'OCDE. Comparés aux autres pays réalisant l'enquête PISA, les élèves belges de 15 ans se situent bien.

Cependant, deux données méritent une attention particulière. Premièrement, 20,8% des élèves belges seraient considérés comme des élèves peu performants en résolution de problèmes (OCDE, 2014a). Concrètement, 1 élève sur 5 à 15 ans n'aurait pas les compétences de base en résolution de problèmes pour pouvoir s'insérer correctement dans la société actuelle qui est en demande d'individus sachant s'adapter à des situations nouvelles ! Il est donc urgent de s'intéresser à des politiques capables de faire évoluer ces élèves peu performants. Deuxièmement, à compétences égales, un élève belge a en moyenne dix points (i.e. équivalant à un quadrimestre d'études (OCDE, 2014c)) de moins à l'enquête PISA qu'un autre élève de l'OCDE. Sachant que les résultats en mathématiques, en lecture ou en sciences sont généralement positivement corrélés avec les résultats en résolution de problèmes, cette différence peut s'expliquer par la difficulté que peuvent avoir les élèves à utiliser des compétences qu'ils maîtrisent dans d'autres domaines (transfert des apprentissages) (OCDE, 2014a). Déjà au grade 4, l'enquête TIMSS 2019 (Mullis et al., 2020) met en avant de manière internationale cette difficulté d'utiliser ses connaissances dans une variété de situations. Ainsi, seulement 7% des élèves de grade 4 en seraient capables.

Les difficultés présentées en résolution de problèmes par les élèves peuvent être liées à plusieurs processus en jeu (Montague, Warger, & Morgan, 2000 ; OCDE, 2014a). Ces derniers sont notamment pris en compte dans les résultats PISA 2012. En effet, les problèmes proposés dans l'enquête PISA 2012 impliquent quatre processus (OCDE, 2014a, pp.82-83⁴) :

- « **Explorer et comprendre** » : Le but de ce processus est l'élaboration d'une représentation mentale de chaque information. Pour ce faire, l'élève identifie des informations et les comprend.
- « **Représenter et formuler** » : Ce processus vise la sélection et l'organisation des informations importantes afin d'en faire une représentation mentale de l'énoncé. Pour

⁴ Traduction personnelle : « Exploring and understanding », « Representing and formulating », « Planning and executing », « Monitoring and reflecting » (OCDE, 2014a, pp.82-83).

ce faire, l'élève intègre les nouvelles informations à ses informations antérieures. Il peut avoir recours à des tableaux, des graphiques... Il peut également développer des hypothèses.

- « **Planifier et exécuter** » : À partir de ses connaissances, l'élève imagine un plan (i.e. définition de l'objectif, choix de stratégies, étapes...) à exécuter pour résoudre la tâche. Ensuite, il le met en œuvre.
- « **Contrôler et réfléchir** » : L'élève évalue ses stratégies et les régule si nécessaire. Il examine également la plausibilité de sa solution.

Différence entre la performance observée et la performance attendue, par processus de résolution de problèmes				
	Explorer et Comprendre	Représenter et formuler	Planifier et exécuter	Contrôler et réfléchir
Belgique				

Tableau 2 : Forces et faiblesses relatives aux processus de résolution de problèmes en Belgique (OCDE, 2014a, p.87)

Légende :

Performance plus forte que prévue dans le processus de résolution de problèmes
Force ou faiblesse non significative
Performance plus faible que prévue dans le processus de résolution de problèmes

Au premier abord, le tableau 2 issu du rapport de l'OCDE (2014a, p.87⁵) montre que le processus « Représenter et formuler » est considéré comme une force en résolution de problèmes pour les élèves de Belgique. À contrario, le processus « Planifier et exécuter » peut être assimilé à une faiblesse. Cette combinaison n'est pas anodine et représente un modèle de développement des processus. En effet, les programmes et les pratiques d'enseignement peuvent favoriser davantage des processus au détriment d'autres. Deux groupes de processus émergent : les processus « d'acquisition de connaissances »⁶ (i.e. « Explorer et comprendre » et « Représenter et formuler ») et les processus « d'utilisation de connaissances »⁷ (i.e. « Planifier et exécuter ») (OCDE, 2014a, pp.83-84). Les processus « d'acquisition de connaissances » ont pour but la manipulation des informations pour en concevoir une représentation. « Le mouvement vient du concret à l'abstrait, de l'information à la connaissance. »⁸ (OCDE, 2014a, p.84) Les processus « d'utilisation de connaissances » visent la résolution d'un problème grâce aux connaissances de l'élève. « Le mouvement va de

⁵ Traduction personnelle

⁶ Traduction personnelle : « knowledge-acquisition tasks » (OCDE, 2014a, pp.83-84).

⁷ Traduction personnelle : « knowledge-utilisation tasks » (OCDE, 2014a, pp.83-84).

⁸ Traduction personnelle : « The movement is from concrete to abstract, from information to knowledge. » (OCDE, 2014a, p.84).

l'abstrait au concret, de la connaissance à l'action. »⁹ (OCDE, 2014a, p.84) Les processus « Contrôler et réfléchir » s'associent aux deux groupes précédents (OCDE, 2014a).

Les pays performants dans PISA 2012 montrent généralement des compétences élevées dans les processus « Explorer et comprendre » et « Représenter et formuler », à l'inverse des pays peu performants. Les tâches visant le processus « Planifier et exécuter » montrent moins de différences entre les pays considérés comme plus performants ou moins performants (OCDE, 2014a).

Dans la littérature, la compréhension en résolution de problèmes (i.e. compréhension de l'énoncé et de la question) est présentée comme une difficulté majeure de manière globale (Marcoux, 2013, cité par Van Nieuwenhoven, 2014 ; Montague et al., 2000). Selon plusieurs auteurs (Montague et al., 2000 ; Özkubat, Karabulut, & Özmen, 2020), chez les élèves en difficultés, ce manque de compréhension les empêche d'identifier et d'organiser (i.e. reformuler, représenter, élaborer des étapes...) les informations nécessaires à la résolution du problème. Outre le côté syntaxique, ce processus demande à l'individu de déterminer une structure au problème (Mayer, 1998, cité par Pfannenstiel, Bryant, Bryant, & Porterfield, 2015) afin de traduire l'énoncé sous une forme mathématique, puis de l'exécuter au moyen de stratégies (Powell, 2011, citée par Pfannenstiel et al. 2015). Cette identification est perçue comme une épreuve (Mayer, 1998, cité par Pfannenstiel et al., 2015 ; Fagnant, 2008) puisqu'ils n'ont pas les clés de la démarche ; il faut leur enseigner (Gersten et al., 2009, cités par Pfannenstiel et al., 2015).

L'OCDE (2014a) met en évidence dans sa définition d' « un élève peu performant » (sous le niveau 2), la capacité de résoudre des problèmes simples déjà rencontrés et la difficulté pour planifier plusieurs étapes. Powell et al. (2008, cités par Pfannenstiel et al., 2015) évoquent la confusion que peut engendrer les problèmes à étapes multiples dans l'utilisation de processus. Ce n'est pas sans rappeler la théorie de la charge cognitive. Cette dernière se compose de trois composantes (Verpoorten, 2020) :

- **La charge intrinsèque** : Cette charge est liée à la tâche en elle-même. Plus le nombre d'éléments présents et leurs relations sont conséquents, plus la tâche est complexe.

⁹ Traduction personnelle : « The movement is from abstract to concrete, from knowledge to action. » (OCDE, 2014a, p.84).

- **La charge extrinsèque** : Elle correspond aux éléments externes à la tâche : choix pédagogiques pour acquérir l'apprentissage, contexte, mise en page...
- **La charge générative** : Il s'agit de la charge disponible pour une tâche en cours.

La mémoire à court terme est limitée dans la rétention des informations (de Landsheere, 1992). Utiliser la mémoire à long terme qui est illimitée dans la rétention des informations (de Landsheere, 1992) pour stocker des processus efficaces est donc un atout. Cela vise à diminuer la charge extrinsèque au bénéfice de la charge générative. Davantage de ressources sont ainsi disponibles pour la tâche en elle-même (Verpoorten, 2020). L'apprentissage d'heuristiques va dans cette perspective.

À côté des forces et des faiblesses liées aux processus mis en jeu, l'enquête TIMSS 2019 (Mullis et al., 2020) montre que les émotions positives vis-à-vis de l'apprentissage des mathématiques sont fortement associées à de meilleures performances mathématiques des élèves. 80% des élèves de grade 4 apprécient globalement l'apprentissage des mathématiques. Malheureusement, chez des élèves de niveaux supérieurs (grade 8), cet enthousiasme n'est plus observé que chez 59% d'entre eux. Ainsi, en comparaison avec les élèves de grade 4, davantage d'élèves de grade 8 sont associés à une performance plus faible. Comme mentionné précédemment (Becker et al., 2014), les émotions, et plus encore les émotions négatives, ont un impact sur les individus. Positives, les émotions favorisent les efforts et la volonté (Passolunghi, Cargnelutti, & Pellizzoni, 2019, cités par Hanin & Van Nieuwenhoven ; Peixoto, Sanches, Mata, & Monteiro, 2017, cités par Hanin & Van Nieuwenhoven ; Pekrun, Lichtenfeld, Marsh, Murayama, & Goetz, 2017, cités par Hanin & Van Nieuwenhoven ; Tzohar-Rozen & Kramarski, 2017, cités par Hanin & Van Nieuwenhoven).

La même situation se reproduit avec la variable « Confiance en soi lors des apprentissages mathématiques » dans l'enquête TIMMS 2019 (Mullis et al., 2020). Ce concept aussi appelé « sentiment d'efficacité personnelle » ou « concept de soi » est défini par Bandura (1997) comme la représentation que l'on se fait de soi-même à partir de ses expériences et d'autrui. Ainsi, lors de l'enquête TIMMS 2019, 76% des élèves de grade 4 présentent globalement un sentiment d'efficacité personnelle positif vis-à-vis des mathématiques. Ce pourcentage diminue à 57% au grade 8. Par ailleurs, les élèves avec un sentiment d'efficacité en mathématique plus faible sont associés à une performance plus modeste en comparaison à des élèves avec un sentiment d'efficacité plus élevé (Mullis et al., 2020). Les résultats PISA 2012 (OCDE, 2014d) vont dans le même sens lorsqu'ils indiquent que les élèves qui se sentent capables en

mathématiques ont en moyenne un score supérieur de plus de trente points (i.e. équivalant à une année d'étude (OCDE, 2014c)) par rapport à des élèves ne présentant pas ce sentiment. En Belgique, cet écart de performance entre les élèves performants et les élèves peu performants sous contrôle de la perception de soi en mathématiques représente une dizaine de points. Cela n'est pas négligeable.

En outre, Hanin (2018) lie les deux concepts précédents. Elle énonce que les émotions liées à la tâche, et significativement l'ennui, ont davantage d'influence sur l'engagement que les émotions liées aux résultats. Suite à cette première constatation, elle met en relief un lien entre les émotions et le sentiment d'efficacité. À ce niveau, la fierté et le désespoir sont les sentiments qui ont le plus d'influence sur le sentiment d'efficacité personnelle en mathématiques.

Carpenter, Hierbert et Moser (1983, cités par Fagnant, 2008) évoquent une difficulté supplémentaire. Certains élèves sont tentés de remplacer petit à petit leurs stratégies informelles (i.e. des stratégies qui mettent en acte sans réelle structure le problème) par des stratégies superficielles (i.e. des stratégies qui visent uniquement à identifier l'opération qui s'accorde le mieux avec le problème sans prendre en considération toutes les étapes de la résolution du problème).

Pour pallier à ces difficultés, différentes pistes peuvent être avancées afin d'améliorer les compétences en résolution de problèmes des élèves. Hanin et Van Nieuwenhoven (2020, p.1) les résument par « (...) un consensus général parmi les chercheurs en éducation sur le rôle crucial joué par les processus d'autorégulation cognitive, émotionnelle et motivationnelle dans l'apprentissage et la performance en résolution de problèmes mathématiques (...) »

Houdement (2013, citée par Van Nieuwenhoven, 2014) en vient à la conclusion que les souvenirs des problèmes résolus antérieurement seraient une force. En effet, certains élèves réutiliseraient des capacités développées précédemment lors d'autres problèmes. Il serait donc intéressant que les enseignants s'appuient dessus. Gamo, Nogry et Sander (2013, cités par Van Nieuwenhoven, 2014) ajoutent qu'utiliser la comparaison de problèmes et les stratégies s'y rapportant permet aux élèves d'éviter de se centrer sur les éléments situationnels de l'énoncé qui les empêcheraient d'identifier les calculs adéquats. Finalement, Van Nieuwenhoven (2014) estime donc qu'enseigner les stratégies de résolution de problèmes serait un apport non négligeable. Cela permettrait de fournir aux élèves une banque de stratégies utiles afin d'aider

le transfert. Les élèves seraient davantage capables d'employer des stratégies dans des problèmes similaires. Cette optique d'enseignement explicite est soutenue par différents auteurs dont Gersten et al. (2009, cités par Pfannenstiel et al., 2015) qui recommandent cette pratique pour les élèves en difficultés. Les processus appris permettent ainsi aux élèves d'identifier la structure d'un problème, de le représenter ou encore d'exécuter une procédure pour obtenir une solution (Gersten et al., 2009, cités par Pfannenstiel et al., 2015).

Pour aider les élèves à se construire un panel de stratégies réutilisables, une piste donnée par Van Nieuwenhoven (2014) serait d'inciter les élèves à garder des traces de leur résolution de problèmes. Avoir conscience des démarches des élèves peut permettre à l'enseignant de comprendre l'élève et d'intervenir de manière adaptée. Les choix et les justifications sont dès lors une porte d'entrée pour faire évoluer la pensée de l'élève. Le but est ainsi de partir des stratégies informelles des élèves pour les faire évoluer vers des stratégies formelles (Gravemeijer, Lehrer, van Oers, & Verschaffel, 2002, cités par Fagnant, 2008). Cette amélioration est soutenue par un climat de classe adapté qui propose des problèmes variés afin d'éviter que les élèves n'élaborent des généralisations abusives, mais également un accompagnement de l'enseignant (Verschaffel et al., 2000, cités par Fagnant, 2008). Cependant, il n'est pas toujours aisé pour les enseignants d'apporter une aide adaptée à leurs élèves. Finalement, il faut trouver un compromis pour étayer sans interférer (Gravemeijer et al., 2002, cités par Fagnant, 2008 ; Mottier Lopez, 2012, citée par Fagnant et al., 2013).

À l'importance des processus, s'ajoute l'autorégulation. Les stratégies d'autorégulation permettent pour Montague et Applagate (1993, cités par Özkubat et al., 2020) de gérer la planification et le contrôle du processus complexe de résolution de problèmes. De Corte, Greer, & Verschaffel (1996, cités par Özkubat et al., 2020) renchérissent en affirmant qu'elles contribuent à arriver au bout de la tâche, à conscientiser les processus mis en œuvre et à surveiller sa production et son efficacité. En effet, selon Hanin (2018) un apprentissage explicite d'heuristiques dans un climat adapté soutenu par des stratégies d'autorégulation engendrerait de meilleurs résultats.

Choisir une tâche motivante (i.e. enthousiasmante et mobilisatrice) est une manière d'affecter le plaisir et l'engagement de l'enfant face à la tâche. Même si cet impact n'a que des effets limités dans le temps (Marcoux, 2013, cité par Van Nieuwenhoven, 2014), il impacte également le sentiment d'efficacité (Hanin, 2018), qui est un des prédicteurs des performances

mathématiques (Montague & Warger, 2003). Il est également à noter que les émotions ressenties ne sont pas indépendantes du type d'élèves (i.e. très performant, peu performant...). Tous les élèves ne retirent donc pas les mêmes bénéfices d'une intervention. Il y a donc lieu de tenir compte des besoins individuels (Hanin, 2018).

Fagnant (2008, p.53) résume ces propos :

Les élèves peuvent généralement être considérés comme des novices en résolution de problèmes ; les activités menées en classe devront les encourager à tendre vers des démarches expertes, en leur apprenant à consacrer du temps à l'analyse des situations, en les encourageant à mobiliser les connaissances spécifiques liées aux situations proposées et en tentant de les conduire à réguler leurs apprentissages.

4. Comment évaluer des problèmes ?

Selon Cohen et Fowler (1998, cités par Rosli, Goldby, & Capraro, 2013), l'évaluation des tâches mathématiques a pour rôle la mesure de la compréhension d'un concept par les élèves. La résolution de problèmes est envisagée comme un processus complexe. L'évaluer de manière dichotomique (i.e. réponse correcte / réponse incorrecte) ne permet pas de mettre en avant la compréhension de l'élève (Szetela & Nicol, 1992).

Selon Van de Walle et al. (2009, cités par Rosli et al., 2013), une grille d'évaluation adaptée à la tâche et son contexte permet aux enseignants d'avoir des informations spécifiques concernant leurs élèves. Les enseignants ont ainsi la capacité de rebondir sur les besoins de leurs élèves notamment au travers de feedbacks (Anderson & Puckett, 2009, cités par Rosli et al., 2013) ou via un enseignement adapté (Szetela & Nicol, 1992).

Cependant, de nombreux enseignants repoussent cette forme d'évaluation jugée subjective et chronophage (Watt, 2005, citée par Rosli et al., 2013). De plus, ils sont en demande d'outils adaptables à leur pratique singulière (Szetela & Nicol, 1992).

Inspirée de la grille d'évaluation à échelles de Charles, Lester et O'Daffer, celle de Wilson (1991, cité par Szetela & Nicol, 1992) comporte trois catégories (la réponse, la déclaration des élèves et la mise en œuvre de la résolution de problèmes) et une énumération de stratégies (Figure 2). Les enseignants ont ainsi l'opportunité d'adapter la grille en fonction du type de problèmes proposé et de se concentrer sur une ou plusieurs catégories en fonction de leurs besoins (Szetela & Nicol, 1992).

Catégories de réponses pour évaluer les solutions aux problèmes ¹⁰		
Réponse :	Stratégies sélectionnées :	Mise en œuvre :
1-Absente	1-Expression mathématique	1-Pas de travail montré
2-Indéterminée	2-Sélectionner des opérations et calculer	2-Identifie uniquement les données
3-Incorrecte	3-Calcul algébrique	3-Problème mal interprété
4-Correcte	4-Liste non systématique	4-Stratégie non claire
	5-Liste systématique	5-Stratégie initiée (tableau, graphique, liste) mais incomplète ou mal mise en œuvre
Déclaration :	6-Essai et erreur	6-Conditions ou possibilités négligées
1-Pas de déclaration	7-Dessiner un diagramme	7-Multiples erreurs secondaires
2-Pas de contexte	8-Rechercher un modèle	8-Une seule erreur secondaire
3-Pas d'unités	9-Raisonnement logique	9-Appropriée et complète
4-Pas nécessaire	10-Utiliser un cas plus simple	
5-Complète	11-Travailler à reculons	
	12-Indéterminée	

Figure 2 : Grille d'évaluation à échelles en résolution de problèmes (Wilson, 1991, cité par Szetela & Nicol, 1992)

Malheureusement, les élèves présentent des difficultés à exprimer comment ils ont procédé (Szetela & Nicol, 1992). Face à peu d'informations, il n'est pas évident d'évaluer leur compréhension d'un problème. Pour aider les élèves à utiliser leur esprit critique et à communiquer le fruit de leur pensée, Szetela et Nicol (1992) proposent différentes activités : écrire la question d'un problème à partir d'un développement, terminer un problème partiellement effectué, résoudre un problème sans nombres... L'enseignant peut ainsi récupérer davantage d'informations sur ce qu'il se passe dans la tête de ses élèves lors de la résolution. Compléter les traces des élèves par un entretien permet aussi de donner un poids supérieur à la mesure envisagée (Houdement, 2013, citée par Van Nieuwenhoven, 2014).

Les traces recensées peuvent avoir la forme de dessins. Pour les analyser, Fagnant (2008) présente une typologie composée de quatre types de représentations :

- **Les dessins qui représentent la situation évoquée dans l'énoncé** : Ils n'aident pas les élèves à résoudre le problème.
- **Les dessins qui représentent la solution ou le calcul** : Ils sont souvent effectués suite à l'identification de la réponse ; ils ne favorisent pas la compréhension de l'énoncé.
- **Les dessins comportant quelques données numériques issues de l'énoncé** : Ils peuvent contribuer à la compréhension de l'énoncé de par l'identification d'informations utiles, mais incomplets, ils ne servent pas à résoudre le problème.
- **Les dessins incorrects** : Témoignant souvent d'une mauvaise compréhension de l'énoncé, ils peuvent mener à une résolution erronée.
- **Les dessins complets et corrects** : Ils présentent l'ensemble des données utiles de l'énoncé, ils favorisent la résolution de problèmes.

¹⁰ Traduction personnelle

5. En synthèse

Nous avons souhaité recenser dans ce chapitre une série de difficultés et de pistes de solutions afin d'en tenir compte dans le présent dispositif. Ainsi, suite au pourcentage assez élevé d'élèves peu performants en résolution de problèmes en Belgique (OCDE, 2014a), il convient d'enseigner des balises claires capables d'aiguiller les élèves dans leur résolution de problèmes : des processus transférables dans diverses situations (Gersten et al., 2009, cités par Pfannenstiel et al., 2015 ; Van Nieuwenhoven, 2014 ; Verschaffel et al., 2000, cités par Fagnant, 2008). Parmi ceux-ci, un point d'attention peut être fait sur le processus « Planifier et exécuter » tel que défini par l'OCDE (2014a). Cette difficulté est également mise en avant par Powell et al. (2008, cités par Pfannenstiel et al., 2015) lorsqu'ils évoquent la confusion engendrée par les problèmes à étapes multiples. En outre, ces processus doivent également viser le manque de compréhension (Marcoux, 2013, cité par Van Nieuwenhoven, 2014 ; Montague et al., 2000) et les difficultés de traduction mathématique (Mayer, 1998, cité par Pfannenstiel et al., 2015) qui sont présentées comme des obstacles majeurs à la réussite. Les souvenirs des problèmes résolus antérieurement peuvent également s'assimiler à des repères utiles (Houdement, 2013, citée par Van Nieuwenhoven, 2014). L'acquisition de processus est soutenue par la régulation des démarches des élèves (i.e. l'enseignant a un rôle à jouer afin d'aider l'enfant à faire évoluer ses propres stratégies vers des stratégies plus formelles) (Gravemeijer et al., 2002, cités par Fagnant, 2008), par le soutien de l'enseignant, par l'adaptabilité, par la variété des problèmes, par l'évitement des croyances erronées (Verschaffel et al., 2000, cités par Fagnant, 2008) et par l'autorégulation (Hanin, 2018 ; Verschaffel et al., 2000, cités par Fagnant, 2008).

Ensuite, les émotions et l'engagement des élèves face à la tâche ainsi que le sentiment d'efficacité personnelle en mathématiques sont apparus comme des variables à prendre en considération lors de la mise en place du dispositif puisqu'elles sont associées aux performances (Hanin, 2018 ; Mullis et al., 2020). Affecter le plaisir et l'engagement des élèves par le choix de situations présentant un challenge montre des effets limités dans le temps (Marcoux, 2013, cité par Van Nieuwenhoven, 2014). Cependant, ces derniers peuvent jouer un rôle sur le sentiment d'efficacité (Hanin, 2018).

L'évaluation du domaine de résolution de problèmes n'est pas anodine. Face à la complexité du domaine de résolution de problèmes, la focalisation sur les procédures apporte davantage

d'informations sur la compréhension des élèves qu'un focus sur la réponse (Szetela & Nicol, 1992). À ce titre, les dessins peuvent également être une porte d'entrée utile (Fagnant, 2008).

Finalement, les éléments de définition ont mis en exergue l'influence du type de problèmes choisis sur les résultats observés (De Corte & Verschaffel, 1987, cités par Brun, 1990 ; Fagnant, 2008 ; Fayol & Abdi, 1986, cités par Brun, 1990 ; Riley et al., 1983, cités par Demonty & Fagnant, 2018).

Chapitre 2 : La métacognition

La partie dédiée à la résolution de problèmes a fait brièvement émerger l'importance de la métacognition au sein de la résolution de problèmes. Cette partie vise donc à y faire suite. Nous abordons le choix de la métacognition. Ensuite, nous présentons une vue d'ensemble de la métacognition associée à l'importance du transfert et de l'apprentissage autorégulé. Nous développons également un programme de recherche faisant le pont entre résolution de problèmes et métacognition. Celui-ci vise à aiguiller la présente recherche.

1. Le pourquoi de la métacognition

Tous les apprentissages des individus ne s'assimilent pas à des réussites. Pourtant, Frenkel et Déforge (2014) ne remettent pas en cause les capacités des individus, mais plutôt leurs comportements d'apprentissage. En prenant en compte ce versant d'éducabilité, aucun apprenant ne peut être considéré comme mauvais. À contrario, certains comportements d'apprentissage sont, eux, jugés comme inadéquats en fonction des situations. Ces comportements d'apprentissage sont influencés par de nombreux facteurs tant socioculturels que pédagogiques (Feyfant, 2011). Parmi ces facteurs, les aspects métacognitifs ont une importance non négligeable sur la réussite des apprentissages (Delvolvé, 2006).

Les compétences métacognitives aident les apprentissages puisqu'elles supervisent les processus cognitifs (Butterfiels & Belmont, 1977, cités par Frenkel & Déforge, 2014 ; Doudin, Martin, & Albanese, 2001, cités par Frenkel & Déforge, 2014). Ces compétences métacognitives montrent donc une influence sur les apprentissages.

Berger, Kipfer et Büchel (2010), de par leur intervention métacognitive auprès des élèves en difficultés, témoignent de cette influence sur les performances scolaires. Ces auteurs ont présenté divers modules visant la stimulation de connaissances et de stratégies métacognitives. Leur but était de rendre les élèves plus actifs dans leurs apprentissages. Pendant la réalisation d'exercices, les chercheurs posent des questions afin d'aider l'élève à réfléchir sur ses propres démarches. Après la réalisation des exercices, les chercheurs posaient des questions dans le but de faire ressortir les apprentissages. Ces derniers étaient ensuite utilisés sur des tâches scolaires et non scolaires afin de faciliter le transfert de par la variété des contextes envisagés.

2. Une vue d'ensemble de la métacognition

Le terme métacognition renvoie à de multiples définitions. Ce concept est utilisé depuis les années 70 (Frenkel, 2014), mais trouve ses origines avec les grands penseurs de l'Antiquité (Leclercq, 2004). En véritable précurseur, Flavell la définit comme

(...) la connaissance qu'on a de ses propres processus cognitifs et de leurs produits ou de ce qui leur est relié, par exemple, les propriétés différentes des informations ou des données pertinentes pour leur apprentissage. La métacognition se rapporte, entre autres choses, au contrôle actif, à la régulation et à l'orchestration de ces processus en fonction des objets cognitifs et des données sur lesquels ils portent, habituellement pour servir un objectif ou un but concret. (1976, p.232, traduit et cité par Leclercq, 2004, p.2)

D'autres auteurs (Brown, 1987, citée par Frenkel & Déforge, 2014; Efklides, 2011, citée par Frenkel & Déforge, 2014 ; Noël, 1997, citée par Frenkel & Déforge, 2014 ; Nelson & Narens, 1990, cités par Frenkel & Déforge, 2014) expriment le concept de métacognition en mettant également en évidence ces notions de **connaissances** et de **contrôle**.

Frenkel et Déforge (2014, p.93 ; voir aussi Saint-Pierre, 1994) recensent trois composantes de la réunion des travaux sur la métacognition de Brown, Flavell et leurs collaborateurs : « **les connaissances métacognitives** », « **les stratégies métacognitives** » et « **les expériences métacognitives** ».

Les « **connaissances métacognitives** » désignent chez Flavell (1979, cité par Frenkel & Déforge, 2014, p.93) les connaissances relatives au cognitif de l'individu : ses « buts », ses « tâches », ses « actions » et ses « expériences » au sein des apprentissages. Elles peuvent relever de trois catégories combinables : « personnes », « tâches » et « stratégies » (Flavell, 1979, cité par Frenkel & Déforge, 2014, p.93).

Les **connaissances métacognitives relatives aux personnes** renvoient aux connaissances qu'a l'individu sur les fonctionnements cognitifs et notamment les forces et faiblesses y étant associées. Ces prises en compte des fonctionnements cognitifs peuvent être relatives à l'individu lui-même (e.g., je mémorise rapidement lorsque je crée des images relatives aux informations dans ma tête), relatives à autrui (e.g., mon ami mémorise plus facilement lorsqu'il chante les informations) ou universelles (e.g., l'être humain a la capacité de retenir environ sept informations en même temps dans sa mémoire à court terme (Miller, 1955)).

Les **connaissances métacognitives relatives aux tâches** évoquent les connaissances de l'individu relatives aux contenus (e.g., résoudre ses tables de multiplication demande moins d'engagement que de calculer des intégrales) et au niveau des exigences demandées par les tâches à effectuer (e.g., reconnaître la bonne réponse parmi plusieurs propositions demande moins d'engagement cognitif que de créer une synthèse à partir de plusieurs documents).

Les **connaissances métacognitives relatives aux stratégies cognitives et métacognitives** font référence aux connaissances qu'a l'individu concernant l'utilisation de telle stratégie dans telle situation : efficacité par rapport à d'autres stratégies, adéquation avec les objectifs visés dans l'apprentissage et maintien de l'engagement cognitif dans la tâche (e.g., estimer la réponse d'un problème afin d'avoir un ordre de grandeur pour sa réponse m'aide à détecter d'éventuelles erreurs dans ma démarche).

Ces connaissances relatives aux stratégies ont été subdivisées en trois types (Alexander et al., 1991 ; Paris, Lipson, & Wixson, 1983 ; Schraw & Moshman, 1995) (cités par Pintrich, Wolters, & Baxters, 2000, p.46) : « **déclaratives** » (e.g., énoncer une stratégie que je connais), « **procédurales** » (e.g., savoir comment utiliser de manière adéquate une stratégie) et « **conditionnelles** »¹¹ (e.g., justifier l'utilisation d'une stratégie). Cette subdivision n'est cependant pas adoptée par tous (Frenkel & Déforge, 2014).

Les « **stratégies métacognitives** » font référence aux actions de surveillance et de régulation permettant à l'individu d'atteindre l'objectif de son apprentissage (Brown, 1987, citée par Frenkel & Déforge, 2014). Elles demandent donc à l'individu un certain niveau d'engagement (Baker & Brown, 1980, citées par Frenkel & Déforge, 2014 ; Campione, Brown & Ferrara, 1982, cités par Frenkel & Déforge, 2014). Ces stratégies peuvent relever de plusieurs types : « **prévision** » (i.e. anticiper le niveau de difficultés de la tâche et la performance à produire), « **planification** » (i.e. identifier les différences stratégies à utiliser), « **monitoring** » (i.e.

¹¹ Traduction personnelle : « declarative », « procedural », « conditional » (Alexander et al., 1991; Paris, Lipson, & Wixson, 1983; Schraw & Moshman, 1995) (cités par Pintrich et al., 2000, p.46).

surveiller et maîtriser les différentes étapes de l'activité) et « **vérification** » (i.e. comparer son activité aux attendus) (Brown, 1978, 1987, citée par Frenkel & Déforge, 2014, p.95).

Les « **expériences métacognitives** » sont considérées comme des mises à l'épreuve cognitives et affectives de l'individu sur ses tâches. La durée de ces expériences est variable. Elles peuvent se dérouler avant, pendant ou après la tâche. Elles sont davantage utilisées dans les situations scolaires ou les situations nouvelles (Flavell, 1979, cité par Frenkel & Déforge, 2014). Suivant Efklides (2006), elles peuvent se décliner en un ou plusieurs types : relatives aux connaissances liées à la tâche (i.e. ce que l'individu considère lorsqu'il effectue une tâche), relatives aux sentiments sur la tâche (i.e. ce que l'individu ressent face à la tâche) et relatives aux jugements spécifiques à la tâche (i.e. ce que l'individu envisage à partir des connaissances qu'il a sur la tâche). Les sentiments et les jugements effectués sont ainsi basés sur les connaissances liées à la tâche. Une autre approche suggère de subdiviser les expériences métacognitives en prenant en considération les diverses étapes de réalisation de la tâche : « représentation », « traitement » et « performance » (Efklides, 2011, citée par Frenkel & Déforge, 2014, p.98).

Efklides (2006) ajoute que les expériences métacognitives sont pour elle un lien qui permet le passage entre l'individu et la tâche. Frenkel et Déforge (2014) défendent ce point de vue en relevant l'influence majeure des expériences métacognitives sur le fonctionnement cognitif et sur les capacités d'autorégulation. En effet, les connaissances métacognitives et les stratégies métacognitives découlent d'expériences métacognitives. Les expériences métacognitives permettent à l'individu d'étendre son panel de connaissances et de stratégies sur le monde. Ce n'est pas sans rappeler les propos d'Houdement (2013, citée par Van Nieuwenhoven, 2014) qui évoque les souvenirs de la résolution de problèmes antérieurs comme une force permettant à certains élèves de se resservir de compétences employées. Cependant, plusieurs facteurs et notamment les facteurs psychoaffectifs peuvent impacter le bon déroulement de ces expériences métacognitives (e.g., la focalisation uniquement sur son propre point de vue, le désengagement face à la tâche, l'attribution causale externe...) amoindrissant ainsi les ressources face aux tâches à effectuer (Frenkel et Déforge, 2014).

3. Le transfert

Même si le transfert est parfois associé à une stratégie métacognitive, il s'en dissocie majoritairement dans la littérature. Pour Frenkel et Déforge (2014), les stratégies

métacognitives visent l'autorégulation de l'activité cognitive tandis que le transfert a pour objectif l'extension des savoirs, savoir-faire et savoir-être d'un domaine à d'autres situations de ce domaine ou même à d'autres domaines. Cette confusion provient du lien que le transfert entretient avec la prévision de l'activité cognitive (i.e. anticiper la généralisation de certains apprentissages).

Le concept de transfert n'en reste pas moins important dans les apprentissages. Dans la littérature, le transfert est présenté comme le cœur des pratiques pédagogiques. En effet, le but ultime des apprentissages est d'être utilisé dans diverses situations afin d'aider les élèves à s'insérer dans la société (Taktek, 2017). Cet objectif se retrouve dans la définition proposée par Legendre dans le dictionnaire actuel de l'éducation : « Usage fait de connaissances acquises dans une situation nouvelle. Influence, impact sur un apprentissage subséquent. » (2005, p.402, cité par Taktek, 2017, p.521) Parmi les définitions proposées dans la littérature, cette définition du transfert de Legendre a été mise en exergue car elle coïncide au transfert tel qu'envisagé dans cette recherche (i.e. une influence de la PRJÉ sur le domaine de la résolution de problèmes).

Le transfert n'est cependant pas automatique (Barth, 2004, citée par Taktek, 2017). Les élèves doivent avoir conscience de la généralisation de leurs apprentissages et des modalités d'application de ces apprentissages dans d'autres domaines pour qu'un transfert ait lieu. Les enseignants ont dès lors un rôle à jouer dans ce processus. De surcroît, Piaget (1997, cité par Taktek, 2017) met en garde sur le niveau de généralisation de l'apprentissage initial afin d'identifier si un nouvel apprentissage est possible par transfert. Ainsi, les enseignants doivent s'être préalablement questionnés sur la possibilité du transfert. Thorndike et Woodworth (1901, cités par Sala et al., 2015) explicitent, grâce à leur théorie des éléments identiques, que le transfert d'un domaine à un autre n'est possible que si les domaines possèdent des similitudes. Mestre (2005, cité par Sala & Gobet, 2016) nuance ce propos en différenciant deux types de transfert : le quasi-transfert (transfert entre domaines fortement liés) et le transfert lointain (transfert entre domaines plus éloignés). Le transfert lointain semble très rare. Les éléments de similitudes sont importants pour permettre la reproduction d'une compétence dans un autre domaine. Ainsi, les compétences propres à un domaine ont moins de chances d'être transférées car elles possèdent moins de similitudes avec d'autres domaines (Ericsson & Charness, 1994, cités par Sala & Gobet, 2016).

Pour Perkins et Grotzer (2000, cités par Sala & Gobet, 2016), il convient donc d'inculquer des stratégies générales pour l'apprentissage, la résolution de problèmes et l'heuristique du raisonnement pour favoriser le transfert. Taktek (2017) met également en avant la nécessité de proposer des situations diverses pour vivre des expériences variées et ainsi favoriser le transfert. Ces propos vont dans le sens des recommandations faites par Verschaffel et al. (2000, cités par Fagnant, 2008) pour soutenir les démarches de résolution de problèmes.

S'intéresser à différentes variables permet de favoriser le transfert. Trois types de variables ressortent (Taltek, 2017) :

- **Les données individuelles des élèves** : Par exemple, l'âge, le genre, la motivation face à l'apprentissage, le sentiment d'efficacité, les émotions et les aptitudes cognitives jouent un rôle sur le transfert.
- **La nature de l'apprentissage initial et de celui envisagé** : La méthode et les outils d'apprentissage, le niveau de généralisation de l'apprentissage initial, l'intérêt de l'élève vis-à-vis de l'apprentissage, le degré d'acquisition de l'apprentissage initial et la difficulté de la tâche sont quantité d'éléments qui peuvent notamment obstruer le transfert.
- **L'environnement de l'apprentissage initial ou envisagé** : Le milieu socio-culturel, le climat de classe, le support d'apprentissage fourni ou la motivation face à la tâche de transfert influencent le transfert.

Ces caractéristiques mettent en évidence l'engagement des deux parties (l'enseignant et les élèves) mais également leurs responsabilités envers le transfert. Il incombe aux élèves de s'investir dans le processus de transfert et de réguler leurs actions. Pour ce faire, la maîtrise des savoirs et stratégies nécessaires, la flexibilité face aux stratégies apprises, la connaissance des modalités d'utilisation dans un nouveau contexte et une attention particulière face au processus sont notamment indispensables. Concernant l'enseignant, ce dernier doit prendre un rôle de soutien. Ainsi, il doit, entre autres, être attentif aux particularités de chacun, tenir compte du sentiment d'efficacité perçue des élèves, communiquer des feedbacks, planifier et organiser une série de tâches variées qui outillent ses élèves, exposer la pertinence des apprentissages ou encore, enseigner de manière explicite (Taltek, 2017).

4. L'autorégulation des apprentissages

À l'instar du transfert, certains auteurs estiment que l'autorégulation est une partie de la métacognition ; d'autres prétendent que la métacognition est une partie de l'autorégulation. Muijs et Bokhove (2020, p.5) se rattachent à ce second groupe d'auteurs. S'ils définissent l'autorégulation comme une « mesure », ils définissent la métacognition comme ses « moyens »¹².

Essentiellement, l'autorégulation concerne la mesure dans laquelle les apprenants sont conscients de leurs forces et de leurs faiblesses, des stratégies qu'ils utilisent pour apprendre, peuvent se motiver à s'engager dans l'apprentissage et peuvent développer des stratégies et des tactiques pour améliorer l'apprentissage. La métacognition, quant à elle, concerne spécifiquement les moyens par lesquels les apprenants peuvent contrôler et diriger délibérément leur apprentissage, par exemple en décidant qu'une stratégie particulière de mémorisation a des chances de réussir, en contrôlant si elle a effectivement réussi, puis en changeant délibérément (ou non) leur méthode de mémorisation sur la base de cette preuve. (Muijs & Bokhove, 2020, p.5)¹³

Suivant cette définition, l'autorégulation peut s'associer à trois domaines : la cognition (i.e. la connaissance de forces, de faiblesses et de stratégies), la métacognition (i.e. la réflexion sur les stratégies) et la motivation (i.e. l'engagement face à la tâche) (Dinsmore et al., 2008, cités par Muijs & Bokhove, 2020).

La réussite ou non des apprentissages est attribuée aux élèves. Ceux-ci sont considérés comme les maîtres de leurs apprentissages ; ils doivent s'y engager (Zimmerman, 2001, citée par Muijs & Bokhove, 2020). Zimmerman (2000, citée par Muijs & Bokhove, 2020, p.5) envisage trois phases au sein du processus d'autorégulation : « **la phase de prévoyance** », « **la phase de performance** » et « **la phase d'autoréflexion** ».

La « **phase de prévoyance** » demande à l'apprenant de se fixer des buts (pas uniquement ceux de la tâche) mais également de planifier sa démarche.

La « **phase de performance** » s'assimile à la mise en place de stratégies de régulation et de surveillance adaptées à la situation. D'une part, les stratégies de régulation ont pour but de favoriser la focalisation sur la tâche mais également de maximiser l'investissement de l'élève.

¹² Traduction personnelle : « extent », « ways » (Muijs & Bokhove, 2020, p.5).

¹³ Traduction personnelle : « Essentially, self-regulation is about the extent to which learners are aware of their strengths and weaknesses, the strategies they use to learn, can motivate themselves to engage in learning, and can develop strategies and tactics to enhance learning. Metacognition, in turn, is specifically about the ways learners can monitor and purposefully direct their learning, for example by deciding that a particular strategy for memorisation is likely to be successful, monitor whether it has indeed been successful, and then deliberately change (or not change) their memorisation method based on that evidence. » (Muijs & Bokhove, 2020, p.5).

D'autre part, les stratégies de surveillance évoquent l'étude de certaines actions en vue de compiler celles efficaces, capables d'en soutenir de moins bonnes.

Ces deux phases sont dépendantes de facteurs motivationnels comme le sentiment d'efficacité perçue, les buts de performance ou les buts de maîtrise.

La « **phase d'autoréflexion** » comprend un regard critique sur sa performance (« auto-jugement ») mais également une comparaison des actions ressorties lors de la phase de performance via des critères d'efficacité (« auto-réaction ») (Zimmerman, 2001, 2011, citée par Hanin, 2018, p.121).

Cette troisième étape impacte les facteurs motivationnels. Ces derniers étant associés aux deux premières phases, le processus d'autorégulation peut s'en trouver influencé (e.g., l'apprenant fournit moins d'investissement face à la tâche). Le processus peut donc être qualifié de cyclique (Zimmerman, 2001, 2011, citée par Hanin, 2018 ; voir aussi Muijs & Bokhove, 2020).

Un lien modéré entre l'autorégulation (et plus spécialement la métacognition) et les performances scolaires des élèves est ressorti de diverses études (Muijs & Bokhove, 2020). L'obtention de tels résultats est liée à un enseignement efficace de l'autorégulation au sein des classes. Une imbrication des approches directe et indirecte semble indispensable pour acquérir les connaissances et compétences nécessaires au processus d'autorégulation.

D'une part, une approche d'enseignement direct peut être utilisée. Celle-ci est adaptée au développement de l'autorégulation. Les stratégies sont transmises de manière explicite par l'enseignant. Elles sont modélisées par ce dernier. Les élèves s'exercent à l'utilisation des stratégies et évaluent ces dernières. L'enseignant mentionne clairement l'intérêt et les buts des stratégies étudiées.

D'autre part, un enseignement indirect basé sur la résolution de situations-problèmes soutenu par un climat d'apprentissage, des pratiques guidées par l'enseignant et un dialogue réciproque enseignant-élèves permet de développer la part réflexive de l'autorégulation.

Finalement, il est à mentionner que l'étayage de l'enseignant dans le développement du processus d'autorégulation résulte des connaissances des élèves dans le domaine spécifique envisagé, mais également de leurs niveaux de connaissances et de compétences liées à l'autorégulation (Muijs & Bokhove, 2020). Selon Bosson, Hessels et Hessels-Schlatter (2009), un certain niveau de connaissances métacognitives est nécessaire afin d'utiliser de manière efficace des stratégies. Cet usage efficace requiert, outre la connaissance de stratégies, des actions de surveillance et de régulation ainsi que des connaissances relatives à l'utilisation de telle stratégie dans telle situation. Ces composantes font référence aux travaux sur la

métacognition de Brown et de Flavell (cités par Frenkel & Déforge, 2014 ; voir aussi Saint-Pierre, 1994) présentés précédemment.

5. L'exemple du programme *Solve It*

Basé sur la recherche, le programme *Solve It* rejoint les modèles précédents. Il vise à rendre chaque élève « bon résolveur de problèmes » (Montague & Warger, 2003). Montague et Warger (2003) définissent le terme « bon résolveur de problèmes » à partir de sept compétences clés : la compréhension du problème mathématique au niveau linguistique et au niveau numérique, la reformulation des informations, l'identification des liens entre les informations, l'énonciation d'un plan de la résolution du problème, l'estimation de la solution, la régulation de ses actions tout au long de la résolution du problème et l'identification et la correction d'erreurs. Plus précisément, ce programme a pour but d'aider les élèves à résoudre des problèmes mathématiques en palliant à la difficulté du « Comment faire ? » (Montague et al., 2000).

Pour ce faire, le programme repose sur quatre pratiques pédagogiques (Montague et al., 2000):

- **L'évaluation de la résolution de problème :** Dès le début du programme, les élèves sont évalués. Le but est d'avoir une idée de leur niveau en résolution de problèmes, de leur connaissance des stratégies ainsi que de savoir quelles stratégies ils emploient et comment, et ce, dans l'optique d'identifier les besoins des élèves. En fin de programme, les élèves doivent atteindre un score de sept problèmes réussis sur dix, quatre fois consécutives. L'évaluation a également un intérêt au niveau de l'engagement de l'élève dans l'apprentissage. En effet, un graphique présentant l'évolution individuelle est fourni à chaque élève.
- **L'instruction explicite des processus et des stratégies :** La base du programme est l'enseignement explicite des processus et des stratégies. Cette pratique permet aux élèves d'ingérer les processus et les stratégies dans un laps de temps relativement court. Les enseignants suivent une leçon écrite qui permet à la fois la clarté de l'apprentissage, mais également la présentation d'une variété dans les problèmes proposés. Les étudiants sont actifs puisqu'ils verbalisent et justifient leurs apprentissages. Ils sont donc enthousiastes de se voir progresser.
- **La modélisation du processus :** Dans un premier temps, l'enseignant se montre en train de résoudre un problème en formulant les différents processus et stratégies. Parfois, il présente des comportements incorrects afin de développer les stratégies d'auto-

contrôle de ses élèves. Ensuite, les élèves modélisent à leurs pairs. Ils ont recours à l'auto-régulation et développent leur auto-instruction à partir des questions qu'un élève se pose.

- **Les feedbacks de performance** : Les renforcements véritables aident les élèves à garder et développer leurs compétences en résolution de problèmes. Ils peuvent venir de l'enseignant mais également des pairs. Ils sont, à ce titre, importants car ils développent une forme de confiance chez l'enfant. Prendre conscience que l'on fait bien quelque chose permet de s'émanciper dans ce domaine. Selon l'OCDE (2014b), cela n'est pas négligeable puisqu'un enfant qui fait des efforts, qui se sent compétent, va continuer à s'engager dans le processus.

Finalement, ces pratiques pédagogiques renvoient à plusieurs facteurs liés à la réussite en résolution de problèmes comme une attitude positive, un intérêt, un sentiment d'efficacité personnel ou encore une autonomie dans le domaine de la résolution de problèmes (Montague & Warger, 2003).

Ces pratiques pédagogiques sont liées à sept processus, chacun décliné en trois stratégies. En repartant des sept compétences associées à « un bon résolveur », le programme *Solve It* vise à intérioriser les sept processus séquentiels suivants (Montague & Warger, 2003, p.3¹⁴) :

- « **Lire** » (i.e. Lire et relire l'énoncé jusqu'à le comprendre) ;
- « **Paraphraser** » (i.e. Utiliser ses propres mots pour dire l'énoncé) ;
- « **Visualiser** » (i.e. Réaliser un schéma ou un dessin pour présenter les liens entre les données) ;
- « **Planifier** » (i.e. Identifier les étapes par lesquelles il faut passer pour résoudre le problème) ;
- « **Estimer** » (i.e. Déterminer approximativement la réponse) ;
- « **Calculer** » (i.e. Choisir l'opération adéquate et résoudre les calculs) ;
- « **Vérifier** » (i.e. Confirmer les démarches et la réponse).

L'intégration des stratégies au sein de chaque processus n'est pas négligeable. Elles permettent de soulager la question du « Comment faire » afin d'être efficace en résolution de problèmes puisque ce sont ces stratégies qu'utilisent « les bons solveurs ». Lors de chaque processus,

¹⁴ Traduction personnelle : « Read », « Paraphrase », « Visualize », « Hypothesize », « Estimate », « Compute », « Check » (Montague & Warger, 2003, p.3).

l'élève est invité à marquer un arrêt pour utiliser trois stratégies : l'auto-instruction (e.g., l'élève se dit à lui-même ce qu'il doit effectuer), l'auto-questionnement (e.g., l'élève se pose des questions sur les actions qu'il effectue ; cela lui permet de rester engagé et d'ajuster ses actions) et l'auto-contrôle (e.g., l'élève se demande s'il est sûr de ses actions) (Montague et al., 2000).

Le programme *Solve It* permet aux élèves présentant des difficultés d'atteindre une performance en résolution de problèmes égale aux élèves de leur niveau, mais également d'exprimer des compétences en résolution de problèmes. Ces effets demeurent pendant plusieurs semaines. Des périodes de rappel sont donc nécessaires pour faire perdurer l'apprentissage. De surcroît, en 2020, Özkubata et al. ont témoigné, grâce au recensement d'études sur le programme *Solve It*, de l'efficacité du présent programme tant pour les élèves en difficultés que pour les autres. Plusieurs études de leurs analyses (Daniel, 2003, cité par Özkubata et al., 2020 ; Montague, 1992, citée par Özkubata et al., 2020 ; Whitby, 2009, cité par Özkubata et al., 2020) ont également démontré un lien entre l'attitude face à la résolution de problèmes davantage positif grâce au programme *Solve It* et des gains en résolution de problèmes (nombre de résolutions effectuées, niveau de performance...).

À contrario, plusieurs points d'attention peuvent être mentionnés. Montague et al. (2000) mettent en évidence la difficulté d'évaluer les compétences en résolution de problèmes de chacun des élèves afin de s'appuyer sur leurs besoins individuels. Ils soulignent la complexité à concilier les différences de niveau entre les élèves. Le manque de compétences des enseignants face à un tel programme (les enseignants trouvent donc le programme infaisable) et le manque de communication entre collègues sont aussi des freins conséquents au développement de *Solve It*. Selon Jonassen (2003, cité par Özkubat et al., 2020) et Schurter (2002, cité par Özkubat et al., 2020), l'ensemble du processus de résolution de problèmes n'est pas toujours pris en compte par les processus et stratégies enseignés dans le programme. Finalement, il faut être conscient que la mémorisation des différents processus et stratégies ne permet pas d'atteindre le niveau d'un bon « résolveur de problèmes ». Les processus doivent être abordés en profondeur (Özkubat et al., 2020).

6. En synthèse

Ce chapitre donne des informations en vue de mettre en place un dispositif de manière efficiente. La métacognition est apparue comme un facteur clé pour influencer les apprentissages (Delvolvé, 2006). Dès lors, nous jugeons intéressant de l'intégrer au sein du

présent dispositif. Büchel et al. (2010) ont présenté la mise en place d'une intervention métacognitive basée sur l'apprentissage de stratégies. Leur but était de rendre les élèves actifs vis-à-vis de leurs connaissances et stratégies. Pour stimuler les apprentissages, l'enseignant doit notamment avoir un rôle d'interrogateur concernant les démarches des élèves.

Parallèlement, le transfert a été défini comme le cœur des apprentissages. Cependant, il n'est pas automatique. Il est donc indispensable d'y veiller. Pour que les élèves en aient conscience, il est nécessaire d'aborder cette généralisation (Barth, 2004, citée par Taktek, 2017). Büchel et al. (2010) proposent l'utilisation des apprentissages sur différentes tâches afin de le faciliter. Cependant, l'enseignant doit préalablement prendre en considération le degré de généralisation entre les diverses tâches (Piaget, 1997, cité par Taktek, 2017). En effet, Thorndike et Woodworth (1901, cités par Sala et al., 2015) déclarent que l'identification de similitudes entre les tâches est nécessaire pour espérer un transfert. Mestre (2005, cité par Sala & Gobet, 2016) dissocie le transfert prochain du transfert lointain, ayant ainsi une vision plus large du transfert.

Pour pallier au manque de transfert, une première piste est l'apprentissage de stratégies d'ordre plus général (Perkins & Grotzer, 2000, cités par Sala & Gobet, 2016). La diversité des situations proposées afin de vivre un maximum d'expériences variées peut également favoriser le transfert (Taktek, 2017). Verschaffel et al. (2000, cités par Fagnant, 2008) proposent la même chose pour soutenir les démarches de résolution de problèmes.

Les élèves possèdent également une responsabilité face à l'apprentissage. Il est nécessaire qu'ils s'y investissent notamment au travers de l'autorégulation. Pour s'autoréguler de manière appropriée, des stratégies s'apprennent. Pour réaliser cet apprentissage, la littérature a mis en avant deux approches complémentaires : un enseignement direct et un enseignement indirect. Si le premier se focalise sur un enseignement explicite, le second trouve son intérêt dans les échanges enseignant-élèves basés sur la résolution de situations-problèmes.

Le programme *Solve It* (Montague & Warger, 2003), mettant notamment en avant un enseignement explicite, une modélisation et des feedbacks, va dans le sens de la première approche. Par ailleurs, ce programme dégage une série de processus et de stratégies sur lesquels se baser.

Finalement, le niveau de connaissances et de stratégies métacognitives des élèves a été mis en avant comme un point d'attention à ne pas négliger. L'étayage peut éventuellement y remédier (Montague & Warger, 2003 ; Muijs & Bokhove, 2020). Il faut cependant être conscient des difficultés liées à l'évaluation des compétences en résolution de problèmes de chacun des élèves. Cette évaluation est pourtant nécessaire pour se baser sur les besoins de ceux-ci (Montague et al., 2000).

Chapitre 3 : Une pratique réflexive du jeu d'échecs (PRJÉ)

Ce chapitre permet de rentrer pleinement dans la problématique de cette recherche : la possible influence d'une PRJÉ sur la résolution de problèmes mathématiques. Il aborde d'abord l'intérêt de l'emploi du jeu sur le fonctionnement cognitif et métacognitif. Il se focalise ensuite sur le jeu d'échecs en définissant ses apports. Ces derniers sont également mis en avant au travers d'études liant le jeu d'échecs, le domaine de résolution de problèmes, mais parfois aussi la métacognition.

1. Le jeu comme aide cognitive et métacognitive

Même si le jeu est valorisé par certains pour ses bénéfices (Plass, Homer, & Kinzer, 2015), il peut également en être banni des salles de classes (Vauthier, 2006 ; Barthélémy-Ruiz, 2006) notamment car il est associé au plaisir (Robert, 2014). Barthélémy-Ruiz (2006) ainsi que Plass et al. (2015) vont plus loin en mentionnant que par le plaisir du jeu, l'engagement des élèves est favorisé. La difficulté de la tâche est également moins ressentie que lors d'une méthode d'apprentissage traditionnelle (Barthélémy-Ruiz, 2006). Cet axe d'approche soutenu par une définition du jeu de manière globale ainsi que la manière d'insérer le jeu au sein des classes seront évoqués en annexe 1.

À travers l'utilisation de jeux issus du commerce dans une perspective cognitive et métacognitive, les résultats de recherche de Grossniklaus (2013) témoignent de manière générale d'une amélioration au niveau du fonctionnement cognitif et métacognitif des enfants (connaissances, stratégies et expériences). Ces résultats rejoignent ceux de Berger et al. (2010) dont le dispositif d'intervention cognitive et métacognitive était soutenu par une alternance d'exercices scolaires et non scolaires.

Chez Grossniklaus (2013), cette influence positive se situe majoritairement au niveau des aspects procéduraux comme les ressources attentionnelles, le contrôle permanent, l'adaptabilité, le repérage d'informations, la planification ou encore la réflexion avant d'agir. En d'autres mots, les élèves ont résolu les tâches de manière davantage active et organisée. Berger et al. (2010) ont mis en évidence une amélioration non significative de l'utilisation des stratégies ainsi qu'une augmentation de l'utilisation des stratégies de contrôle qui jouent un rôle dans l'accroissement des performances. Ces résultats issus de données autorapportées des participants sont cependant contrebalancés par une augmentation de résolutions de problèmes de manière superficielle. Il est également à noter qu'aucun impact n'a été décelé concernant les compétences spécifiques liées à la résolution de problèmes mathématiques (e.g., la compréhension, la représentation et la planification d'un problème) (Berger et al., 2010). En outre, le dispositif n'a pas influé sur la motivation et le sentiment d'efficacité perçue des élèves. Cela peut s'expliquer en partie par l'échantillon pris en considération. Les élèves en difficultés peuvent avoir plus de difficultés à s'autoévaluer que les élèves sans difficultés apparentes. Ils pourraient ainsi avoir estimé leur sentiment d'efficacité de manière plus faible car dans cette étude, il n'était que faiblement lié aux performances (Berger et al., 2010). De plus, le parcours scolaire des élèves en difficultés est parfois difficile. Dès lors, il peut ne pas particulièrement les aider à modifier leur sentiment d'efficacité de manière positive (Berger et al., 2010 ; Martinot, 2006).

Au niveau des performances, les résultats entre les différents participants présentaient des différences : résultats stables lors des différentes prises de données ou résultats fluctuants impliquant un manque de transfert des apprentissages (Grossniklaus, 2013). Les performances ont également augmenté de manière différente entre les groupes chez Berger et al. (2010). Deux facteurs semblent expliquer ces divergences : les variables motivationnelles et les connaissances métacognitives (Grossniklaus, 2013).

2. Le jeu d'échecs

2.1. Une explication du jeu d'échecs

Le jeu d'échecs se compose d'un échiquier, grille de huit cases sur huit, alternativement claires et foncées. Chaque joueur possède seize pièces de six natures différentes. Chacune d'entre elles se déplace de façon différente. Divers mouvements stratégiques peuvent également être employés (Fédération Échiquéenne Francophone de Belgique ASBL, 2020).

Deux adversaires vont s'affronter en déplaçant chacun à leur tour une pièce. Pour gagner, le but est d'attaquer le roi adverse de manière à ce qu'il ne sache plus se déplacer sur une case où il n'est pas attaqué (FEFB, 2020).

2.2. Le choix du jeu d'échecs

Actuellement, de nombreux pays ont un projet éducatif lié aux échecs (Sala et al., 2015 ; Sala & Gobet, 2016), notamment suite aux difficultés que présentent leurs élèves en mathématiques (Sala et al., 2015). Par ailleurs, le Parlement européen (2012), de par sa déclaration sur l'introduction du programme « Le jeu d'échecs à l'école », prône l'enseignement des échecs dans les écoles. Concernant la Fédération Wallonie-Bruxelles (FW-B), un appel à projets visant l'acquisition de jeux d'échecs à l'école a été émis en 2015 (Wery, 2016).

Pour l'éducation, le jeu d'échecs est intéressant puisqu'il remplit deux fonctions distinctes. D'une part, il arbore une fonction stratégique. Dès lors, il facilite des capacités de réflexion. D'autre part, on le définit également comme un jeu de géométrie puisque les pièces se déplacent de manière précise sur l'échiquier (Berkman, 2004). De plus, le jeu d'échecs apprend la concentration aux élèves (Erhan, Hazar, & Tekin, 2009). En effet, contrairement à d'autres jeux, le nombre conséquent de pièces ainsi que leurs mouvements spécifiques obligent l'enfant à rester attentif (Sala & Gobet, 2017).

Plus encore, les échecs développent plusieurs compétences comme visualiser, prendre en compte diverses options, analyser concrètement, faire preuve d'abstraction et planifier (Meyers, 2005, cité par Kazemi et al. 2012), nécessaires en résolution de problèmes.

Keith Devlin (2002, p.12, cité par Ferreira & Palhares, 2008, p.249) définit les mathématiques comme « la science des modèles »¹⁵. Cette définition permet de rapidement faire un parallélisme avec le jeu d'échecs et ses différents modèles de déplacement. Dans la même lignée, Horgan (1998, cité par Kazemi et al., 2012) associe les échecs à la résolution de problèmes. Selon lui, « les échecs sont clairement un instrument de résolution de problèmes et la meilleure façon possible d'analyser la résolution de problèmes et la prise de décision, car il

¹⁵ Traduction personnelle : « the science of patterns » (Keith Devlin, 2002, p.12, cité par Ferreira & Palhares, 2008, p.249).

s'agit d'un système fermé avec des règles claires et déterminées »¹⁶ (Horgan, 1998, cité par Kazemi et al., 2012, p.373)

Finalement, le plus intéressant dans le jeu d'échecs est qu'il apprend à résoudre des problèmes et non à en trouver une solution spécifique. Les échecs permettent donc d'analyser différents contextes en s'appuyant sur les éléments pertinents (Kazemi et al., 2012). Nous y voyons là un rapprochement avec le concept du transfert défini chez Frenkel et Déforge (2014) ainsi que chez Legendre 2005 (cité par Taktek, 2017).

En 1786, Benjamin Franklin (cité par Chess & Strategy, 2017, La citation de Benjamin Franklin, para.1) publiait la « Morale des échecs » qui exacerbe les propos précédents : « Le jeu d'échecs fait naître et fortifie en nous plusieurs qualités précieuses dans le cours de l'existence, telles que la prévoyance, la circonspection, la prudence, et la persévérance ». Cette citation est expliquée comme suit :

Le jeu d'échecs fait naître et fortifie en nous plusieurs qualités précieuses dans le cours de l'existence, telles que la prévoyance, parce qu'il oblige à anticiper; la vigilance, parce qu'il exige que l'on observe tout l'échiquier; la prudence, parce qu'il faut se garder de jouer des coups sans réfléchir; enfin, nous y apprenons le plus important, une leçon pour toute la vie : Quand tout semble aller mal, nous ne devons jamais nous décourager, mais bien au contraire espérer et faire en sorte que les choses aillent mieux, c'est à dire toujours chercher résolument la solution de nos problèmes. (Chess & Strategy, 2017, L'apport de la pratique du jeu d'échecs, para.2)

2.3. Le jeu d'échecs et la résolution de problèmes

Différents dispositifs mettant en place une pratique des échecs ont été recensés dans la littérature. De manière globale, sur les résultats en mathématiques (et notamment en résolution de problèmes), l'enseignement du jeu d'échecs a un impact positif qu'il soit significatif (Kazemi et al. 2012 ; Sala et al., 2015) ou non (Ferreira & Palhares, 2008 ; Rosholm et al., 2017 ; Sala & Gobet, 2017).

Une méta-analyse (Sala & Gobet, 2016) menée sur les avantages d'un enseignement des échecs sur les compétences cognitives offre un aperçu de l'influence de la pratique du jeu d'échecs. Pour ce faire, Sala et Gobet (2016) ont pris en compte uniquement vingt-quatre études répondant à leurs critères d'inclusion afin de dégager une certaine fiabilité dans les résultats.

¹⁶ Traduction personnelle : « chess is clearly a problem-solving instrument and the best possible way to analyze problem-solving and decision-making because it is a closed system with clear and determined rules. » (Horgan, 1998, cité par Kazemi et al., 2012, p.373).

Cependant, ces chercheurs regrettent que les études choisies ne soient pas exemplaires au niveau expérimental. Leur méta-analyse présente une ampleur de l'effet modérée, selon la catégorisation de Hattie (2009, cité par Sala & Gobet, 2016), de 0,382 en mathématiques pour l'ensemble des vingt-quatre études retenues. Les chercheurs indiquent que ce résultat tend à montrer que des compétences du jeu d'échecs peuvent être transférées en mathématiques afin d'améliorer les habiletés dans ce domaine. Cependant, selon eux, un effet modéré ne peut prouver une efficacité convaincante d'une telle pratique sur les compétences étudiées, même si cette intervention a une ampleur supérieure à de nombreuses autres interventions en éducation. En effet, Sala et Gobet (2016) estiment nécessaire d'identifier la relation entre les améliorations échiquiennes et les améliorations liées aux performances académiques. Deux axes de recherche se dégagent dans le but d'identifier les liens qui sous-tendent ces deux domaines (Sala & Gobet, 2016). Premièrement, le jeu d'échecs semble avoir une influence dans certaines situations (e.g., lorsque des liens entre le jeu d'échecs et le domaine étudié sont explicitement mis en avant) et non dans d'autres (e.g., lorsque le jeu d'échecs est envisagé uniquement par l'étude des déplacements des pièces). Un axe externe se tourne donc sur l'identification de différents principes méthodologiques, liés à la mise en place du jeu, qui pourraient influencer les apprentissages et le transfert. Deuxièmement, un intérêt peut également se dégager sur l'identification des éléments propres aux parties d'échecs (e.g., la multitude de pièces, la valeur de pièces, les déplacements spécifiques sur l'échiquier, le choix de sa stratégie) ainsi que les compétences qui y sont associées (e.g., attention, géométrie, comparaison arithmétique, métacognition) et qui jouent un rôle sur les apprentissages (axe interne). De surcroît, selon Sala et Gobet (2016), plusieurs chercheurs estiment que le jeu d'échecs et la résolution de problèmes s'appuient sur les mêmes compétences cognitives.

Au vu des résultats des études précédentes, il semble pertinent de s'interroger sur la plus-value, mais surtout sur les conditions de mise en place du jeu d'échecs, d'autant plus que de nombreux pays ont déjà intégré à leur curriculum un enseignement des échecs pour donner suite aux difficultés que présentent leurs élèves en mathématiques (Sala et al., 2015).

Une analyse plus détaillée des interventions recensées permet de mettre en évidence divers modérateurs et constats.

Dans la littérature scientifique, le cœur du débat concernant l'efficacité de l'enseignement du jeu d'échecs est situé au niveau de la question du transfert des apprentissages. En effet, il est

nécessaire de tenir compte du fait que l'apprentissage des échecs doit être transféré pour qu'il y ait une réelle plus-value.

Sala et Gobet (2016) prédisaient une absence de transfert des compétences des échecs vers les compétences d'ordre mathématiques. Les résultats de leur méta-analyse ont pu invalider leur hypothèse et invoquer une autre approche. Cette dernière consiste à considérer que certaines compétences utilisées dans un domaine pourraient être décontextualisées et donc réutilisées dans un autre parce qu'elles portent une valeur plus générale (Sala & Gobet, 2016). Plusieurs chercheurs (Rosholm et al., 2017) vont dans ce sens pour justifier un effet possible des échecs sur les mathématiques. À l'appui de cette conception, la méta-analyse de Sala et Gobet (2016) a identifié une taille de l'effet plus conséquente en mathématiques (0,382) qu'en français (0,248). Il est vrai que, dans sa conception, le jeu d'échecs demande une planification, une pensée abstraite, des stratégies (Sala et al., 2015), des compétences décisionnelles et des processus de haut niveau comme la sélection d'informations pertinentes (Margulies, 1992, cité par Sala & Gobet, 2016) qui sont également employés lors des compétences en résolution de problèmes. Bart (2014, cité par Sala & Gobet, 2016) pointe aussi l'exigence du jeu d'échecs qui permet le développement de compétences cognitives comme celles citées précédemment.

Dans ce cas, les échecs pourraient donc avoir un effet substantiel s'ils sont enseignés chez les enfants et si des stratégies générales sont mises en évidence afin d'être réutilisées dans divers domaines. D'une part, l'apprentissage des échecs à l'école primaire pourrait avoir des effets à long terme (Rosholm et al., 2017). D'autre part, contrairement aux adultes, leurs capacités cognitives sont encore en développement. Elles sont donc moins spécifiques que celles de leurs aînés. Cela contribue à favoriser le transfert (Sala & Gobet, 2016). En poursuivant ce raisonnement, une durée trop longue d'apprentissage pourrait amoindrir le transfert en rendant les compétences échiquéennes plus spécifiques chez les enfants (Sala & Gobet, 2016). Aucune étude ne semble pourtant présenter pour l'instant des informations sur ce point. Dans leur méta-analyse, Sala et Gobet (2016) ont placé à vingt-cinq heures de pratique d'échecs le seuil pour la variable durée. En dessous de ce seuil, ils ont constaté que l'effet des échecs sur les compétences mathématiques avait chuté à 0,303. Ils ont aussi découvert que cet effet pouvait atteindre 0,427 en dépassant légèrement ce seuil. Afin d'espérer un transfert des capacités acquises aux échecs vers des compétences d'ordre plus mathématiques, Sala et Gobet (2016) ont donc conseillé d'atteindre vingt-cinq à trente heures de cours d'échecs. Pourtant, Sala et al. (2015) ont déduit qu'une pratique de courte durée peut déjà avoir des effets sur l'amélioration

des capacités en résolution de problèmes. La pratique des échecs restreinte en classe (environ quinze heures) appuyée de l'utilisation d'un logiciel montre des résultats semblables à ceux d'études dont la pratique des échecs avoisinait les vingt-cinq à trente heures. Cependant, il n'y a pas de corrélation entre le temps d'utilisation du logiciel et le score en mathématiques. C'est le niveau atteint avec le logiciel qui influence les scores. Ainsi, Sala et al. (2015) ont découvert une corrélation de 0,29 entre les scores aux échecs et en mathématiques.

Dans une autre optique, plusieurs chercheurs (Reeve, 2002, cité par Sarrazin, Tessier, & Trouilloud, 2006 ; Ryan & Deci, 2000, cités par Sarrazin et al., 2006 ; Sarrazin & Trouilloud, 2006, cités par Sarrazin et al., 2006) mettent en évidence que les motivations autodéterminées ont une influence positive sur les apprentissages (concentration, plaisir, résultats, engagement). « Une motivation est dite " autodéterminée " quand l'activité est réalisée spontanément et par choix » (Sarrazin et al. 2006, p.159). L'élève s'engage alors dans la tâche parce qu'elle est en accord avec ses valeurs et/ou qu'il en ressort du plaisir, de la satisfaction d'apprendre quelque chose, une réponse à un besoin et/ou la possibilité d'atteindre un but (Sarrazin et al., 2006). En considérant que le temps passé sur le logiciel d'échecs représente dans une certaine proportion la motivation, Sala et al. (2015) semblent penser que la motivation résultant de la pratique du jeu d'échecs n'est pas un élément-clé en vue de l'amélioration des compétences en résolution de problèmes. Par ailleurs, Rosholm et al. (2017) qui ont étudié l'impact des échecs sur des facteurs non cognitifs, puis leur influence sur les mathématiques (et notamment en résolution de problèmes) semblent moins catégoriques. Dans un premier temps, ils ont observé que les élèves plus heureux à l'école présentaient de meilleurs résultats en mathématiques. Ensuite, ils ont constaté une influence du jeu d'échecs plus importante pour les élèves moins heureux. Les observations vont dans le même sens pour les élèves qui s'ennuient ou non à l'école. Ainsi, l'enseignement des échecs favorise l'apprentissage des mathématiques chez les élèves qui s'ennuient. Au contraire, les élèves qui ne s'ennuient jamais à l'école ne retirent aucun gain. Rosholm et al. (2017) n'ont cependant pas trouvé d'impact direct sur le bonheur et l'ennui.

Compte tenu des informations énoncées précédemment sur le transfert des apprentissages, alors que l'opinion commune serait tentée de penser qu'il y a davantage de liens entre le jeu d'échecs et les données géométriques (en rappel avec l'échiquier), l'influence des échecs semble être en faveur des données numériques (Ferreira & Palhares, 2008 ; Rosholm et al., 2017). Ferreira et Palhares (2008) ont montré que globalement les résultats en résolution de problèmes étaient meilleurs pour les joueurs d'échecs. Cependant, cette différence n'est pas significative.

Rosholm et al. (2017) n'ont trouvé aucun impact des échecs sur la résolution de problèmes. Nonobstant, il est à mentionner que leur test ne comportait qu'un énoncé de problèmes. En analysant de plus près le type d'énoncés proposés, Ferreira et Palhares (2008) ont pu distinguer que les participants joueurs ou non d'échecs présentaient des facilités au niveau des problèmes géométriques. En outre, les élèves qui jouaient aux échecs résolvaient mieux les problèmes numériques que les élèves non joueurs. Cette différence n'est cependant pas significative sous contrôle d'autres variables comme l'âge, le sexe ou encore les performances en mathématiques. Rosholm et al. (2017) ont présenté un test où les élèves devaient majoritairement compléter des suites logiques (numériques ou géométriques). Les joueurs d'échecs ont obtenu des résultats significativement supérieurs à ceux des non-joueurs d'échecs pour ce type de questions. De manière plus détaillée, ces chercheurs ont également mis en évidence un effet en faveur des joueurs d'échecs lors de questions de type numérique. L'effet n'était pas significatif lorsqu'il s'agissait d'exercices de type géométrique. La littérature de recherche ne semble pas présenter pour l'instant de résultats sur les raisons de cette différence entre numérique et géométrique.

Rotter (1978, cité par Heppner, 1982) affirme que l'élément central afin de résoudre des problèmes est le bénéfice que l'individu peut supposer en retirer (son but). Il lie également à cette notion le sentiment d'efficacité personnelle et le contrôle personnel face à cette situation. Pour que les élèves s'engagent et persévèrent dans l'accomplissement d'un but, il a besoin d' « un état dynamique qui a ses origines dans les perceptions qu'[il] a de lui-même et de son environnement et qui l'incite à choisir une activité, à s'y engager et à persévérer dans son accomplissement afin d'atteindre un but ». (Viau, 2007, p.7, cité par Guillemette & Leblanc, 2013) « Le sentiment d'efficacité personnelle désigne les croyances des individus quant à leurs capacités à réaliser des performances particulières » (Rondier, 2004, p.475). Cette confiance que l'individu a en lui influence ses choix, sa persévérance, son engagement et ses émotions (Rondier, 2004). Un individu qui se sent compétent aura davantage de chances de s'investir dans la tâche et donc, de performer. De même, l'individu a le besoin de sentir qu'il a prise, qu'il contrôle la situation pour continuer à s'y engager (Viau, 2004).

La manière de s'engager face à la tâche peut différer d'un individu à l'autre. Erhan et al. (2009, p.6¹⁷) distinguent différentes approches face à la résolution de problèmes de manière générale comme « une approche hâtive », « une approche évitement », « une approche

¹⁷ Traduction personnelle : « Aceleci Yaklaşım », « Kaçınan Yaklaşım », « Kendine güvenli Yaklaşım », « Planlı Yaklaşım » (Erhan et al., 2009, p.6).

confiante » ou encore « une approche planifiée ». L'étude a montré que les niveaux d'approche diffèrent en fonction de la capacité à jouer aux échecs ou non. Les auteurs ont émis trois résultats significatifs. Tout d'abord, les élèves ne jouant pas aux échecs présentent un niveau d'« approche évitement » plus élevé que les joueurs d'échecs. Les non-joueurs d'échecs utilisent donc davantage l'évitement face à une situation-problème. Ensuite, les joueurs d'échecs ont un niveau d'« approche hâtive » inférieur aux non-joueurs d'échecs. Cela suggère que les joueurs d'échecs mettent plus facilement en place des stratégies spécifiques en vue de la résolution d'un problème. Finalement, « l'approche planifiée » a aussi retenu l'attention d'Erhan et al. (2009) puisque les joueurs d'échecs y ont un niveau plus élevé que les non-joueurs d'échecs. En ce qui concerne l'approche « confiante », les résultats ne sont pas significatifs.

Si la perception que l'individu a de lui semble avoir un impact sur la résolution de problèmes, la réflexion que celui-ci porte sur ses actions paraît également importante dans ce domaine. Selon Silver (1982, cité par Kazemi et al., 2012), les enseignants sont conscients que les compétences techniques ne sont pas suffisantes pour résoudre des problèmes, il est également nécessaire d'avoir conscience de ses forces et faiblesses. Kazemi et al. (2012) se sont dès lors questionnés sur les potentiels effets du jeu d'échecs sur les compétences métacognitives et de résolution de problèmes. Leur étude révèle que les joueurs d'échecs ont obtenu de manière significative de meilleurs résultats à l'examen de mathématiques que les non-joueurs d'échecs. Il existe également une différence significative entre les moyennes des scores métacognitifs en faveur des joueurs d'échecs. Ces résultats suggèrent que le jeu d'échecs aurait la capacité de développer des compétences de résolution de problèmes. De plus, ceux-ci semblent également mettre en avant qu'un cours d'échecs pourrait être un moyen efficace pour développer des capacités de réflexion. Une relation positive et significative entre les compétences métacognitives et le niveau de résolution de problèmes s'est également dégagée.

Ainsi, Kazemi et al. (2012, p.378) prétendent que « les échecs créeront un système de croyances solides chez les individus en tant que résolveurs de problèmes¹⁸ ». Sala et Gobet (2017) s'opposent à cette conception. En effet, ceux-ci ont répliqué la recherche de Kazemi et al. (2012) afin d'avoir un design expérimental mieux élaboré et donc, des résultats plus précis. Ils n'ont identifié aucune différence significative entre les trois groupes (groupe expérimental, groupe témoin actif et groupe témoin passif), tant au niveau des compétences mathématiques

¹⁸ Traduction personnelle « Chess will create a strong belief system in the individuals as problem-solvers. » (Kazemi et al., 2012, p.378).

que métacognitives. Les effets de la pratique des échecs étaient relativement minimes. Sala et Gobet (2017) estiment qu'il n'y a pas de réelle plus-value à la pratique des échecs ou d'un autre jeu (Dames ou Go) et que les élèves ont l'air de profiter davantage d'un enseignement traditionnel des mathématiques. Les résultats modérés présents chez d'autres chercheurs pourraient être associés à la méthodologie qu'ils ont employée. En terme de métacognition, les élèves des différents groupes ont présenté des résultats équivalents. Sala et Gobet (2017), à l'inverse de Kazemi et al. (2012), concluent donc en disant que la métacognition n'est pas le lien cognitif qui existe entre les échecs et la résolution de problèmes.

Pour finir, une série d'auteurs (Sala et al., 2015 ; Sala & Gobet, 2016, 2017) mettent en évidence une recommandation quant au transfert. Ils avancent qu'une possibilité pour améliorer l'efficacité d'une pratique d'échecs sur les mathématiques serait l'explicitation des liens entre les échecs et le domaine étudié. Suivant cette idée, l'enseignant pourrait présenter une partie d'échecs comme un problème dont le but serait de mettre le roi adverse « échec et mat ». Ces mêmes chercheurs avancent donc l'hypothèse que la présentation explicite d'informations spécifiques au domaine visé (e.g., la résolution de problèmes) lors du jeu d'échecs pourrait être un moyen d'éviter la problématique du transfert. Ainsi, précédemment, Cannice (2013) avait déjà mis en action les principes explicités par Sala et al. (2015). Même si la recherche a été introduite dans un cours de gestion de l'enseignement supérieur et non dans un cours de mathématiques à l'école primaire, l'apport de cette recherche semble pertinent. Les résultats d'un questionnaire du type Likert à 5 niveaux ont montré que les étudiants étaient favorables au dispositif. Le jeu d'échecs, suivi d'un débriefing sur les analogies entre stratégies de gestion et stratégies échiquéennes, les a aidés à s'approprier de nouveaux concepts de gestion et à comprendre davantage les concepts déjà présentés (Cannice, 2013). Pour que les compétences générales du jeu d'échecs soient transférables vers la résolution de problèmes, il faut avoir développé des compétences liées à ce jeu préalablement. La simple mise en présence des règles ne suffit pas ! Un enfant qui bouge une pièce sans avoir réfléchi à une stratégie ne développe pas de compétences utilisables en résolution de problèmes (Sala et al., 2015). Sala et al. (2015) avancent dès lors l'importance d'un programme approprié d'échecs pour développer les compétences en résolution de problèmes chez les enfants. Cependant, la recherche est encore incapable d'expliquer les mécanismes précis entrant en jeu et permettant de faire le lien entre les échecs et un domaine donné (Sala et al., 2015).

3. En synthèse

Précédemment, nous avons vu le point de vue de divers auteurs.

Grossniklaus (2013) a montré de manière générale que le jeu pouvait être utilisé pour améliorer l'attention, le contrôle, la planification, la réflexion... Berger et al. (2010) vont également dans ce sens. Cependant, des résultats différents peuvent ressortir d'un élève à l'autre mettant ainsi en avant la possible influence de variables motivationnelles et de connaissances métacognitives (Grossniklaus, 2013).

Certains éléments peuvent également être mis en relief pour une pratique réfléchie des échecs en classe. Nous allons ici prendre en compte les résultats qui semblent évoquer une possible influence du jeu d'échecs sur le domaine des mathématiques. Ainsi, Sala et al. (2015) montrent que le niveau atteint au test sur les capacités échiquéennes est corrélé positivement avec les scores en résolution de problèmes. Sala et Gobet (2016) indiquent que des compétences du jeu d'échecs peuvent donc être transférées en mathématiques afin d'améliorer ce domaine. Ces compétences échiquéennes pourraient être transférées parce qu'elles portent une valeur plus générale (Sala & Gobet, 2016). Pour Kazemi et al., (2012), la métacognition semble être ce lien qui lie les échecs et les performances en mathématiques.

L'importance d'un programme approprié d'échecs est mis en avant pour développer les compétences en résolution de problèmes chez les enfants. La simple mise en présence ne suffit pas. Afin de permettre ce transfert, Sala et Gobet (2016) conseillent d'atteindre vingt-cinq heures de pratique d'échecs. Cependant, ce seuil peut être diminué, tout en gardant le même impact sur les performances mathématiques, en prenant appui sur un autre support.

Ferreira et Palhares (2008) ainsi que Rosholm et al. (2017) montrent un effet différentiel en fonction du type d'énoncés proposé. Dans leurs études, les échecs ont un impact davantage conséquent sur les exercices numériques que géométriques. Un autre effet différentiel est constaté en faveur des élèves qui sont moins heureux à l'école. Ceux-ci retirent davantage de gains du dispositif en comparaison aux élèves plus heureux à l'école (Rosholm et al., 2017).

Si la recherche est encore incapable d'expliquer les mécanismes précis entrant en jeu sur ces différences (Sala et al., 2015), il semblerait que le jeu d'échecs favorise certaines façons d'aborder la résolution de problèmes (Erhan et al., 2009).

III. QUESTION DE RECHERCHE ET HYPOTHÈSES

Dans la revue de la littérature, différentes problématiques ont émergé. Les données PISA 2012 (OCDE, 2014a) ont montré un pourcentage élevé (20,8%) d'élèves peu performants en résolution de problèmes en Belgique. Ce constat est similaire à la moyenne de l'OCDE (OCDE, 2014a). Plus précisément, le processus « Planifier et exécuter » demande, dans notre pays, une attention particulière (OCDE, 2014a). Face aux problèmes présentant plusieurs étapes, les élèves peuvent se sentir démunis (Powell et al., 2008, cités par Pfannenstiel et al., 2015). Or, le jeu d'échecs développe différentes compétences comme visualiser, prendre en compte diverses options, analyser concrètement, faire preuve d'abstraction et planifier (Meyers, 2005, cité par Kazemi et al., 2012), nécessaires en résolution de problèmes. Dès lors, de nombreux pays ont fait le choix d'intégrer les échecs à leur projet éducatif (Sala et al., 2015 ; Sala & Gobet, 2016).

En outre, Sala et al. (2015) ont montré que les scores échiquéens sont corrélés avec les performances en résolution de problèmes. Ces compétences du jeu d'échecs pourraient donc être transférables en mathématiques dans le but d'améliorer ce domaine (Sala & Gobet, 2016). Il s'agirait de compétences qui pourraient être décontextualisées et donc réutilisées dans un autre domaine (e.g., la résolution de problèmes) parce qu'elles portent une valeur plus générale. Pour mentionner une plus-value au jeu d'échecs, l'apprentissage de celui-ci doit pouvoir être transféré. La question du transfert d'apprentissage est donc considérée comme le nœud permettant de délier l'efficacité de l'enseignement du jeu d'échecs. Malheureusement, les données scientifiques actuelles sont toujours incapables d'explicitier les mécanismes de ce possible transfert (Sala et al., 2015). De par cette recherche, nous voulons mieux comprendre les résultats de la littérature de recherche concernant les dispositifs d'échecs. Pourquoi la littérature de recherche présente-t-elle des corrélations entre les performances aux échecs et en mathématiques ? Nous souhaitons donc identifier les mécanismes qui mettent en avant le transfert de compétences entre les échecs et la résolution de problèmes. Quels sont les éléments du jeu d'échecs qui sont associés à des compétences transférables ? Quelles sont les compétences transférables qui ont une influence sur la résolution de problèmes ?

Sur ce point, la littérature a déjà mis en avant plusieurs éléments clés sur lesquels se pencher. Ainsi, les aspects métacognitifs sont perçus comme un des facteurs influençant le plus les apprentissages (Delvolvé, 2006) et leur performance (Berger et al., 2010) puisqu'ils supervisent

les processus aidant les apprentissages (Butterfiels & Belmont, 1977, cités par Frenkel & Déforge, 2014 ; Doudin, Martin, & Albanese, 2001, cités par Frenkel & Déforge, 2014). De plus, Kazemi et al. (2012) avancent que la métacognition pourrait être le lien entre les échecs et les performances en mathématiques puisque les joueurs d'échecs présentent en moyenne des scores métacognitifs supérieurs à ceux des non-joueurs. Les émotions vis-à-vis de l'apprentissage des mathématiques et le sentiment d'efficacité personnelle ne sont pas sans reste et présentent également une influence sur les performances en mathématiques (Hanin, 2018 ; Mullis et al., 2020). Présenté comme un jeu stimulant (Kazemi et al., 2012), le jeu d'échecs pourrait affecter le plaisir et l'engagement des élèves. En effet, selon Marcoux (2013, cité par Van Nieuwenhoven, 2014), le plaisir face à la tâche peut être favorisé à court terme par le choix de l'activité. La résolution de problèmes est, par ailleurs, également soutenue par l'apprentissage de stratégies (Gersten et al., 2009, cités par Pfannenstiel et al., 2015 ; Montague et al., 2000 ; Van Nieuwenhoven, 2014 ; Verschaffel et al., 2000, cités par Fagnant, 2008).

1. Question de recherche

Au vu des propos résumés dans le point qui précède, la question suivante a émergé : **Comment des élèves de cycles 3 et 4 perçoivent-ils la possible influence apportée par une pratique réflexive du jeu d'échecs sur la résolution de problèmes mathématiques ?**

Lors de cette recherche, une attention particulière est portée sur les perceptions des élèves (i.e. émotions qu'ils ressentent, sentiment d'efficacité personnelle et stratégies utilisées). À partir de celles-ci, le but est de dégager un lien entre la PRJÉ et le domaine de résolution de problèmes. Nous avons donc décidé, au regard des prises de mesure nécessaires et de **notre intérêt professionnel** pour l'enseignement primaire, de circonscrire l'âge des participants **entre neuf et douze ans**.

2. Hypothèses de recherche

Quatre hypothèses de recherche ont également pu être rédigées.

Hypothèse 1 : Les élèves perçoivent l'aide de la PRJÉ sur leur résolution de problèmes mathématiques (H1).

De manière générale, nous prévoyons que les élèves témoignent de l'aide apportée par la PRJÉ. Suite aux recommandations face au transfert, l'importance d'un programme approprié du jeu d'échecs pour développer les compétences en résolution de problèmes chez les enfants a été

mis en avant (Sala et al., 2015). Une pratique explicitant les liens entre les échecs et le domaine étudié (e.g., la résolution de problèmes) permettrait d'améliorer l'efficacité de la pratique des échecs (Sala et al., 2015 ; Sala & Gobet, 2016, 2017). De par cette explicitation de liens, les élèves percevraient également l'aide du jeu d'échecs sur les apprentissages envisagés (Cannice, 2013).

Cette première hypothèse peut-être détaillée via trois hypothèses complémentaires mettant en jeu les variables clés identifiées dans la littérature de recherche.

Hypothèse 2 : Les élèves ont une émotion positive face à la résolution de problèmes suite à la PRJÉ (H2).

Les émotions positives sont considérées comme les alliées des efforts et de la volonté favorisant les apprentissages (Passolunghi, Cargnelutti, & Pellizzoni, 2019, cités par Hanin & Van Nieuwenhoven ; Peixoto, Sanches, Mata, & Monteiro, 2017, cités par Hanin & Van Nieuwenhoven ; Pekrun, Lichtenfeld, Marsh, Murayama, & Goetz, 2017, cités par Hanin & Van Nieuwenhoven ; Tzohar-Rozen & Kramarski, 2017, cités par Hanin & Van Nieuwenhoven) et les performances (Mullis et al., 2020). Or, selon Marcoux (2013, cité par Van Nieuwenhoven, 2014), le choix d'une activité peut favoriser à court terme le plaisir face à l'apprentissage. Nous espérons donc par le dispositif amener une émotion positive face à la résolution de problèmes. De manière plus détaillée, Rosholm et al. (2017) ont déjà montré un bénéfice de la pratique des échecs pour les élèves moins heureux à l'école.

Hypothèse 3 : Le sentiment d'efficacité personnelle vis-à-vis des problèmes proposés augmente suite à la PRJÉ (H3).

Par cette hypothèse, nous espérons que la PRJÉ impacte le sentiment d'efficacité personnelle des élèves. En effet, cette variable n'est pas négligeable au vu des résultats PISA 2012. L'OCDE (2014d) déclare que les élèves se sentant capables en mathématiques ont en moyenne un score supérieur. Cependant, ce sentiment d'efficacité personnelle ne peut être influencé par la PRJÉ qu'à la condition qu'un transfert de compétences soit envisageable. Par ailleurs, ce sentiment d'efficacité personnelle est également dépendant des émotions envers la tâche (Hanin, 2018).

Hypothèse 4 : Une différence au niveau de l'utilisation de stratégies lors de la résolution de problèmes apparaît suite à la PRJÉ (H4).

L'apprentissage de stratégies est perçu dans la littérature comme le moyen de favoriser la résolution de problèmes (Gersten et al., 2009, cités par Pfannenstiel et al., 2015 ; Montague et

al., 2000 ; Van Nieuwenhoven, 2014 ; Verschaffel et al., 2000, cités par Fagnant, 2008). Nous supposons donc que la PRJÉ permettra aux élèves de réutiliser les stratégies apprises tant lors des problèmes réalisés avec leur enseignante que lors du questionnaire proposé. Pour ce dernier, nous estimons donc qu'ils vont cocher une gamme de stratégies plus variées et plus pertinentes au post-test en comparaison au pré-test afin de les aider dans leur résolution de problèmes. Nous espérons également identifier ce développement au niveau des stratégies dans les productions analysées (questionnaires de résolution de problèmes).

IV. MÉTHODOLOGIE

Le but de cette recherche est d'étudier **la perception qu'ont des élèves face à la possible influence d'une PRJÉ sur la résolution de problèmes**. En effet, si la littérature a su mettre en évidence de possibles liens entre les performances échiquéennes et les performances de domaines spécifiques comme la résolution de problèmes (Kazemi et al., 2012 ; Ferreira & Palhares, 2008 ; Sala et al., 2015 ; Sala & Gobet, 2016, 2017; Rosholm et al., 2017), un **manque a émergé au niveau de la compréhension de ces résultats**. Nous avons alors marqué le désir de le comprendre et d'identifier comment et quelles possibles démarches de réflexion apportées par le jeu d'échecs peuvent se transférer lors du domaine spécifique de résolution de problèmes.

Afin d'étayer cette perception, s'interroger sur les différents **facteurs pouvant influencer** ce domaine est apparu nécessaire. La revue de la littérature a ainsi préalablement mis en lumière différents concepts sous-jacents sur lesquels se pencher : les **émotions** (Caballero et al., 2011 ; Hanin 2018 ; Mullis et al., 2020), le **sentiment d'efficacité personnelle** (Mullis et al., 2020 ; OCDE, 2014d) et différentes **composantes métacognitives** comme la connaissance, l'utilisation et la régulation de stratégies (Berger & Büchel, 2010 ; Delvolvé, 2006 ; Gersten et al., 2009, cités par Pfannenstiel et al., 2015 ; Hanin 2018 ; Montague et al., 2000 ; OCDE 2014a ; Verschaffel et al., 2000, cités par Fagnant, 2008).

Suite à l'identification de cette visée compréhensive, nous avons opté pour une **recherche qualitative** qui permet d'identifier et de comprendre, dans la situation singulière (Dumez, 2011) d'une PRJÉ, **comment les élèves perçoivent le dispositif** (i.e. perceptions générales des élèves)¹⁹, **comment les élèves se sentent lors de la résolution de problèmes** (i.e. émotions et sentiment d'efficacité personnelle)²⁰ et **comment les élèves résolvent des problèmes** (i.e. utilisation de stratégies)²¹. Dès lors, nous n'avons pas eu recours à une classe contrôle car l'objectif de la recherche est d'identifier à l'intérieur d'une PRJÉ des éléments qui permettraient/faciliteraient le transfert des compétences du jeu d'échecs vers un autre domaine (la résolution de problèmes). La comparaison de la PRJÉ avec une autre pratique

¹⁹ Relatif à l'hypothèse 1 : Les élèves perçoivent l'aide de la PRJÉ sur leur résolution de problèmes mathématiques.

²⁰ Relatif à l'hypothèse 2 et 3 : Les élèves ont une émotion positive face à la résolution de problèmes suite à la PRJÉ./Le sentiment d'efficacité personnelle vis-à-vis des problèmes proposés augmente suite à la PRJÉ.

²¹ Relatif à l'hypothèse 4 : Une différence au niveau de l'utilisation de stratégies lors de la résolution de problèmes apparaît suite à la PRJÉ.

d'apprentissage n'est pas le but de cette recherche. Par ailleurs, la littérature a déjà montré l'existence de ce type d'études (Sala et al., 2015 ; Sala & Gobet, 2017). Par ce choix de design, nous avons été amenée à recourir à un échantillon de participants, à un dispositif accompagné d'outils de mesure et à une démarche d'analyse qui feront l'objet d'une explication dans les points suivants.

1. Constitution de l'échantillon de participants

Lors du recrutement d'une classe d'élèves âgés entre neuf et douze ans, deux collègues ont été favorables au déploiement d'une PRJÉ dans leur classe. Par soucis de sécurité au vu de la situation sanitaire et afin d'étayer au mieux les résultats, nous avons choisi d'implanter le dispositif dans les deux classes. L'échantillon comprend donc **une classe de vingt-quatre élèves de quatrième primaire et une classe de quatorze élèves de sixième primaire**. Ces deux classes font partie d'une école de la province de Liège dont l'indice socio-économique (ISE) est de 19 (Arrêté du Gouvernement de la Communauté française établissant les listes des implantations de l'enseignement fondamental et de l'enseignement secondaire bénéficiaires de l'encadrement différencié, 2019). La résolution de problèmes a une place différente dans les deux classes envisagées. Cet élément est à prendre en considération. En quatrième primaire, la résolution de problèmes est majoritairement centrée sur l'étude des différentes étapes de résolution de problèmes (principalement, la représentation et la communication). La résolution de problèmes est étudiée pour elle-même. L'enseignante de sixième année utilise quant à elle, principalement la résolution en fin d'apprentissages afin de réutiliser les contenus-matières envisagés dans différentes situations.

Suite à la distribution du consentement libre et éclairé à destination des tuteurs légaux, les parents d'un élève de quatrième année ont **refusé la participation de leur enfant**. Afin d'éviter un biais lié aux connaissances antérieures du jeu d'échecs, les cinq élèves de quatrième année et les trois élèves de sixième année **sachant déjà jouer aux échecs** avant l'implémentation du dispositif ont également été retirés de l'échantillon. Ils ont cependant participé au dispositif au même titre que le reste de la classe. Finalement, **suite à des absences**, trois élèves de quatrième année et un élève de sixième année n'ont également pas été pris en compte dans les résultats. L'échantillon final se compose donc de quatorze élèves de quatrième primaire et de dix élèves de sixième primaire.

2.1. Dispositif de recherche

Le dispositif de recherche se compose de trois grandes phases : le **pré-test**, l'**intervention** et le **post-test**. La figure 3 permet de visualiser l'organisation de ces différentes phases.

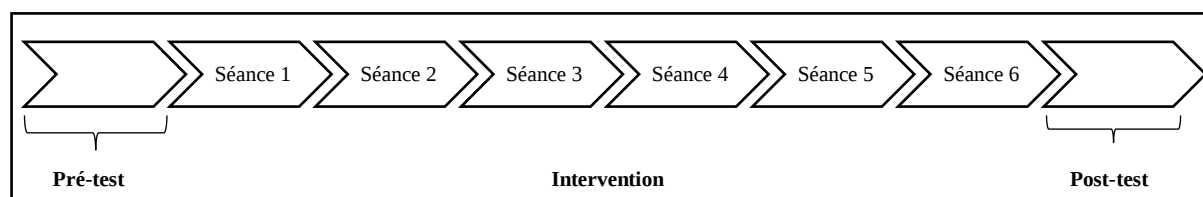


Figure 3 : Visualisation du dispositif de recherche

Le dispositif s'est déroulé entre fin février 2021 et début mai 2021. Chaque bloc représente environ deux périodes continues de cours. L'intervention a été implémentée à raison d'un bloc par semaine. Il est à noter que durant le temps de l'expérimentation, les enseignantes n'ont pas modifié leurs pratiques pédagogiques. Elles n'ont, par ailleurs, pas étudié de nouvelles stratégies liées à la résolution de problèmes.

Premièrement, nous avons fait passer à l'échantillon d'élèves un questionnaire composé de trois problèmes mathématiques (Annexe 5). Les élèves ont ensuite répondu à un questionnaire sur leurs perceptions relatives à la résolution des trois problèmes (émotions, sentiment d'efficacité personnelle et stratégies) (Annexe 7). Ces deux questionnaires écrits ont fait office de pré-test. En outre, six élèves de chaque classe ont, lors d'un entretien individuel avec la chercheuse, détaillé les informations présentes sur leurs deux questionnaires.

Deuxièmement, nous avons enseigné un cours d'échecs (Annexes 3 et 4) à raison de dix périodes à l'échantillon d'élèves précédemment identifiés. D'un point de vue écologique, une dizaine de périodes est le temps estimé afin de développer une première approche du jeu (F. Graitson, communication personnelle, 6 janvier, 2021). Le curriculum de cet enseignement a été conçu à partir du syllabus de la Fédération Échiquéenne Francophone de Belgique rédigé par Frédéric Bielik (2016). Il met en avant la découverte progressive des pièces. Cependant, ce curriculum a été adapté afin qu'il s'appuie sur le domaine de la résolution de problèmes comme pointé chez Sala et Gobet (2017). En effet, cet intérêt a pour but de favoriser le transfert des apprentissages. Lors de ces dix séances, les élèves ont appris les différents mouvements des pièces du jeu, mais surtout réfléchi aux déplacements stratégiques à utiliser. La chercheuse a présenté les parties d'échecs comme de multiples problèmes dont le but était de mettre le roi adverse « échec et mat ». Chaque coup du jeu amorce un nouveau problème dans lequel il faut

prendre en considération quantité de données : position stratégique d'une pièce (repérage dans l'espace), valeurs des pièces en jeu (valeurs numériques), mouvements des pièces sur l'échiquier (déplacements sur le plan)... Ces différentes données ont dû être mises en lien par les élèves afin qu'ils planifient des démarches permettant de résoudre les problèmes identifiés. Les séances ont ainsi permis de mettre en relief diverses stratégies à partir du support d'un jeu d'échecs. Cette analogie entre échecs et problèmes a été le fil conducteur des séances. Pour garder une trace de la réflexion issue de la tête des élèves (Van Nieuwenhoven, 2014), ceux-ci ont justifié dans un carnet de route (Annexes 4 et 13) certains déplacements effectués lors de leurs parties. Suivant la pratique de Cannice (2013), mais également de Caballero et al. (2011), nous avons trouvé judicieux de placer dans les séances un débriefing collectif afin de permettre aux élèves de partager des éléments de stratégies importants à l'ensemble du groupe classe (Annexe 14). De surcroît, Barth (2004, citée par Taktek, 2017) avance que le transfert n'est pas automatique. Ainsi, le moment réflexif intégré au sein de notre dispositif est apparu nécessaire pour élargir la visée des apprentissages. Lors de ce moment où chacun est invité à s'exprimer, la mise en exergue a été portée sur la régulation des stratégies. Un rituel journalier présentant un exercice lié à une situation d'échecs a également été distribué aux élèves (e.g., déplacer une pièce pour mater le roi en un seul coup) (Annexe 4). Par cela, le but était de minimiser le temps du dispositif effectif (Sala et al., 2015). Afin de développer une pratique réflexive des échecs, un retour sur les exercices et la démarche à adopter a été réalisé à chaque cours en présentiel. Ceci est en accord avec Sala et Gobet (2017) lorsqu'ils mentionnent qu'une pratique des échecs avec un simple déplacement des pièces est insignifiante. Pour améliorer ses compétences aux échecs, il convient de revoir des parties, de re-réfléchir à des situations pour comparer des stratégies.

Concrètement, chaque séance peut se résumer par les étapes suivantes : (1) retour sur la séance précédente et correction des exercices journaliers, (2) verbalisation de l'objectif de la séance et transmission des règles du jeu y étant liées, (3) moment de jeu intégrant uniquement les règles apprises et écriture des stratégies découvertes, (4) retour métacognitif sur les stratégies employées (partage de stratégies et identification des situations de transfert) et (5) entraînement via le rituel journalier. Chacune de ces étapes a été détaillée en considérant son objectif, le rôle de la chercheuse, le rôle des élèves et le matériel utilisé. Les différents choix pédagogiques effectués ont également été mis en avant et soutiennent le dispositif mis en place (Annexe 2).

Troisièmement, nous avons refait passer à chaque élève de la classe le questionnaire initial composé des trois mêmes problèmes (Annexe 5). Les élèves ont ensuite recomplété le questionnaire sur leurs perceptions initiales. Quelques items ont été ajoutés (Annexe 7). Ces deux questionnaires écrits représentent le post-test. Celui-ci a été dispensé selon les mêmes modalités que le pré-test. Dans cette continuité, les six élèves interrogés ont vécu un second entretien individuel avec la chercheuse afin d'explicitier les réponses de leurs questionnaires finaux.

3. Outils de collecte utilisés

Cette partie vise à expliciter les différents outils de collecte de données qui ont pris place au sein du dispositif.

3.1. Les questionnaires

Nous avons créé deux types de questionnaires différents : un concernant les démarches de résolution de problèmes via trois problèmes du niveau scolaire des élèves interrogés et un questionnaire sur les compétences métacognitives et ses facteurs associés.

3.1.1. Questionnaire de résolution de problèmes

Afin d'évaluer la possible influence du jeu d'échecs sur la résolution de problèmes, nous avons imaginé un questionnaire de trois problèmes mathématiques (Annexe 5). En vue de pallier à un biais lié aux types de problèmes qui ont une influence sur les résultats (OCDE, 2014a ; Riley et al., 1983, cités par Demonty & Fagnant, 2018), nous avons décidé de proposer un problème de chaque type selon la typologie de Riley et al. Ainsi, pour chaque questionnaire, le premier problème se rattache au type « Combinaison » où l'on associe plusieurs éléments (boules de glaces ou fléchettes) pour former des possibilités. Le deuxième problème est de type « Changement » où une situation de départ est influencée par des actions (déposer des cailloux sur les marches ou recevoir/donner des caramels). Le troisième problème est de type « Comparaison » où des éléments sont comparés les uns par rapport aux autres (numéros de dossards ou nombre de têtes de dragon).

L'évaluation de ces problèmes n'est pas basée sur les contenus-matières en mathématiques des élèves mais bien sur les stratégies employées par ces derniers. Nous avons donc privilégié les problèmes ouverts qui répondent à cet objectif (Touchard, 2011). Ces problèmes sont issus des

Rallyes Mathématiques Transalpins (RMT, 2017, 2018, 2019) ou du Math & Sens : Résoudre des problèmes : pas de problèmes 10/12 ans (Fagnant, Demonty, & Lejong, 2005). Afin de faire ressortir la compréhension des problèmes par les élèves, nous avons fait le choix de les corriger au moyen d'une grille d'évaluation à échelles se focalisant sur les procédures employées par les élèves (Szetela & Nicol, 1992). Nous avons, dès lors, remanié et justifié la grille de Wilson (1991, cité Szetela & Nicol, 1992) pour qu'elle corresponde davantage aux besoins de la présente recherche (Annexe 6). Afin de témoigner d'une certaine fidélité, nous avons fait le choix d'évaluer chacun des problèmes à deux codeuses et de prendre note des observations (Annexe 21).

Ce questionnaire a été mis en place à deux reprises afin de pouvoir percevoir de possibles changements entre les deux temps de mesure. Nous avons utilisé le même questionnaire afin de pouvoir comparer les questionnaires sans que les résultats ne soient entachés d'un biais lié à la formulation de problèmes similaires. Les élèves connaissaient donc le questionnaire lors du post-test et cela comporte également un biais puisqu'ils ont réalisé une tâche connue. Ce biais peut cependant être relativisé au vu des 9 semaines qui séparaient les deux interventions. Il est nécessaire de préciser que les questionnaires n'ont pas été corrigés avec la titulaire des élèves durant le temps de l'expérimentation. Lors des deux temps de passation, la méthodologie employée est restée la même. Chacun des problèmes a été lu oralement par la chercheuse afin d'éviter un biais lié aux compétences en lecture des élèves. Après la lecture d'un problème, les élèves ont eu dix minutes pour le résoudre avant la découverte du suivant. La consigne était de réaliser ses démarches dans le cadre blanc et d'écrire sa réponse dans le cadre gris. La chercheuse n'a répondu à aucune question durant le test.

3.1.2. Questionnaire sur les perceptions

Les processus métacognitifs ne sont pas aisés à évaluer (Poumay & Leclercq, 2004). Cela marque un biais que nous devons prendre en considération dans cette recherche. De plus, Poumay et Leclercq (2004) mettent en avant le manque d'outils pour évaluer cette variable. Il s'est alors révélé nécessaire de construire un questionnaire pouvant répondre aux besoins (Annexe 7).

Nous avons fait le choix de proposer des questions ouvertes en adéquation avec l'échantillon restreint et la volonté de récupérer l'avis des élèves interrogés sur le dispositif mis en place. Ce

choix s'accompagne d'un biais car pour certains élèves rédiger une réponse n'est pas aisé (Lafontaine, 2019). Pour l'éviter, la dictée à l'adulte a été proposée à plusieurs élèves en fin de questionnaire lorsque l'effort cognitif devenait trop important. Des omissions sont cependant à prévoir (Lafontaine, 2019). De plus, Lafontaine (2019) met en avant la complexité de comparer les différentes réponses recensées. Les justifications des items sont donc majoritairement liées à un choix dichotomique afin de retirer une information globale chez ces élèves qui n'expriment pas ou peu leur pensée.

En parallèle de la littérature, le questionnaire se compose de trois grandes parties.

La première partie est consacrée aux **émotions** des élèves face à la résolution de problèmes (I1/I1²²). C'est une variable qui influence les performances des élèves (Caballero et al., 2011 ; Hanin, 2018 ; Mullis et al., 2020), mais qui peut être influencée par la PRJÉ si l'on s'en suit à la littérature (Rosholm et al., 2017). Les items de cette partie ont donc pour but d'évaluer l'influence de la PRJÉ sur les émotions face à la résolution de problèmes.

La deuxième partie se centre sur le **sentiment d'efficacité personnelle** (I2/I2, I3/I5). Cette notion est liée au plaisir et à l'engagement de la tâche (Hanin, 2018), mais également aux performances scolaires (Hanin, 2018 ; Mullis et al., 2020). Par cette partie, nous visons la perception de la possible variabilité du sentiment d'efficacité personnelle.

La troisième partie se base sur les **stratégies utilisées** par les élèves et sur la justification de leur emploi (-/I3, -/I4, I4/I6, I5/I7, I6/I8, -/I9, -/I12, -/I13). Elles sont un atout majeur dans la résolution de problèmes (Berger et al., 2010 ; Delvolvé, 2006 ; Gersten et al., 2009, cités par Pfannenstiel et al., 2015 ; Hanin, 2018 ; Montague et al., 2000 ; OCDE, 2014a ; Verschaffel et al., 2000, cités par Fagnant, 2008). Les stratégies proposées se basent sur les processus mentionnés dans le programme *Solve It* (Montague & Warger, 2003), mais également sur les items du questionnaire métacognitif proposé par Panaoura, Philippou et Christou (2003). Par les items liés aux stratégies employées, nous voulons détecter de possibles changements dans les stratégies utilisées par les élèves.

Une analyse des items de manière plus précise se trouve en annexe 8.

Nous avons fait le choix de ne pas intégrer ces questions aux questionnaires de résolution de problèmes et de poser les questions relatives aux stratégies de manière globale sur les trois

²² Relatif à l'item 1 du prétest et à l'item 1 du post-test lié au questionnaire sur les perceptions. Le Codebook associant chaque code à sa signification se trouve en annexe 16. Le document analysant l'intérêt de chaque item des questionnaires sur les perceptions se trouve en annexe 8.

problèmes. Ainsi, nous ne voulions pas allonger le questionnaire en répétant ces questions conséquentes pour chacun des problèmes. Une perte d'informations peut en résulter. Cependant, un excès de réponses ouvertes provoque de la lassitude chez le participant et détériore les informations recensées (Chabal, 2014).

De la même manière, ce questionnaire a été effectué avant et après la PRJÉ dans le but de percevoir d'éventuelles variations. La base du pré-test et du post-test est identique afin de pouvoir comparer les différents items. Cependant, lors du post-test, huit items ont été ajoutés (I3, I4, I9, I10, I11, I12, I13, I14). Ces items sont relatifs au jeu d'échecs et à son impact. En vue de l'analyse des résultats, un tableau comparatif mettant en avant la correspondance des items entre les deux tests est présenté en annexe 8. Lors de la passation des questionnaires, les items ont été lus un à un par la chercheuse. Cette dernière a répondu aux éventuelles questions des élèves par rapport à la manière de répondre à la question.

3.1.3. Mise à l'essai et amélioration des questionnaires

Les questionnaires présentés ci-dessus n'ont pas été ainsi dès leur première version. Ils ont été modifiés suite aux données issues de la mise à l'essai des questionnaires dans des classes de niveau scolaire identique à celles de l'échantillon (Annexes 10 et 11). De plus, les écoles choisies pour la mise à l'essai avaient un indice socio-économique élevé comme l'école de l'échantillon. La mise à l'essai n'a pas été réalisée par la chercheuse au vu de la crise sanitaire. C'est donc chacune des titulaires qui a fait passer ce questionnaire à partir d'un document avec des consignes de passation (Annexe 9).

3.2. Entretiens semi-dirigés

Afin de s'intéresser encore davantage à l'avis de l'échantillon et dans la continuité des questionnaires, nous avons décidé de réaliser des entretiens semi-dirigés (Lafontaine, 2019). Ces derniers ont deux objectifs. Le premier est de faire expliciter aux élèves interrogés leurs démarches de résolution de problèmes. Le deuxième est de clarifier les justifications issues du questionnaire sur les perceptions.

Cet entretien a été réalisé à deux reprises de la même manière que les questionnaires afin de pouvoir percevoir de possibles changements entre les deux temps de mesure. Nous avons suivi les questions des questionnaires afin de structurer l'entretien. Différentes questions de relance

et de précision ont également été ajoutées. Le guide d'entretien utilisé par la chercheuse se trouve en annexe 12.

Nous avons fait le choix de réaliser des entretiens individuels avec six élèves de chaque classe. Le but est ainsi de concilier des entretiens assez variés et une analyse ultérieure raisonnable. En quatrième, nous avons pu interroger deux élèves très performants, deux élèves moyennement performants et deux élèves peu performants sur les dires de leur enseignante afin d'avoir des élèves assez représentatifs de l'échantillon. En sixième, uniquement cinq élèves ont pu être interrogés à cause de diverses contraintes comme l'absence d'élèves à divers moments de l'expérimentation, le refus des parents pour l'enregistrement ou la non-présence des élèves lors de la passation de l'entretien. Les entretiens ont été enregistrés afin que la chercheuse puisse les retranscrire et les analyser ultérieurement.

4. Démarche d'analyse

La démarche d'analyse consiste à récolter les différentes données des questionnaires et des entretiens semi-dirigés des élèves afin de les confronter entre elles. Dans un premier temps, nous avons relevé l'ensemble des données et les avons combinées dans un tableau (Annexe 15). En ce qui concerne les justifications des élèves, une micro-analyse a été réalisée (Lejeune, 2019). Diverses étiquettes ont été dégagées de celle-ci, et écrites dans le tableau des données brutes. Finalement, elles ont été classées en catégories afin de développer les résultats. Au niveau des productions des élèves, les différents problèmes ont été corrigés à partir d'une grille d'évaluation à échelles afin de produire des données sur différents facteurs à l'étude (réussite, stratégies employées, définition de la démarche...) (Annexe 6). Suite aux résultats ressortis de ces premières données, une recherche dans les entretiens a permis de les étayer en mettant en exergue différents extraits.

Afin de communiquer les résultats, il est apparu nécessaire d'envisager une progression claire. Dans un premier temps, pour chaque hypothèse, nous avons fait ressortir de manière générale les perceptions des élèves. Ensuite, un focus a été présenté sur chacun des groupes-classes. Pour certaines hypothèses, une analyse de niveau plus individuelle a également été mise en œuvre. Finalement, afin de pallier un biais lié aux perceptions des élèves, une analyse des productions des élèves a également été effectuée. Cela a permis d'étayer les premiers résultats identifiés.

De manière précise, nous avons explicité hypothèse par hypothèse les données qui allaient être effectivement utilisées pour répondre à chacune d'elles.

Hypothèse 1 : Les élèves perçoivent l'aide de la PRJÉ sur leur résolution de problèmes mathématiques (H1).

Afin de mettre à l'épreuve cette hypothèse, nous utiliserons les propos relatés par les élèves concernant la perception globale qu'ils ont de la possible influence de la PRJÉ (-/I3, -/I12²³). Nous pourrions également utiliser les transcriptions des entretiens semi-dirigés pour étayer les données déjà présentes.

Hypothèse 2 : Les élèves ont une émotion positive face à la résolution de problèmes suite à la PRJÉ (H2).

Afin d'étudier cette hypothèse, nous prendrons en considération les émotions relatées par les élèves suite aux deux questionnaires de résolution de problèmes (I1a/I1a²⁴). Nous pourrions ainsi comparer ce ressenti entre le pré-test et le post-test. Ces données seront étayées par la justification que chaque élève donne à son ressenti (I1b/I1b). Les transcriptions des entretiens semi-dirigés pourront également être exploitées pour soutenir les propos déjà récoltés.

Hypothèse 3 : Le sentiment d'efficacité personnelle vis-à-vis des problèmes proposés augmente suite à la PRJÉ (H3).

L'hypothèse 3 sera éprouvée au moyen des perceptions des élèves concernant leur réussite à chaque problème (I2/I2) ainsi que l'énumération des forces et des faiblesses en résolution de problèmes (I3/I5) pour chacun des deux questionnaires afin d'évaluer la différence perçue. L'amélioration ou non perçue par les élèves entre les deux questionnaires et la justification de celle-ci (-/I4) seront aussi exploitées. Finalement, les transcriptions des entretiens semi-dirigés pourront consolider les données recueillies.

Hypothèse 4 : Une différence au niveau de l'utilisation de stratégies lors de la résolution de problèmes apparaît suite à la PRJÉ (H4).

Pour valider cette hypothèse, nous avons pris en compte les dires des élèves concernant l'utilisation des stratégies identifiées lors de la PRJÉ tant lors des problèmes réalisés avec leur enseignante (-/I13) que lors du questionnaire proposé (-/I9). Se focaliser sur les problèmes réalisés pendant et en dehors de l'expérimentation permet d'aborder la question d'un transfert plus proche et d'un transfert plus lointain (Mestre, 2005, cité par Sala & Gobet, 2016). De

²³ Relatif à l'item 3 et l'item 12 du post-test lié au questionnaire sur les perceptions. Le Codebook associant chaque code à sa signification se trouve en annexe 16. Le document analysant l'intérêt de chaque item des questionnaires basés sur les perceptions se trouve en annexe 8.

²⁴ Relatif à l'item 1a du pré-test et à l'item 1a du post-test.

manière plus détaillée, nous recenserons les stratégies employées par les élèves lors de la résolution des problèmes proposés et leurs justifications (I4/I6, I5/I7, I6/I8). Nous confronterons ces données entre le pré-test et le post-test. Les données recueillies pourront être exemplifiées grâce aux transcriptions. Dans une visée supplémentaire, nous recenserons les stratégies utilisées dans les productions des élèves de sixième. Nous analyserons également ces productions à partir de la grille d'évaluation à échelles (Annexe 6).

V. RÉSULTATS²⁵

Cette partie présente les diverses données que nous avons récoltées lors des pré-tests, lors des post-tests et lors des entretiens semi-dirigés. Les données brutes retirées des pré-tests et des post-tests se trouvent en annexe 15. Les transcriptions des entretiens se trouvent en annexe 17 et en annexe 13 se trouvent les questionnaires et le carnet de route complétés par les élèves.

1. Perception de la possible aide de la PRJÉ sur la résolution de problèmes mathématiques (H1)

Afin de mettre à l'épreuve cette hypothèse, nous avons utilisé les propos relatés par les élèves concernant la perception globale qu'ils ont de la possible influence de la PRJÉ (-/I3, -/I12²⁶). Les figures 4 et 5 présentent de manière globale les perceptions des élèves sur l'aide apportée par la PRJÉ. 67% des élèves (16 sur 24) estiment que la PRJÉ les a aidés à résoudre les 3 problèmes proposés lors du post-test. Ce pourcentage diminue à 54% (13 sur 24) lorsque nous prenons en compte l'aide de la PRJÉ sur les problèmes réalisés avec les enseignantes en dehors de l'expérimentation.

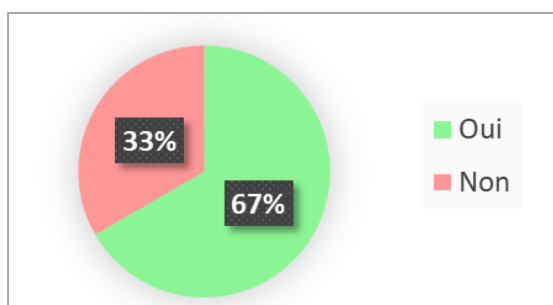


Figure 4 : Perception de la possible aide de la PRJÉ sur la résolution des trois problèmes proposés (P4 et P6)

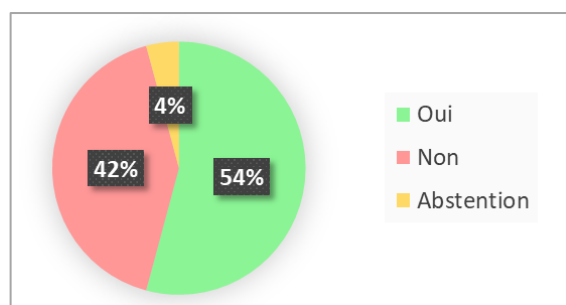


Figure 5 : Perception de la possible aide de la PRJÉ sur la résolution des problèmes réalisés en dehors de l'expérimentation (P4 et P6)

Les justifications des élèves liées aux perceptions de l'aide de la PRJÉ sur la résolution de problèmes ont été classées en différentes catégories afin de nous éclairer sur ces pourcentages. Lors de la résolution des 3 problèmes donnés (post-test), les élèves expliquent l'aide apportée par la PRJÉ de plusieurs manières. Le tableau 3 met en avant que la majorité des justifications (10 sur 19) des élèves ayant perçu l'aide de la PRJÉ évoquent les stratégies apprises. En outre, la réflexion se dégage également comme un apport de la PRJÉ sur la résolution des 3 problèmes

²⁵ Afin de veiller à la lisibilité des résultats, nous avons utilisé le genre masculin comme générique.

²⁶ Relatif à l'item 3 et l'item 12 du post-test lié au questionnaire basé sur les perceptions. Le Codebook associant chaque code à sa signification se trouve en annexe 16. Le document analysant l'intérêt de chaque item des questionnaires basés sur les perceptions se trouve en annexe 8.

donnés puisque 4 justifications sur 19 lui sont dédiées. La concentration, un sentiment de sérénité ou encore, une meilleure compréhension sont aussi mentionnés. Les élèves n'ayant pas perçu l'aide de la PRJÉ auraient été aidés par de la manipulation, par un porte-bonheur, par l'utilisation d'outils, par un entraînement en résolution de problèmes ou encore, par l'aide de l'enseignante. Une justification évoque l'incompréhension des stratégies apprises lors de la PRJÉ qui dès lors ne lui sont d'aucune aide.

Évocation d'une ou plusieurs stratégies	10
Réflexion	4
Concentration	2
Sérénité	1
Compréhension	1
Absurdité	1

Tableau 3 : Justifications des élèves ayant perçu l'aide de la PRJÉ sur la résolution des trois problèmes proposés (P4 et P6)

Manipulation	1
Porte-bonheur	1
Compréhension des stratégies	1
Utilisation d'outils	1
Entraînement	1
Étayage de la part de l'enseignant	1
Abstention	1

Tableau 4 : Besoins des élèves n'ayant pas perçu l'aide de la PRJÉ sur la résolution des trois problèmes proposés (P4 et P6)

Lors de la résolution des problèmes réalisés avec les enseignantes en dehors de l'expérimentation, 5 justifications évoquent une aide sans l'expliquer spécifiquement. La réflexion et les stratégies ressortent également puisque ces catégories sont mentionnées comme une aide 4 fois chacune. Trois élèves pensent s'être davantage concentrés lors des problèmes proposés par leur enseignante suite à la PRJÉ.

Évocation d'une aide sans la justifier	5
Évocation d'une ou plusieurs stratégies	4
Réflexion	4
Concentration	3
Diminution de la perception de la difficulté	1

Tableau 5 : Justifications des élèves ayant perçu l'aide de la PRJÉ sur la résolution des problèmes réalisés avec les enseignantes en dehors de l'expérimentation (P4 et P6)

Ces grandes tendances peuvent être illustrées par les extraits d'entretiens suivants. Ainsi, la réflexion et la concentration sont pointées par les élèves comme étant l'aide apportée par la PRJÉ.

Chercheuse	Est-ce que tu penses qu'avoir joué aux échecs ça t'a aidé pour résoudre les 3 problèmes, ici ?
E4.3.	Oui.
Chercheuse	Pourquoi est-ce que ça t'a aidé ?
E4.3.	Par exemple, parce que je réfléchis mieux.
Chercheuse	Donc, t'as pris, plus de temps, pour réfléchir. C'est quoi réfléchir, pour toi ?
E4.3.	Prendre le temps de faire les choses.
Chercheuse	Et avant, tu faisais plus vite vite, que, là, t'as vraiment pris le temps d'essayer de comprendre le problème.
E4.3.	Mmh mmh.

Encadré 1 : Extrait de la transcription de l'E4.3. (post-test) « Avoir joué aux échecs t'a-t-il aidé(e) à résoudre les 3 problèmes précédents ? » (I3)

Chercheuse	Ok. Après avoir joué aux échecs est-ce que tu penses que cela... Avoir joué aux échecs, est-ce que tu penses que cela t'a aidé à résoudre les 3 problèmes, pour les faire ?
E4.11.	Oui.
Chercheuse	Pourquoi est-ce que tu penses ça ?
E4.11.	Je sais pas (sic) parce que ça m'a aidé à me concentrer. Et, à... voilà.
Chercheuse	Ok. Donc, pendant que tu joues aux échecs, tu te concentrais vraiment sur la partie. Et, ici, quand t'as refait les problèmes, tu te dis : « Il faut que je me concentre aussi pour bien réfléchir. »
E4.11.	Oui.

Encadré 2 : Extrait de la transcription de l'E4.11. (post-test) « Avoir joué aux échecs t'a-t-il aidé(e) à résoudre les 3 problèmes précédents ? » (I3)

Ces deux extraits de l'E6.9. illustrent une des différences que l'on peut retrouver entre les perceptions de la possible aide de la PRJÉ sur la résolution de problèmes réalisés lors de l'expérimentation et les perceptions de la possible aide de la PRJÉ sur la résolution de problèmes réalisés en dehors de l'expérimentation. Lorsque cet élève est dans le cadre de l'expérimentation, il fait le lien avec les stratégies apprises et peut les utiliser. En dehors de l'expérimentation, il ne pense pas ou il pense moins à transférer l'apprentissage.

E6.9.	« Avoir joué aux échecs t'a-t-il aidé à résoudre les 3 problèmes précédents ? » Oui.
Chercheuse	Pourquoi ?
E6.9.	Parce que euh... on a appris des stratégies et j'ai pu les... les utiliser dans les problèmes.
Chercheuse	Ok. Donc, le fait d'avoir, avec les... les échecs, trouvé des stratégies, que tu aies pu les réutiliser, ici, tu t'es dit : « Euh... bah, ça m'a aidé ».
E6.9.	Oui.

Encadré 3 : Extrait de la transcription de l'E6.9. (post-test) « Avoir joué aux échecs t'a-t-il aidé(e) à résoudre les 3 problèmes précédents ? » (I3)

Chercheuse	Ok. Avoir joué aux échecs t'a-t-il aidé à résoudre les problèmes donnés par ton institutrice ? Donc, Madame, elle t'a donné plein de problèmes de Carnaval à, à peu près, Pâques, est-ce que tu penses que ça t'a aidé d'avoir joué aux échecs ?
E6.9.	Là, j'ai mis non.
Chercheuse	Pourquoi ?
E6.9.	Ben... parce que j'ai pas (sic) vraiment, en fait, réfléchi aux stratégies d'échecs pour résoudre les problèmes de Madame.
Chercheuse	Ok. Donc, quand Madame te donnait les problèmes... Tu pensais plus (sic) aux échecs quand moi, ici, je t'ai donné le questionnaire. Tu savais que ça avait un rapport avec l'expérimentation, t'as fait plus attention.
E6.9.	Oui.

Encadré 4 : Extrait de la transcription de l'E6.9. (post-test) « Avoir joué aux échecs t'a-t-il aidé(e) à résoudre les problèmes donnés par ton institutrice ? » (I12)

Les résultats sur la possible aide de la PRJÉ sur la résolution de problèmes ne présentent pas de différences notables entre les classes de 4^{ème} année primaire et de 6^{ème} année primaire. Les graphiques et les tableaux présentant ces résultats pour chacune de ces classes se trouvent donc en annexe 18.1.

2. Émotion face à la résolution de problèmes suite à la PRJÉ (H2)

Tout d'abord, nous avons recensé les sentiments des élèves de l'échantillon suite aux deux questionnaires de résolution de problèmes (I1a/I1a²⁷). Pour récolter des données riches, nous avons fait le choix d'utiliser 4 émotions de base et de les décliner en différents sentiments avec des intensités diverses. Nous avons ainsi le désir de percevoir d'éventuelles variations à l'intérieur d'une même émotion. À partir de ces données, nous avons réalisé différentes figures mettant en avant la variation des sentiments entre le pré-test et le post-test. Le but était de

²⁷ Relatif à l'item 1a du pré-test et à l'item 1a du post-test.

présenter différents aspects : recensement des sentiments pour l'ensemble de l'échantillon, recensement des sentiments par classe et parcours individuel des sentiments.

À la figure 6, une concentration sur les sentiments liés à la « Joie » transparait de manière évidente. Au pré-test comme au post-test, 16 sentiments recensés sont liés à la « Joie ». Nous observons également une augmentation de l'intensité de cette émotion. Ainsi, si un élève estime se sentir « Enthousiaste » face à la résolution de problèmes lors du pré-test, ils sont 4 à s'associer à ce sentiment lors du post-test. Le sentiment « Préoccupé » se dégage également puisqu'il a été identifié 5 fois tant au pré-test qu'au post-test. La colère et la tristesse sont peu représentées lors des deux temps de mesure.

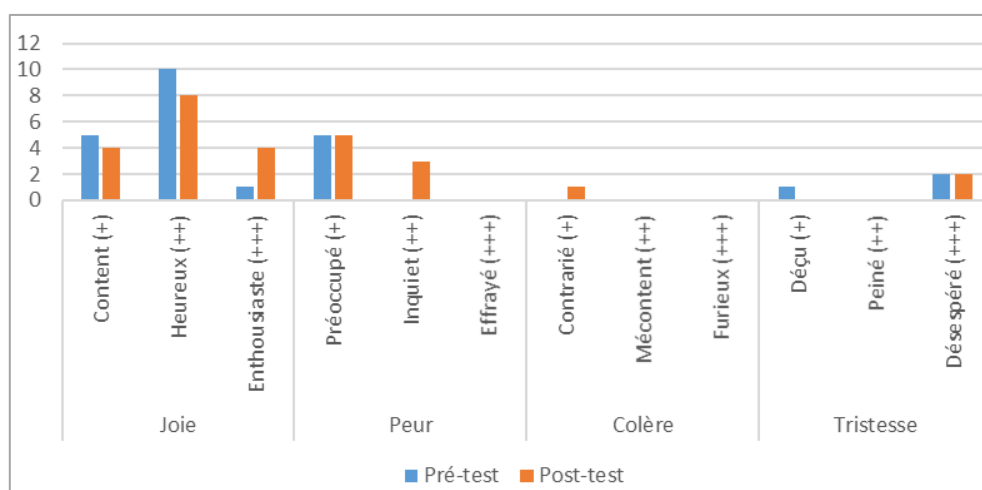


Figure 6 : Sentiments face à la résolution de problèmes (P4 et P6)

Afin de préciser ces résultats, nous avons porté un intérêt à la classe d'appartenance des sentiments recensés.

En regardant simultanément le graphique lié aux élèves de 4^{ème} primaire (Figure 7) et le graphique lié aux élèves de 6^{ème} primaire (Figure 8), nous remarquons que les sentiments recensés sont bien plus dispersés en 4^{ème} primaire. Alors qu'ils se concentrent presque essentiellement au niveau de la « Joie » en 6^{ème} primaire, la « Joie », la « Peur » et la « Tristesse » sont sollicitées dans les résultats des élèves de 4^{ème} primaire.

La figure 7 met en avant deux observations supplémentaires. Premièrement, le nombre de sentiments recensés dans la « Joie » chez les élèves de quatrième année reste constant (8 au pré-test et 7 au post-test). De la même manière qu'à la figure 6, l'intensité de cette émotion augmente. Si « Enthousiaste » n'a pas été coché lors du pré-test, il a été mentionné 2 fois lors du post-test.

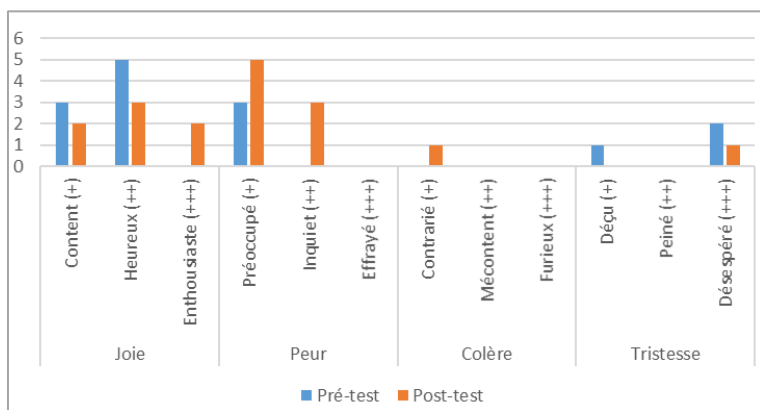


Figure 7 : Sentiments face à la résolution de problèmes (P4)

Deuxièmement, lors du post-test, la « Peur » compte 8 enregistrements (5 dans « Préoccupé » et 3 dans « Inquiet ») alors qu'elle n'en dénombrerait que 3 initialement.

À côté de la concentration des sentiments des élèves de sixième année dans l'émotion « Joie »,

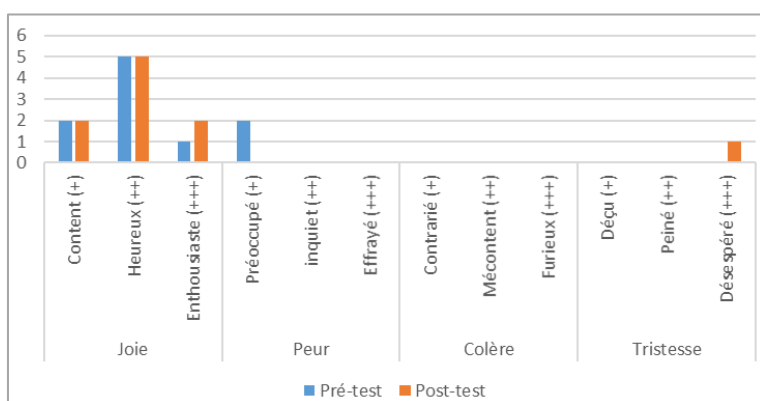


Figure 8 : Sentiments face à la résolution de problèmes (P6)

la figure 8 montre une disparition de la dimension « Préoccupé » lors du post-test. Au pré-test, « Préoccupé » est comptabilisé 2 fois. Au post-test, « Désespéré » apparait à hauteur d'une seule intervention.

Nous avons également étayé ces résultats en s'attachant à l'évolution individuelle des sentiments du pré-test au post-test (Tableau 6). Les identifiants présents dans la diagonale jaune pâle représentent les élèves qui n'ont pas changé d'émotions lors du pré-test et du post-test. Cela représente 14 identifiants sur 27. Au sein de chaque carré de la diagonale, les identifiants se trouvant en dessous du trait rouge représentent les élèves qui ont gardé leur émotion de départ mais en choisissant un sentiment plus faible (E4.3.). À l'inverse, les identifiants se trouvant au-dessus du trait vert ont choisi une intensité plus élevée de leur émotion de départ (E4.9. / E6.9. / E4.17. / E4.20. / E6.5. / E6.11. / E4.21.) Les identifiants inscrits dans la diagonale jaune vif symbolisent les élèves qui ont gardé le même sentiment lors du pré-test et du post-test (E6.1. / E4.12. / E6.2. / E6.7. / E6.8. / E4.16.). Concernant ces cas de figures d'émotions qui restent fixes, ils sont presque essentiellement associés à la « Joie ».

Pour les émotions qui évoluent, nous avons remarqué certaines régularités. Les identifiants repérés au pré-test dans « Joie » mais qui n'y restent pas s'associent à la « Peur » (E4.17. / E4.18. / E4.13.), la « Colère » (E4.13.) ou la « Tristesse » (E4.4. / E4.6.). Les identifiants

recensés au départ dans la « Peur » mais qui n’y demeurent pas se rattachent à la « Joie » (E6.13. / E4.11. / E4.12.). Les identifiants se trouvant initialement dans la « Tristesse » se déplacent majoritairement vers la « Peur » (E4.10. / E4.8. / E4.15.).

	Post-test	Joie			Peur			Colère			Tristesse		
Pré-test		+	++	+++	+	++	+++	+	++	+++	+	++	+++
Joie	+	E6.1.	E4.9. E6.9.	E4.17. ²⁸	E4.17. E4.18.								
	++	E4.3.	E4.12. E6.2. E6.7. E6.8.	E4.20. E6.5. E6.11.		E4.13.		E4.13.					E4.4.
	+++												E6.6.
Peur	+	E6.13.	E4.11. E6.12.		E4.16.	E4.21.							
	++												
	+++												
Colère	+												
	++												
	+++												
Tristesse	+					E4.10.							
	++												
	+++	E4.15.			E4.8. E4.15.								

Tableau 6 : Évolution individuelle des sentiments du pré-test au post-test (P4 et P6)

Légende :

Joie	Peur	Colère	Tristesse
Content (+)	Préoccupé(e) (+)	Contrarié (+)	Déçu (+)
Heureux (++)	Inquiet (++)	Mécontent (++)	Peiné (++)
Enthousiaste (+++)	Effrayé (+++)	Furieux (+++)	Désespéré (+++)

Les justifications des élèves²⁹ face à leur ressenti (I1b/I1b) ont été classées au sein de diverses catégories afin de nous éclairer face à leurs choix tant au pré-test qu’au post-test (Annexe 18.2.) Globalement, au pré-test, pour les élèves ressentant de la "Joie", trois types de justifications ressortent : la perception d’une bonne performance (réussite), une satisfaction personnelle due à la réalisation de la tâche jusqu’au bout et/ou du mieux possible ainsi qu’une affection pour le domaine de la résolution de problèmes. Lors du post-test, les mêmes tendances sont observées, mais la perception d’une bonne performance (réussite) se dégage davantage. En effet, sur les 16 sentiments associés à la « Joie », 9 sont au moins expliqués par les élèves par la perception d’une bonne performance (réussite). « Je pense a (*sic*) réussi 2/3 », dit l’élève E6.7. La peur de l’échec émerge comme explication principale pour les élèves qui se sont associés à un sentiment lié à la « Peur » tant au pré-test qu’au post-test. Cette peur de l’échec a, par ailleurs, plus d’impact lors du post-test puisqu’il s’agit d’une explication possible pour 6 des 8 recensements.

²⁸ Les données en gras font référence aux élèves qui ont coché deux émotions à la place d’une seule.

²⁹ Certains élèves ont écrit plusieurs justifications. Le nombre total de justifications est donc supérieur au nombre d’élèves de l’échantillon. Le nombre de justifications varie également entre le pré-test et le post-test.

L'élève E4.8. écrit : « Parce que j'ai peur d'avoir faux. » La seule occurrence d'un sentiment lié à la colère est causée par la peur de l'échec. Concernant les justifications reliées à la « Tristesse », différentes explications sont avancées comme un faible sentiment de compétence vis-à-vis des mathématiques, l'impossibilité de résoudre les problèmes, la peur de l'échec ou encore, le stress. L'élève E6.6. indique : « Parce que je ne savais toujour (sic) pas faire le 1^{er} problème ». Les élèves ne mentionnent pas la PRJÉ dans leurs justifications.

Ces résultats ont également été envisagés au sein de chacune des classes (Annexe 18.2.) Au post-test, il ressort que les élèves de 6^{ème} primaire justifient majoritairement (5 sur 10) leur sentiment par la perception qu'ils ont de leur réussite face à la tâche. À titre indicatif, l'élève E6.12. a écrit ceci : « Parce que je pense avoir juste sauf pour un problème. » L'élève E6.9. appuie ces dires : « Parce que j'ai réussi tous les problèmes. » La peur de l'échec en résolution de problèmes est largement présente en 4^{ème} primaire (8 sur 14) contrairement à la classe des 6^{ème} primaire qui évoque davantage d'émotions positives face au domaine de la résolution de problèmes (3 sur 10). Les propos des élèves de 4^{ème} primaire et ceux de 6^{ème} primaire contrastent. Si l'élève E4.10. dit : « Parce que j'ai u (sic) très très (sic) peur de rater et j'ai u (sic) peur que j'avais (sic) des mauvaise (sic) réponse (sic). », l'élève E6.1. justifie son émotion comme suit : « Parce que j'aime bien les problèmes. »

3. Sentiment d'efficacité personnelle vis-à-vis des problèmes proposés suite à la PRJÉ (H3)

Nous allons d'abord présenter les résultats liés à l'hypothèse 3 au moyen des perceptions des élèves concernant l'amélioration ou non perçue entre les deux questionnaires (-/I4). Leur réussite à chaque problème (I2/I2) ainsi que l'énumération des forces et des faiblesses en résolution de problèmes (I3/I5) seront comparés aux deux temps de mesure afin de détecter un possible impact de la PRJÉ.

Globalement, la figure 9 montre que 79% des élèves de l'échantillon (19 sur 24) pensent s'être

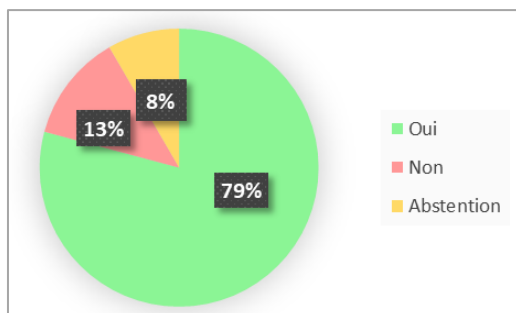


Figure 9 : Amélioration perçue entre les deux questionnaires de résolution de problèmes (P4 et P6)

améliorés du premier au deuxième questionnaire de résolution de problèmes. Huit pourcents des élèves, soit 3 élèves, n'ont pas perçu ce progrès. Les graphiques présentant chacune des classes de manière séparée (Annexe 18.3.) n'amènent pas de différence de perception entre les élèves de 4^{ème} primaire et les élèves de 6^{ème} primaire.

Face à ce pourcentage élevé d'élèves ayant perçu une amélioration, il est pertinent de prendre en compte la raison de cette perception. Nous avons classé les justifications des élèves afin de faire émerger des catégories (Annexe 18.3.) Plusieurs justifications afin d'expliquer cette amélioration perçue sont redondantes : une augmentation perçue de la performance, l'évocation d'une ou plusieurs stratégies, une augmentation du sentiment d'efficacité personnelle ou encore, la rapidité. Les élèves ont également mentionné la réflexion, une diminution de la peur face à la résolution de problèmes, la persévérance, une diminution des difficultés perçues ainsi que le souvenir du questionnaire précédent. L'élève E4.11. et l'élève E4.19. résument globalement ces propos : « Parce que j'ai réfléchi (sic) et réessayer (sic) pour le 1 » et « Je pense que j'ai plus de réponse (sic) juste et j'ai été un peu plus vite. »

Un des élèves qui n'a pas perçu une amélioration entre le pré-test et le post-test en résolution de problèmes estime que sa performance est restée égale. L'élève E4.8. qui pense également ne pas s'être amélioré fait référence à un faible sentiment de compétence : « Parce que je suis pas forte (sic) ».

Prendre en considération les forces et les faiblesses est également un axe à prendre en compte afin de comprendre où se situe cette possible amélioration. Nous avons donc recensé l'ensemble des forces et des faiblesses relatées par les élèves au pré-test et au post-test afin de les comparer (Annexe 18.3.)

Lors du pré-test, certaines forces sont récurrentes comme l'identification rapide de réponses ou de démarches dans sa tête, les calculs³⁰, la rédaction de phrases réponses ou encore, la compréhension. Les faiblesses mises en exergue sont liées à la rédaction de démarches, à la compréhension, aux calculs, à la difficulté des problèmes ou au manque de concentration.

Les forces identifiées majoritairement aux post-tests sont similaires à celles du pré-test : les calculs et l'identification rapide de réponses ou de démarches dans sa tête. Au niveau des difficultés, l'incompréhension, les difficultés liées à la rédaction de démarches et les difficultés liées aux calculs qui étaient déjà mises en avant au pré-test sont toujours bien représentées. Finalement, 7 élèves sur 24 indiquent ne plus présenter de difficultés.

La comparaison entre les tableaux liés au pré-test et ceux liés au post-test (Annexe 18.3.) montre que certaines forces ne sont plus mentionnées suite au pré-test : la rédaction de la phrase réponse, la concentration, la simplicité des problèmes ou encore, l'identification de plusieurs possibilités.

Il en va de même pour les faiblesses suivantes : la difficulté des problèmes, le manque de concentration, les difficultés liées à la rédaction de la phrase réponse, le découragement, la lenteur, le manque de confiance ou encore, l'identification de réponses improbables. Lors du post-test, certaines forces ont fait leur apparition : le jeu d'échecs, la persévérance et les essais-erreurs. Des faiblesses ont également émergé : les difficultés à identifier toutes les possibilités, les difficultés à identifier les données utiles ou le manque d'intelligence. Des élèves ont aussi mentionné qu'ils ne présentaient plus de difficultés, ce qui n'était pas arrivé lors du pré-test.

Une troisième approche peut être utilisée afin d'analyser plus précisément le sentiment d'efficacité personnelle. Les tableaux 7 et 8 ont été construits à partir de la comparaison du sentiment d'efficacité relaté au pré-test et celui mentionné au post-test pour chaque problème dans chaque classe (Annexe 18.3.)

En 4^{ème} primaire (Tableau 7), le sentiment d'efficacité personnelle semble être resté égal pour une majorité d'élèves pour chacun des problèmes. Au niveau du problème n°1, 6 sur 14 élèves estiment s'être améliorés. Pour les problèmes n°2 et n°3, quelques élèves ont perçu une diminution ou une augmentation de leur efficacité.

³⁰ La majorité des enfants qui ont recensé dans les questionnaires les calculs dans leurs forces ou dans leurs faiblesses n'ont pas précisé ce qu'ils entendaient par « calculs ». Les enfants qui ont justifié ce propos ont pensé à la résolution du calcul et non à l'identification du calcul correspondant à un énoncé, par exemple.

En 6^{ème} primaire (Tableau 8), 7 élèves sur 10 estiment s'être améliorés au niveau du problème n°1. Au niveau des problèmes n°2 et n°3, le sentiment d'efficacité personnelle est resté inchangé pour presque l'entièreté des élèves.

	P1	P2	P3
↓	0	2	4
=	8	9	7
↑	6	3	3

Tableau 7 : Variation du sentiment d'efficacité personnelle entre le pré-test et le post-test pour chaque problème proposé (P4)

	P1	P2	P3
↓	0	2	0
=	3	8	9
↑	7	0	1

Tableau 8 : Variation du sentiment d'efficacité personnelle entre le pré-test et le post-test pour chaque problème proposé (P6)

4. Utilisation différente des stratégies lors de la résolution de problèmes suite à la PRJÉ (H4)

4.1. Analyse à partir des perceptions des élèves

Afin de répondre à l'hypothèse 4, nous avons dans un premier temps identifié de manière globale si les élèves estimaient ou non réutiliser les stratégies apprises lors de résolutions de problèmes lors et en dehors de l'expérimentation (-/I9, -/I13).

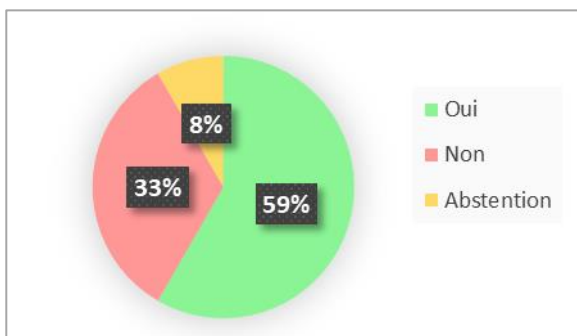


Figure 10 : Utilisation des stratégies identifiées suite à la PRJÉ lors de la résolution des 3 problèmes proposés (P4 et P6)

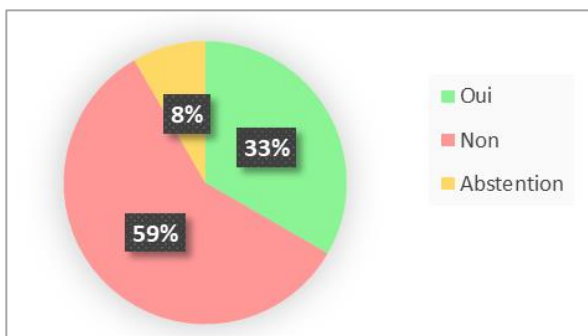


Figure 11 : Utilisation des stratégies identifiées suite à la PRJÉ lors de la résolution des problèmes réalisés en dehors de l'expérimentation (P4 et P6)

La figure 10 met en évidence que 59% des élèves (14 sur 24) pensent utiliser les stratégies apprises lors de la résolution des 3 problèmes proposés. Un tiers des élèves (8 sur 24) estiment ne pas avoir eu recours aux stratégies apprises pendant la résolution des 3 problèmes proposés pour l'expérimentation. Lorsqu'il s'agit des problèmes réalisés en dehors de l'expérimentation (Figure 11), seuls 33% (8 sur 24) des élèves évoquent l'utilisation des stratégies identifiées. À contrario, 59% (14/24) déclarent ne pas s'en servir.

Des graphiques indépendants à chaque classe (Annexe 18.4.) il ressort que les élèves de 6^{ème} primaire (70%, soit 7 sur 10) déclarent davantage utiliser les stratégies lors des problèmes de

l'expérimentation que les élèves de 4^{ème} primaire (50%, soit 7 sur 14). L'inverse est observé si l'on prend en compte les problèmes résolus en dehors de l'expérimentation. 43% des élèves de 4^{ème} primaire (6 sur 14) estiment avoir réutilisé les stratégies identifiées. Ce pourcentage n'atteint que 20% (2 sur 10) pour les élèves de 6^{ème} primaire.

Les justifications des élèves concernant leur utilisation de stratégies apprises lors de la PRJÉ ont été recensées, puis classées en différentes catégories (Annexe 18.4.) Afin de justifier leurs dires, les élèves ayant perçu l'utilisation des stratégies apprises durant la résolution des 3 problèmes proposés évoquent majoritairement l'utilisation des essais-erreurs (6 sur 14) et l'identification d'informations (5 sur 14). Faire plusieurs fois, représenter l'énoncé et repérer les différentes possibilités sont des stratégies qui ont également été avancées. Les élèves de 6^{ème} qui disent avoir utilisé les stratégies apprises évoquent majoritairement l'utilisation des essais-erreurs (6 sur 7) lors de la résolution des 3 problèmes proposés. En ce qui concerne les élèves de 4^{ème} primaire, ils énoncent majoritairement l'identification des informations (4/7). Pour les stratégies apprises utilisées lors de la résolution de problèmes en dehors de l'expérimentation, les élèves mentionnent de manière éparse l'identification des informations, la représentation de l'énoncé, l'essai-erreur ainsi que la répétition de démarches.

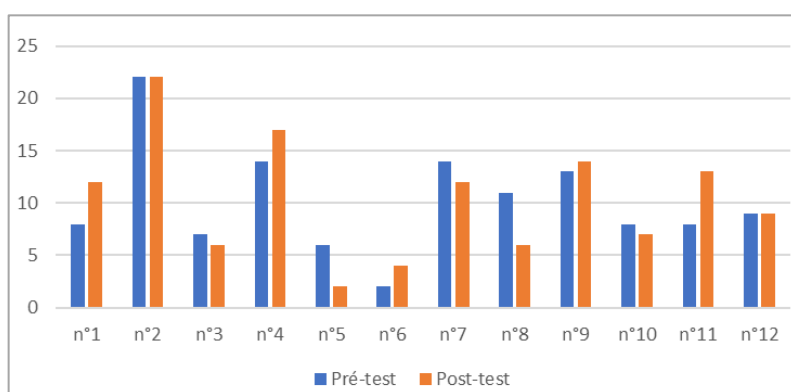


Figure 12: Stratégies utilisées pour résoudre les 3 problèmes proposés (P4 et P6)

Dans cette continuité, nous avons identifié les changements liés à l'ensemble des stratégies que les élèves disent utiliser pour résoudre les problèmes du pré-test et du post-test. De manière globale, la figure 12 montre très peu de changements dans l'utilisation

des stratégies entre le pré-test et le post-test. Trois augmentations modérées peuvent être recensées au niveau des stratégies n°1, n°4 et n°11. Ainsi, 4 élèves de plus estiment avoir « utilisé des stratégies identifiées comme efficaces » (n°1). Trois élèves supplémentaires disent avoir « identifié les informations utiles de chaque problème » (n°4). Pour la stratégie n°11, 5 élèves supplémentaires déclarent « avoir procédé par essais-erreurs ». Deux diminutions modérées peuvent également être traitées au niveau des stratégies n°5 et n°8. Lors du post-test,

Légende soutenant les figures 12 et 13 :	
n°1	J'ai utilisé des stratégies identifiées comme efficaces.
n°2	J'ai pris le temps de lire entièrement l'énoncé de chaque problème.
n°3	J'ai défini des objectifs/des buts avant de résoudre chaque problème.
n°4	J'ai identifié les informations utiles de chaque problème.
n°5	J'ai estimé la solution de chaque problème avant de le résoudre.
n°6	J'ai pensé à des problèmes similaires que j'avais déjà réalisés pour répondre aux 3 problèmes proposés.
n°7	J'ai reformulé les problèmes avec mes mots/avec des dessins.
n°8	J'ai planifié différentes étapes afin de résoudre chaque problème.
n°9	J'ai choisi les opérations dont j'avais besoin pour résoudre chaque problème.
n°10	J'ai pensé à d'autres possibilités avant d'écrire ma solution définitive pour chaque problème.
n°11	J'ai procédé par essais-erreurs.
n°12	Je me suis interrogé(e) sur l'efficacité de mes démarches.

4 élèves de moins qu'au pré-test prétendent « avoir estimé leurs solutions » (n°5). 6 élèves au post-test contre 11 au pré-test estiment « avoir planifié les différentes étapes de chaque problème » (n°8).

Les résultats présentés ci-dessus ne sont pas indépendants des classes. Les graphiques indépendants à chaque classe (Annexe 18.4.) permettent d'imputer la diminution de l'utilisation des stratégies n°5 et n°8 aux élèves de 4^{ème} primaire. L'augmentation des stratégies n°1 et n°11 est, elle, attribuée aux élèves de 6^{ème} primaire. En outre, une augmentation au niveau de la stratégie n°6 « J'ai pensé à des problèmes similaires que j'avais déjà réalisés pour répondre aux 3 problèmes proposés. » se distingue au niveau des élèves de 4^{ème} année.

L'E4.12. diverge des tendances pointées. Il évoque la concentration et la planification qui en découle. Il base ses propos sur son expérience du jeu d'échecs et envisage son transfert en résolution de problèmes.

Chercheuse	Est-ce que tu as trouvé des ressemblances entre le cours d'échecs et la résolution des 3 problèmes ?
E4.12.	Ben, la concentration et la mentalité.
Chercheuse	Ok. Tu entends quoi par concentration ?
E4.12.	Ben, de rester sur le jeu et pas... pas regarder l'autre...
Chercheuse	Ok. Donc, bien te concentrer, dans ta bulle, sur tes pièces à toi et ton jeu à toi pour réfléchir. Ok. Et, la mentalité ?
E4.12.	Ben, c'est que euh... je fais déjà plus attention de (sic) euh... Par exemple, euh... par exemple, euh... quelqu'un a son pion en batterie et mon pion n'a pas bougé et, ben, je vais l'avancer d'une case pour que... vu que je l'expose à lui, lui, il me prend, puis moi je peux le reprendre, puis, lui, il pourra me reprendre, mais il a gagné la bataille mais pas la guerre.
Chercheuse	Ok. Donc, toi, tu penses déjà à tout ce qui vient après. Tu planifies déjà dans ta tête tout ce qui va se passer et, donc tu fais ça aussi pour euh... les problèmes ?
E4.12.	Oui.

Encadré 5 : Extrait de la transcription de l'E4.12. (post-test) « Est-ce que tu as trouvé des ressemblances entre le cours d'échecs et la résolution des 3 problèmes ? » (I10)

La figure 13 donne un autre point de vue vis-à-vis des stratégies utilisées : celui des stratégies perçues comme les plus utiles. Lorsque les élèves justifient leurs stratégies pour définir celles qui leur semblent faire partie des 3 stratégies les plus utiles, des variations apparaissent entre le pré-test et le post-test. Deux augmentations sont à mettre en exergue. La stratégie n°4 « J'ai identifié les informations utiles de chaque problème. » est perçue comme importante par 4 élèves supplémentaires. 3 élèves supplémentaires ont perçu la stratégie n°11 « J'ai procédé par

essais-erreurs. » comme primordiale. « J’ai reformulé les problèmes avec mes mots/avec des dessins. » (n°7) et « J’ai planifié différentes étapes afin de résoudre chaque problème. » (n°8) ont été perçues chacune comme importante par 5 élèves de moins.

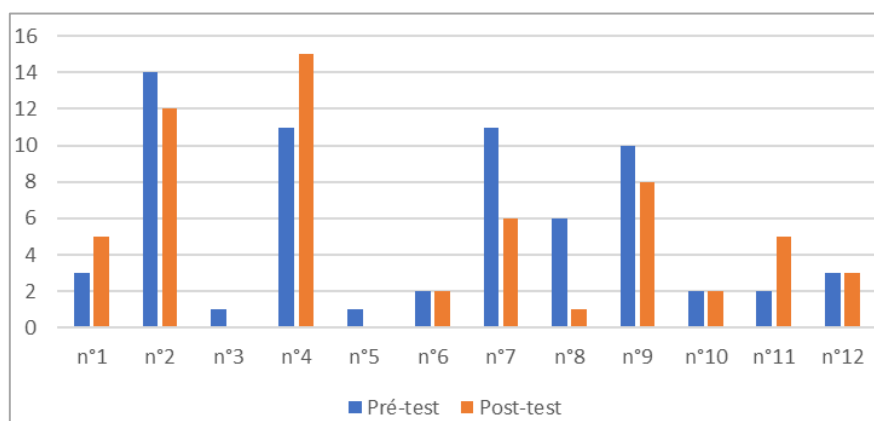


Figure 13 : Stratégies perçues comme faisant partie des 3 stratégies les plus utiles (P4 et P6)

Les graphiques concernant les stratégies perçues comme faisant partie des 3 stratégies les plus utiles pour chacune des classes séparément (Annexe 18.4.) témoignent de plusieurs résultats notables. En 4^{ème} année, les stratégies n°7 « J’ai reformulé les problèmes avec mes mots/avec des dessins » et n°9 « J’ai choisi les opérations dont j’avais besoin pour résoudre chaque problème. » sont perçues comme importantes par moins d’élèves. Au niveau de la 6^{ème} année, ce sont les stratégies n°2 « J’ai pris le temps de lire entièrement l’énoncé de chaque problème. » et n°8 « J’ai planifié différentes étapes afin de résoudre chaque problème. » qui sont identifiées comme primordiales par moins d’élèves au post-test. À contrario, plus d’élèves ont mentionné l’importance des stratégies n°4 « J’ai identifié les informations utiles à chaque problème. » et n°11 « J’ai procédé par essais-erreurs. » au post-test.

Plusieurs justifications peuvent ressortir des questionnaires des élèves afin de comprendre partiellement ces choix.

L’élève E.4.21. a été pris comme élève représentatif puisque les 3 stratégies qu’il a identifiées comme plus utiles au post-test représentent les 3 stratégies perçues comme plus utiles (n°2, n°4 et n°9) par l’ensemble de l’échantillon au post-test. Il donne un aperçu du pourquoi de ce choix dans ses propos : « j’ai pris le temps de lire entièrement l’énoncé (sic) pour bin (sic) me consentrer (sic) », « j’ai fluorer (sic) les information (sic) until (sic) pour comencer (sic) mon problème » et « je me suis di (sic) est-ce-que (sic) c’est + - x ou : ? ».

De la même manière, l’élève E6.1. est représentatif des élèves de 6^{ème} primaire. Il met en exergue l’utilité des stratégies n°12, n°4 et n°2 : « J’ai fais (sic) des essais-erreur (sic) pourvoir

(sic) s'il y avait d'autre (sic) possibilité (sic). », « J'ai pris les données (sic) utiles (sic) pour avoir plus facile. » et « J'ai lu l'énoncé (sic) de façons (sic) à (sic) voir si je n'ai rien oublié (sic). » L'élève E4.4., comme la plupart des élèves, a simplement recopié les stratégies perçues comme plus utiles pour les justifier. Il représente cependant l'échantillon des 4^{ème} avec le choix de ces stratégies (n°2, n°4 et n°7).

Ces transcriptions peuvent étayer les justifications précédentes. L'élève E6.11. marque la nécessité de lire l'énoncé et d'en identifier les informations :

Chercheuse	Parmi toutes les stratégies que tu as cochées, euh... pour toi, c'est laquelle la plus importante ? Donc, celle qui t'a le plus aidé ?
E6.11.	Surligner les détails et relire. Fin les 2, pour moi, elles vont ensemble donc euh...
Chercheuse	Ok. Donc, relire et trouver les détails.
E6.11.	Oui, pour moi, c'est ce qui est le mieux. Si je le fais pas (sic) à chaque fois, je vais devoir rechercher et ça va me faire perdre du temps.
Chercheuse	Ok. Mettre les informations ça te fait gagner du temps et ça te permet de faire le calcul ou ce que tu dois faire dans ta démarche.

Encadré 6 : Extrait de la transcription de l'E6.11. (post-test) « Quelle est la stratégie la plus importante ? » (I6b)

Finalement, l'élève E6.8. marque le besoin de choisir la bonne opération pour la résolution :

Chercheuse	Finalement, c'est laquelle, euh... la plus importante, celle qui t'a le plus aidé ?
E6.8.	Pour moi, c'est : « J'ai choisi les opérations dont j'avais le plu... j'avais besoin pour résoudre chaque problème. »
Chercheuse	Pourquoi celle-là ?
E6.8.	Euh... pour euh... pour savoir euh... toutes les opérations qu'il fallait faire pour pas euh... confondre les « + », les « - », les « x » et « : ».
Chercheuse	Ok. Donc, c'est ça, la base, qui te permet, au final, d'avoir le calcul et d'avoir ta réponse, parfait. Lors de la résolution des 3 problèmes, est-ce que tu as utilisé d'autres stratégies que celles que j'ai écrites ici ?

Encadré 7 : Extrait de la transcription de l'E6.8. (post-test) « Quelle est la stratégie la plus importante ? » (I6b)

Au post-test, deux élèves ont mentionné des stratégies complémentaires à celles proposées pour résoudre les trois problèmes proposés (I7). L'élève E.20. met en avant l'importance de justifier sa démarche : « J'ai expliqué comment j'ai fait ». Il arbore ainsi une production détaillée (Annexe 19). L'élève 6.11. évoque son expérience personnelle : « Je ne sais pas si c'est une stratégies (sic) mais j'ai repenser (sic) à (sic) l'histoire du cadenas (sic) et je crois que j'ai fais (sic) des stratégies dans ma tête sans le savoir (reflex (sic)) ».

E6.11.	Euh... ben, parce que... je me souvenais de certaines situations qui s'étaient déjà passées, ben..., dans la vraie vie. Par exemple, mon papa cherchait le... le code d'un cadenas qu'il avait oublié et que... il était à la maison. Et, il partait toujours du nombre le plus haut en... en allant jusqu'au plus bas, en faisant toutes les possibilités et ça m'a rappelé ça. Et, je me suis dit qu'en fait, c'était pareil pour euh... les fléchettes.
--------	--

Encadré 8 : Extrait de la transcription de l'E6.11. (pré-test) « Quelle est la stratégie la plus importante ? » (I4a)³¹

³¹ (Voir aussi : Extrait de la transcription de l'E6.11. (Post-test) « Lors de la résolution des 3 problèmes, as-tu utilisé d'autres stratégies que celles proposées ? » (I7)

4.2. Analyse supplémentaire à partir des productions des élèves

Nous avons trouvé judicieux de ne pas se limiter aux perceptions des élèves. Nous souhaitons également partir des traces des élèves issues de la résolution des 3 problèmes proposés aux tests afin d'y déceler d'éventuels changements entre les deux temps de mesure. Les illustrations ci-dessous ont été créées à partir des données récoltées sur les productions (Annexe 20) des élèves de 6^{ème} année grâce à la grille d'évaluation à échelles modifiée (Annexe 6).

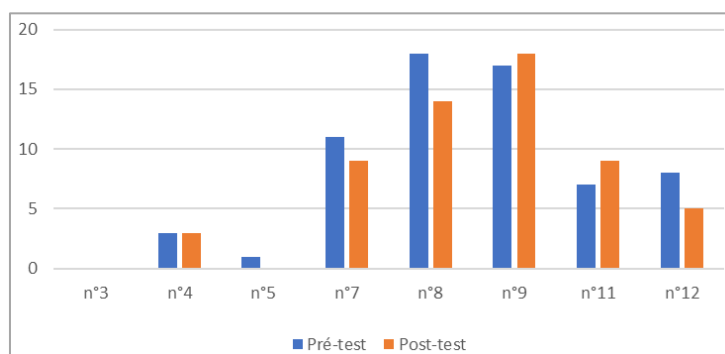


Figure 14 : Fréquence des stratégies utilisées lors des 3 problèmes proposés (P6)

Légende³² :

n°1	J'ai utilisé des stratégies identifiées comme efficaces.
n°2	J'ai pris le temps de lire entièrement l'énoncé de chaque problème.
n°3	J'ai défini des objectifs/des buts avant de résoudre chaque problème.
n°4	J'ai identifié les informations utiles de chaque problème.
n°5	J'ai estimé la solution de chaque problème avant de le résoudre.
n°6	J'ai pensé à des problèmes similaires que j'avais déjà réalisés pour répondre aux 3 problèmes proposés.
n°7	J'ai reformulé les problèmes avec mes mots/avec des dessins.
n°8	J'ai planifié différentes étapes afin de résoudre chaque problème.
n°9	J'ai choisi les opérations dont j'avais besoin pour résoudre chaque problème.
n°10	J'ai pensé à d'autres possibilités avant d'écrire ma solution définitive pour chaque problème.
n°11	J'ai procédé par essais-erreurs.
n°12	Je me suis interrogé(e) sur l'efficacité de mes démarches.

La figure 14 montre que, de manière globale, il n'y a pas eu de changements au niveau des stratégies utilisées chez les élèves de 6^{ème} année. Nonobstant, deux résultats peuvent être mis en avant : la diminution des fréquences des stratégies n°8 et n°12. Cette figure révèle 4 occurrences en moins au niveau de la stratégie n°8 et 3 occurrences en moins au niveau de la stratégie n°11. Des figures similaires ont été réalisées pour chacun des problèmes proposés (Annexe 18.4.) De celles-ci, les mêmes résultats ressortent.

³² Les stratégies barrées sont celles que nous ne pouvons pas observer dans les productions des élèves.

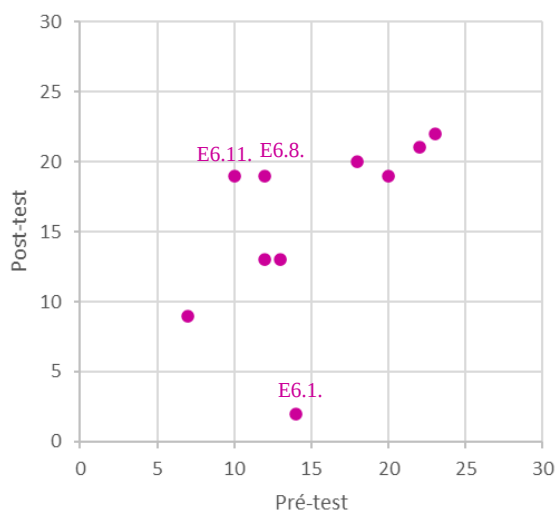


Figure 15 : Évolution du score relatif aux 3 problèmes du pré-test au post-test (P6)

Selon la figure 15, les scores de chaque élève semblent relativement similaires entre le pré-test et le post-test. Les scores de 3 élèves (E6.1., E6.8. et E6.11.) peuvent être mis en exergue. L'élève E6.11. présente un score de 14 au pré-test. Au post-test, son score n'est que de 2. Le phénomène inverse est à recenser pour les élèves E6.8. et E6.11.. Au pré-test, les scores des élèves E6.8. et E6.11. étaient respectivement de 12 et 10. Au post-test, ils atteignaient tous deux 19.

	Pré-test (P1)				Post-test (P2)			
	R ³³	CR	D	T	R	CR	D	T
E6.1.	-1	0	4	3	-1	-1	4	2
E6.8.	-1	-1	4	2	1	1	7	9
E.6.11	-1	-1	3	1	1	1	7	9
	Pré-test (P2)				Post-test (P2)			
	R	CR	D	T	R	CR	D	T
E6.1.	-1	-1	3	1	-1	-1	2	0
E6.8.	-1	-1	2	0	1	2	7	10
E.6.11	1	1	6	9	1	2	7	10
	Pré-test (P3)				Post-test (P3)			
	R	CR	D	T	R	CR	D	T
E6.1.	1	2	7	10	-1	-1	2	0
E6.8.	1	2	7	10	-1	-1	2	0
E.6.11	-1	-1	2	0	-1	-1	2	0

Tableau 9 : Répartition des scores des élèves E6.1., E6.8. et E6.11. pour les 3 problèmes proposés au pré-test et au post-test.

La répartition des scores des élèves E6.1., E6.8. et E6.11. (Tableau 9) permet d'expliquer les résultats globaux précédents. La diminution de scores de l'élève E6.1. est imputable au problème n°3. En effet, si celui-ci avait été réussi par l'élève E6.1. au pré-test, il n'est pas correct au post-test. Concernant l'élève E6.8., il s'est amélioré au niveau des deux premiers problèmes mais a régressé au niveau du troisième. L'élève E6.11. a progressé au niveau du problème n°1. La description de chaque production est mentionnée en annexe 21.

Les graphiques présentant l'évolution du score relatif à chacun des problèmes entre le pré-test et le post-test chez les élèves de 6^{ème} année se trouvent en annexe 18.4. Les résultats suivent la même lignée que ces résultats globaux.

La description d'une production d'élève appuie les résultats présentés ci-dessus en montrant une démarche similaire et l'utilisation de stratégies identiques.

³³ Légende : Réponse (R), Communication de la réponse (CR), Démarche (D) et Total (T).

[illegible]

Légende (étiquettes):

Les étiquettes suivantes peuvent être explicitées par les propos de l'E.6.6. Il met en évidence le fait de commencer par la valeur la plus élevée (100). Il a également conscience de la contrainte « Nombre de fléchettes » et des opérations à utiliser.

Encadré 9 : Extrait de la transcription de l'E6.6. (pré-test) « Peux-tu m'expliquer comment tu as résolu le problème n°1 ? »

Chercheuse	Ok.
E.6.6.	Mais, j'avais pas (sic) trop compris si euh... il fallait qu'il ait utilisé euh... toutes ses fléchettes.
Chercheuse	Ok. Tu savais pas (sic) s'il fallait utiliser les 25 fléchettes...

Ce doute persiste chez l'élève E6.6. au post-test.

Encadré 11 : Extrait de la transcription de l'E6.6. (post-test) « Peux-tu m'expliquer comment tu as résolu le problème n°1 ? »

E6.6.	Euh... ben... j'ai... <u>calculé euh... les fléchettes qui allaient dans différents euh... différentes cibles... dans différents points de la cible.</u>
Chercheuse	Oui.
E6.6.	Et, euh... <u>j'ai calculé pour que ça fasse 123 points.</u>

VI. DISCUSSIONS

Lors de cette partie, nous aurons l'occasion de repartir des résultats de la partie précédente afin de les éclairer au regard des éléments issus de la littérature. Il sera dès lors possible de vérifier les hypothèses émises. Dans un souci de clarté, nous aborderons chaque hypothèse individuellement l'une à la suite de l'autre.

1. Perception de la possible aide de la PRJÉ sur la résolution de problèmes mathématiques (H1)

Pour évaluer la possible aide de la PRJÉ sur la résolution de problèmes, deux angles ont été sollicités : un interne (-/I3) et l'autre externe à l'expérimentation (-/I12). Les résultats présentés concernant les perceptions de cette aide mettent en avant que de manière globale, les élèves perçoivent l'impact du jeu d'échecs sur leurs résolutions de problèmes, que ce soit lors de l'expérimentation ou en dehors de celle-ci. Il est cependant à noter que davantage d'élèves constatent cette influence lors de la résolution de problèmes de l'expérimentation. Au vu de ces résultats, nous pouvons penser à la présence d'un effet Hawthorne. En effet, nous avons remarqué un engouement de la part des élèves envers le dispositif de recherche. Un des élèves affirme notamment lors de son entretien cette différence de statut entre les problèmes réalisés lors de l'expérimentation et ceux réalisés avec son enseignante. L'évocation d'un transfert plus proche (Mestre, 2005, cité par Sala & Gobet, 2016) pour la réutilisation des stratégies apprises lors de la PRJÉ dans les problèmes de l'expérimentation et un transfert plus éloigné (Mestre, 2005, cité par Sala & Gobet, 2016) pour l'utilisation de ces stratégies en dehors de l'expérimentation est envisageable.

Les élèves percevant l'influence de la PRJÉ (-/I3, -/I12) mentionnent majoritairement les **stratégies apprises**. Cette justification peut mettre en évidence comme le soulignent Sala et Gobet (2016) le fait qu'un transfert des apprentissages serait possible entre le jeu d'échecs et le domaine de la résolution de problèmes car les stratégies apprises sont d'ordre général. De surcroît, la pratique mise en place avait la volonté d'appuyer les liens entre le jeu d'échecs et la résolution de problèmes. Ce lien a été explicitement mis en évidence comme le proposent divers chercheurs (Sala et al., 2015 ; Sala & Gobet, 2016, 2017). À partir du recensement des stratégies concernant le jeu d'échecs et la résolution de problèmes de même que leurs liens, le transfert semble envisageable. Ainsi, les élèves ont vécu les stratégies du jeu d'échecs et ont relevé celles

utiles pour une partie de jeu réfléchie. Ensuite, ils expliquaient en classe l'intérêt de la stratégie et tentaient de généraliser celle-ci pour qu'elle soit utile en résolution de problèmes. Il n'est donc pas étonnant que les élèves justifient l'aide ressentie par la PRJÉ par les stratégies envisagées.

D'autres justifications sont ressorties des propos des élèves (-/I3, -/I12). Elles peuvent trouver un ancrage dans la littérature.

La plus redondante de celles-ci est la **réflexion**. Cela corrobore avec les propos de Berkman (2004) qui affirme que les fonctions stratégiques du jeu d'échecs facilitent les capacités de réflexion.

Ensuite, la **concentration** est citée à deux reprises par les élèves. Le jeu d'échecs permet en effet son développement (Erhan et al., 2009) de par le nombre important de pièces à prendre en considération dans le jeu (Sala & Gobet, 2017).

Un sentiment positif peut être acquis lorsque l'individu a confiance en ses capacités (Rondier, 2004). Un élève illustre les propos de ce dernier. En effet, après la PRJÉ, il a annoncé se sentir davantage **serein** face à la résolution de problèmes.

Gersten et al. (2009, cités par Pfannenstiel et al., 2015) avancent qu'il est nécessaire d'enseigner des clés aux élèves pour pallier aux difficultés de compréhension en résolution de problèmes. Les stratégies apprises lors de la PRJÉ ont ainsi pu aider l'élève qui déclare avoir perçu une **meilleure compréhension** des problèmes après la PRJÉ.

La **perception de la difficulté** rejoint les propos avancés par Barthélémy-Ruiz (2006). En effet, celle-ci mentionne que lors d'un jeu, la difficulté est moins ressentie que lors d'une méthode d'apprentissage traditionnelle.

En tenant compte des perceptions des élèves de l'échantillon, la première hypothèse de la recherche semble être valide. En effet, les résultats obtenus manifestent la perception chez les élèves de l'aide de la PRJÉ sur leur résolution de problèmes. Nous pouvons cependant regretter que les justifications données par les élèves semblent vagues. Ils évoquent certes des stratégies mises en exergue, mais de manière imprécise, voire incertaine.

2. Émotion face à la résolution de problèmes suite à la PRJÉ (H2)

Pour éprouver la seconde hypothèse, nous allons aborder le sentiment qu'ont les élèves face à la résolution de problèmes suite à la PRJÉ au travers de trois aspects : recensement des

sentiments pour l'ensemble de l'échantillon, recensement des sentiments par classe et parcours individuel des sentiments.

Tout d'abord, pour ce qui est des **sentiments de l'ensemble des élèves**, les sentiments recensés par les élèves ont montré une concentration au niveau des sentiments liés à la joie lors des deux tests. Cela corrobore avec les données de l'enquête TIMSS 2019 (Mullis et al., 2020) qui montrent que 80% des élèves de grade 4 apprécient globalement l'apprentissage des mathématiques. Une légère augmentation au niveau de l'intensité est toutefois à remarquer. Au post-test, le sentiment « Enthousiaste » est plus représenté. Cela pourrait témoigner d'une des caractéristiques du jeu : le plaisir (Robert, 2014) qui pourrait ainsi se transférer vers les problèmes puisque ceux-ci ont été associés au jeu. Par ailleurs, un certain nombre de chercheurs (Barthélémy-Ruiz, 2006 ; Plass et al., 2015) affirment que par le plaisir du jeu, l'engagement des élèves est favorisé.

Ensuite, concernant les **sentiments dans chacune des classes**, des différences sont à noter en fonction du niveau. Si au grade 6, la majorité des élèves ressentent de la « Joie » suite à la résolution de problèmes tant au pré-test qu'au post-test, les élèves de quatrième présentent, quant à eux, des émotions plus dispersées. Au post-test, davantage d'élèves de quatrième possèdent un sentiment lié à la « Peur ». Cette constatation peut sembler étonnante. L'analyse des justifications et des verbatims apporte des explications. Ces derniers mettent en exergue que les élèves justifient davantage leurs sentiments par la performance lors du post-test. Dans cette continuité, la peur de l'échec a augmenté. Les élèves ont peur d'avoir faux. Ils semblent percevoir davantage d'enjeux lors de ce second test. Cette différence avec les élèves de sixième année pourrait trouver réponse dans les pratiques pédagogiques des enseignantes. En quatrième année, l'enseignante réalise peu de leçons de problèmes. Elle s'attarde principalement aux différentes étapes de la résolution de problèmes tandis qu'en sixième année, l'enseignante utilise les problèmes pour mettre en lien différents apprentissages abordés précédemment. Les élèves de quatrième semblent donc être moins familiers à la résolution de problèmes mathématiques et à leur correction.

Et finalement, au niveau du **parcours individuel des sentiments**, outre quelques changements, la plupart des élèves ont conservé la même émotion. La majorité des émotions qui restent fixes d'un test à l'autre sont liées à la « Joie ». Rosholm et al. (2017) avaient également constaté que les élèves heureux à l'école percevaient moins l'influence du jeu d'échecs que les élèves moins

heureux. Concernant les élèves qui ne restent pas dans la joie, ils peuvent tant s'associer à la « Peur », à la « Colère » ou à la « Tristesse ». Les justifications de ces élèves tendent à dire que la redondance de l'échec en résolution de problèmes les décourage. Ils voudraient arriver à mieux. En effet, au pré-test, ils remarquaient la difficulté mais avaient l'espoir de s'améliorer. Lorsqu'au post-test, ils ne voient pas ou très peu de différences, des sentiments négatifs émergent. Hanin (2018) déclarait déjà que les émotions ressenties ne sont pas indépendantes du type d'élèves (i.e. très performants, peu performants...). Il semble dès lors cohérent que tous les élèves ne retirent pas les mêmes bénéfices d'une intervention. Il est également à remarquer qu'au pré-test, les élèves présentaient de la « Joie » parce qu'ils participaient à une expérimentation. Ce sentiment s'est dissipé au post-test puisqu'il s'agissait de la fin de l'expérimentation (effet Hawthorne). Les élèves qui étaient dans la « Peur » au pré-test mais qui passent dans la « Joie » au post-test le justifient par plus de confiance ou de réussite. Ce cas de figure représente toutefois un nombre restreint de l'échantillon. Cela rejoint les propos de Rosholm et al. (2017) lorsqu'ils affirment que les élèves présentant des émotions plus négatives ressentent davantage l'influence du jeu d'échecs. Ces élèves ont également l'opportunité de faire évoluer positivement leur émotion, tandis que les élèves dans la « Joie » peuvent être face à un effet plafond.

Face à la faible variation des émotions des élèves et au manque d'informations concernant l'influence de la PRJÉ sur celles-ci, nous ne pouvons pas valider l'hypothèse selon laquelle les élèves ont un sentiment positif face à la résolution de problèmes suite à la PRJÉ. Il est en effet impossible d'établir un lien car nous aurions dû interroger les élèves sur les changements d'émotions dus à la PRJÉ lors du questionnaire et de l'entretien liés au post-test.

3. Sentiment d'efficacité personnelle vis-à-vis des problèmes proposés suite à la PRJÉ (H3)

Pour rendre compte du sentiment d'efficacité personnelle des élèves vis-à-vis des problèmes proposés suite à la PRJÉ, nous allons tout d'abord examiner les perceptions globales des élèves sur l'amélioration de leur sentiment d'efficacité personnelle ainsi que leur justification. Ensuite, nous éclairerons au moyen du déroulement de la PRJÉ les différences ressorties entre les deux tests au niveau des forces et des faiblesses. Finalement, nous discuterons l'invariance observée entre le sentiment d'efficacité personnelle de chaque problème aux deux temps de mesure.

Concernant **les perceptions globales d'amélioration du sentiment d'efficacité personnelle**, il ressort des analyses que la grande majorité des élèves se sentent plus efficaces. Les justifications apportées concernent notamment l'évocation d'une ou plusieurs stratégies, la réflexion et la persévérance. Celles-ci semblent montrer un impact visible de la PRJÉ sur l'amélioration du sentiment d'efficacité personnelle. En effet, lors de la PRJÉ, plusieurs étapes étaient liées à ces justifications. Tout d'abord, lors du jeu, les élèves étaient encouragés à prendre le temps de réfléchir à leurs déplacements et à les justifier sur leur feuille de route. Ensuite, les élèves ont été amenés à répéter leurs parties de jeu pour en dégager des stratégies efficaces et délaisser celles inefficaces. Finalement, une étape était centrée sur le partage de ces stratégies intéressantes par les élèves. Celles-ci étaient ensuite décontextualisées afin d'être rendues généralisables et réutilisables notamment en résolution de problèmes.

Dans la même optique, la comparaison **des forces et des faiblesses** qui émergent ou qui ne sont plus mentionnées entre le post-test et le pré-test, nous dégagons des points de similitude avec la PRJÉ. Ils ne sont cependant pas conséquents. Si au pré-test, les forces et faiblesses mentionnées étaient davantage liées à la résolution de problèmes en général ou à des causes externes, celles mentionnées au post-test font davantage référence à la PRJÉ : jeu d'échecs, persévérance, essais-erreurs, identification de toutes les possibilités, identification des données utiles... En effet, lors de la PRJÉ, un focus a été réalisé sur l'importance de se concentrer, d'effectuer des essais-erreurs, de ré-essayer certains enchainements, d'identifier différentes possibilités de déplacement et d'en faire ressortir la plus opportune.

Si nous analysons problème par problème l'évolution du sentiment d'efficacité personnelle, les résultats sont restés fixes entre le pré-test et le post-test chez la majorité des élèves. Pour les élèves de sixième année, ce constat peut se justifier parce que ces élèves avaient dégagé un sentiment d'efficacité personnelle fort dès le pré-test pour les problèmes n°2 et 3 (effet plafond). Le premier problème était perçu comme le moins bien réussi par les élèves de sixième année tant au pré-test qu'au post-test car ceux-ci ne trouvaient pas l'ensemble des possibilités. Une amélioration était possible pour ce problème entre les deux tests contrairement aux deux autres problèmes. Elle a eu lieu.

Une concordance est à remarquer entre les forces et les faiblesses et les justifications des élèves de manière globale. Ces réponses montrent un lien avec la PRJÉ. Toutefois, les différentes prises de données réalisées ne sont pas totalement en accord. De manière globale, 19 élèves sur

24 affirment s'être améliorés. Cependant, lorsque nous prenons en compte chacun des problèmes séparément, les données des élèves montrent un sentiment d'efficacité personnelle fixe pour la majorité des élèves.

Une faible évolution s'est fait ressentir au niveau du sentiment d'efficacité personnelle lorsque nous prenons en compte les données liées aux justifications globales ainsi qu'aux forces et faiblesses. Nous pouvons supposer de par les ressemblances mises en exergue que ce constat a été impacté par la PRJÉ même si nous ne pouvons pas le prouver. Nous ne sommes dès lors pas en mesure de valider l'hypothèse 3 : « Le sentiment d'efficacité personnelle vis-à-vis des problèmes proposés augmente suite à la PRJÉ ».

4. Utilisation différente des stratégies lors de la résolution de problèmes suite à la PRJÉ (H4)

Cette hypothèse a été discutée au moyen de différents axes : perceptions globales de l'utilisation des stratégies lors de la résolution de problèmes et ses justifications, identification des stratégies utilisées lors de la résolution des trois problèmes proposés et perception des stratégies perçues comme plus utiles.

La majorité des élèves pensent utiliser des stratégies apprises lors de la PRJÉ pendant la résolution des trois problèmes proposés. Seul un tiers des élèves estiment avoir recours à ces stratégies en dehors de l'expérimentation. Ce constat peut évoquer un transfert plus proche (Mestre, 2005, cité par Sala & Gobet, 2016) pour la réutilisation des stratégies apprises lors de la PRJÉ dans les problèmes de l'expérimentation et un transfert plus éloigné (Mestre, 2005, cité par Sala & Gobet, 2016) pour l'utilisation de ces stratégies en dehors de l'expérimentation. Les résultats présentés pourraient également être liés à un effet Hawthorne au vu de l'engouement des élèves pour le dispositif comme précisé précédemment.

Les élèves justifient l'utilisation des stratégies apprises lors de la PRJÉ par l'utilisation des essais-erreurs et l'identification d'informations. Ces deux stratégies sont des piliers dans la PRJÉ mise en place. Les élèves étaient en effet amenés à observer le jeu de leur adversaire et le leur avant de jouer. De même, essayer et recommencer étaient judicieux.

Lorsque nous regardons de plus près les stratégies que les élèves disent avoir utilisées lors de la résolution des problèmes proposés, peu de changements émergent entre le pré-test et le post-

test. Une augmentation de l'utilisation des stratégies « Utiliser des stratégies identifiées comme efficaces » et « Identifier les informations utiles » est à remarquer après la PRJÉ. Ces deux stratégies sont également celles qui ont le plus gagné en utilité perçue après la PRJÉ. Cela coïncide avec les justifications mentionnées précédemment.

Cependant, une diminution de la fréquence d'utilisation est à recenser pour la stratégie « Avoir estimé leurs solutions ». Cela peut sembler logique puisqu'il n'y a pas de lien direct avec le jeu d'échecs. Par contre, la stratégie « Planifier les différentes étapes de chaque problème » a aussi diminué. Moins d'élèves pensent avoir planifié les différentes étapes des problèmes ; ce qui est contradictoire car le jeu d'échecs incite à planifier plusieurs coups à l'avance. Une piste serait de rattacher ces résultats à un biais méthodologique : la réutilisation du même test au pré-test et au post-test. Les élèves se souviennent de leurs réponses. Cela peut impacter leurs démarches qui peuvent ainsi être moins organisées et plus nécessairement vérifiées.

Nous serions tentée de valider l'hypothèse 4 puisque les résultats ont montré divers changements. Cependant, nous ne pouvons pas affirmer que les faibles changements énumérés sont imputables à la PRJÉ.

Des précisions peuvent être apportées suite à une analyse supplémentaire. En effet, les perceptions des élèves sont au cœur de cette recherche. Cependant, celles-ci présentent des biais de validité. Afin de donner du poids aux résultats, nous avons tenté d'identifier des traces de la possible influence de la PRJÉ à l'intérieur des productions des élèves. Nous avons choisi d'analyser les résultats de la classe de sixième année parce que la réflexion sur les stratégies mises en place lors de la PRJÉ était plus riche dans cette classe. Cette analyse montre que peu de changements au niveau des stratégies ont été repérés dans les productions des élèves. La chercheuse a identifié entre le pré-test et le post-test deux diminutions de fréquence d'utilisation de stratégies. Ainsi, les stratégies « J'ai planifié différentes étapes » et « Je me suis interrogé(e) sur l'efficacité de mes démarches » ont moins été identifiées au post-test ; ce qui est totalement contradictoire avec la PRJÉ envisagée puisqu'elle incitait les élèves à identifier plusieurs coups à l'avance et à réfléchir sur leurs démarches pour ne pas commettre les mêmes mauvais coups lors des parties suivantes. Ces résultats se distinguent, par ailleurs, de ceux de Grossniklauss (2013) qui évoquait une amélioration au niveau du fonctionnement cognitif et métacognitif des enfants (connaissances, stratégies et expériences). Berger et al. (2010) témoignaient également

qu'une influence positive de leur intervention cognitive et métacognitive était soutenue par une alternance d'exercices scolaires et non scolaires.

Les scores basés majoritairement sur la démarche et dans un deuxième temps sur la réponse sont similaires du pré-test au post-test pour la plupart des élèves de sixième année. Les quelques variations de scores identifiées sont liées majoritairement à la régression du problème n°3. Un effet de lassitude n'est pas à exclure. Grossniklauss (2013) ainsi que Berger et al. (2010) avaient également perçu des variations dans les résultats qui semblaient trouver réponse par des variables motivationnelles. Contrairement à divers auteurs (Ferreira & Palhares, 2008 ; Kazemi et al., 2012 ; Rosholm et al., 2017 ; Sala & Gobet, 2017 ; Sala et al., 2015), nous n'avons pas dégagé d'amélioration au niveau des résultats des élèves en résolution de problèmes entre le pré-test et le post-test. Nous pouvons cependant mentionner que la manière de récolter les données diffère d'autres études. Cela pourrait donc être à l'origine des divergences de résultats (Sala & Gobet, 2016).

À la lumière des résultats obtenus, nous ne pouvons pas valider l'hypothèse 4 puisque suite au dispositif, aucun changement de taille n'est à observer dans les productions des élèves malgré leurs dires.

Cette discussion permet de revenir sur l'hypothèse 3. Pour mettre à l'épreuve la troisième hypothèse, nous avons eu recours au sentiment d'efficacité personnelle des élèves. Une divergence de résultats concernant le sentiment d'efficacité personnelle a été identifiée en fonction de la question posée (sentiment d'efficacité personnelle globale à l'item 4 et sentiment d'efficacité personnelle problème par problème à l'item 2). Les résultats issus de l'analyse des productions des élèves par la chercheuse permettent d'éclairer cette divergence et corroborent avec les données concernant le sentiment d'efficacité personnelle problème par problème, à savoir, que leur sentiment d'efficacité personnelle n'a pas augmenté après la PRJÉ.

VII. CONCLUSIONS

Le but de cette recherche est de déceler de possibles traces de la PRJÉ sur la résolution de problèmes. En effet, si la littérature a mentionné une possible influence du jeu d'échecs sur le domaine des mathématiques et notamment en résolution de problèmes (Ferreira & Palhares, 2008 ; Kazemi et al., 2012 ; Rosholm et al., 2017 ; Sala & Gobet, 2017 ; Sala et al., 2015), les mécanismes qui sous-tendent cette influence restent encore inexpliqués (Sala et al., 2015). Nous avons donc tenté d'y répondre en implémentant une PRJÉ dans deux classes d'enseignement primaire. Cette pratique a été soutenue par un curriculum adapté afin qu'il s'appuie sur le domaine de la résolution de problèmes comme pointé chez Sala et Gobet (2017). Ce choix vise à faciliter le transfert de compétences du jeu d'échecs sur la résolution de problèmes. Ce dispositif a été évalué à deux temps de mesure au moyen de deux questionnaires (résolution de problèmes et perceptions des élèves) et d'un entretien complémentaire.

À cet égard, la recherche mise en place a relevé différentes limites auxquelles nous devons tenir compte en vue de répondre à notre question de recherche.

Les questionnaires de résolution de problèmes ne sont pas sans encombre. La mise à l'essai aurait pu être effectuée une deuxième fois afin de calibrer au mieux les questionnaires. De plus, lors de l'analyse des productions des élèves, nous avons relevé peu de démarches apparentes réellement exploitables afin d'identifier les stratégies utilisées par les élèves. Nous avons fait les choix de problèmes ouverts évitant l'utilisation de contenus-matières. Cependant, des problèmes complexes auraient peut-être pu montrer davantage de démarches représentant la pensée des élèves. La réutilisation du même questionnaire aux deux temps de mesure a accentué cette difficulté d'identifier des démarches. Les élèves se souvenaient de leurs réponses. Cela a pu impacter leurs démarches qui ont pu être moins organisées et pas nécessairement vérifiées. L'analyse des verbatims des élèves a relevé que la chercheuse paraphrasait énormément afin de s'assurer de la compréhension des dires des élèves suite à une certaine complexité des questions. Cela constitue un biais méthodologique puisque les élèves peuvent être influencés par les dires de la chercheuse (Chabal, 2014).

Les données récoltées étaient majoritairement basées sur les perceptions des élèves, ce qui peut présenter un biais de validité.

Nous avons fait le choix de multiplier les approches de récolte de données (questionnaires sur la résolution de problèmes, questionnaires sur les perceptions des élèves, entretiens liés aux

questionnaires) afin d'accroître les chances d'identifier les éléments faisant le pont entre les échecs et le domaine de la résolution de problèmes. Il en a résulté une difficulté au niveau du traitement des données de par la masse d'informations recueillies.

Toujours d'un point de vue méthodologique, les questionnaires et les entretiens conçus n'ont pas permis d'établir un réel lien entre les compétences liées à la PRJÉ et celles liées à la résolution de problèmes. Les élèves y ont répondu de manière vague. Dès lors, il a été complexe d'identifier les éléments propres aux parties d'échecs et les compétences transférables qui y sont associées. Pintrich et al. (2000) ainsi que Poumay et Leclercq (2004) évoquaient déjà cette difficulté liée à des outils d'évaluation qui sont capables de mesurer ce qui touche notamment à la métacognition et à l'autorégulation.

Nous aurions dû interroger de manière explicite les élèves sur les changements d'émotions dus à la PRJÉ, une variance du sentiment d'efficacité personnelle due à la PRJÉ ainsi qu'un développement des stratégies utilisées dû à la PRJÉ. Il est à noter que cette façon de procéder n'est pas sans risque puisqu'un facteur de désirabilité sociale pourrait influencer les élèves dans leurs réponses.

Préalablement, nous avons posé la question suivante : **Comment des élèves de cycles 3 et 4 perçoivent-ils la possible influence apportée par une pratique réflexive du jeu d'échecs sur la résolution de problèmes mathématiques ?**

De par les résultats et leurs discussions, nous pouvons tenter d'y répondre.

Globalement, les élèves semblent avoir perçu une influence de la PRJÉ sur la résolution de problèmes mathématiques. Ils évoquent les stratégies apprises, la réflexion, la concentration, une attitude plus sereine face à la résolution de problèmes, une meilleure compréhension et une diminution des difficultés perçues face aux problèmes. Ces résultats sont cependant à relativiser car les élèves ne justifient que très peu leurs propos ; ils restent vagues et incertains.

Sur les facteurs influençant les performances scolaires (émotions, sentiment d'efficacité personnelle, stratégies), les élèves ont perçu une légère influence. Cependant, il n'est pas possible d'affirmer qu'ils sont imputables à la PRJÉ au vu des données recensées. Premièrement, peu d'élèves ont ressenti un changement d'émotions entre les deux temps de mesure. Une légère augmentation au niveau de l'intensité de l'émotion « Joie » peut être mise en avant. Cela pourrait témoigner d'une des caractéristiques du jeu : le plaisir (Robert, 2014) qui pourrait ainsi se transférer vers les problèmes puisque ceux-ci ont été associés au jeu. À contrario, plusieurs élèves ont également ressenti une peur de l'échec. Deuxièmement, les

élèves ont mentionné des perceptions différentes concernant la variation de leur sentiment d'efficacité personnelle en fonction de l'item proposé. Par ailleurs, s'attarder aux forces et faiblesses recensées par les élèves a mis en avant des points de similitude entre celles-ci et la PRJÉ comme la persévérance, les essais-erreurs, l'identification de toutes les possibilités, l'identification des données utiles... Troisièmement, la majorité des élèves pensent utiliser des stratégies apprises lors de la PRJÉ pendant la résolution des trois problèmes proposés. Cette proportion d'élèves diminue lorsque les problèmes réalisés avec leur enseignante sont pris en considération. Un transfert plus proche pourrait être envisagé pour les problèmes de l'expérimentation. Un transfert plus éloigné pourrait être envisagé pour les problèmes en dehors de l'expérimentation. Cependant, en comparant les questionnaires aux deux temps de mesure, peu de différences concernant l'utilisation de stratégies émergent réellement.

Une exploration de cette problématique est encore nécessaire.

Une approche serait de remettre en place le dispositif en appuyant les items du questionnaire relatif aux perceptions sur les changements dus à la PRJÉ.

Une autre approche à envisager serait d'étudier de manière précise un petit groupe d'élèves en prenant en compte leurs caractéristiques individuelles (émotions face à la résolution de problèmes, sentiment d'efficacité personnelle, performance scolaire de l'élève, âge, genre, motivation...). En effet, ces données individuelles jouent un rôle sur le transfert (Taktek, 2017). De plus, Berger et al. (2010), Grossniklauss (2013) ainsi qu'Hanin (2018) estiment que les bénéfices d'une intervention sont variables d'un élève à l'autre. L'objectif serait d'établir une progression individuelle de chaque élève étudié.

VIII. BIBLIOGRAPHIE

- Administration générale de l'Enseignement et de la Recherche scientifique, & Service générale du Pilotage du Système éducatif (AER, & SPS). (1999). *Socles de compétences*. Retrieved from <http://reajustonslecole.be/textes/SoclesDeCompetences.pdf>
- Arrêté du Gouvernement de la Communauté française établissant les listes des implantations de l'enseignement fondamental et de l'enseignement secondaire bénéficiaires de l'encadrement différencié ainsi que la classe à laquelle elles appartiennent en application de l'article 4 du décret du 30 avril 2009, organisant un encadrement différencié au sein des établissements scolaires de la Communauté française afin d'assurer à chaque élève des chances égales d'émancipation sociale dans un environnement pédagogique de qualité. (2019). *Moniteur belge*, 28 mai 2019, p.50606.
- Baffrey-Dumont, V. (1996). Résolution de problèmes arithmétiques par des enfants de huit ans. *Revue des sciences de l'éducation*, 22, 321-343. doi:10.7202/031883ar
- Bandura, A. (1997). Self-efficacy: The exercise of control. W. H. Freeman and Company. Retrieved from https://www.academia.edu/28274869/Albert_Bandura_Self_Efficacy_The_Exercise_of_Control_W_H_Freeman_and_Co_1997_pdf
- Barthélémy-Ruiz, C. (2006). Le mariage de l'eau et du feu ? Jeu et éducation à travers l'histoire. *Les Cahiers pédagogiques*, 448. Retrieved from <https://www.cahiers-pedagogiques.com/le-mariage-de-l-eau-et-du-feu-jeu-et-education-a-travers-l-histoire/>
- Becker, E. S., Goetz, T., Morger, V., & Ranellucci, J. (2014). The Importance of Teachers' Emotions and Instructional Behavior for Their Students' Emotions—An Experience Sampling Analysis. *Teaching and Teacher Education*, 43, 15-26. doi:10.1016/j.tate.2014.05.002

- Berger, J.-L., Kipfer, N. M., & Büchel, F. P. (2010). Chapitre 10: Un modèle d'intervention métacognitive pour les apprenants en formation professionnelle initiale de deux ans: principes d'application collective et efficacité. In. M. G. P. Hessels & C. Hessels-Schlatter (Eds), *Evaluation et intervention auprès d'élèves en difficultés* (pp.159-174). Peter Lang. Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/216450891_Un_modele_d%27intervention_m%C3%A9tacognitive_pour_les_apprenants_en_formation_professionnelle_initiale_de_deux_ans_Principes_d%27application_collective_et_efficacite
- Berkman, R. M. (2004). The chess and mathematics connection: More Than Just a Game. *Mathematics Teaching in the Middle School*, 9, 246-250. Retrieved from <https://www.jstor.org/stable/41181906>
- Bielik, F. (2016). *Cours de jeu d'échecs : Théorie et exercices*. Fédération Échiquéenne Francophone de Belgique. Retrieved from <https://www.fefb.be/images/Documents/Syllabus.pdf>
- Bosson, M., Hessels, M. & Hessels-Schlatter, C. (2009). Le développement de stratégies cognitives et métacognitives chez des élèves en difficulté d'apprentissage. *Développements*, 1, 14-20. doi:10.3917/devel.001.0014
- Brun, J. (1990). La résolution de problèmes arithmétiques: bilan et perspectives. *MATH-ECOLE*, 141, 2-29. Retrieved from https://www.revue-mathematiques.ch/files/7714/6288/8326/Mathecole_141.pdf
- Caballero, A., Blanco, L. J., & Guerrero, E. (2011). Problem solving and emotional education in initial primary teacher education. *Eurasia Journal of Mathematics: Science and Technology Education*, 7, 281–292. doi:10.12973/ejmste/75206

- Cannice, M. (2013). The right moves: Creating experiential management learning with chess. *International Journal of Management Education*, 11, 25-33. doi:10.1016/j.ijme.2012.11.002
- Chabal, S. (2014). Les principaux biais à connaître en matière de recueil d'information. En ligne : La lettre du CEDIP, 62. Retrieved from http://www.cedip.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/Fiche_62_cle581f59.pdf
- Chess & Strategy. (2017). *Benjamin Franklin et la morale des échecs*. Retrieved from [Benjamin Franklin et la morale des échecs \(pagesperso-orange.fr\)](http://BenjaminFranklin-et-la-morale-des-echecs.pagesperso-orange.fr)
- De Landsheere, G. (1992). *Évaluation continue et examens: Précis de docimologie* (6th ed.). LABOR. Retrieved from ORBI <http://hdl.handle.net/2268/86498>
- Déclaration des Droits de l'Enfant du 20 Novembre 1959. (1959). Retrieved from <http://www.humanium.org/fr/normes/declaration-1959/texte-integral-declaration-droits-enfant-1959/>
- Delvolvé, N. (2006). Métacognition et réussite des élèves. *Cahiers pédagogiques*. Retrieved from <https://www.cahiers-pedagogiques.com/metacognition-et-reussite-des-eleves/>
- Demonty, I., & Fagnant, A. (2018). *Enseignement et apprentissage des mathématiques dans l'enseignement fondamental et secondaire inférieur : Thème 4 - Résolution de problèmes et premières symbolisations (cycle 5-8)* [PowerPoint slides]. Retrieved from Ecampus Université de Liège (accès restreint).
- Denervaud, S., Franchini, M., Gentaz, E., & Sander, D. (2017). Les émotions au cœur des processus d'apprentissage. *Revue suisse de pédagogie spécialisée*, 4, 20-25. Retrieved from https://www.csps.ch/bausteine.net/f/51752/Denervaud_Franchini_Gentaz_Sander_170420.pdf

Dictionnaires Le Robert. (2014). Le Robert de poche 2015.

Dumez, H. (2011). Qu'est-ce que la recherche qualitative ? *Libellio d'ÆGIS*, 7, 47-58.

Retrieved from <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00657925>

Efklides, A. (2006). Metacognition and Affect: What Can Metacognitive Experiences Tell Us about the Learning Process? *Educational Research Review*, 1, 3-14. doi:10.1016/j.edurev.2005.11.00

Erhan E, Hazar M, Tekin M (2009). Satranç oynayan ve oynamayan ilköğretim öğrencilerinin problem çözme becerilerinin incelenmesi. *Atatürk J. Phys. Educ. Sport Sc.*, 11(2), 1-8.

Retrieved from <https://www.semanticscholar.org/paper/SATRAN%C3%87-OYNAYAN-VE-OYNAMAYAN-%C4%B0LK%C3%96%C4%9ERET%C4%B0M-PROBLEM-%2F-Erhan-Hazar/32bfa45f0b29448877a485ddfc4d075015e983da>

Fagnant, A. (2008). Des outils didactiques pour développer la résolution de problèmes dans l'enseignement fondamental: Aperçu des fondements théoriques et entrée au cœur de quelques activités. *Cahiers des Sciences de l'Éducation*, 27-28, 51-94. Retrieved from https://orbi.uliege.be/bitstream/2268/13197/1/FAGNANT_CAH27-28_2008_51.pdf

Fagnant, A., Demonty, I., & Lejong, M. (2005). *Résoudre des problèmes : pas de problème ! Guide méthodologique et des documents reproductibles*. de boeck.

Fagnant, A., Marcoux, G., & Vlassis, J. (2013). Symposium - Résolution de problèmes mathématiques et développement de compétences : sur quelles variables agir pour soutenir les élèves dans leur apprentissage ? In *Congrès international, Actualité de la recherche en éducation et en formation (AREF)* (329/0). Retrieved from https://orbi.uliege.be/bitstream/2268/164488/1/texte%20cadrage%20Symposium%20%20329_0.pdf

- Fagnant A., & Vlassis J. (2010). Le rôle de la résolution de problèmes dans les apprentissages mathématiques : Questions et réflexions. *Education Canada*, 50, 50-52. Retrieved from <https://orbi.uliege.be/bitstream/2268/79739/1/FAGNANT-VLASSIS-2010-EDUCAN-pp.50-52.pdf>
- Fédération Echiquéenne Francophone de Belgique ASBL (FEFB). (2020). *Règles du jeu d'Échecs FIDE*. Retrieved from https://www.fefb.be/index.php/tournois/22-regles-du-jeu-d-echecs-fide#nature_objectif
- Ferreira, D., Palhares, P. (2008). Chess and problem solving involving patterns. *The Montana Mathematics Enthusiast*, 5, 249-256. doi:10.1177/2158244015596050
- Feyfant, A. (2011). Les effets de l'éducation familiale sur la réussite scolaire. *Dossier d'actualité Veille et analyses*, 63, 1-14. Retrieved from <http://veille-et-analyses.ens-lyon.fr/DA-Veille/63-juin-2011.pdf>
- Frenkel, S. (2014). Composantes métacognitives ; Définitions et outils d'évaluation. *Enfance*, 4(4), 427-457. Retrieved from <https://www.cairn.info/revue-enfance2-2014-4-page-427.htm>
- Frenkel, S., & Déforge, H. (2014). Chapitre 4: Métacognition et réussite scolaire: perspectives théoriques. In C. Gireaudeau & G. Chasseigne (Eds.), *Psychologie, Éducation et Vie Scolaire* (pp. 87-113). Publibook Université. Retrieved from ORBI <http://hdl.handle.net/2268/159028>
- Grossniklaus, S. (2013). Le jeu comme outil d'intervention cognitive et métacognitive. *Revue francophone de la déficience intellectuelle*, 24, 21–35. doi:10.7202/1021263ar
- Guillemette, F., & Leblanc, C. (2013). Favoriser l'expression de la motivation chez les étudiants. *Le Tableau : échange de bonnes pratiques entre enseignants de niveau universitaire*, 2(4). Retrieved from

<https://pedagogie.uquebec.ca/sites/default/files/documents/numeros-tableau/letableau-v2-n4-2013.pdf>

Hanin, V. (2018). *Une approche tridimensionnelle de la résolution de problèmes mathématiques chez les élèves en fin d'enseignement primaire* [Doctoral dissertation]. Retrieved from DIAL <http://hdl.handle.net/2078.1/213244>

Hanin, V., & Van Nieuwenhoven, C. (2020). Exploration of cognitive, motivational, emotional and regulative behaviors of elementary-school novice and expert problem-solvers. *Canadian Journal of Science: Mathematics and Technology Education*, 20, 312-341. doi:10.1007/s42330-020-00092-9

Heppner, P., & Petersen, C. (1982). The development and implications of a personal problem-solving inventory. *Journal of Counseling Psychology*, 29, 66-75. doi:10.1037/0022-0167.29.1.66

Kazemi, F., Yektayar, M., & Bolban Abad, A. M. (2012). Investigation the impact of chess play on developing meta-cognitive ability and math problem-solving power of students at different levels of education. *Procedia - Social and behavioral science*, 32, 372-379. doi:10.1016/j.sbspro.2012.01.056

Lafontaine, D. (2019). *Construction de questionnaires* [Syllabus]. Retrieved from Ecampus Université de Liège (accès restreint).

Leclercq, D., & Poumay, M. (2004). La métacognition. In D. Leclercq, *Méthodes de Formation et Théories de l'Apprentissage – Événements d'Apprentissage* (pp.1-45). Editions de l'Université de Liège. Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/267770422_La_Metacognition

Martinot, D. (2006). Connaissance de soi, estime de soi et motivation scolaire. In E. Bourgeois & B. Galand (Eds.). *(Se) motiver à apprendre* (pp.27-33).

- Miller, G.A. (1956). The magical number seven, plus or minus two: some limits on our capacity for processing information. *Psychological review*, 63, 81-97. doi:10.1037/h0043158
- Montague, M., & Warger, C. (2003). *A Practical Approach to Teaching Mathematical Problem Solving Skills*. Retrieved from <https://www.exinn.net/excerpts/SIM001.pdf>
- Montague, M., Warger, C, & Morgan, H. (2000). Solve It!: Strategy instruction to improve mathematical problem solving. *Learning Disabilities Research and Practice*, 15, 110-116. doi:10.1207/SLDRP1502_7
- Muijs, D., & Bokhove, C. (2020). *Metacognition and Self-Regulation : Evidence Review*. Education Endowment Foundation. Retrieved from <https://educationendowmentfoundation.org.uk/evidence-summaries/evidence-reviews/metacognition-and-self-regulation-review/>
- Mullis, I. V. S., Martin, M. O., Foy, P., Kelly, D. L., & Fishbein, B. (2020). *Highlights : Timss 2019 : International Results in Mathematics and Science*. Retrieved from Boston College, TIMSS & PIRLS International Study Center <https://timssandpirls.bc.edu/timss2019/international-results/>
- Organisation de coopération et de développement économiques (OCDE). (2014a). *PISA 2012 Results: Creative Problem Solving: Students' Skills in Tackling Real-Life Problems (Volume V)*, PISA, Éditions OCDE. doi:10.1787/9789264208070-en
- Organisation de coopération et de développement économiques (OCDE). (2014b). *Résultats du PISA 2012 : Des élèves prêts à apprendre : Engagement, motivation et image de soi (Volume III)*, PISA, Éditions OCDE. doi:10.1787/9789264205345-fr
- Organisation de coopération et de développement économiques (OCDE). (2014c). *Résultats du PISA 2012 : Savoirs et savoir-faire des élèves : Performance des élèves en mathématiques*,

en compréhension de l'écrit et en sciences (Volume I), PISA, Éditions OCDE.
doi:10.1787/9789264208827-fr

Organisation de coopération et de développement économiques (OCDE). (2014d). Réussite : les élèves sont-ils motivés ? *Pisa à la loupe*, 37, 1-4. Retrieved from [https://www.oecd.org/pisa/pisaproducts/pisainfocus/pisa-in-focus-n37-\(fra\)-final.pdf](https://www.oecd.org/pisa/pisaproducts/pisainfocus/pisa-in-focus-n37-(fra)-final.pdf)

Özkubat, U., Karabulut, A., & Özmen, E. R. (2020). Mathematical Problem-Solving Processes of Students with Special Needs: A Cognitive Strategy Instruction Model 'Solve It!'. *International Electronic Journal of Elementary Education*, 12, 405-416.
doi:10.26822/iejee.2020562131

Panaoura, A., Philippou, G., & Christou, C. (2003). Young pupils' metacognitive ability in mathematics. *European Research in Mathematics Education III*, 18, 1-9. Retrieved from http://www.mathematik.tu-dortmund.de/~erme/CERME3/Groups/TG3/TG3_Panaoura_cerme3.pdf

Parlement européen. (2012). *Déclaration du Parlement européen du 15 mars 2012 sur l'introduction du programme « Le jeu d'échecs à l'école » dans les systèmes éducatifs de l'Union*. Retrieved from https://www.europarl.europa.eu/doceo/document/TA-7-2012-0097_FR.html?redirect

Pfannenstiel, K. H., Bryant, D. P., Bryant, B. R., & Porterfield, J. A. (2015). Cognitive Strategy Instruction for Teaching Word Problems to Primary-Level Struggling Students. *SAGE*, 50, 291-296. doi:10.1177/1053451214560890

Piaget, J. (1962). *Play, dreams, and imitation*. Retrieved from https://www.academia.edu/5184675/Piaget_1962

Pintrich, P. R., Wolters, C. A., & Baxter, G. P. (2000) 2. Assessing Metacognition and Self-Regulated Learning. In J. C. Impara, L. L. Murphy & G. Schraw (Eds.), *Issues in the*

- Measurement of Metacognition* (pp. 43-97). Buros Institute of Mental Measurements. Retrieved from DigitalCommons@University of Nebraska – Lincoln <https://digitalcommons.unl.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1002&context=burosmetacognition>
- Plass, J. L., Homer B. D., & Kinzer, C. K. (2015). Foundations of Game-Based Learning. *Educational Psychologist*, 50, 258-283. doi:10.1080/00461520.2015.1122533
- Rallye Mathématique Transalpin (RMT). (2017). *25e rallye 2*. Retrieved from <http://www.rmt-sr.ch/rallye/ARCHIVES/RMT25-ana2.pdf>
- Rallye Mathématique Transalpin (RMT). (2018). *26e rallye 2*. Retrieved from <http://www.rmt-sr.ch/rallye/ARCHIVES/RMT26-ana2.pdf>
- Rallye Mathématique Transalpin (RMT). (2018). *26e rallye f*. Retrieved from <http://www.rmt-sr.ch/rallye/ARCHIVES/RMT26-anaf.pdf>
- Rallye Mathématique Transalpin (RMT). (2019). *27e rallye 1*. Retrieved from <http://www.rmt-sr.ch/rallye/ARCHIVES/RMT27-ana1.pdf>
- Rondier, M. (2004). A. Bandura. Auto-efficacité. Le sentiment d'efficacité personnelle. *L'orientation scolaire et professionnelle*, 33, 475-476. doi:10.4000/osp.741
- Rosholm, M., Mikkelsen, M. B., & Gumede, K. (2017). Your move: The effect of chess on mathematics test scores. *PLoS ONE*, 12(5), 1-18. doi:10.1371/journal.pone.0177257
- Rosli, R., Goldsby, D., & Capraro M. M. (2013). Assessing Students' Mathematical Problem-Solving and Problem-Posing Skills. *Asian Social Science*, 9, 54-60. doi:10.5539/ass.v9n16p54

- Saint-Pierre, L. (1994). La métacognition, qu'en est-il ? *Revue des sciences de l'éducation*, 20, 529-545. doi:10.7202/031740ar
- Sala, G., & Gobet, F. (2016). Do the benefits of chess instruction transfer to academic and cognitive skills? A meta-analysis. *Educational Research Review*, 18, 46–57. doi:10.1016/j.edurev.2016.02.002
- Sala, G., & Gobet, F. (2017). Does chess instruction improve mathematical problem-solving ability? Two experimental studies with an active control group. *Learning & Behavior*, 45, 414–421. doi:10.3758/s13420-017-0280-3
- Sala, G., Gorini, A., & Pravettoni, G. (2015). Mathematical Problem-Solving Abilities and Chess: An Experimental Study on Young Pupils. *SAGE Open*, 5(3), 1-9. doi:10.1177/2158244015596050
- Sarrazin, P., Tessier, D., & Trouilloud, D. (2006). Climat motivationnel instauré par l'enseignant et implication des élèves en classe : l'état des recherches. *Revue Française de Pédagogie*, 157, 147-177. doi :10.4000/rfp.463
- Szetela, W., & Nicol, C. (1992). Evaluating Problem Solving in Mathematics. *Educational Leadership*, 49, 42-45. Retrieved from https://ascd.org/ASCD/pdf/journals/ed_lead/el_199205_szetala.pdf
- Taktek, K. (2017). L'apprenant au cœur du transfert des apprentissages : perspectives d'interventions pédagogiques dans le domaine de l'éducation. *Canadian Journal of Education*, 40, 514–542. Retrieved from <https://www.jstor.org/stable/10.2307/90018379>
- Touchard, E. (2011). La résolution de problème: Cycles 2 et 3. [PowerPoint slides]. Retrieved from http://www.ac-grenoble.fr/ien.g4/IMG/pdf/RESOL_PB_Pour_le_site_G4_SEPT_2011.pdf

- Van Nieuwenhoven, C. (2014). La résolution de problèmes, une difficulté tant pour l'élève que pour l'enseignant: mieux comprendre pour mieux intervenir. Discussion. *Cahiers des Sciences de l'Éducation*, 36, 215-226. Retrieved from http://www.aspe.ulg.ac.be/Files/8._van_nieuwenhoven_pp.215_226_.pdf
- Vauthier, E. (2006). Un mode d'apprentissage efficace. *Les Cahiers pédagogiques*, 448. Retrieved from <http://www.cahiers-pedagogiques.com/Un-mode-d-apprentissage-efficace>
- Verpoorten, D. (2020). *Controverses contemporaines sur l'usage des TICE*. PED4059. [PowerPoint slides]. Retrieved from Ecampus Université de Liège (accès restreint).
- Viau, R. (2004). La motivation: condition au plaisir d'apprendre et d'enseigner en contexte scolaire. In Troisième congrès des chercheurs en éducation (pp.1-17). Retrieved from https://projetadef.files.wordpress.com/2011/12/la_motivation.pdf
- Wery, L. (2016). *Distribution de kits "échecs" dans les écoles*. Retrieved from <https://www.fefb.be/index.php/jeunes/167-distribution-de-kits-echecs-dans-les-ecole>

TABLE DES MATIÈRES

I. INTRODUCTION	1
II. REVUE DE LA LITTÉRATURE	3
Chapitre 1 : La résolution de problèmes	3
1. Les tenants et aboutissants de la démarche de résolution de problèmes	3
2. Vers une définition des problèmes mathématiques	6
3. Des difficultés en résolution de problèmes aux pistes de solution	8
4. Comment évaluer des problèmes ?	15
5. En synthèse	17
Chapitre 2 : La métacognition	18
1. Le pourquoi de la métacognition	18
2. Une vue d'ensemble de la métacognition	19
3. Le transfert	21
4. L'autorégulation des apprentissages	24
5. L'exemple du programme <i>Solve It</i>	26
6. En synthèse	28
Chapitre 3 : Une pratique réflexive du jeu d'échecs (PRJÉ)	30
1. Le jeu comme aide cognitive et métacognitive	30
2. Le jeu d'échecs	31
2.1. Une explication du jeu d'échecs	31
2.2. Le choix du jeu d'échecs	32
2.3. Le jeu d'échecs et la résolution de problèmes	33
3. En synthèse	40
III. QUESTION DE RECHERCHE ET HYPOTHÈSES	41
1. Question de recherche	42
2. Hypothèses de recherche	42
IV. MÉTHODOLOGIE	45
1. Constitution de l'échantillon de participants	46
2.1. Dispositif de recherche	47
3. Outils de collecte utilisés	49
3.1. Les questionnaires	49
3.1.1. Questionnaire de résolution de problèmes	49
3.1.2. Questionnaire sur les perceptions	50
3.1.3. Mise à l'essai et amélioration des questionnaires	52
3.2. Entretiens semi-dirigés	52
4. Démarche d'analyse	53
V. RÉSULTATS	56
1. Perception de la possible aide de la PRJÉ sur la résolution de problèmes mathématiques (H1)	56
2. Émotion face à la résolution de problèmes suite à la PRJÉ (H2)	58
3. Sentiment d'efficacité personnelle vis-à-vis des problèmes proposés suite à la PRJÉ (H3)	62
4. Utilisation différente des stratégies lors de la résolution de problèmes suite à la PRJÉ (H4)	65
4.1. Analyse à partir des perceptions des élèves	65
4.2. Analyse supplémentaire à partir des productions des élèves	70
VI. DISCUSSIONS	73
1. Perception de la possible aide de la PRJÉ sur la résolution de problèmes mathématiques (H1)	73

2.	Émotion face à la résolution de problèmes suite à la PRJÉ (H2)	74
3.	Sentiment d'efficacité personnelle vis-à-vis des problèmes proposés suite à la PRJÉ (H3)	76
4.	Utilisation différente des stratégies lors de la résolution de problèmes suite à la PRJÉ (H4)	78
VII. CONCLUSIONS		81
VIII. BIBLIOGRAPHIE		84
TABLE DES MATIÈRES		95
TABLE DES FIGURES		97
TABLE DES ENCADRÉS		98
TABLE DES TABLEAUX		99
ANNEXES		100

TABLE DES FIGURES

<i>Figure 1 : Modèle de résolution de problèmes de Verschaffel et al. (2000, cités par Fagnant, 2008)</i>	4
<i>Figure 2 : Grille d'évaluation à échelles en résolution de problèmes (Wilson, 1991, cité par Szetela & Nicol, 1992)</i>	16
<i>Figure 3 : Visualisation du dispositif de recherche</i>	47
<i>Figure 4 : Perception de la possible aide de la PRJÉ sur la résolution des trois problèmes proposés (P4 et P6)</i>	56
<i>Figure 5 : Perception de la possible aide de la PRJÉ sur la résolution des problèmes réalisés en dehors de l'expérimentation (P4 et P6)</i>	56
<i>Figure 6 : Sentiments face à la résolution de problèmes (P4 et P6)</i>	59
<i>Figure 7 : Sentiments face à la résolution de problèmes (P4)</i>	60
<i>Figure 8 : Sentiments face à la résolution de problèmes (P6)</i>	60
<i>Figure 9 : Amélioration perçue entre les deux questionnaires de résolution de problèmes (P4 et P6)</i>	63
<i>Figure 10 : Utilisation des stratégies identifiées suite à la PRJÉ lors de la résolution des 3 problèmes proposés (P4 et P6)</i>	65
<i>Figure 11 : Utilisation des stratégies identifiées suite à la PRJÉ lors de la résolution des problèmes réalisés en dehors de l'expérimentation (P4 et P6)</i>	65
<i>Figure 12: Stratégies utilisées pour résoudre les 3 problèmes proposés (P4 et P6)</i>	66
<i>Figure 13 : Stratégies perçues comme faisant partie des 3 stratégies les plus utiles (P4 et P6)</i>	68
<i>Figure 14 : Fréquence des stratégies utilisées lors des 3 problèmes proposés (P6)</i>	70
<i>Figure 15 : Évolution du score relatif aux 3 problèmes du pré-test au post-test (P6)</i>	71

TABLE DES ENCADRÉS

<i>Encadré 1 : Extrait de la transcription de l'E4.3. (post-test) « Avoir joué aux échecs t'a-t-il aidé(e) à résoudre les 3 problèmes précédents ? » (I3)</i>	57
<i>Encadré 2 : Extrait de la transcription de l'E4.11. (post-test) « Avoir joué aux échecs t'a-t-il aidé(e) à résoudre les 3 problèmes précédents ? » (I3)</i>	57
<i>Encadré 3 : Extrait de la transcription de l'E6.9. (post-test) « Avoir joué aux échecs t'a-t-il aidé(e) à résoudre les 3 problèmes précédents ? » (I3)</i>	58
<i>Encadré 4 : Extrait de la transcription de l'E6.9. (post-test) « Avoir joué aux échecs t'a-t-il aidé(e) à résoudre les problèmes donnés par ton institutrice ? » (I12)</i>	58
<i>Encadré 5 : Extrait de la transcription de l'E4.12. (post-test) « Est-ce que tu as trouvé des ressemblances entre le cours d'échecs et la résolution des 3 problèmes ? » (I10)</i>	67
<i>Encadré 6 : Extrait de la transcription de l'E6.11. (post-test) « Quelle est la stratégie la plus importante ? » (I6b)</i>	69
<i>Encadré 7 : Extrait de la transcription de l'E6.8. (post-test) « Quelle est la stratégie la plus importante ? » (I6b)</i>	69
<i>Encadré 8 : Extrait de la transcription de l'E6.11. (pré-test) « Quelle est la stratégie la plus importante ? » (I4a)</i>	69
<i>Encadré 9 : Extrait de la transcription de l'E6.6. (pré-test) « Peux-tu m'expliquer comment tu as résolu le problème n°1 ? »</i>	72
<i>Encadré 10 : Extrait de la transcription de l'E6.6. (pré-test) « Peux-tu m'expliquer comment tu as résolu le problème n°1 ? »</i>	72
<i>Encadré 11 : Extrait de la transcription de l'E6.6. (post-test) « Peux-tu m'expliquer comment tu as résolu le problème n°1 ? »</i>	72
<i>Encadré 12 : Extrait de la transcription de l'E6.6. (post-test) « Peux-tu m'expliquer comment tu as résolu le problème n°1 ? »</i>	72

TABLE DES TABLEAUX

<i>Tableau 1 : Données en résolution de problèmes pour l'OCDE et pour la Belgique à l'enquête PISA 2012 (OCDE, 2014a, p.15)</i>	8
<i>Tableau 2 : Forces et faiblesses relatives aux processus de résolution de problèmes en Belgique (OCDE, 2014a, p.87)</i>	10
<i>Tableau 3 : Justifications des élèves ayant perçu l'aide de la PRJÉ sur la résolution des trois problèmes proposés (P4 et P6)</i>	57
<i>Tableau 4 : Besoins des élèves n'ayant pas perçu l'aide de la PRJÉ sur la résolution des trois problèmes proposés (P4 et P6)</i>	57
<i>Tableau 5 : Justifications des élèves ayant perçu l'aide de la PRJÉ sur la résolution des problèmes réalisés avec les enseignantes en dehors de l'expérimentation (P4 et 6)</i>	57
<i>Tableau 6 : Évolution individuelle des sentiments du pré-test au post-test (P4 et P6)</i>	61
<i>Tableau 7 : Variation du sentiment d'efficacité personnelle entre le pré-test et le post-test pour chaque problème proposé (P4)</i>	65
<i>Tableau 8 : Variation du sentiment d'efficacité personnelle entre le pré-test et le post-test pour chaque problème proposé (P6)</i>	65
<i>Tableau 9 : Répartition des scores des élèves E6.1., E6.8. et E6.11. pour les 3 problèmes proposés au pré-test et au post-test.</i>	71
<i>Tableau 10 : Tableau mettant en lien les productions de l'élève E6.6. et leur description au niveau du problème n°1 au pré-test et au post-test</i>	72

ANNEXES

Promotrice : Annick FAGNANT

Lecteurs : Dylan DACHET

Yves DEPLUVREZ

Mémoire présenté par **Marie BURON** en vue de
l'obtention du grade de Master en Sciences de
l'Éducation à finalité spécialisée en Enseignement

Année académique 2020-2021