
Analyse de dispositifs d'aide aux élèves en difficulté en calcul littéral au premier degré de l'enseignement secondaire

Auteur : Fransolet, Anne

Promoteur(s) : Demonty, Isabelle

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

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

Année académique : 2019-2020

URI/URL : <http://hdl.handle.net/2268.2/9152>

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 et des Sciences de
l'éducation

Analyse de dispositifs d'aide
aux élèves en difficulté en calcul littéral
au premier degré de l'enseignement secondaire

Mémoire présenté par Anne FRANSOLET

En vue de l'obtention du grade de
Master en Sciences de l'Éducation
à finalité spécialisée en Enseignement

Promotrice : Isabelle DEMONTY

Lectrices : Ariane BAYE
Annick SACRÉ

Année académique 2019– 2020

Remerciements

Permettez-moi d'adresser mes plus vifs remerciements à tous ceux qui m'ont permis de mener ce travail à son terme.

Je tiens particulièrement à remercier ma promotrice, Madame Isabelle Demonty, pour ses encouragements et la pertinence de ses conseils, réflexions et commentaires.

Je remercie également mes lectrices, Madame Ariane Baye et Madame Annick Sacré pour l'attention qu'elles ont accordée au présent travail.

Qu'il me soit permis d'exprimer toute ma gratitude aux élèves qui ont participé à mon étude ainsi qu'aux enseignantes qui ont collaboré à ce travail. Elles ont rendu possible mon projet.

Je suis très reconnaissante à toutes les personnes qui ont relu ce travail. Un tout grand merci à ma maman et à ma sœur Emmanuelle pour leurs aides judicieuses et leurs encouragements.

Je tiens également à remercier mon mari qui a cru en mes possibilités et qui m'a permis de me consacrer totalement à la réalisation de mon mémoire.

Enfin, je terminerai par la citation de ma petite Chloé qui n'a cessé de m'encourager : « Vas-y, maman, tu vas gagner ! ».

Table des matières

Chapitre 1 : Introduction.....	1
---------------------------------------	----------

PARTIE THÉORIQUE

Chapitre 2 : Revue de la littérature	3
---	----------

2.1. Élèves en difficulté en mathématiques.....	3
2.2. Utilité des interventions en mathématiques	5
2.2.1. Intervenir est efficace.....	6
2.2.2. Limites des interventions	7
2.2.3. Conclusion	10
2.3. Études sur les difficultés d'apprentissage en mathématiques	10
2.3.1. Petit historique	10
2.3.2. Quelle entrée envisager pour l'étude des difficultés d'apprentissage en mathématiques ?.....	11
2.3.3. L'espace anglo-saxon.....	12
2.3.4. L'espace francophone	13
2.3.5. Conclusion	14
2.4. Les types de dispositifs d'aide.....	14
2.4.1. Orientation d'intervention	14
2.4.2. Remédier aux difficultés.....	15
2.4.3. Développement du potentiel mathématique	16
2.4.4. Conclusion	16
2.5. Interaction didactique	17
2.5.1. Les différents types d'activités algébriques	17
2.5.2. Les activités transformationnelles.....	19
2.5.3. Pistes.....	23
2.5.4. Conclusion	25
2.6. Modèles pédagogiques adaptés.....	26
2.6.1. Enseignement explicite.....	27
2.6.2. Exemples pédagogiques	28
2.6.3. Verbalisation.....	28
2.6.4. Représentations visuelles.....	29
2.6.5. Stratégies multiples / heuristiques.....	29
2.6.6. Évaluations formatives et feedbacks.....	30
2.6.7. Enseignement par des pairs	30

2.6.8.	Conclusion	31
2.7.	Variables motivationnelles	31
2.7.1.	Sentiment de compétence	31
2.7.2.	Sentiment d'auto-efficacité.....	32
2.7.3.	Dynamique motivationnelle	32
2.7.4.	D'autres éléments à prendre en compte	33
2.7.5.	Conclusion	34
2.8.	Conclusions.....	34

PARTIE PRATIQUE

Chapitre 3 :	<i>Question et hypothèses de recherche</i>	36
3.1.	Question de recherche	36
3.2.	Hypothèses de recherche	38
3.2.1.	Hypothèse 1.....	38
3.2.2.	Hypothèse 2.....	39
3.2.3.	Hypothèse 3.....	39
3.2.4.	Hypothèse 4.....	39
3.2.5.	Hypothèse 5.....	39
Chapitre 4 :	<i>Méthodologie</i>	40
4.1.	Résumé de la démarche méthodologique	40
4.2.	Échantillon.....	42
4.3.	Schéma expérimental.....	43
4.4.	Outils de mesure	46
4.4.1.	Profil des élèves des groupes expérimentaux.....	46
4.4.2.	Mesure du progrès cognitif	46
4.4.3.	Mesure de l'évolution des dimensions motivationnelles	47
4.4.4.	Entretiens semi-directifs.....	47
4.4.5.	Observations des séquences d'intervention	47
4.5.	Récapitulatif du dispositif expérimental.....	51
4.6.	Intervention.....	52
4.6.1.	Exercices	52
4.6.2.	Tuiles algébriques.....	52
4.6.3.	Outil informatique	53
4.7.	Méthodologie du groupe expérimental 2 (GE2).....	53

4.7.1. La trame de base	53
Chapitre 5 : Résultats	57
5.1. Profil des élèves des groupes expérimentaux.....	57
5.1.1. Fidélité du prétest	57
5.1.2. Hypothèse 1.....	57
5.1.3. Profils des élèves des groupes expérimentaux	58
5.1.4. Conclusion	62
5.2. Séquences d'intervention	62
5.2.1. Séquence du GE1.....	63
5.2.2. Séquence du GE2.....	65
5.2.3. Comparaison globale des séquences	69
5.3. Analyse et comparaison d'extraits des séquences d'intervention.....	72
5.3.1. Lancement de la séquence	73
5.3.2. Réduction de sommes algébriques	75
5.3.3. Réduction de sommes et produits algébriques.....	80
5.1.1. Vérification de l'hypothèse.....	84
Chapitre 6 : Discussion.....	86
6.1. Hypothèse 1.....	86
6.2. Hypothèse 2.....	87
6.3. Nouvelle hypothèse	90
6.4. Questions de recherche.....	92
6.5. Limites.....	93
Chapitre 7 : Conclusion et perspective.....	95
Bibliographie	99

Chapitre 1 : Introduction

Le début de l'enseignement secondaire est, pour beaucoup d'élèves, source de difficultés, particulièrement en mathématiques. En Fédération Wallonie-Bruxelles (FWB), nous constatons que 54 % des élèves de 2^{ème} commune et de 2^{ème} complémentaire de l'enseignement secondaire ont réussi l'épreuve externe du certificat d'études du 1^{er} degré (CE1D) de l'enseignement secondaire en mathématiques en juin 2018 (résultats concernant 95,4 % des élèves). Le score moyen s'élève à 51,5 % . (FWB, 2018)

Ces résultats montrent que près de la moitié des élèves ne réussissent pas cette évaluation. Pourtant, celle-ci est axée sur les compétences essentielles à maîtriser afin de pouvoir appréhender dans de bonnes conditions la suite de la formation mathématique. Parmi les matières les plus complexes des mathématiques figure le calcul littéral, introduit dès la première année du secondaire. D'ailleurs, en regardant de plus près les résultats par domaines et sous-domaines du CE1D 2018, nous voyons que, dans le domaine « Nombres et opérations », les sous-domaines les moins bien réussis sont les expressions et calculs littéraux, ainsi que les équations avec respectivement 51,8% et 51,3% comme scores moyens. (FWB, 2018)

Ces constats nous amènent à nous questionner sur ce qui pourrait être mis en place pour aider les élèves dans leur parcours scolaire afin qu'ils puissent améliorer leur résultat en algèbre. Ainsi, des aides peuvent être apportées dans le cadre habituel de séances de cours. Celles-ci peuvent également être complétées par des séances de remédiation où les élèves particulièrement faibles disposent de temps supplémentaire pour revoir les notions importantes à maîtriser en fin de deuxième année secondaire. Nous souhaitons, dans ce travail, nous focaliser sur ce temps additionnel afin d'analyser la manière de rentabiliser au mieux ces heures supplémentaires d'apprentissage.

D'après la méta-analyse de Stevens, Rodgers & Powell (2017), les interventions auprès d'élèves en difficulté se sont montrées efficaces. En FWB, dans de nombreuses écoles, des dispositifs d'aide aux élèves existent. D'ailleurs, des témoignages d'enseignants soulignent la pertinence de ces heures de remédiation mais par contre, ces enseignants remettent en cause leur efficacité surtout d'un point de vue organisationnel (FWB, n. d.). La méta-analyse de Gersten et al. (2008, cité par Jayanthi, Gersten , & Baker, 2008), quant à elle, montre l'efficacité de certaines pédagogies permettant aux élèves faibles de progresser. De plus, des recherches didactiques menées en algèbre font apparaître que des dispositifs existent (Kieran, 2007 ; Coppé & Grugeon, 2014), mais qu'il est également nécessaire de s'intéresser aux variables motivationnelles (Lane & Lane, 2001, cités par Cuenca-Carlino, Freeman-Green, Stephenson, & Hauth, 2015). Ces différentes études nous ouvrent la voie de pistes à explorer.

Par conséquent, dans le cadre de ce mémoire, nous avons comme objectif d'analyser des dispositifs d'aide aux élèves en difficulté en mathématiques et plus particulièrement dans le calcul littéral qui

s'inscrivent dans une réalité scolaire.

« Comment aider les élèves en difficulté en algèbre tout en suscitant la motivation de ceux-ci ? Est-il possible, en s'insérant dans le fonctionnement d'une école, de mettre en place des dispositifs d'aide efficace, en regroupant les élèves en difficulté ? »

Ces interrogations nous conduisent à réaliser une recherche exploratoire dans le domaine des dispositifs d'aide à apporter aux élèves en difficulté en algèbre, au premier degré de l'enseignement secondaire. Le but est d'investiguer l'impact à court et moyen terme d'un dispositif regroupant des élèves repérés, par les enseignants, comme particulièrement en difficulté.

Pour étudier ce sujet, nous ciblerons notre recherche sur le calcul littéral en 2^e secondaire. Le choix du calcul littéral s'est opéré au regard des éléments mis en avant lors de l'analyse de résultats de CE1D antérieurs (score moyen de 51,3% en 2018). Ainsi, une fois la séquence de cours sur les règles de base du calcul littéral donnée par les enseignants, dans leurs conditions habituelles de travail, une intervention sera réalisée en collaboration avec les enseignantes de l'école où nous mènerons notre recherche. Cette réalisation se déroulera dans le cours dénommé « activités mathématiques ». Ce cours est organisé durant toute l'année scolaire pour des élèves considérés faibles par les professeurs, au regard des résultats en mathématiques obtenus à la fin de la 1^e secondaire. Ainsi, des élèves des différentes classes de 2^{ème} secondaire, sont regroupés en quatre groupes d'environ dix élèves pendant deux périodes de cours par semaine.

Plus précisément, le dispositif sera basé sur des outils didactiques et sur des recommandations pédagogiques issues de la revue de la littérature de ce travail. En premier lieu, nous chercherons à répondre à cette question en la vérifiant sur le terrain : « Est-ce que, comme dans la méta-analyse de Stevens et al. (2017), des interventions permettent-elles aux élèves en difficulté de progresser tant sur le plan cognitif que motivationnel ? ». Ensuite, nous tenterons de répondre à cette deuxième interrogation en la testant : « Un dispositif basé sur ces outils didactiques et ces pédagogies spécifiques est-il plus performant qu'un dispositif utilisant uniquement les outils didactiques ? »

Ce mémoire de fin d'études comprend deux parties : une partie théorique et une partie pratique. La partie théorique est consacrée à une revue de la littérature qui apporte des éléments sur les différents concepts en lien avec notre thématique : clarification du concept d'élève en difficulté en mathématiques, utilité et efficacité des interventions auprès des élèves en difficulté, point de vue de la didactique analysant la matière de façon approfondie ainsi que le point de vue des sciences de l'éducation en général s'intéressant aux méthodes pédagogiques adaptées aux élèves faibles. Nous clôturerons cette partie en nous attardant sur des variables motivationnelles à prendre en compte. Nous poursuivrons avec une partie pratique où la question de recherche, les hypothèses formulées et la méthodologie seront décrites. Nous terminerons ce travail par un exposé, une analyse et une discussion des résultats de notre étude.

Partie Théorique

Chapitre 2 : Revue de la littérature

Notre recherche a pour but d'analyser des dispositifs d'aide aux élèves en difficulté en calcul littéral. Ainsi, nous débutons cette revue de littérature en clarifiant le concept d'élèves en difficulté en mathématiques. Ensuite, nous nous interrogerons sur l'utilité et l'efficacité des interventions auprès des élèves faibles. De cette façon, nous comprendrons mieux le bienfondé des aides apportées aux élèves en difficulté et les pièges à éviter pour atteindre l'objectif visé par les dispositifs d'aide. Nous poursuivrons par un questionnement sur la façon de concevoir l'étude des difficultés en mathématiques. Nous nous focaliserons alors sur deux courants dont les visions sont en partie contradictoires : l'interaction didactique et les modèles pédagogiques adaptés. Comme les recherches dans le domaine montrent qu'il est également nécessaire de tenir compte de variables motivationnelles pour optimiser l'efficacité des dispositifs d'aide, nous nous y intéresserons pour clôturer cette revue.

2.1. Élèves en difficulté en mathématiques

Dans cette partie, nous cherchons à clarifier le concept d'élève en difficulté en mathématiques. En effet, pour aider ce type d'élèves, nous pensons qu'il est intéressant de comprendre les raisons qui font qu'ils éprouvent des difficultés. Nous allons donc voir s'il est possible de dresser un profil de ces élèves.

Des jeunes qui ne répondent pas aux attentes du système scolaire

Cette notion d'élèves en difficulté est assez récente, elle fait son apparition dans la littérature de recherche dans les années nonante et remplace ce qui était appelé auparavant « retard », « échec » ou « inégalité » (Berzin , & Brisset, 2008 ; Roiné, 2008, cités par Roiné, 2011). De nombreuses recherches s'accordent sur le fait que ces situations d'échec ou de retard sont liées à des facteurs socioculturels (le milieu scolaire et familial), des stratégies pédagogiques, une faiblesse de l'enseignement , un handicap sensoriel ou encore à un retard de développement (Berch , & Mazzocco, 2007 ; Jordan , & Levine, 2009 ; cités par Giroux, 2014 ; Van Nieuwenhoven , & De Vriendt, 2010).

Les élèves en difficulté regroupent alors toute une série d'élèves qui ont pour caractéristique commune de ne pas répondre ou du moins pas complètement aux attentes du système scolaire aussi bien du point de vue comportement que du point de vue des résultats scolaires (Cousin, 2007, cité par Roiné, 2011).

Comme il n'existe pas de définition précise d'un élève en difficulté, ce sont les enseignants qui attribuent cette expression à certains de leurs élèves sans critère objectif (Roiné, 2011). D'après Van Nieuwenhoven et De Vriendt (2010), certains élèves qui ont une intelligence dans les normes peuvent rencontrer des soucis à suivre les cours. Ainsi, les difficultés se multipliant, ils se retrouvent dans une spirale où l'échec scolaire est présent.

Pourtant, utiliser cette notion d'élève en difficulté nous conduit à penser que ces élèves ont des caractéristiques sur le plan cognitif qui pourraient donner une explication à leur échec (Roiné, 2011). Il est à noter que, selon l'Association québécoise pour les troubles de l'apprentissage (2002, cité par Van Nieuwenhoven , & De Vriendt, 2010), les difficultés d'apprentissage seraient transitoires alors que les troubles seraient persistants. Même si nous ne nous intéressons pas, dans ce mémoire, aux élèves ayant des troubles d'apprentissage, nous pouvons observer que certaines de leurs faiblesses peuvent aussi être constatées par les élèves en difficulté. En effet, Van Nieuwenhoven et De Vriendt (2010) soulignent que si l'enfant présente un trouble de l'apprentissage ou une difficulté d'apprentissage, cela ne modifie pas radicalement sa prise en charge. Selon ces auteurs, ce qui importe c'est de tenir compte des besoins des enfants.

Des jeunes présentant des besoins particuliers pour apprendre

Nous avons relevé, dans certaines recherches, la mise en avant de caractéristiques communes aux élèves dits en difficulté. Une particularité souvent repérée concerne la mémoire. En effet, **la mémoire à court et long terme joue un rôle primordial dans l'apprentissage des mathématiques** (Brodesky, Parker, Murray , & Katzman, 2002 cités par Cuenca-Carlino et al., 2015). Concernant la mémoire à long terme, pour les élèves avec des troubles d'apprentissage, une incapacité à stocker et à récupérer facilement des informations est à remarquer. Ainsi, il est alors difficile pour ces élèves d'établir des liens entre les apprentissages antérieurs et actuels. Ils connaissent donc, selon Steele et Steele (2003, cités par Cuenca-Carlino, et al., 2015), des problèmes pour se remémorer les étapes de problèmes complexes, des formules, des priorités des opérations, pour effectuer des opérations sur des entiers et pour résoudre des équations. De même, ces apprenants ont également des difficultés à repérer et utiliser une stratégie efficace, à organiser les informations, à vérifier les étapes d'une résolution, à vérifier l'exactitude d'un problème et à généraliser des stratégies dans des situations appropriées (Miller , & Mercer, 1997, cités par Cuenca-Carlino et al., 2015, Van Nieuwenhoven , & De Vriendt, 2010). En effet, pour Bosson, Hessels , & Hessels-Schlatter, 2009), la distinction entre élèves performants et en difficulté se réalise sur le plan du comportement stratégique face à l'apprentissage. Les stratégies que les élèves en difficulté utilisent leur demandent un grand effort cognitif et, le fait de remarquer que leur démarche n'est pas efficace, leur pose problème. **Ils n'ont pas une bonne stratégie d'autorégulation cognitive** (Van Nieuwenhoven , & De Vriendt, 2010). Pour utiliser des stratégies appropriées, il faut un degré de connaissances métacognitives assez élevé. Cependant, celles-ci ne suffisent pas. Il est important

que l'élève puisse reconnaître les situations où ces connaissances doivent être appliquées et comment les appliquer. Selon Van Nieuwenhoven et De Vriendt (2010), repérer les besoins pédagogiques des élèves en difficulté, est primordial pour intervenir de façon adéquate.

Par conséquent, les différents constats que nous venons d'évoquer, montrent qu'il serait souhaitable de se tourner vers des stratégies qui aident les élèves, dans leur travail, pour soulager leur charge cognitive.

En ce qui concerne le **profil d'un élève en difficulté en mathématiques**, nous pouvons retenir les éléments essentiels suivants (cf. tableau 1).

Caractéristiques générales	Caractéristiques cognitives
Ne pas répondre (ou pas complètement) aux attentes du système scolaire par le comportement ou par les résultats scolaires	<ul style="list-style-type: none"> - Déficit en mémoire à long terme → incapacité à stocker et récupérer facilement des informations - Utilisation de stratégies demandant un grand effort cognitif - Mauvaise stratégie d'autorégulation cognitive
Origine des difficultés d'apprentissage en mathématiques	
Facteurs environnementaux	Facteurs internes potentiels
<ul style="list-style-type: none"> - Facteurs socioculturels (milieu scolaire et familial) - Stratégies pédagogiques inappropriées ou inefficaces, faiblesse de l'enseignement 	<ul style="list-style-type: none"> - Handicap sensoriel - Retard de développement

Tableau 1 : Profil des élèves en difficulté en mathématiques

Nous souhaitons terminer ce tour d'horizon des spécificités des élèves en difficulté en nous interrogeant sur la réflexion de Roiné (2011), qui a étudié ce qui différencie un élève d'une Section d'Enseignement Général et Professionnel Adapté (SEGPA) des autres. Il met en avant que : « L'élève en difficulté » existe d'autant plus que l'école l'institue comme tel. » (Roiné, 2012, p. 83).

2.2. Utilité des interventions en mathématiques

Intervenir auprès d'élèves en difficulté en mathématiques est efficace pour améliorer leurs résultats, suggèrent les résultats de la méta-analyse de Stevens et al. (2017) . Pourtant, les enseignants, personnes en contact direct avec les élèves faibles, mettent en cause l'efficacité de dispositifs (FWB, n. d.). Voici les témoignages de certains d'entre eux (cf. tableau 2).

« Au cours de remédiation, j'en ai 15 et j'en vois 1 ou 2 qui vont être récupérés sur les 15. Je me pose des questions. Je me dis que parfois ça peut être utile mais pour vraiment un très faible pourcentage. Qu'est-ce qu'on aurait pu faire d'autre ? » (FWB, n. d., p 5)

« Le problème de ce genre de cours, c'est que j'y récupère aussi des élèves qui viennent de classes différentes et résoudre les difficultés de chacun en une heure... les différents professeurs de ces classes ne voient pas les mêmes matières en même temps, ils n'utilisent pas les mêmes méthodes... » (FWB, n. d., p 5)

« J'ai des élèves de plusieurs classes : ils n'ont pas les mêmes difficultés au même moment : l'organisation est plus difficile. L'année passée, j'avais trois classes en même temps. Il n'est pas possible de récupérer tout en même temps. Il manque des crédits d'heures. » (FWB, n. d., p 11)

« Les remédiations, ce n'est pas évident parce qu'il y a très peu de communication entre collègues et on ne sait ce qu'on doit faire avec les élèves que le jour de la remédiation. C'est plus facile quand on a ses propres élèves : on les connaît mieux. » (FWB, n. d., p 14)

Tableau 2 : Témoignages d'enseignants sur les difficultés liées aux remédiations (FWB, n. d.)

Ces dires d'enseignants posent la question de l'effet, sur l'apprentissage des élèves, de dispositifs spécifiquement dédiés aux élèves en difficulté, mis en place dans les écoles. Mais pourtant, tous les enseignants interrogés dans ce rapport, soulignent la pertinence de ces heures de remédiations (FWB, n. d.).

Parcourons la littérature de recherche dans ce domaine pour vérifier si les résultats d'études scientifiques mettent en avant les mêmes constats.

2.2.1. Intervenir est efficace

Ainsi, nous nous sommes penchée d'un peu plus près sur la méta-analyse de Stevens et al. (2017), chercheurs de l'université du Texas aux États-Unis. Cette étude examine les effets d'interventions en mathématiques menées dans le cadre de recherches et leurs répercussions sur les résultats des élèves en difficulté (élèves ayant un trouble d'apprentissage spécifique en mathématiques ou une performance faible et persistante en mathématiques sans diagnostic) du grade 4 au grade 12. Ces chercheurs ont mis en évidence, grâce à vingt-cinq études retenues, que les interventions sont importantes pour l'amélioration en mathématiques et, qu'elles influencent la trajectoire des élèves en difficulté. Ils ont également voulu savoir si les résultats des interventions différaient selon la durée du traitement et son dosage, selon le contenu mathématique ciblé et selon les caractéristiques et la qualité de l'étude. Il en est ressorti que la taille du groupe, le nombre de séances et le niveau scolaire n'étaient pas des prédicteurs de la performance sauf pour les fractions, où des sessions de plus de quinze heures sont des prédicteurs significatifs. En ce qui concerne le contenu mathématique, cette analyse montre également que les interventions concernant les fractions augmentent davantage les performances que les interventions sur les opérations. Une seule étude reprise dans la méta-analyse vise les compétences générales en mathématiques (Ketterlin-Geller, Chard, & Fien, 2008, cité par Stevens et al., 2017) mais aucune ne concerne la géométrie, les mesures et le traitement de données. Beaucoup d'études incluses dans cette méta-analyse (Stevens et al., 2017) étaient effectuées en grades 4 et 5, un manque existe donc pour un niveau supérieur d'étude. La seule méta-analyse menée dans le secondaire de cette recherche s'est limitée au domaine de l'algèbre (Hughes, Witzel, Riccomini, Fries, & Kanyongo, 2014, cité par Stevens et al., 2017). Il est également à souligner que certaines interventions utilisaient des ordinateurs. Celles-ci ont montré autant d'efficacité que celles effectuées par des enseignants ou des chercheurs (Stevens et al., 2017). Cette méta-analyse, basée sur des résultats de recherches qui ont été entreprises auprès d'élèves faibles, montre des résultats encourageants dans la perspective où les élèves les plus faibles

puissent s'améliorer. Par contre, les enseignants qui sont au cœur des aides dispensées à ces élèves n'interviennent pas nécessairement sur cette même base.

2.2.2. Limites des interventions

Néanmoins, nous pouvons nous demander la raison qui pousse des enseignants à émettre des doutes sur la perspicacité des aides mises en place dans les écoles. D'ailleurs, ce ne sont pas les seuls dans le doute. Différentes études focalisées sur des pratiques enseignantes ont montré des limites dans les interventions pour aider les élèves en difficulté à progresser ainsi que les paradoxes qui peuvent découler de ces dispositifs.

Élèves plus âgés

La méta-analyse de Stevens et al. (2107) a mis en évidence que la rééducation des élèves plus âgées est plus ardue que pour des élèves plus jeunes. Ces auteurs notent que l'une des raisons est certainement que les difficultés en mathématiques des élèves plus âgés sont plus complexes, plus enracinées et donc moins faciles à résoudre. Ils peuvent donc avoir besoin d'interventions d'une intensité et d'une durée plus grande pour améliorer leurs performances en mathématiques.

Logique d'adaptation – Contrainte de l'échec

Giroux (2007, cité par Roiné, 2014) relève, qu'à partir du moment où un projet autour de l'aide aux élèves en difficulté est mené dans une école, apparaît une « logique d'adaptation ». Cela signifie que les enseignants adaptent leurs interventions aux besoins et aux caractéristiques de leurs élèves. Pour Roiné (2014), cette logique a pour caractéristique principale une « cécité didactique ». Il entend par ce terme que les enseignants mettent de côté les spécificités des contenus d'apprentissage et des caractéristiques de la situation didactique pour consacrer leur énergie à compenser les manquements décelés chez les élèves. Ainsi, des enseignants ont tendance à simplifier des tâches et éviter des erreurs (Peltier-Barbier et al., 2003, cités par Mary, & Squalli, 2019). Selon Favre (2003, cité par Roiné, 2014), l'enseignement aux élèves en difficulté est focalisé sur la « contrainte de l'échec ». Dans cette vision, les enseignants cherchent à ce que l'échec effectif ne soit pas trop visible afin de préserver les élèves de grandes frustrations. Ces deux spécificités amènent les professeurs à enseigner avec une méthodologie particulière dépendante de l'ensemble des théories intégrées durant leur carrière.

L'effet Pharmakéia

Notre étude porte sur les dispositifs d'aide aux élèves en difficulté. L'aide renvoie à la notion d'appui, d'assistance, de collaboration, de secours ou de soutien. Dans la notion d'aide, il y a également une relation de hiérarchie du fait qu'une personne en aide une autre. Ainsi, selon Van Nieuwenhoven et De Vriendt (2010), nous pouvons voir apparaître un dilemme de la part de l'aidant. Au plus une aide est apportée, au plus l'élève en difficulté risque de se laisser aller, de ne plus oser s'aventurer dans l'apprentissage, et même, de ne plus rien faire. Il est donc important,

quand nous cherchons à aider des élèves en difficulté, que ceux-ci soient au centre de l'aide, qu'il soient acteurs dans le dispositif. Ainsi, l'enseignant ne doit pas entrer dans de l'assistanat et avoir en tête que le but est d'amener l'apprenant à progresser. Ces auteurs (Nieuwenhoven , & De Vriendt, 2010) ajoutent qu'il est essentiel que l'enseignant ne reste pas figé seulement sur les manquements, les problèmes des élèves à aider. Mais, si l'enseignant se base sur les forces, les potentiels de ces élèves comme appui pour les guider vers une amélioration, l'aide s'effectuera dans une dynamique positive et aura plus de chance de rencontrer les attentes.

D'ailleurs, Roiné (2012) relate différents scénarios qu'il a analysés où l'intervention n'a pas rencontré le résultat escompté. Ces scénarios concernent des aides mathématiques dispensées à des élèves de SEGPA en France. Par exemple, un scénario rapporté utilise un problème pour comprendre le problème (Roiné, 2012). L'enseignant intervient « sur-le-champ de l'erreur ou de la difficulté », directement quand l'erreur apparaît. Agir de la sorte provoque souvent d'autres problèmes, auxquels le professeur tente également de remédier et ainsi de suite (Mary , & Squalli, 2019). D'ailleurs, le nouveau problème proposé par l'enseignant se situe souvent dans un contexte différent. Par cette proposition de situation analogue, l'enseignant cherche à transposer la situation initiale dans un autre contexte plus accessible aux élèves, afin que ces derniers comprennent mieux la démarche à utiliser pour résoudre la situation initiale. Or, tous les élèves ne remarquent pas l'analogie. Ils retiennent uniquement l'opération à effectuer et transportent directement celle-ci, sans comprendre les liens qui l'unissent avec la situation à résoudre. La recherche des élèves a donc été interrompue et ils cherchent à deviner ce que l'enseignant veut leur faire dire. Au final, la solution vient d'une proposition du professeur, les élèves exécutent alors l'opération sans en comprendre le sens. C'est ce que Brousseau (1998, cité par Roiné, 2012) définit comme « usage abusif de l'analogie ». Nous voyons également un « évanouissement des savoirs en jeu » (Giroux, 2014) : en effet, finalement, les élèves se contentent d'effectuer un calcul alors que le but initial était de les amener à comprendre comment poser le calcul.

Des autres scénarios exposés par Roiné (2012), nous pouvons mettre en évidence diverses façons d'opérer d'enseignants, cherchant à aider les élèves, qui finissent par provoquer l'effet inverse. Ainsi, cherchant à « redécouper en séries d'étapes à effectuer » un problème, les tâches sont simplifiées, une diminution du problème de recherche apparaît. Cette démarche est souvent utilisée pour éviter des erreurs, combler des manques (May , & Squalli, 2019). L'enseignant souhaite par ce biais diminuer la charge cognitive des élèves. Mais en fait, cet objectif est rendu complexe par l'introduction d'ostensifs¹ supposés aider les élèves : on leur montre directement comment

¹ Un ostensif est un objet didactique supposé « montrer » la connaissance dans la mesure où il renfermerait en-soi les éléments constitutifs du savoir en question ; il suffirait dès lors à l'élève de « le “voir” comme le représentant d'une classe dont il devra reconnaître les éléments dans d'autres circonstances. » (Brousseau, 1998, p. 46, cité par Roiné, 2012).

résoudre le problème, plutôt que de les amener à comprendre toutes les étapes préalables nécessaires pour analyser le problème avant de passer à sa résolution. La recherche est ralentie et enfermée dans une unique forme de connaissance, peu adéquate pour l'occasion (Roiné, 2012). Nous assistons à un « morcellement des tâches et découpage en étapes », la performance (trouver la solution du problème) est privilégiée au détriment de la compréhension (comprendre comment il fallait analyser le problème pour pouvoir le résoudre) (Mary, & Squalli, 2019). Dans ce genre de cas, nous sommes dans ce que Giroux et De Cortet (2003, cité par Mary, & Squalli, 2019) nomment « algorithmisation » des objets de savoirs.

Le recours à un milieu matériel est également utilisé comme aide à la résolution de problème mathématique qui provient de l'idée que la manipulation facilitera la compréhension de l'élève. Recourir systématiquement à la manipulation pour aider à la représentation ou à la validation d'une réponse empêche les élèves d'avoir confiance en leur abstraction et, de voir la force du langage et de l'écriture mathématique comme moyen d'anticiper un résultat pour le valider. Au final, utiliser du matériel de manipulation change la recherche des élèves. Ils veulent juste réaliser concrètement la tâche, alors que l'idée est, au final, de parvenir à la résoudre sans manipulation directe : le matériel devrait être utilisé pour aider à analyser le problème, mais pas à le résoudre directement à l'aide de stratégies qui ne pourront être utilisées sans le recours à ce matériel... Une incertitude quant au savoir en jeu dans la situation est par conséquent présente. (Roiné, 2012)

Un dernier élément mis en évidence dans les analyses de Roiné (2012) concerne un habillage proche de la réalité, se servir par exemple d'une sortie scolaire pour rendre plus attrayant le problème, le placer dans un contexte de situation réelle vécue par les élèves. L'habillage du problème peut provoquer un changement entre une contextualisation externe (voyage scolaire) et une contextualisation interne (problème de mathématiques). Dans le même ordre d'idée, il arrive souvent que l'enseignant illustre une situation par des photos ou images pour rendre plus réel le problème mais cet ajout contrecarre la recherche arithmétique et parfois amène les élèves sur des pistes non pertinentes pour résoudre le problème. (Roiné, 2012)

De ces différents exemples, nous pouvons retenir que **des aides mathématiques peuvent avoir des conséquences imprévues sur l'apprentissage des élèves**. Le problème, c'est que les aides prennent la place centrale de ces scénarios. L'objet d'enseignement de départ qui se voulait être une recherche en devient une exécution, une reproduction d'une procédure. Au final, les élèves répondent à des indices extérieurs à la situation et le dispositif d'aide proposé par l'enseignant provoque l'effet inverse de celui voulu. Les élèves voient l'aide comme une complexification. Cet effet est appelé l'effet Pharmakéia qui vient du Grec classique qui signifie remède et poison. Parfois, un remède est un poison potentiel dans la mesure où les conditions didactiques de son utilisation

sont ignorées. Cela serait, selon l'auteur, une « cécité didactique » : impossibilité de considérer les paramètres didactiques et situationnels sur lesquels ils pourraient effectivement agir pour aider les élèves. (Roiné, 2012)

2.2.3. Conclusion

Comme nous venons de l'exposer dans cette partie, d'un côté des études mettent en avant qu'intervenir auprès d'élèves en difficulté en mathématiques est efficace et d'un autre qu'il ne suffit pas de vouloir aider pour aider, que parfois même l'aide voulue par un professeur provoque l'effet inverse. Ce paradoxe est à prendre en compte lorsqu'un dispositif d'aide est mis en place. Il serait alors important de réfléchir le côté organisationnel de ces dispositifs d'aide et de garder en tête l'objet d'enseignement pour éviter les pièges de la contrainte de l'échec et de la logique d'adaptation.

2.3. Études sur les difficultés d'apprentissage en mathématiques

Après s'être penchée sur l'utilité et l'efficacité éventuelle des interventions spécifiques auprès des élèves qui éprouvent des difficultés d'apprentissage en mathématiques, nous souhaitons regarder de plus près la manière d'aborder ce type d'intervention. Ainsi, nous allons parcourir différents courants de recherche qui traitent du sujet.

2.3.1. Petit historique

Au cours des vingt dernières années, de nombreuses recherches ont été menées sur les caractéristiques des élèves à besoins spécifiques, sur l'enseignement adapté aux élèves en difficulté, sur l'influence des politiques scolaires en matière d'adaptation scolaire, etc. Pour ce qui est des études sur l'enseignement aux élèves en difficulté d'apprentissage, elles prennent source dans la psychologie cognitive afin d'élaborer des modèles d'enseignement adapté aux caractéristiques des élèves. Ensuite, des recherches sur la dyslexie, la psychologie cognitive et la neuropsychologie apportent une différence entre troubles et difficulté d'apprentissage. Ainsi, la dyscalculie serait associée à un déficit cognitif. (Giroux, 2014)

2.3.2. Quelle entrée envisager pour l'étude des difficultés d'apprentissage en mathématiques ?

Giroux (2014) propose, pour étudier les difficultés d'apprentissage en mathématiques, quatre entrées, deux de celles-ci peuvent être pensées comme deux pôles d'un continuum (cf. haut et bas de la figure 1)

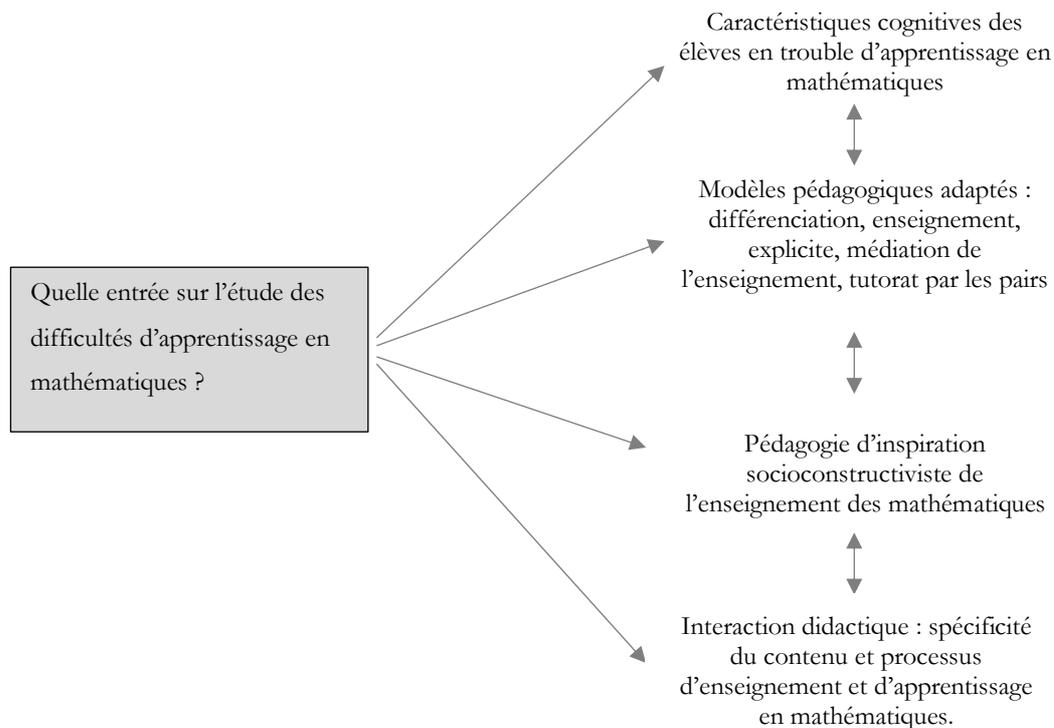


Figure 1: Quatre entrées d'étude sur les difficultés d'apprentissage en mathématiques (Giroux, 2014)

Le premier pôle (cf. haut de la figure 1) a pour but de caractériser les déficiences cognitives sources des difficultés d'apprentissage pour adapter une remédiation aux caractéristiques cognitives. L'autre extrémité du continuum (cf. bas de l'figure 1) est relative à l'étude des particularités du contenu d'enseignement et des interactions didactiques qui pourraient encourager l'apprentissage. Entre ces deux pôles, nous voyons deux autres entrées : modèles pédagogiques adaptés (différenciation, enseignement explicite, médiation de l'enseignement, tutorat par les pairs) et pédagogie d'inspiration socioconstructiviste de l'enseignement des mathématiques (apprentissage coopératif, résolution de problèmes, ...). (Giroux, 2014)

Dans ces entrées, nous distinguons deux courants distincts dans les études des difficultés d'apprentissage en mathématiques : l'espace anglo-saxon et l'espace francophone. L'espace anglophone se situe dans les pôles du haut du continuum (cf. figure 1) tandis que l'espace francophone plutôt dans les pôles du bas (cf. figure 1). Nous allons à présent approfondir ces deux approches et pointer ce qui les différencie. (Giroux, 2014)

2.3.3. L'espace anglo-saxon

Dans les années 1970, un champ relatif aux difficultés d'apprentissage se répand et, est surtout régi par la psychologie cognitive. Dans les années 2000, l'apport de la psychologie cognitive et des neurosciences concernant les troubles expliquent le nombre d'études sur le sujet. Ainsi, actuellement, les domaines d'études des difficultés d'apprentissage en mathématiques sont principalement les suivants : «

1. Caractéristiques des élèves avec troubles d'apprentissage en mathématiques par la psychologie cognitive et les neurosciences ;
2. Les modèles pédagogiques adaptés ;
3. Les pratiques d'enseignement, dans une perspective de bonification de ces pratiques, selon une approche socioconstructiviste. » (Giroux, 2014, p 23)

Le premier domaine d'étude concerne les déficits cognitifs surtout étudiés dans le domaine numérique. Ces études mettent en avant que les troubles d'apprentissage en arithmétique ont certaines particularités. La première particularité est d'utiliser des stratégies de calculs d'enfants plus jeunes appelées « stratégies primitives ». La deuxième spécificité est une insuffisance au niveau de la mémoire à long terme qui serait un obstacle pour la récupération de faits arithmétiques et qui provoquerait des « stratégies immatures ». La troisième caractéristique est liée à un problème en lien avec les mécanismes inhibiteurs, l'élève récupérerait dans sa mémoire des faits arithmétiques qui n'ont pas de pertinence avec la situation à traiter. Les modèles d'enseignement dans cette voie ne proposent pas des contenus différents mais les méthodes d'enseignement sont basées sur les caractéristiques cognitives des élèves. Le deuxième domaine d'étude est plus ciblé sur les types d'enseignement suivants : l'enseignement direct et l'enseignement sur la base de l'auto-questionnement. Ces types sont proches de l'enseignement explicite et des bases de la psychologie cognitive. Dans le troisième domaine d'étude « math education », nous retrouvons l'enseignement guidé et l'enseignement par les pairs en lien avec le socioconstructivisme. (Giroux, 2014)

Ces trois champs d'étude font partie de trois entrées possibles proposées par Giroux (2014). Nous remarquons que dans l'espace anglo-saxon, nous n'avons pas trace d'un des pôles du modèle des entrées (cf. figure 1) à savoir « interaction didactique : spécificité du contenu et processus d'enseignement et d'apprentissage en mathématiques ». Cette observation montre que dans l'espace anglo-saxon, le débat sur l'étude des élèves en difficulté se situe dans la confrontation de deux visées, d'une part une centrée sur le traitement de l'information et d'autre part une centrée sur les processus en cours lors de la construction des connaissances (Giroux, 2014). Selon Woodward (2004, cité par Giroux, 2014), si l'enseignement direct permettrait d'améliorer l'apprentissage des savoirs mathématiques dominants comme le calcul, il n'est pas sûr que ce soit le cas quant à la

compréhension du sens des opérations. Nous allons voir si l'espace francophone va étendre l'étude en incluant la dernière entrée, c'est-à-dire en intégrant la spécificité du savoir enseigné.

2.3.4. L'espace francophone

Dans cet espace, Giroux (2014) relate des travaux relevant de la didactique des mathématiques française, québécoise et suisse, qui mettent l'accent sur les particularités des savoirs à enseigner et l'élaboration de situations d'enseignement. De plus, ces recherches sont plutôt de nature qualitative et focalisées sur les processus d'enseignement. Elles regardent les difficultés d'apprentissage non pas comme un souci lié à l'élève mais comme un problème qui vient des conditions d'enseignement où les difficultés apparaissent. Nous sommes consciente que certaines difficultés peuvent provenir d'un dysfonctionnement cognitif mais d'autres raisons peuvent expliquer celles-ci même dans le cas de soucis persistants. Selon Mary et Squalli (2019), des éléments de nature sociologique, anthropologique et didactique pourraient être une source d'explication. En effet, l'élève est au cœur de son apprentissage et en même temps, il est le fruit de son environnement social : société, famille, classe avec un enseignant et de la relation que chaque acteur entretient avec l'école et le savoir à apprendre. Dans cette perspective, Brousseau (1998, 2002, cité par Mary , & Squalli, 2019) établit la notion de contrat didactique c'est-à-dire un contrat entre l'enseignant et les élèves qui comprend l'ensemble des comportements que l'enseignant attend des élèves et inversement. Ces comportements sont souvent implicites. Une des explications des problèmes des élèves en difficulté pourrait venir de ce contrat didactique (Sarrazy, 2002, cité par Giroux, 2014). L'étude des difficultés d'apprentissage en mathématiques par l'entrée de la didactique des mathématiques se focalise sur les difficultés d'enseignement et d'apprentissage (Giroux, 2014). Et de cette façon, les comportements des élèves s'interprètent en référence aux situations mathématiques, à la culture de la classe où se trouvent les élèves et à l'intervention qui vise à prévoir les conditions pour que l'apprentissage puisse s'effectuer (Mary , & Squalli, 2019). Ces types d'études soulignent la tendance des enseignants à adapter une situation pour l'élève en difficulté, une logique d'adaptation (Giroux, 2007, cité par Roiné, 2014). Ce fonctionnement participe à la diminution du potentiel mathématique des élèves et délaisse l'intérêt des caractéristiques didactiques fondamentales qui permettent de progresser dans les connaissances mathématiques. Cependant, **les enseignants sont obligés d'adapter leur enseignement pour répondre aux demandes de l'institution scolaire** dans la perspective de combler des déficits des élèves. Il faut encore savoir ce que signifie « adapter ». Brousseau (1980, cité par Giroux, 2014) propose une approche au niveau des situations d'apprentissage, l'adaptation serait de modifier les caractéristiques afin d'arriver aux modifications d'attitudes voulues. Certaines études se focalisent sur les circonstances et les dispositifs didactiques qui pourraient dynamiser l'enseignement et l'apprentissage des mathématiques pour encourager l'investissement mathématique de l'élève et son engagement dans les pratiques mathématiques. Des

recherches ont mis en avant qu'il est possible de préparer une activité qui permet à l'élève une rétroaction plutôt rapide. De cette façon, il peut vérifier la justesse des connaissances investies dans le cadre d'un milieu « mathématique ». D'autres études ont proposé des situations variées afin de provoquer des rencontres entre l'élève et diverses formes d'utilité du savoir. Les variétés se situent au niveau des contextes mathématiques et des supports matériels qui amènent des stratégies autres. Les résultats de ces études montrent que ces interventions peuvent être des solutions intéressantes pour des élèves avec déficiences intellectuelles.

2.3.5. Conclusion

Nous voyons donc dans ces deux espaces des approches de nature différente pour aborder l'étude des difficultés d'apprentissage en mathématiques. Tout d'abord, nous avons d'un côté l'espace anglo-saxon qui s'inspire de la psychologie cognitive et qui se focalise surtout sur l'adaptation de pédagogies pour aider les élèves faibles à progresser. Ensuite, d'un autre côté l'espace francophone, basé sur la didactique des mathématiques qui va se focaliser plus sur le contenu-matière pour faire évoluer les élèves faibles. Ce choix d'entrée va donc influencer le type de dispositif d'aide qui sera mis en place.

2.4. Les types de dispositifs d'aide

Nous allons donc, à présent, nous intéresser aux différents types de dispositifs d'aide aux élèves en difficulté et la forme que peut prendre cette aide. Giroux (2014, cité par Theis et al., 2014) met donc en évidence l'existence de deux courants qui visent à aider ces élèves. Ceux-ci dépendent évidemment de la façon dont l'étude des difficultés d'apprentissage en mathématiques s'envisage. Le premier se concentre sur la remédiation et un deuxième sur le développement du potentiel mathématique (Mary, Squalli, & Schmidt, 2008 cités par Theis et al., 2014). Dans ces deux courants, nous voyons donc deux façons différentes de concevoir l'aide.

2.4.1. Orientation d'intervention

Pour mieux comprendre l'orientation que peut prendre l'aide, Mary et Squalli (2019) nous propose le schéma suivant (cf. figure 2).

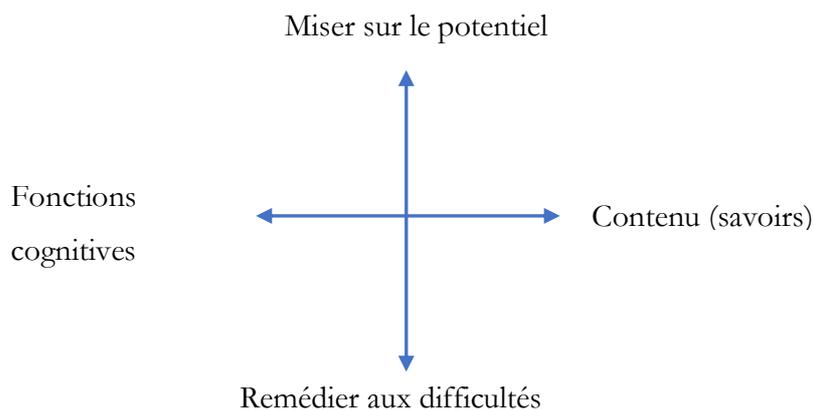


Figure 2 : Différentes orientations à l'intervention auprès d'élèves en difficulté en mathématiques (Mary, & Squalli, 2019)

L'axe horizontal oriente l'intervention en fonction des approches à tendances cognitivistes basées sur le traitement de l'information. Ainsi, sur la gauche, nous retrouvons le développement de processus généraux, d'heuristiques, des stratégies métacognitives, le tutorat, ... et sur la droite, des actions basées sur les contenus et leurs significations. Nous retrouvons bien les pôles du modèle de Giroux (2014) de la figure 1 (cf. supra p11). En effet, sur la gauche de l'axe horizontal, nous identifions une approche qui vient du courant anglo-saxon et sur la droite une orientée sur le courant francophone. L'axe vertical, quant à lui, se réfère au but de l'intervention. Les différentes formes d'aide pourraient se situer dans un des quadrants de la figure 1. Ainsi, une intervention peut être plus ou moins remédiate et se focaliser sur des stratégies ou des contenus. Nous pensons que les différentes formes d'aide ont chacune des avantages et des limites. Il est d'abord important que l'enseignant qui intervient soit convaincu lui-même par le fait qu'il peut amener l'élève à progresser. De plus, il est important de se poser les deux questions suivantes : « Sur quoi doit-on intervenir ? » et « Dans quel but intervenir ? » (Mary, & Squalli, 2019).

2.4.2. Remédier aux difficultés

Regardons pour commencer les différentes formes d'aide qui visent à remédier aux difficultés. Tout d'abord, nous pouvons inclure, dans cette visée, le soutien qui fait référence à une reprise d'un contenu matière non compris. Cela correspond au rattrapage soit en recourant au même type de pédagogie vu en classe, soit en utilisant une pédagogie différente. Lorsque le mot utilisé est « remédiation », cela se réfère à l'idée qu'il faut corriger les difficultés. La pensée sous-jacente est que la réussite peut être améliorée par un apprentissage en petits groupes où l'enseignant est davantage attentif aux difficultés que les élèves doivent franchir. Nous pouvons aussi répertorier, comme aide qui entre dans la même optique, l'accompagnement, le fait de cheminer avec l'élève en difficulté. L'étayage fait partie intégrante également d'un dispositif d'aide qui vise à amener progressivement l'élève à de l'autonomie dans son travail. La différenciation peut être aussi citée, chaque élève avançant alors différemment, l'enseignant intervenant en fonction des besoins des élèves. (Reverdy, 2017)

Reverdy (2017) met en avant que ces dispositifs peuvent être regroupés en deux catégories : ceux qui s'effectuent en classe et ceux qui s'effectuent hors classe. Les dispositifs hors classe ont des résultats mitigés. Ils posent la question de la stigmatisation des élèves qui peuvent amener un effet non voulu. La continuité pédagogique entre le dispositif principal (cours habituel de mathématiques) et auxiliaire (cours de remédiation) est aussi un élément à prendre en compte. Liraud et Rodit (2016) relatent qu'une forme que peut prendre l'aide, dans ces dispositifs hors classe, est d'extraire provisoirement des élèves en difficulté de leur groupe classe pendant certaines périodes. Ainsi, un enseignant spécialisé, en collaboration avec l'enseignant principal, prend en charge des élèves en difficulté, identifie la raison des difficultés et remédie à celles-ci pour préparer

les élèves à suivre le cours, à leur retour en classe. Quant aux dispositifs en classe, nous voyons derrière une idée d'accompagnement, montrer aux élèves la manière de résoudre leurs difficultés pour qu'ils puissent arriver à progresser de manière autonome (Reverdy, 2017). Dans cette même perspective, l'UNESCO (1994, cité par Reverdy, 2107) recommande le co-enseignement, deux enseignants au moins qui travaillent dans la même classe au même moment. Un des enseignants joue le rôle principal et le second l'accompagne dans la gestion des élèves. Nous voyons dans ce co-enseignement un procédé pouvant aider les élèves en difficulté. Dans notre système scolaire, au premier degré de l'enseignement secondaire, un dispositif d'accompagnement est décrété pour les élèves en difficulté. En effet, dans le décret relatif à l'organisation pédagogique du 1^{er} degré de l'enseignement secondaire (2006), le plan individualisé d'apprentissage (PIA) est un outil pour permettre à l'élève de « combler les lacunes constatées; l'aider à s'approprier des stratégies d'apprentissage plus efficaces. » (p4). Ce PIA comprend les objectifs que l'élève doit atteindre, quand il doit les atteindre et le Conseil de Classe doit prévoir: « des activités spécifiques de remédiation, de remise à niveau ou de structuration des acquis, de construction d'un projet scolaire » (décret relatif à l'organisation pédagogique du 1^{er} degré de l'enseignement secondaire, 2006, p4). Les modalités de mise en place des PIA sont propres aux établissements et sont variées d'une école à l'autre.

2.4.3. Développement du potentiel mathématique

Nous nous attardons à présent au second courant d'aide pour les élèves en difficulté qui mise sur le potentiel mathématique des élèves. Nous ne sommes donc plus dans une visée remédiate des difficultés de l'élève. Les différentes actions sont alors guidées par des principes didactiques. Dans cette vision, l'enseignant doit d'abord être convaincu que les élèves ont ce potentiel et leur proposer des activités où ils peuvent mettre en mouvement leur potentiel et actualiser celui-ci. Dans cette perspective, Mary et Squalli (2019) proposent différents principes. Par exemple, le fait de présenter aux élèves des activités riches, où les élèves faibles seront amenés à penser, multiplier les accès au savoir (en variant par exemple les tâches ou en proposant du matériel de manipulation). La mise en place de travail en petits groupes (pour valoriser les échanges entre les élèves, et la nécessité de communiquer leur démarche de raisonnement) est également un des autres principes mis en avant, de même que recourir à une médiation pertinente (personne enseignante, pairs, matériel...). (Mary, & Squalli, 2019)

2.4.4. Conclusion

Deux grandes approches ont été mises en évidence pour traiter l'étude des difficultés d'apprentissages en mathématiques dérivées de l'espace francophone et anglo-saxon. L'espace francophone se situe plus dans l'analyse des contenus et dans de l'interaction didactique. Tandis

que l'anglo-saxon se trouve davantage basé sur des approches cognitivistes et sur des adaptations pédagogiques. Parallèlement à ces approches, les interventions peuvent s'orienter en fonction de l'objet d'intervention (fonctions cognitives ou contenus) et en fonction du but poursuivi (remédier ou miser sur le potentiel de l'élève).

Au vu de tous ces éléments, nous allons, dans la suite de cette revue de littérature, aussi bien nous intéresser à analyser le contenu qui fera l'objet de notre intervention à savoir le calcul littéral, qu'à relever des pédagogies répertoriées comme particulièrement efficaces pour des élèves faibles en mathématiques. Ainsi, nous entrerons dans notre thématique aussi bien par de l'interaction didactique, que par des modèles pédagogiques adaptés, deux entrées du modèle de Giroux (2014).

2.5. Interaction didactique

Nous allons donc, dans cette partie, nous intéresser aux spécificités du contenu et du processus d'enseignement et apprentissage sur lesquels porte notre étude à savoir l'algèbre. Nous présenterons tout d'abord les différents types d'activités algébriques. Ensuite, nous nous focaliserons sur les activités transformationnelles qui sont au cœur de notre intervention. Nous mettrons donc en évidence la spécificité de ce type d'activités et les obstacles que les élèves doivent surmonter pour réussir à transformer des expressions littérales. Nous achèverons ce chapitre par développer les pistes d'aides pour soutenir la pensée algébrique des élèves, tout en favorisant progressivement l'automatisation des procédures.

2.5.1. Les différents types d'activités algébriques

L'activité algébrique se décline sous différents types qui dépendent de la fonction attribuée à celle-ci. Avant de se centrer sur celle qui fait l'objet de notre présent travail, nous allons parcourir le modèle GTG de Kieran (2007) qui conceptualise l'activité algébrique (cf. figure 3). Le nom donné au modèle vient du fait qu'elle distingue trois types d'activités algébriques : Génératives, Transformationnelles et de niveau Global ou méta.

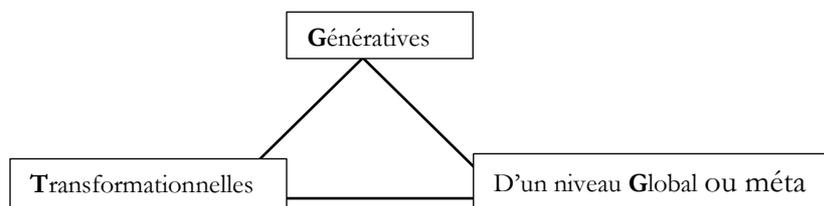


Figure 3 : Modèle GTG pour conceptualiser l'activité algébrique (Kieran, 2007)

Activités génératives

Tout d'abord, les activités génératives, comme le nom l'indique, vont être des activités où l'élève va devoir générer des objets algébriques : expressions, formules, équations. C'est à travers ce genre d'activités que l'élève peut mettre du sens sur les objets de l'algèbre. Selon Radford (2000, cité par

Coppé , & Grugeon, 2009), le développement du rôle de l'algèbre, comme outil permettant l'expression de relations générales et comme habitude de pensée, peut se réaliser à travers ce type d'activités. Dans ces activités, la lettre représente soit un nombre inconnu ou un ensemble de nombres.

Activités de niveau global ou méta

Les activités de niveau global ou méta du modèle de Kieran (2007) permettent de mobiliser ou d'utiliser l'outil algébrique pour résoudre des problèmes, modéliser, généraliser, prouver, démontrer dans des cadres variés. Les activités proposées ne sont pas obligatoirement résolues par l'algèbre mais l'algèbre est un outil qui en facilite la résolution. Un exemple serait de résoudre un problème en utilisant les équations.

Activités transformationnelles

Les activités transformationnelles, par contre, sont des activités où des expressions algébriques sont transformées. C'est le cas lors de la réduction d'expression littérale, de développement, de factorisation, de résolution d'équations, etc. Par exemple, développer l'expression suivante puis la réduire : $(3x + 2y) \cdot (4y - 2x) = 12xy - 6x^2 + 8y^2 - 4xy = 8xy - 6x^2 + 8y^2$.

Le nœud de ces activités est l'interprétation que l'on fait de ces transformations. Nous voyons dans ces activités de la technique pure mais pas seulement. A chaque transformation, l'expression est équivalente à la précédente. Ce fait n'est pas évident à comprendre pour les élèves. Ces activités permettent donc de développer le sens de l'équivalence. Elles permettent également de renforcer le sens des propriétés des opérations qui sous-tendent les manipulations effectuées sur les expressions algébriques.

De plus, l'élève doit arriver à saisir qu'un nombre peut être relié à une expression qui peut se présenter sous différentes écritures (Coppé et Grugeon, 2014). Selon Sackur et al. (1997, cité par Demonty, 2013), un certain nombre d'élèves transforment des expressions sans se référer à une signification particulière. Ils transforment conformément à la règle apprise. Or, il paraît primordial que les élèves se rendent compte que transformer des expressions algébriques atteste de l'égalité des expressions peu importe la valeur donnée à la variable. La pensée algébrique est donc importante dans ces transformations.

Le contenu de notre intervention se rapporte aux règles de base du calcul littéral. Cette matière se situe dans des activités transformationnelles. En effet, dans cette partie de l'algèbre, il est demandé aux élèves de réduire des sommes et produits algébriques ainsi que d'appliquer des propriétés de puissances comme ces exemples l'attestent (cf. tableau 3).

$11 + 5x - 6x^2 + 4x + 7x^2 - 15 = -4 + 9x + x^2$ $3a \cdot 2b \cdot (-3) = -18ab$ $\frac{9a^6}{3a^2} = 3a^4$

Tableau 3: Exemples d'exercices sur les règles de base du calcul littéral

Nous allons donc poursuivre en nous intéressant à ce type d'activités et aux difficultés qui lui sont propres.

2.5.2. Les activités transformationnelles

Calculateurs aveugles

Une des difficultés liées aux activités transformationnelles vient du fait que les élèves se comportent comme des calculateurs aveugles. Ils ne mettent aucun raisonnement derrière la manipulation des lettres. Par exemple, $2x + 4 = 6$ ou $6x$.

Tout d'abord, une première raison qui expliquerait ce fait viendrait de la vision calculatoire fortement ancrée chez certains élèves. En effet, lors du travail de l'arithmétique deux visions coexistent pour travailler l'arithmétique : la vision calculatoire et relationnelle (Carpenter, Levi, Francke, & Khoeler, 2005, cité par Demonty, & Fagnant, 2019). La première met en avant les techniques de calcul pour elles-mêmes où les opérations et l'égalité sont vues comme des démarches à effectuer. Dans la seconde, par contre, les techniques de calcul vont permettre de se rendre compte que les opérations et l'égalité possèdent des propriétés mathématiques, elles sont vues globalement. Dans l'algèbre, l'accent est mis sur les relations et l'élève doit apprendre à s'éloigner du calculatoire. Par conséquent, un premier élément pour favoriser l'entrée dans le calcul littéral est d'amener l'élève à développer une vision relationnelle de l'arithmétique liée au sens de l'égalité et aux propriétés des opérations.

Ainsi, le deuxième élément qui influence le côté calculateur des apprenants est le sens du signe d'égalité. En effet, l'égalité peut s'interpréter en terme d'équivalence et de résultat comme les deux exemples repris dans le tableau 4 l'illustrent.

Exemple 1 : $18 + 3 + 82 + 7 = 110 \rightarrow$ l'égalité annonce un résultat
Exemple 2 : $18 + 36 = 18 + 2 + 34 = (18+2) + 34 \rightarrow$ l'égalité annonce une équivalence

Tableau 4 : Exemples illustrant la signification du signe d'égalité

D'ailleurs, selon Kieran (2007, cité par Coppé & Grugeon, 2009), cela fait partie des fausses continuités entre arithmétique et algèbre. Ces fausses continuités se réfèrent aux symboles et signes qui n'ont pas le même statut en fonction du contexte. Dans les activités transformationnelles qui nous intéressent, l'égalité doit s'interpréter en terme d'équivalence. Si l'élève voit le symbole d'égalité uniquement comme demandant une réponse à un calcul, il aura des difficultés avec le type d'activités algébriques qui font l'objet de notre intervention. C'est donc un aspect à travailler notamment grâce aux propriétés des opérations qui permettent de remplacer un calcul par un autre. En effet, d'après Demby (1997, cité par Kieran, 2007), une des difficultés des étudiants dans ce genre d'activités est l'identification des propriétés qu'ils utilisent. Le travail technique est en rapport avec l'équivalence des expressions et la mobilisation d'une connaissance fondamentale : différentes expressions peuvent représenter une même quantité indéterminée (Cerulli, & Mariotti, 2001, Cerulli 2004, cités par Coppé, & Grugeon, 2009). Dans les activités transformationnelles, les

transformations relèvent à la fois du syntaxique et de la sémantique. D'après Kaput (1989, cité par Kieran, 2007), l'apprentissage de l'algèbre est augmenté par les difficultés liées à la syntaxe très concise et implicite des symboles algébriques formels et par le manque de liens avec d'autres représentations susceptibles de fournir des informations sur les actions appropriées entreprises. Cette manipulation de symboles algébriques est donc une source de difficulté chez l'élève. De plus, les différentes écritures d'une expression ont un sens propre. C'est sur celui-ci que se basent le choix et l'organisation du calcul (Coppé, & Grugeon, 2009). Nous voyons donc un intérêt, au début de l'apprentissage de l'algèbre, que des liens avec les apprentissages arithmétiques s'établissent. Ainsi, faire ressortir dans les apprentissages numériques les raisonnements essentiels pour l'algèbre peut aider. (Demonty, & Fagnant, 2019).

Nous pouvons aussi soulever le fait que les élèves n'auraient pas conscience de manipuler des quantités indéterminées lorsqu'ils transforment des expressions algébriques. Cela pourrait expliquer que des élèves deviennent des calculateurs aveugles.

Ces différents aspects montrent qu'il existe un raisonnement sous-jacent à la manipulation de lettres, la pensée algébrique. Les lettres ne représentent pas uniquement des quantités indéterminées. Il est possible d'effectuer des opérations sur ce type de quantité.

La pensée algébrique

Ainsi, cette pensée algébrique consiste à parvenir à réaliser des opérations impliquant des quantités indéterminées (Radford, 2014, cité par Demonty, & Fagnant, 2019). C'est justement cette pensée qui permet de comprendre les règles de transformations d'écriture. Ainsi par exemple, l'expression $3a + 4$ n'est pas équivalente à $7a$ (comme le pensent de nombreux calculateurs aveugles), car étant donné que a peut prendre n'importe quelle valeur, l'expression $7a$ reviendrait à dire que prendre 3 fois n'importe quel nombre et lui ajouter 4 reviendrait au même que prendre 7 fois le nombre. Cela ne fonctionne que dans un seul cas, si a vaut 1. Cet exemple illustre que il n'est pas évident pour certains élèves de mettre une quantité indéterminée derrière la lettre.

Conception de la lettre

Nous voyons donc qu'une autre des spécificités de l'algèbre et dans les activités transformationnelles à prendre en compte dans son apprentissage est le recours aux symboles. Chevallard (cité par Dupperet, Fenice, 1999) montre qu'historiquement ce recours aux symboles et à la lettre a mis du temps à se développer. Certains trouvaient même que cette utilisation n'était pas une aide car les symboles même s'ils permettent de réduire une écriture ne permettent pas une meilleure compréhension. En effet, le travail cognitif est alors double : « l'un de réduire les symboles en mots qui sont eux-mêmes symboles, l'autre d'atteindre aux idées dont elles sont le signe » (Hobbes, cité par Chevallard, cité par Dupperet, & Fenice, 1999, p 29). Selon Sfaard et Linchevski (1994, cité par Coppé & Grugeon, 2014), la capacité « à voir » des idées abstraites sous les symboles permet d'atteindre le sens de la signification.

De plus, la lettre n'a pas toujours le même statut, parfois elle représente un nombre spécifique (par exemple, dans les équations) et dans d'autres cas, le cas des activités transformationnelles, un nombre généralisé. D'ailleurs, les élèves dans l'enseignement primaire ont déjà rencontré ce dernier statut dans, par exemple, les formules pour calculer l'aire et le périmètre de figures géométriques. C'est pour cette raison que beaucoup d'élèves associent les lettres à **une abréviation**. La lettre est donc considérée comme un objet (Kuchemann, 1978, cité par Demonty , & Fagnant, 2019). Elle est vue comme un nom qui ne peut remplacer qu'une chose bien précise. Ainsi, dans cette conception naïve de la lettre, l'élève n'aura aucun souci à transformer $2a + 3a$ en $5a$ mais lorsque qu'il devra réduire $2a \cdot 3a$ il sera mis en défaut. Il obtiendrait 6 ananas au carré ?

Pourtant, l'introduction des lettres est justement faite pour substituer à celles-ci des objets, elles désignent alors des variables ou des quantités inconnues. Duval (2002) précise que les lettres peuvent donc également substituer d'autres signes. Et là, beaucoup d'élèves encore ne perçoivent pas qu'une lettre peut être remplacée par d'autres lettres, ou un groupement de lettres. Nous sommes alors dans un défaut de discrimination visuelle de la forme syntaxique d'une expression. Cela est surtout visible dans les produits remarquables ou une lettre de la « formule générale » peut être remplacée par un groupe de lettre. Pour essayer de contrer ce défaut, une présentation autre pourrait aider : $(\square + \diamond)^2$. (Duval, 2002).

D'autres apprenants imaginent que **la lettre a une valeur bien précise** dans toutes les situations. Dans cette conception erronée de la lettre, l'élève sera en difficulté dans les transformations d'expressions littérales. Il donnera une réponse chiffrée à tout prix vu qu'il donne une valeur à la lettre comme dans cette exemple : $2a + 3b + 2a = 10$ où $a = 1$, $b = 2$. (Kuchemann, 1978, cité par Demonty , & Fagnant, 2019)

Une autre difficulté liée au statut de la lettre est, par exemple, que des élèves pensent qu'il n'est pas possible d'effectuer l'opération $4x + x$ parce qu'ils ne connaissent pas la valeur de x et qu'il faut connaître cette valeur pour effectuer cette opération. Ils ne prennent pas conscience que la lettre prend « une signification opératoire », c'est-à-dire qu'elle représente non seulement une quantité indéterminée, mais qu'en plus on peut effectuer des opérations sur cette quantité, sans même savoir exactement ce qu'elle représente. De là, les apports des travaux de Kuchemann (1978, cité par Demonty , & Fagnant, 2019) mettent en avant la conception erronée de la lettre qui consiste à **ignorer la lettre**. Dans ce cas, l'élève ne prend en compte que les éléments numériques de l'expression littérale. Nous sommes de nouveau dans une illustration de l'élève comme calculateur aveugle qui transforme $2a + 6b - 3a + 8b$ en 13.

Voir derrière la lettre une quantité indéterminée n'est déjà pas évident mais à cela s'ajoute la difficulté d'opérer sur cette quantité. En effet, ces opérations demandent de considérer les expressions littérales tantôt d'une manière procédurale, tantôt d'une manière structurale et également de ne pas respecter la vision linéaire des opérations.

Structure de l'expression

Grugeon et Coppé (2009) mettent en avant que l'efficacité algébrique nécessite que les expressions algébriques s'interprètent aussi bien au niveau structural que procédural. Celle-ci demande également d'adapter son interprétation des expressions en fonction des différentes utilisations. Ainsi, une expression algébrique sera interprétée de manière procédurale si elle est vue comme une procédure à exécuter. Cette vision intervient lorsque qu'une valeur numérique est substituée à une variable. Par exemple, l'expression $x^2 + 4x + 4$ signifie, dans cette vision «prendre le carré d'un nombre, lui ajouter quatre fois ce nombre et lui ajouter quatre». Le travail arithmétique dans l'enseignement primaire reste trop souvent focalisé au niveau procédural. Dans l'interprétation structurale, l'expression littérale est vue comme un objet de sens. Ainsi, analyser l'expression de manière procédurale consiste à interpréter $x^2 + 4x + 4$ comme étant un trinôme du second degré : la somme du carré d'un nombre x , de son quadruple et de 4. Cette expression est donc vue comme des objets que l'on peut additionner, multiplier, factoriser. Pour que les élèves puissent entrer dans la signification des transformations algébriques, ils doivent ouvrir leur esprit par rapport aux symboles afin de les penser parfois de manière procédurale parfois de manière structurale (Grugeon, & Coppé, 2009, Vlassis, 2005, cité par Demonty, 2013).

Lors de l'analyse réalisée à partir de l'évaluation externe non certificative de 2008, Demonty (2013) signale que le passage de la vision strictement procédurale des expressions algébriques en une vision alternant le procédural et le structural est une difficulté des élèves lors des réductions d'expressions algébriques. Les élèves ont souvent tendance à garder une vision procédurale des expressions, ils veulent arriver à une expression ne comportant plus d'opérations.

Vision non linéaire des opérations

Opérer sur ces quantités indéterminées demandent également d'aller à l'encontre de la vision linéaire et se référer aux priorités des opérations. En effet, les élèves sont amenés à manipuler les lettres selon les « règles du jeu », des **règles syntaxiques de priorités** qui viennent des propriétés des opérations (Husserl, cité par Duval, 2002). Une des difficultés des élèves est alors d'aller à l'opposé de la linéarité de l'écriture pour respecter ces règles de priorité (Duval, 2002). De là, selon Coppé et Grugeon (2009), il est important de travailler à partir de la structure de l'expression littérale et repérer l'opération qui organise cette structure, c'est-à-dire la dernière effectuée dans l'ordre des priorités des opérations. Si nous reprenons l'expression $x^2 + 4x + 4$ afin d'arriver à la transformer, l'élève doit la voir comme une somme (vision structurale). Or, celle-ci comporte une puissance : x^2 , un produit : $4x$ et une somme de trois éléments. Dans cet exemple, respecter les priorités des opérations demande d'effectuer d'abord la puissance, puis le produit et enfin la somme. La dernière à effectuer est la somme, qui est la structure de l'expression. Pour Coppé et Grugeon (2009), cet élément est la base « de la reconnaissance d'une expression et des transformations et donc, d'un calcul intelligent » (p 12). Kieran (2007) indique que des recherches

avec des étudiants plus âgés montrent qu'une grande partie de ceux-ci continuent à éprouver des difficultés à voir cette structure.

Opération associée

Nous pouvons également mettre en avant un autre type d'erreur que certains élèves commettent. C'est « une erreur de saut à l'opération postérieure », erreur présente aussi dans les additions avec des entiers positifs et négatifs. En effet, les élèves ne comprennent pas que le signe qui précède le terme est associée au terme. Par exemple, $3-3n+4$ est transformé en $-1-3n$. Dans ce cas, l'élève a sauté de 3 – à 4 sans se rendre compte que le – était associé au $3n$ et non au 4. (Vlassis, 2001, Linchevski, & Herscovics, 1996, cités par Kieran, 2007).

2.5.3. Pistes

Après la mise en avant d'éléments qui peuvent être source de difficultés chez les élèves dans les activités transformationnelles, nous allons émettre des idées de pistes qui pourraient aider les élèves. La première est de donner du **sens aux expressions manipulées** par les élèves. Qu'ils puissent se rendre compte qu'une expression possède une valeur, que celle-ci dépend de la valeur attribuée à la lettre et qu'elle n'est pas modifiée si l'expression est transformée (Sackur, Drouhard, Maurel, & Pecal, 1997, cité par Demonty, & Fagnant, 2019). Cela montre l'intérêt de calculer la valeur numérique d'une expression. Ce calcul de la valeur numérique d'une expression algébrique relève de l'aspect procédural d'une expression. Ce type d'exercice est souvent demandé juste pour faire des calculs. Or, il paraît important de se servir de ce genre d'activité comme vérification. L'élève pourrait par ce biais vérifier les transformations d'expressions littérales (Coppé & Grugeon, 2009). Ensuite, les expressions souvent utilisées par les professeurs pour que les élèves ne réduisent que des termes semblables est souvent « on ne mélange pas des pommes et des poires ». ce type d'expression risque de renforcer une **conception naïve** des lettres. Il serait donc intéressant d'éviter d'utiliser ce genre de comparaison (Demonty, & Fagnant, 2019).

De plus, nous avons vu que l'élève doit jongler avec **l'aspect structural et procédural** des expressions en lien avec la vision calculatoire et relationnelle. Il serait alors intéressant de proposer aux élèves avant de commencer à transformer des expressions algébriques des exercices qui permettent aux élèves de prendre conscience de ces éléments. Voici quelques idées : travailler les transformations d'opérations grâce à leurs propriétés afin de voir l'égalité comme un symbole d'équivalence, traduire des calculs par des phrases pour aller à l'opposé de la vision linéaire d'un calcul ($2a + 6$ est la somme du double de a et de 6), rassembler des expressions égales écrites sous différentes formes,

Nous pouvons aussi nous tourner vers des initiatives d'un autre style, toujours dans le but d'aider les élèves à travailler le calcul littéral. C'est pour cette raison que nous proposons à présent

d'examiner une approche utilisant **des outils**. Même si celle que nous vous proposons date déjà de nombreuses années, nous pouvons remarquer qu'elles peuvent apporter des idées intéressantes. Selon Picciotto et Wah (1993), le problème avec l'enseignement de l'algèbre découle de cinq carences principales. La première vient d'une manipulation de symboles trop abstraite. La deuxième vient du fait que l'enseignant est le possesseur de la connaissance, le seul de la classe qui détient l'information sur la manière de manipuler correctement les symboles. La troisième lacune vient de l'inutilité apparente du calcul algébrique. Le travail proposé aux élèves ne permet pas de comprendre des liens avec des situations réalistes que les élèves pourraient rencontrer hors classe ou dans d'autres branches. Ensuite, la quatrième carence viendrait du fait de la séparation entre résolution de problèmes et acquisition de compétences via des exercices répétitifs. Enfin, la dernière déficience est liée à l'organisation des thèmes algébriques qui ne montreraient pas suffisamment des liens entre les chapitres, assimiler une idée puis passer à une autre et cela, même si le temps pour l'assimilation de la première n'a pas été suffisant. C'est pourquoi, Picciotto et Wah (1993) proposent de travailler l'algèbre selon le schéma ci-après (cf. figure 4). Cette façon de voir permet une interaction entre les thèmes et les outils afin de créer une base où peuvent se construire les concepts dans un environnement riche en résolution de problèmes.

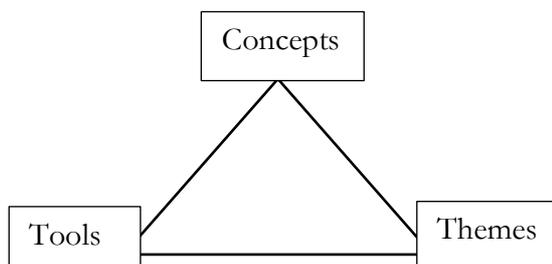
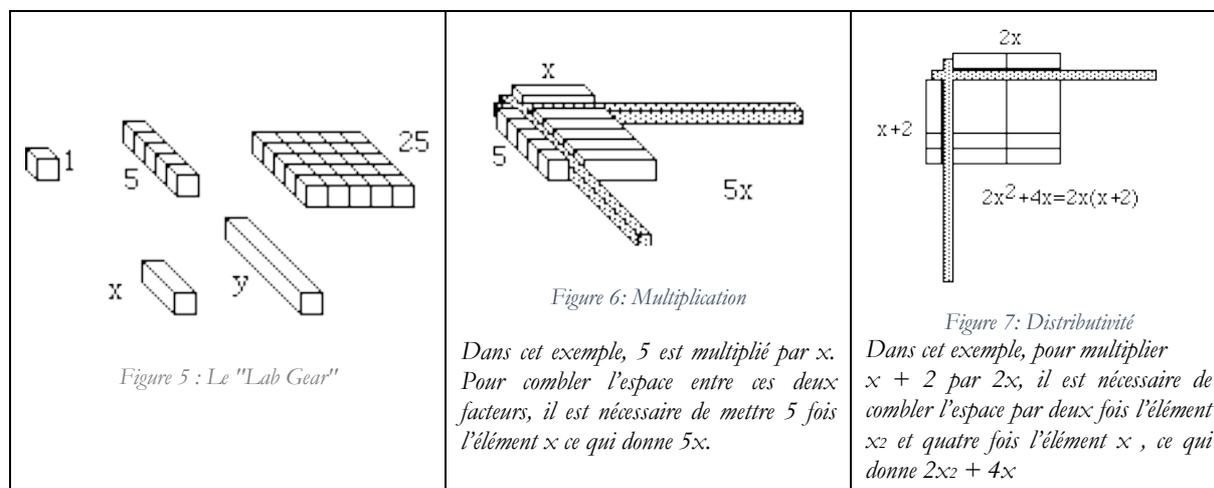


Figure 4 : *A New Algebra* (Picciotto et Wah, 1993)

L'enrichissement venant des outils provient du fait que les outils mathématiques vont servir à produire des modèles concrets permettant des manipulations abstraites et concrètes d'idées. De plus, la motivation peut provenir des contextes riches d'un point de vue mathématique tirés de problèmes réels ou fantaisistes. C'est dans ceux-ci que les concepts s'introduisent, s'explorent, se développent et se revisitent. Ces thèmes permettent donc de lier l'algèbre à d'autres parties des mathématiques et de se rendre compte des applications de l'algèbre. Dans leur modèle, la manipulation de symboles est alors vue comme un outil de résolution de problèmes. Le dernier élément mis en avant par Picciotto et Wah (1993), est une organisation en spirale des concepts qui vont permettre une exposition prolongée des thèmes et des liens plus évidents. Voici quelques outils mathématiques auxquels ils font référence : papier quadrillé, diagrammes fonctionnels, cartes géos, Lab Gear (un manipulateur d'algèbre), calculatrices scientifiques et utilitaires de graphisme électronique. Pour les activités transformationnelles qui nous intéressent dans notre expérimentation, nous pouvons nous attarder sur ce qu'ils appellent le Lab Gear qui est un système

de manipulation qui a pour but de modéliser de nombreux concepts et techniques algébriques (Picciotto, 1990, cité par Piccioto et Wah, 1993). Les manipulations reposent en partie sur le fait que l'aire d'un rectangle est le produit de sa longueur par sa largeur.

La figure 5 montre le matériel et les figures 6 et 7 illustrent une utilisation de celui-ci.



Les tuiles algébriques² fonctionnent de la même façon et servent de support pour des activités transformationnelles : réduire des expressions, résoudre des équations, opérations sur les polynômes, distribuer, ...

Selon Kieran (2007, cité par Demonty & Fagnant 2019), il n'y a pas un consensus à propos de ce type de supports. Certains chercheurs font part que cela n'aide pas à donner du sens car une charge supplémentaire est demandée aux élèves pour mettre en œuvre les stratégies d'utilisation de ces supports. Par contre, d'autres chercheurs pensent qu'ils simplifient la compréhension. Donc, si nous utilisons ce type de supports, il est essentiel d'avoir en tête qu'ils sont un support et non un outil technique qui est là pour répondre à des règles. Le but n'est pas de se retrouver dans le cas où l'aide proposée prend la place centrale sur l'objectif d'apprentissage visé comme un des exemples illustrés par Roiné (2012). Comme le modèle (cf. figure 4 p 24) de Piccioto et Wah (1993), l'importance est que les élèves puissent comprendre les liens entre les objets de manipulations (tools), les concepts mathématiques et les thèmes qu'ils travaillent.

2.5.4. Conclusion

Pour conclure, l'analyse de la spécificité du contenu et du processus d'enseignement et d'apprentissage des bases du calcul littéral nous permet une entrée dans notre thématique par le biais de l'interaction didactique. Ainsi, nous avons repéré des éléments qui favorisent les premiers pas dans l'apprentissage des règles de base du calcul littéral. Nous allons reprendre ces éléments. Tout d'abord, nous avons vu que le travail effectué en arithmétique peut aider l'élève à mieux entamer les premiers calculs algébriques. C'est pourquoi entraîner les élèves à la vision aussi bien

² Cf. ANNEXE 12 p 48-49

calculatoire que relationnelle est essentiel. Si l'élève n'a travaillé qu'une vision calculatoire, il ne pourra pas comprendre l'aspect structural d'une expression. Il restera persuadé que le symbole d'égalité amène un résultat. Il sera alors cantonné à une perspective structurale. Par contre, si l'élève a déjà travaillé en arithmétique la vision relationnelle qui permet de prendre conscience que le signe d'égalité est aussi un symbole d'équivalence entre deux expressions, il aura une vision plus globale des opérations et de l'égalité. Les techniques de calcul apprises seront alors au service des propriétés des opérations. Cette vision lui permettra de mieux appréhender l'aspect structural de l'expression algébrique.

Un autre élément essentiel concerne le sens des expressions algébriques. Si les élèves ne comprennent pas l'intérêt du calcul algébrique, la puissance de cet outil, ils ne comprendront pas l'intérêt de travailler l'objet algébrique. Ainsi, travailler les activités transformationnelles pour permettre à l'élève, dans les activités de niveau méta ou global, de transformer l'objet qu'ils auront créé grâce à des activités génératives, demande une grande compréhension du sens de l'algèbre. En général, les apprenants ne se rendent compte du formidable outil qu'est le calcul algébrique que bien plus tard dans leur parcours scolaire, s'ils s'en rendent compte un jour. Ils doivent également pouvoir saisir le lien entre toutes ces caractéristiques de l'algèbre. Les élèves débutants peuvent-ils arriver à s'en rendre compte ?

Nous avons vu également que des supports visuels (outils de manipulation) pourraient aider les élèves à entrer plus facilement dans l'algèbre et aider à la construction des concepts mathématiques. Mais alors, il ne faut pas oublier qu'il reste un support dont il faudra arriver à se détacher et dont les acquis devront faire l'objet de transfert, les liens devant être explicites pour les élèves.

L'enseignement des débuts de l'algèbre doit donc tenir compte de tous ces différents aspects : l'aspect du symbolisme formel, statut de la lettre, vision procédurale et structurale, Et cela est loin d'être aisé.

2.6. Modèles pédagogiques adaptés

A présent, nous allons nous tourner vers les modèles pédagogiques adaptés, une deuxième entrée de l'étude des difficultés d'apprentissage en mathématiques. Dans ces modèles pédagogiques adaptés, la focalisation s'effectue sur des méthodologies qui seraient plus propices à faire progresser les élèves en difficulté. Dans cette entrée, nous ne retrouvons pas une analyse approfondie de la matière à aborder, contrairement à l'interaction didactique.

Afin de repérer des pratiques pédagogiques qui seraient efficaces pour l'enseignement des mathématiques à ce type d'élèves, nous nous sommes basée sur un guide pour les enseignants réalisé à partir des résultats de la méta-analyse de Gersten et al. (2008, cité par Jayanthi et al., 2008). Cette méta-analyse s'est intéressée à l'enseignement des mathématiques à des élèves en difficulté (avec des troubles d'apprentissage ou des difficultés d'apprentissage sans diagnostic de trouble).

Ainsi, Jayanthi et al. (2008) ont répertorié sept pratiques pédagogiques efficaces pour l'enseignement des mathématiques aux élèves en difficulté, au départ de cette méta-analyse. Reprenons ces différentes recommandations pédagogiques.

2.6.1. Enseignement explicite

Utiliser l'enseignement explicite régulièrement est la première recommandation. Cet enseignement n'est pas une nouvelle approche mais celui-ci figure toujours parmi les approches d'enseignement efficace (Jayanthi et al., 2008). Utiliser de manière systématique l'enseignement explicite améliore les performances des élèves en difficulté en calcul, dans les problèmes verbaux et participe au transfert de compétences apprises à de nouvelles situations. Ce terme d'« enseignement explicite » reflète l'idée que rien n'est caché, rien n'est implicite (Hattie, 2012, cité par Gauthier, Bissonnette, & Richard, 2013). Gauthier et al. (2013) relatent que cet enseignement s'appuie sur le fait qu'apprendre est plus aisé si les fausses interprétations, les malentendus sont évités. De cette façon, cette pédagogie utilise :

- le « dire » : expliciter et permettre aux élèves d'accéder aux connaissances antérieures.
- le « montrer » : expliciter la tâche à faire en montrant l'exécution et en énonçant à voix haute la stratégie suivie aux élèves. Dans ce modelage, l'enseignant engage les élèves dans le développement de leur métacognition.
- le « guider » : les élèves effectuent des tâches en étant guidés, en recevant une rétroaction et un étayage appropriés. Ainsi, petit à petit, les élèves prennent conscience et commencent à utiliser leur propre langage interne.
- le « pratiquer » de manière autonome : le contrôle de la démarche est alors légué à l'élève. Nous pouvons parler de « désétayage ».

Ces étapes contribuent au développement de processus métacognitifs (Gauthier et al., 2013).

Cette instruction est aussi qualifiée d'explicite car c'est un enseignement direct dans lequel les éléments importants considérés sont précisés dans la préparation de ce qui sera enseigné et, dans lequel les stratégies qui doivent être utilisées sont également détaillées afin de faciliter l'apprentissage des élèves (Gauthier et al., 2013). Cet enseignement comprend donc des phases bien déterminées (Jayanthi et al., 2008). Dans cette façon d'apprendre, l'enseignant soutient intentionnellement l'apprentissage des apprenants par des actions qu'il entreprend lors de trois phases : la préparation et la planification, l'enseignement proprement dit et, le suivi et la consolidation (Gauthier et al., 2013).

D'ailleurs, la méta-analyse de Stevens et al. (2017) appuie l'utilisation d'un enseignement explicite en résolution de problèmes, en fractions et pour les mathématiques en général. Le rapport final du « National Mathematics Advisory Panel (National Mathematics Advisory Panel, 2008, cité par Jayanthi et al., 2008) recommande aux enseignants d'utiliser ce type d'enseignement régulièrement

mais pas nécessairement tout le temps. Selon ce rapport, l'enseignement explicite a montré son efficacité mais pas dans le cadre spécifique de l'enseignement à des élèves en difficulté. Or, selon Gauthier et al. (2013), différents travaux amènent à conclure qu'il existe suffisamment de données qui montrent que l'enseignement explicite est un système éducatif avantageux car les risques d'échec sont atténués, les effets sur l'apprentissage sont assurés et ce, pour une grande diversité d'élèves. Klahr et Nigam (2014, cités par Gauthier et al., 2013), ajoutent que les apprentissages sont profonds et durables.

2.6.2. Exemples pédagogiques

La deuxième prescription du guide recourt à l'utilisation de plusieurs exemples pédagogiques. Des recherches sur un enseignement efficace (Ma, 1999 ; Rittle-Johnson & Star, 2007 ; Silbert, Carnine, & Stein, 1989 ; cités par Jayanthi et al., 2008) soulignent que le choix des exemples dans l'enseignement de nouvelles compétences ou de nouveaux concepts mathématiques est fondamental. Le but de cette recommandation est que l'enseignant réfléchisse à sélectionner une variété d'exemples d'un problème type pour exposer les élèves aux différentes variantes de celui-ci. De cette façon, les caractéristiques essentielles de ces différents problèmes peuvent être mises en avant. La programmation des exemples revêt une plus grande importance au début d'un nouvel apprentissage pour permettre des bases solides afin que l'élève puisse maîtriser une nouvelle acquisition. Penser aux différents exemples demande de prévoir une progression de leur utilisation: du concret à l'abstrait, du plus simple au plus difficile, du simple au complexe (Gersten et al., 2008, cités par Cuenca-Carlino et al., 2015). De même, ce recours à un large panel d'exemples facilite le transfert à d'autres problèmes. (Jayanthi et al., 2008)

2.6.3. Verbalisation

La troisième instruction que nous développons vise à aider les élèves à verbaliser leurs décisions et solutions à un problème mathématique. Amener les élèves à verbaliser, c'est-à-dire à penser à voix haute est fondamental pour la construction de l'apprentissage. Ils peuvent de cette façon exprimer les étapes principales qui leur permettent d'aboutir à la solution du problème ou expliciter les étapes principales pour un type de problèmes.

Pour soutenir la verbalisation des élèves, nous pouvons utiliser différentes formes : un format de solution, un auto-questionnement/réponse. La verbalisation peut intervenir dans l'apprentissage initial, lorsqu'ils résolvent un problème ou après avoir résolu un problème. C'est intéressant de travailler de la sorte avec des élèves en difficulté qui sont souvent impulsifs et qui ne prennent pas le temps de la réflexion. Ils sont plus souvent dans une démarche superficielle de résolution de problèmes, ils prennent les nombres qui interviennent dans le problème et les combinent plutôt que de mettre en place une stratégie. Ainsi, la verbalisation pourrait permettre aux élèves en difficulté une autorégulation lors de résolutions de problèmes. (Jayanthi et al., 2008).

Van Nieuwenhoven et De Vriendt (2010) soulignent l'importance de la verbalisation également pour l'enseignant afin de comprendre l'erreur commise et afin que l'élève puisse aussi se rendre compte de son erreur. Le professeur pourrait ainsi l'aider par un questionnement du type : « Comment as-tu fait ? Pourquoi as-tu procédé ainsi ? Aurais-tu pu le faire d'une autre façon ? » (Van Nieuwenhoven , & De Vriendt, 2010, p 66).

De plus, comme nous l'avons vu les élèves en difficulté ont souvent des soucis au niveau de leurs stratégies. Il est donc essentiel de travailler les stratégies avec ce type d'élèves. Dans cette perspective, la verbalisation est essentielle. Selon Bosson et al. (2009), entraîner les stratégies est plus efficace s'il est accompagné d'une réflexion métacognitive. Pour ce faire, avant de modifier des stratégies, l'apprenant doit prendre conscience de sa façon de procéder et c'est, à ce niveau, qu'intervient la verbalisation. L'élève exprime alors à voix haute sa démarche de résolution.

2.6.4. Représentations visuelles

La recommandation suivante est d'apprendre aux étudiants à représenter visuellement les informations d'un problème mathématique. Cette façon de procéder est souvent utilisée par les enseignants : dessins, représentations graphiques pour expliquer ou éclaircir des problèmes. De même, les élèves recourent généralement à une représentation visuelle pour simplifier des problèmes. Si cette façon de procéder est systématique, elle contribue positivement aux performances en mathématiques. Cependant, pour de meilleurs gains, elle doit être utilisée en tenant compte de conditions particulières.

Ainsi, les représentations sont plus efficaces si elles sont enseignées explicitement. Les illustrations conçues spécifiquement pour traiter un type de problème particulier sont plus efficaces que celles qui ne sont pas propres à un problème particulier. Ainsi, Xin, Jitendra et Beatline-Bucman (2005, cités par Jayanthi et al., 2008) mettent en avant l'intérêt pour les élèves de repérer, dans un premier temps, le type de problème puis, sa représentation visuelle correspondante et enfin, sa transcription en langage mathématique afin de résoudre le problème. Pour terminer avec cette recommandation, Manalo, Bunnell et Stillman (2000, cités par Jayanthi et al., 2008), soulignent que les représentations visuelles sont plus bénéfiques si elles ne sont pas uniquement utilisées par le professeur mais par le professeur et les étudiants. (Jayanthi et al., 2008)

2.6.5. Stratégies multiples / heuristiques

Le cinquième conseil pédagogique suit la tendance actuelle dans l'enseignement des mathématiques. Il concerne l'apprentissage aux élèves de stratégies heuristiques pour résoudre des problèmes. L'utilisation d'heuristiques pour les élèves en difficulté montre des résultats encourageants. Une heuristique est une méthode ou une stratégie qui exemplifie une approche générale pour résoudre un problème.

Voici un exemple d'heuristiques (cf. tableau 5) utilisées lors d'une expérimentation en résolution de problèmes en secondaire (Hanin, V. , & Van Nieuwenhoven, C. , 2016). Ces heuristiques étaient accompagnées de questions guide.

- | |
|--|
| <ul style="list-style-type: none">- Faire un dessin, schéma, tableau de la situation ou reformuler l'énoncé- Estimer la solution a priori- Utiliser ses connaissances- Faire un plan de résolution- Faire les calculs nécessaires- Vérifier ses calculs et sa démarche- Interpréter le résultat obtenu- Communiquer la solution |
|--|

Tableau 5 : Heuristiques (Hanin, V., & Van Nieuwenhoven, C., 2016)

Des heuristiques peuvent servir à organiser l'information, résoudre une gamme de problèmes. Celles-ci contiennent en général un discours et une réflexion des élèves sur l'évaluation des différentes solutions pour au final choisir une solution pour résoudre le problème. (Jayanthi et al., 2008)

2.6.6. Évaluations formatives et feedbacks

La sixième recommandation est de fournir des données d'évaluations formatives continues et des feedbacks aux enseignants. Cela peut alors permettre aux enseignants de se rendre compte de l'avancement des élèves. De cette façon, ils peuvent adapter leur enseignement pour répondre au mieux aux besoins des élèves. Le groupe d'experts du National Mathematics Advisory Panel (2008, cité par Jayanthi et al., 2008)) qui a examiné des études de grande qualité sur l'évaluation formative, a mis en avant qu'utiliser les informations d'évaluation formative par les enseignants se traduit par des gains marginaux pour tous types d'élèves. Mais, lorsque les enseignants bénéficient de suggestions sur la façon d'adapter l'enseignement en fonction des données, des gains importants en mathématiques sont observés. (Jayanthi et al., 2008)

2.6.7. Enseignement par des pairs

La dernière recommandation issue de ce guide pour enseignants se rapporte à la pratique de l'enseignement par les pairs (Jayanthi et al., 2008).

Ce type d'enseignement peut prendre différentes formes. Ainsi, il arrive qu'un élève d'une année d'étude supérieure soit le tuteur d'un élève d'une année d'étude inférieure.

L'enseignement par les pairs peut également s'opérer au sein d'une même classe, un élève plus performant peut aider un étudiant moins performant. Il est encore plus intéressant que les deux étudiants puissent assurer les deux rôles : tuteur et tutoré.

Selon Jayanthi et al. (2008), un enseignement assisté par les pairs au sein d'une même classe semble aider des élèves ayant de faibles résultats, ayant des problèmes d'apprentissage en mathématiques (Baker, Gersten et Lee, 2002, cités par Jayanthi et al., 2008).

De plus, les interactions avec des pairs permettent d'expliquer les choix, les stratégies, la cause de l'erreur. De cette façon, la métacognition est aussi travaillée. Ces échanges entre pairs peuvent également apporter du plaisir dans une recherche commune, découvrir et se tromper ensemble. (Van Nieuwenhoven, & De Vriendt, 2010).

2.6.8. Conclusion

Nous venons de parcourir des pédagogies qui se sont montrées efficaces pour des élèves en difficulté d'apprentissage en mathématique. De cette façon, nous cernons mieux l'entrée de l'étude des difficultés d'apprentissage par le biais des modèles de pédagogies adaptés. Ainsi, lorsque le choix se porte sur cette entrée, nous pouvons retrouver l'enseignement explicite, un enseignement recourant à plusieurs exemples pédagogiques, la verbalisation, la représentation visuelle d'un problème, l'utilisation d'heuristiques, l'importance des feedbacks et de l'évaluation formative et le tutorat.

2.7. Variables motivationnelles

La dernière partie de cette revue de littérature porte sur les variables motivationnelles. En effet, de nombreuses recherches mettent en avant que ces variables doivent être considérées lorsque les difficultés d'apprentissage en mathématiques sont étudiées. Nous ne pouvons donc pas ne pas nous attarder sur ce sujet.

2.7.1. Sentiment de compétence

Selon Viau (2002), élèves en difficulté et problèmes de motivation vont souvent ensemble. Leur démotivation en milieu scolaire vient souvent de difficultés à apprendre, de nombreux échecs, de l'image qu'ils ont aux yeux des autres. Donc, il faut bien avoir en tête, comme le dit Viau (2002), que pour apprendre il faut pouvoir et vouloir. Pouvoir en utilisation de bonnes stratégies et vouloir en étant motivé. Cela rejoint Bosson et al. (2009) qui relatent que l'enseignement de stratégies est plus efficace s'il est accompagné d'un travail sur différentes variables motivationnelles. En effet, l'élève doit se sentir capable d'améliorer sa performance. Or, souvent les élèves en difficulté ont une histoire avec l'échec scolaire qui les amènent à avoir des pensées du type : « Quoi que je fasse, je n'y arriverai pas » (Viau, 2002). Ainsi, Bosson et al. (2009) proposent, afin de travailler l'aspect motivationnel de faire passer à l'élève un sentiment de compétence en mettant en avant les points positifs de l'élève dans sa méthodologie, et de montrer à l'élève le lien entre sa stratégie et sa performance. L'élève doit donc expérimenter qu'il a des compétences et que son engagement stratégique contribue à ses réussites.

2.7.2. Sentiment d'auto-efficacité

En plus de pratiques efficaces, travailler les variables motivationnelles est important. D'ailleurs, le sentiment d'auto-efficacité est un facteur essentiel influençant les performances scolaires (Lane, & Lane, 2001, cités par Cuenca-Carlino, et al., 2015). Enseigner des stratégies accroît ce sentiment d'auto-efficacité (Siegle et Mc Coach, 2007, cités par Cuenca-Carlino et al., 2015) et les stratégies autorégulées et les structures de l'enseignant sont des facteurs déterminants pour ce sentiment (Usher, 2009, cités par Cuenca-Carlino et al., 2015).

Ce sentiment d'auto-efficacité qualifie les croyances qu'une personne a par rapport à sa faculté à performer. Ce sentiment intervient lors de la détermination de l'investissement de la personne à poursuivre la finalité fixée, la persistance de son effort et la façon de réagir émotionnellement face à des obstacles. Les origines de ce sentiment sont diverses. Ainsi, plus un apprenant rencontrera des situations de succès dues à son comportement, plus il croira en ses capacités. De même, l'observation d'expériences d'autres élèves peut accroître ou diminuer ce sentiment. Nous pouvons également faire référence à des remarques, conseils, ... qui peuvent amener l'élève à croire qu'il possède la capacité pour effectuer une tâche avec succès. Une dernière source est relative à l'état émotionnel. Par exemple, un état d'anxiété associé à une performance médiocre, pourrait mener l'élève à douter de ses compétences. (Rondier, 2004)

2.7.3. Dynamique motivationnelle

Dans son modèle de la dynamique motivationnelle, Viau (1999, 1998, cité par Viau, 2002) dégage trois sources à celle-ci : la perception de la valeur d'une activité, la perception de sa compétence et la perception de sa contrôlabilité. Gauthier et al. (2013) rejoignent ce point de vue en soulignant que la manière dont l'élève entre dans un processus de traitement de l'information, dépend de la perception de celui-ci sur ce qu'il doit faire, ses compétences à le réaliser et le pourquoi il le fait. Viau (2002) précise que la perception de la valeur d'une activité est le diagnostic que l'élève fait sur l'utilité ou l'intérêt de l'activité pour arriver à l'objectif visé. Quant à la perception de sa compétence, elle se rapporte à la perception que l'élève a de lui-même, avant de commencer une activité qu'il n'est pas sûr de réussir, évaluant ses facultés à réaliser l'activité de façon appropriée. Markus, Cross et Wurf (1990, cité par Leclerc, Larivée, Archambault et Janosz, 2010) proposent un modèle de la réussite scolaire où ils font référence à ce sentiment de compétence. Selon eux, une personne réussit dans un domaine particulier si elle a les facultés pour le faire mais également si elle est consciente qu'elle les possède. Ainsi, cette personne aura une perception qui l'aidera à choisir des stratégies plus adéquates qui lui permettent de réussir la tâche, d'évaluer ses chances de succès et d'échec, et ainsi, d'avoir un sentiment de compétence. D'ailleurs, l'étude de Leclerc et al. (2010) montre une corrélation positive entre le sentiment de compétence et les performances scolaires. Ils se sont plus particulièrement intéressés au sentiment de compétence en mathématiques. Leurs résultats

montrent que la performance scolaire serait plus liée au sentiment de compétence qu'aux capacités intellectuelles. De là, nous voyons l'importance de travailler le sentiment de compétence des élèves. Ce sentiment pourrait être travaillé par du tutorat entre pairs lié à de l'enseignement coopératif (Box , & Little, 20013, cité par Leclerc et al., 2010). Nous voyons que cela peut être, entre autres, travaillé dans une des recommandations de Jayanthi et al. (2008) : l'enseignement par les pairs (Cf. supra 3.6. modèles pédagogiques adaptés p 31). Nous voyons dans ce sentiment de compétence une complémentarité au sentiment d'auto-efficacité évoqué ci-avant. Concernant la dernière composante motivationnelle, selon le modèle de Viau (Viau, 1999, 1998, cité par 2002), la perception de contrôlabilité a trait à la perception que l'élève se fait du contrôle qu'il a lors du déroulement de l'activité. Dwek (2000, cité par Gauthier et al., 2013) montre que ce sentiment dépend de la vision statique ou dynamique que l'élève se fait de l'intelligence. S'ils attribuent leur résultat à des facteurs externes hors de leur contrôle, ils pensent ne pas pouvoir influencer leur performance. Tandis que ceux, qui ont une vision dynamique de leur intelligence, penseront que leur effort servira à leur performance. Ainsi, en fonction de sa vision, l'implication de l'élève dans des activités d'apprentissage sera différente. L'enseignant a un rôle primordial à jouer dans cette vision. Ainsi, comme Gauthier et al. (2013) le relatent, un enseignant, qui met en évidence que la réussite est en lien avec les efforts que l'élève a menés, ainsi que ses stratégies, encouragera une vision dynamique de l'intelligence.

La figure 8 montre que ces trois sources de perception influencent des comportements d'apprentissage.

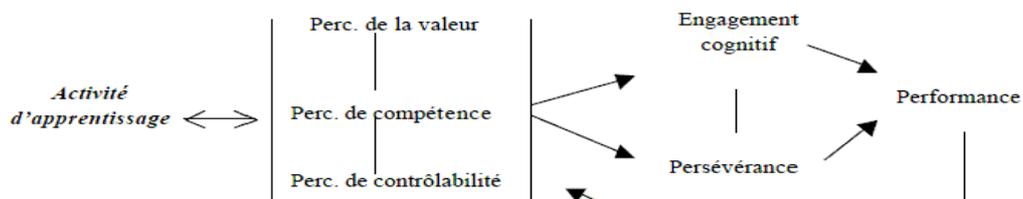


Figure 8 : : Un modèle de la dynamique motivationnelle (Viau, 1999, 1998, cité par Viau, 2002)

2.7.4. D'autres éléments à prendre en compte

Nous sommes consciente que ce ne sont pas les seuls éléments motivationnels à prendre en compte mais les enseignants n'ont pas de prise sur ces autres éléments. Nous pourrions faire référence, comme Van Nieuwenhoven et De Vriendt (2010) le soulignent, à la sphère affective qui provoque de véritables blocages affectifs pour les mathématiques de certains élèves. Les situations personnelles vécues par certains élèves interfèrent sur leur performance scolaire et un des sentiments le plus évoqué est une anxiété. Cette sphère fait partie de ce que Viau (2002) nomme facteurs relatifs à la vie de l'élève. Il évoque également des facteurs relatifs à l'école (règlements, horaires, ...) et les facteurs relatifs à la société (valeurs, culture, lois). Tous ces facteurs, selon Viau

(2002) influencent la dynamique motivationnelle de l'élève. Les derniers types de facteurs mis en avant par Viau (2002) sont ceux relatifs à la classe. Ceux-ci peuvent être contrôlés par l'enseignant (enseignant, évaluation, climat de classe, activités, ...) et vont soit conduire à accroître la motivation de l'élève soit l'inverse.

2.7.5. Conclusion

Comme nous venons de le voir, des composantes motivationnelles sont à prendre en compte lors des apprentissages et cela est d'autant plus vrai si nous travaillons avec des élèves en difficulté. Ainsi, nous ne pourrions pas intervenir efficacement sans tenir compte de cet aspect.

Nous retiendrons que, vu que les sentiments de compétence et d'auto-efficacité sont liés à la performance, un travail sur ces variables semble intéressant. Ainsi, travailler des stratégies peut aider à accroître ces sentiments. En effet, si l'élève parvient à se rendre compte que c'est le développement de la stratégie qu'il a entreprise qui lui permet d'arriver à une réussite, il arrivera à se sentir compétent et à se rendre compte qu'il lui est possible d'être efficace.

2.8. Conclusions

Dans le but d'analyser des dispositifs d'aide aux élèves en difficulté en calcul littéral, nous avons tout d'abord cherché à clarifier ce terme d'élèves en difficulté. Celui-ci renferme divers concepts et dimensions. Notre retiendrons qu'il n'y a pas de définition précise du terme « élèves en difficulté ». Les enseignants parlent de cette façon de certains de leurs élèves qui ont comme caractéristique commune de ne pas répondre aux attentes du système scolaire (Cousin 2007, cité par Roiné 2011). Cependant, certaines recherches (Cuence-Carlino et al., 2015) donnent des caractéristiques cognitives à ces élèves faibles (déficit en mémoire de travail, stratégies cognitives, autorégulation inefficace). Notons aussi que ce sont principalement des facteurs environnementaux qui influencent les difficultés d'apprentissage en mathématiques (Berch , & Mazzocco, 2007 ; Jordan , & Levine, 2009 ; cités par Giroux, 2014 ; Van Nieuwenhoven , & De Vriendt, 2010).

Selon Stevens et al. (2017), les interventions, pour aider les élèves en difficulté en mathématiques, ont montré une note positive et ont modifié la trajectoire de ces élèves. Intervenir auprès d'élèves faibles serait donc efficace. Pourtant certaines interventions ont montré des limites, celles qui concernent des élèves plus âgés (Stevens et al., 2017), celles qui suivent une logique d'adaptation et une contrainte de l'échec (Giroux, 2007, Favre 200 », cités par Roiné, 2014) et celles qui succombent à l'effet pharmakeia (Roiné, 2012).

Ensuite, dans l'optique d'étudier les difficultés d'apprentissage en mathématiques, Giroux (2014) proposent différentes entrées. D'un côté, nous avons porté notre attention sur l'entrée influencée par la psychologie cognitive et les modèles pédagogiques adaptés provenant plutôt de l'espace

anglo-saxon. D'un autre côté, nous nous sommes dirigée vers de l'interaction didactique où le contenu a la place centrale.

Ainsi, pour l'interaction didactique qui comprend l'étude du contenu matière, nous avons effectué une analyse de l'enseignement / apprentissage du calcul littéral, thème de notre intervention. Celle-ci a permis de prendre conscience des difficultés que les élèves peuvent rencontrer lors de leurs premiers apprentissages de l'algèbre (Kieran, 2007 ; Coppé & Grugeon, 2014 ; Duval 2002 ; Duperré , & Fenice, 1999 ; Demonty , & Fagnant, 2019). Par cet approfondissement, nous avons pu prendre connaissance d'outils proposés par Picciotto et Wah (1993) qui pourraient aider les élèves dans l'acquisition des transformations d'expressions algébriques. Cependant, l'utilisation de ce type d'outils ne fait pas l'unanimité dans le monde scientifique (Kieran, 2007 ; Roiné, 2012).

Pour les modèles pédagogiques adaptés, nous nous sommes tournée vers des recommandations élaborées par Jayanthi et al. (2008) suite à la méta-analyse de Gersten et al. (2008, cités par Jayanthi et al., 2008). Ces recommandations sont des pratiques qui ont prouvé leur efficacité auprès des élèves en difficulté.

Nous voyons donc dans l'interaction didactique et dans les modèles pédagogiques adaptés des façons différentes d'entrevoir l'aide aux élèves en difficulté mais nous nous demandons si celles-ci ne pourraient pas être complémentaires et amener un plus dans la perspective d'intervenir le plus efficacement possible auprès de ce type d'élèves.

Parallèlement aux approches possibles, le type de dispositifs à mettre en place doit dépendre des buts et de l'objet de l'intervention. Souhaitons-nous intervenir plutôt sur les fonctions cognitives ou sur le contenu ? Souhaitons-nous remédier aux difficultés des élèves ou miser sur leur potentiel ? Répondre à ces questions, c'est prendre le temps de réfléchir son intervention et l'orienter, ce que nous ferons avant d'effectuer notre intervention. (Mary , & Squalli, 2019)

De plus, il est important de ne pas négliger l'aspect motivationnel qui doit être pris en compte selon de nombreuses recherches traitant de notre thématique (Bosson et al., 2009 ; Viau, 2002). Au vu de ces études, le sentiment de compétence (Bosson et al., 2009 ; Leclerc et al., 2010) et d'auto-efficacité (Lane , & Lane, 2001 cités par Cuenca-Carlino et al., 2015 ; Rondier, 2004) sont deux variables motivationnelles qui apparaissent essentielles lorsque les élèves ont des difficultés d'apprentissage. Ces sentiments étant liés à l'aspect stratégique. C'est par ce biais que nous en tiendrons compte.

Partie Pratique

Chapitre 3 : Question et hypothèses de recherche

3.1. Question de recherche

Au vu du chapitre précédent, il existe un consensus sur le fait qu'il est possible d'aider les élèves en difficulté d'apprentissage en mathématiques à progresser. Mais cependant, la mise en œuvre de cette aide est loin d'être évidente.

En effet, la méta-analyse de Stevens et al. (2017) a montré l'importance des interventions dans ce domaine en vue d'améliorer les résultats en mathématiques et un changement de trajectoire pour ce type d'élèves. Par contre, des réserves ont été mises en évidence concernant les élèves plus âgés et les dispositifs qui cherchent à combler des manquements des élèves au détriment de l'objet d'apprentissage (Stevens et al., 2017 ; Roiné, 2014 ; Mary , & Squalli, 2019). Cela illustre bien le fait qu'il ne suffit pas de proposer un dispositif d'aide pour que celui-ci se révèle efficace, cela illustre l'effet « Pharmakéia » (Roiné, 2012).

C'est pour cette raison que nous souhaitons tout d'abord, par le présent travail, estimer si l'intervention que nous effectuerons permettra aux élèves de progresser. Nous pourrions alors constater si, vu les difficultés organisationnelles mentionnées par des témoignages d'enseignants et, vu les pièges à éviter, les effets escomptés seront produits.

Ces constats nous amènent à formuler une question générale : « **Quel dispositif mettre en place pour aider les élèves en difficulté en mathématiques ?** ».

Afin de donner une réponse à cette question, nous avons décidé de mener des travaux en situation réelle de classe avec des enseignants de terrain au premier degré de l'enseignement secondaire et plus particulièrement en deuxième année. Cette décision est en lien avec l'organisation de l'établissement qui propose deux heures de mathématiques supplémentaires pour les élèves repérés faibles en fin de première année. En effet, peu de recherches ont été effectuées auprès d'élèves de cette tranche d'âge sur le sujet. D'ailleurs, une seule est répertoriée par la méta-analyse de Stevens et al. (2017). Il existe donc un manque à ce niveau-là.

Ensuite, nous devons penser notre intervention en utilisant une des approches du modèle de Giroux (2014). Notre revue de la littérature a développé deux entrées qui montrent chacune une vision différente des difficultés d'apprentissage en mathématiques : les modèles pédagogiques adaptés et l'interaction didactique. Nous pensons qu'il serait intéressant de concilier ces deux approches. Nous sommes convaincue par vingt ans d'enseignement des mathématiques qu'analyser le contenu à enseigner pour proposer des situations didactiques adéquates au public ciblé est

essentiel. D'ailleurs, la méta-analyse de Seidel et Shavelson (2007) reprend, dans les composantes qui permettent le plus de progrès dans un domaine, celles liées à l'apprentissage du domaine lui-même (activités d'apprentissage nécessaires et propres à faire acquérir des connaissances ou compétences dans un domaine). Cependant, nous ne sommes pas certaine que cela soit suffisant. C'est pourquoi, il nous semble également important de proposer ces situations en utilisant des pédagogies appropriées à ces élèves vu le résultat d'autres méta-analyses (Stevens et al., 2017, Jayanthi et al., 2008). C'est, cette vision, que nous cherchons à expérimenter au cours de notre intervention.

Puis, comme Mary et Squalli (2019) l'ont mis en avant, pour intervenir efficacement, les questions du but et de l'objet de l'intervention doivent être abordées afin d'orienter celle-ci.

Tout d'abord, concernant l'objet d'intervention, nous nous sommes intéressée au contenu. Ainsi, nous avons parcouru les sous-domaines les moins bien réussis lors du CE1D mathématiques et nous avons opté pour le calcul littéral. En effet, celui-ci se place à l'avant-dernière position dans le classement des sous-domaines (classement établi dans l'ordre décroissant du taux de réussite). Nous avons alors parcouru dans la littérature de recherche les obstacles que les élèves doivent franchir afin d'entrer dans l'apprentissage de ce domaine particulier des mathématiques. Par conséquent, nous porterons notre attention sur les aspects suivants de l'apprentissage de l'algèbre : le symbolisme utilisé, le statut de la lettre, l'aspect structural et procédural d'une expression en parallèle des visions relationnelle et calculatoire et la valeur numérique d'une expression. À partir de là, il nous paraît possible de proposer des outils et activités issues de cette analyse. Cet objet d'intervention nous permet une étude des difficultés d'apprentissage en mathématiques par interaction didactique (Giroux, 2014).

Nous souhaitons également porter notre objet d'intervention sur les fonctions cognitives générales. Pour cela, nous avons décidé de partir de pratiques qui ont prouvé leur efficacité. Nous étudierons, ainsi, également les difficultés d'apprentissage en mathématiques par les modèles pédagogiques adaptés. Cela explique que nous utiliserons les recommandations pédagogiques issues de la méta-analyse de Gersten et al. (2008, cité par Jayanthi, 2008). Dès lors, notre objet d'intervention se situe au centre des pôles « contenu » et « fonctions cognitives » (Cf. figure 2 p 14). Nous pensons donc, que, ces deux entrées (interactions pédagogiques et pédagogies adaptées) nous autorisent à envisager un dispositif combinant ces deux objets.

Pour la question du but de l'intervention, nous souhaitons faire progresser les élèves dans le calcul littéral, but principal de notre action. Cependant, nous souhaitons également tenir compte de la réalité du terrain où nous intervenons. Nous devons alors nous demander la forme du dispositif à mettre en place. Nous avons vu que différents types de dispositifs existent et que chacun de ceux-ci peut montrer des avantages et des limites. Comme Giroux (2014, cité par Theis, et al., 2014) l'a souligné, selon notre conception de l'aide, nous pouvons soit être dans un courant à visée

remédiate, soit miser sur le potentiel des élèves. En combinant, les apports des différents dispositifs et le contexte d'intervention, nous tenterons de situer notre intervention dans un but de développement du potentiel de l'élève.

De plus, au vu de l'importance des variables motivationnelles mises en avant dans la littérature de recherche, il nous paraît possible qu'un travail sur le sentiment de compétence et d'auto-efficacité soit réalisé au travers des pratiques pédagogiques efficaces qui seront utilisées. L'enseignant pourrait également souligner les aspects positifs des démarches des élèves et, appuyer le fait que les stratégies que les élèves mettent en place sont en lien avec leur performance. Comme nous interviendrons dans un cours spécifique pour les élèves en difficulté, nous souhaitons également avoir le sentiment des élèves sur le fait qu'ils ont été orientés dans celui-ci.

Toutes ces perspectives nous amènent à formuler une question de recherche plus précise :

« La mise en place d'un dispositif visant à aider les élèves en difficulté en calcul littéral, s'appuyant sur des outils didactiques et sur des pratiques pédagogiques efficaces, peut-il s'avérer porteur d'efficacité aussi bien sur le plan cognitif que sur le plan motivationnel ? ».

Cette efficacité sera mesurée au niveau de deux aspects :

- Cognitif : évolution au niveau de la capacité à réaliser des activités transformationnelles en rapport avec les bases du calcul littéral ;
- Motivationnel : évolution du sentiment de compétence, du sentiment d'auto-efficacité, et de l'utilité perçue du cours d'activités mathématiques (2 heures supplémentaires de mathématiques pour les élèves en difficulté).

3.2. Hypothèses de recherche

Pour répondre à notre question de recherche, nous émettons différentes hypothèses issues des débats que nous avons illustrés

3.2.1. Hypothèse 1

La première hypothèse que nous formulons est en lien avec la composition de l'échantillon de notre étude et les variables motivationnelles qui seraient liées à ces élèves.

« Les élèves en difficulté en mathématiques, qu'ils suivent ou non le cours d'activités mathématiques, ont un sentiment d'auto-efficacité et de compétence en mathématiques moins élevé que les autres élèves de deuxième année. »

3.2.2. Hypothèse 2

Notre deuxième hypothèse concerne l'efficacité de la mise en œuvre d'un dispositif d'aide et les pièges dans lesquels il faut éviter de tomber. C'est pourquoi nous formulons l'hypothèse suivante :
« D'un point de vue cognitif et motivationnel, les élèves en difficulté d'apprentissage en mathématiques progressent si une intervention spécifique leur est consacrée. »

3.2.3. Hypothèse 3

La troisième hypothèse est liée à l'approche des études des élèves en difficulté d'apprentissage en mathématiques. Ainsi, nous émettons la supposition suivante :

« D'un point de vue cognitif, les élèves dont l'intervention est basée sur de l'interaction didactique et sur des modèles pédagogiques adaptés progressent davantage que les élèves qui bénéficient d'une action liée uniquement à l'interaction didactique ».

3.2.4. Hypothèse 4

Notre quatrième hypothèse, nous l'avons pensée en lien avec l'utilité que les élèves se font sur le cours supplémentaire nommé « activités mathématiques » qu'ils suivent parce que faibles en mathématiques. Ainsi, nous supposons que :

« D'un point de vue cognitif, les élèves qui perçoivent l'utilité du cours d'activités mathématiques progressent davantage que ceux qui n'en perçoivent pas l'utilité. »

3.2.5. Hypothèse 5

La dernière hypothèse se rapporte au développement des variables motivationnelles suite à l'intervention. Notre hypothèse à ce sujet est donc :

« Les élèves dont l'intervention est basée sur de l'interaction didactique et sur des modèles pédagogiques adaptés ont un sentiment d'auto-efficacité et de compétence en progrès par rapport aux élèves qui bénéficient d'une action liée uniquement à l'interaction didactique. »

Chapitre 4 : Méthodologie

La méthodologie relatée dans cette partie a tenu compte des spécificités propres à l'établissement dans lequel s'est déroulée l'intervention. Nous avons cherché à tester notre question de recherche et à vérifier nos hypothèses en respectant la réalité du terrain. Certains choix dans l'intervention ont donc été opérés en fonction de cette contrainte.

Cette méthodologie prévue initialement a subi quelques modifications. En effet, notre intervention n'a pas pu être menée à son terme suite à la pandémie du Coronavirus (COVID-19). Nous relaterons, tout au long de ce chapitre, les changements que cette situation a occasionnés.

4.1. Résumé de la démarche méthodologique

Cette partie présente un résumé de la démarche méthodologique qui sera ensuite détaillée. Pour cette recherche, nous nous sommes dirigée vers un dispositif quasi-expérimental. Pour notre recherche, nous avons créé deux groupes expérimentaux et un groupe contrôle. Ce procédé prévoyait un prétest, une phase d'intervention, un post-test et un post-test différé.

Cette méthodologie a dû subir quelques modifications. En effet, la phase d'intervention n'a pu être menée à son terme dans un des deux groupes expérimentaux et les post-tests n'ont pu être réalisés. La figure suivante (cf. figure 9) présente les outils que nous avons prévu d'utiliser pour vérifier les hypothèses formulées au chapitre précédent, ainsi que les changements apportés à ceux-ci vu les circonstances.

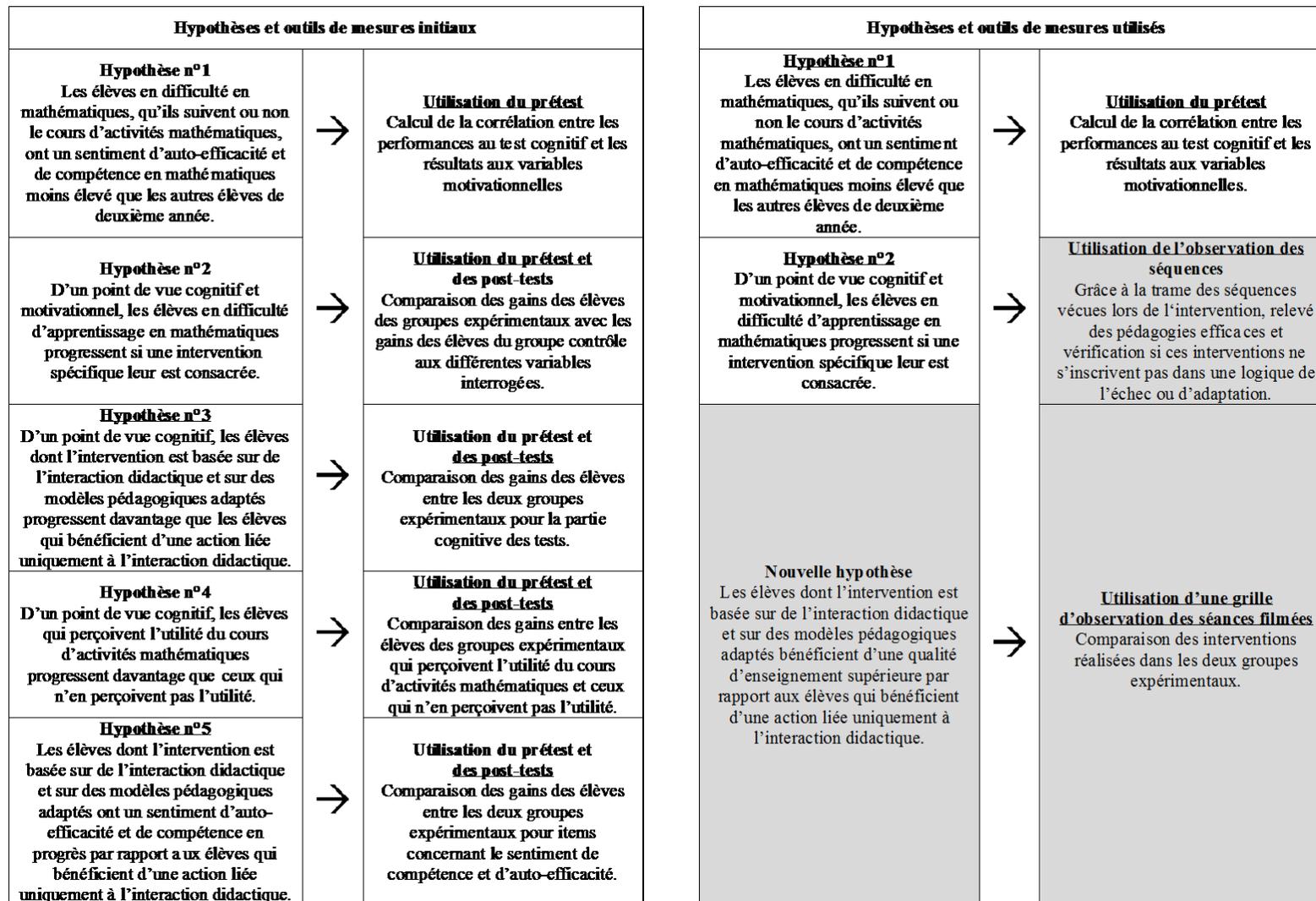


Figure 9: Schéma des outils utilisés pour vérifier les hypothèses.

4.2. Échantillon

Notre recherche cible le calcul littéral en 2^{ème} année de l'enseignement secondaire. L'échantillon de celle-ci se compose donc de tous les élèves de 2^{ème} année commune d'une école de la Province de Liège. Parmi ces cent-cinquante-quatre élèves, nous avons formé différents groupes pour les besoins de ce travail : deux groupes expérimentaux nommés GE1 et GE2 et un groupe contrôle (GC). Reprenons plus en détail les spécificités de chacun de ces groupes.

L'établissement ciblé organise un cours dénommé « activités mathématiques » pour les élèves considérés par les enseignants comme particulièrement faibles, au regard des résultats en mathématiques obtenus à la fin de la 1^{ère} année secondaire. Il existe quatre groupes d'une dizaine d'élèves qui bénéficient de ces deux heures supplémentaires d'activités mathématiques. Pour les besoins de notre recherche, nous avons réalisé notre intervention dans ce cours puisque notre but est d'analyser des dispositifs d'aide aux élèves en difficulté en mathématiques. Deux de ces groupes (G1 et G2) forment le groupe expérimental n°1 (GE1). Dans celui-ci, deux enseignantes différentes donnent cours. Elles ont accepté pour les besoins de la recherche de travailler ensemble pour dispenser le même enseignement dans ces deux groupes (G1 et G2). Ainsi, les élèves de ces deux groupes ont été rassemblés pendant les périodes de l'intervention. Les deux autres groupes (G3 et G4) qui suivent le cours d'activités mathématiques composent le groupe expérimental n°2 (GE2). La même enseignante dispense le cours dans ces deux groupes. Elle fut assistée par une autre enseignante³ pour que les deux groupes expérimentaux bénéficient des conditions d'enseignement les plus semblables possibles. Un groupe contrôle (GC) fut constitué à partir du pré-test. Pour composer ce groupe, nous avons recherché des élèves de même profil que ceux des groupes expérimentaux au regard des résultats au test cognitif et au questionnaire sur les variables motivationnelles. Ces élèves ne suivent pas le cours d'activités mathématiques, ils n'ont donc pas reçu une aide supplémentaire sur le calcul littéral.

Dans le GE1, les enseignants ont utilisé des outils didactiques, s'appuyant sur les recherches mises en évidence dans la revue de littérature, que nous avons proposés sans recommandations pédagogiques particulières.

Dans le GE2, l'enseignante a donné cours en s'appuyant sur ces mêmes outils. Cependant, nous avons collaboré avec l'enseignante pour établir la trame de la séquence en se référant aux pratiques pédagogiques efficaces pour l'enseignement aux élèves en difficulté référencées par Jayanthi et al. (2008).

³ Lors de la phase d'intervention, l'enseignante du GE2 effectuait un remplacement d'un professeur de mathématiques de l'enseignement secondaire supérieur. S'étant engagée à participer à cette recherche, elle a dispensé les heures de cours du cours dans le GE2. La seconde enseignante présente lors de l'expérimentation était donc son intérimaire.

Le schéma de la figure 10 synthétise l'échantillon de notre recherche.

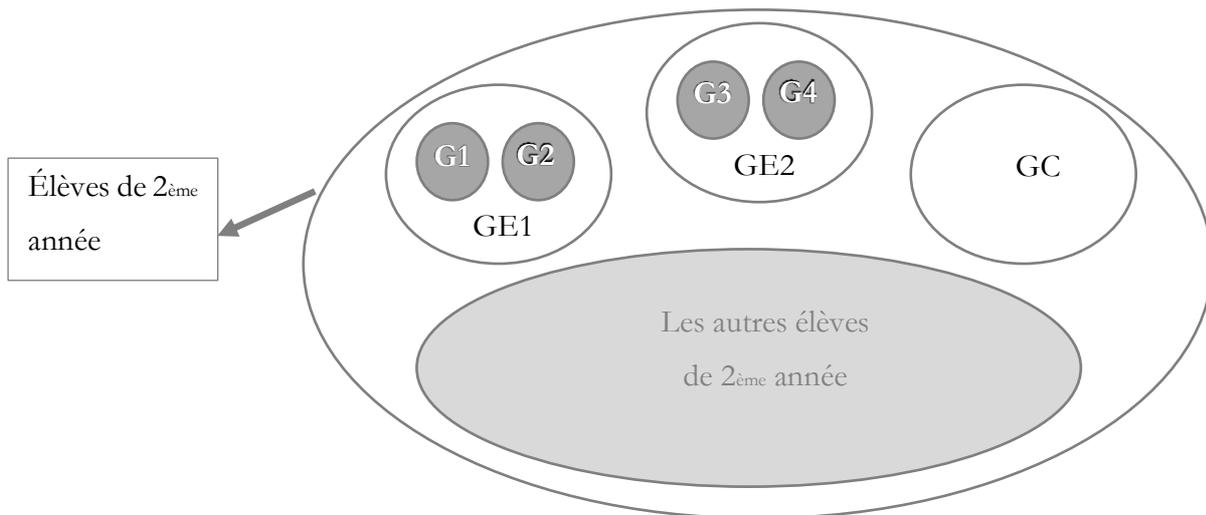


Figure 10: Échantillon

4.3. Schéma expérimental

Plan initialement prévu

Pour tester la question de recherche, un dispositif quasi-expérimental a été élaboré. Celui-ci est constitué de quatre phases principales : un pré-test, une phase d'intervention, un post-test et un post-test différé (cf. figure 11).

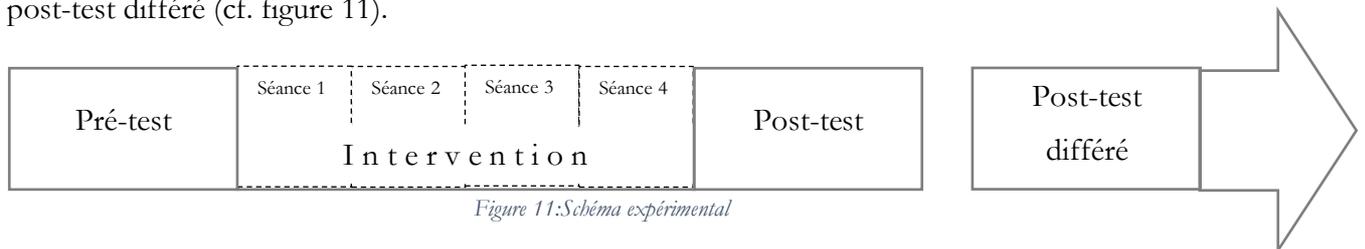


Figure 11: Schéma expérimental

Une fois la séquence de cours sur les règles de base du calcul littéral donnée par les enseignants dans leurs conditions habituelles de travail, un pré-test fut réalisé auprès des cent-cinquante-quatre élèves de deuxième année de l'école. Ce test comprenait une partie cognitive et une partie centrée sur les variables motivationnelles. Le post-test devait être proposé directement après l'intervention, de nouveau à l'ensemble des élèves de 2^{ème} année, de même nature que le prétest. Le post-test différé quant à lui, était planifié un mois plus tard. Par celui-ci, nous souhaitons voir l'effet à moyen terme de leurs acquis sur les bases du calcul littéral.

Plan modifié

Suite à la crise du COVID-19, nous avons élaboré quelques modifications dans le schéma expérimental. Celui-ci a donc été modifié de cette façon (cf. figure 12)

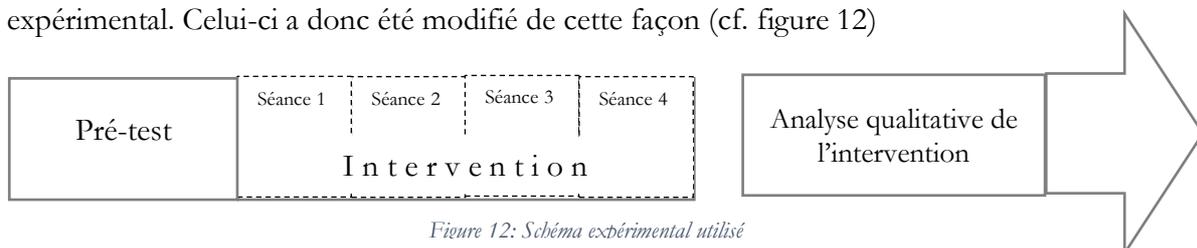


Figure 12: Schéma expérimental utilisé

Nous avons utilisé des critères d'observation des leçons filmées pour apprécier dans quelle mesure les leçons analysées montrent que des pratiques qualifiées dans la littérature comme efficaces sont effectivement mises en place.

Élaboration des items des tests

La partie cognitive des tests⁴ reprenait des exercices sur le calcul littéral semblables à ceux proposés au terme de la 2^{ème} année secondaire dans le cadre de l'évaluation certificative, CE1D. Le tableau 6 montre quelques exemples de questions.

<p>EFFECTUE. $-2x + 3y + 3x - 5y =$ JUSTIFIE cette égalité par une propriété, une règle ou une formule. $y^2 \cdot y^3 = y^5$ ÉCRIS l'exposant sur les pointillés. $(x^3)^2 = x \dots$ EFFECTUE et SIMPLIFIE si possible. $(ab^3)^2 =$</p>
--

Tableau 6 : Exemples de questions du test cognitif

Concernant les variables motivationnelles, un questionnaire⁵ de type échelle de Likert a été soumis aux élèves. Les items de celui-ci concernaient trois dimensions : le sentiment de compétence, le sentiment d'efficacité et l'utilité perçue du cours d'activités mathématiques pour les élèves des GE1 et GE2. Ces dimensions ont été choisies en référence aux éléments mis en évidence dans la littérature de recherche. En effet, il existe une corrélation entre le sentiment de compétence et les performances scolaires (Leclerc et al., 2010). De même, le sentiment d'auto-efficacité est un facteur influençant également les performances scolaires (Lane & Lane, 2001, cités par Cuenca-Carlino et al., 2015), qui peut augmenter par un enseignement de stratégies (Siegle et Mc Coach, 2007, cités par Cuenca-Carlino et al., 2015). Le but de cette partie sur ces variables motivationnelles était donc de connaître le point de vue des élèves concernant leur sentiment de compétence et d'auto-efficacité par rapport aux règles de base du calcul littéral. Les items concernant le sentiment de compétence (cf. tableau 7) ont été adaptés de l'échelle multidimensionnelle de motivation pour les apprentissages scolaires (Ntamakiliro, Monnard, & Gurtner, 2000), échelle validée.

		Pas du tout d'accord	Pas d'accord	D'accord	Tout à fait d'accord
I1	Je me situe au-dessus de la moyenne de ma classe en mathématiques	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4

Tableau 7 : Exemple d'un item interrogeant le sentiment de compétence en mathématiques

Pour le sentiment d'auto-efficacité, les items ont été inspirés des questionnaires contextuels de PISA 2012 (OCDE, 2013) et adaptés à la matière sur laquelle portaient les questions de la partie cognitive. Voici un exemple d'items proposé aux élèves (cf. tableau 8).

⁴ Cf. ANNEXE 1 p 1- 3.

⁵ Cf. ANNEXE 2 p 4.

		Pas du tout d'accord	Pas d'accord	D'accord	Tout à fait d'accord
I1	Je suis sûr(e) de réussir à réduire une somme algébrique.	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4

Tableau 8: Exemple d'un item interrogeant le sentiment d'auto-efficacité en calcul littéral

La troisième dimension qui compose le questionnaire avait pour but de se rendre compte si les élèves qui suivent un cours spécialement dédié aux élèves en difficulté perçoivent une utilité à suivre ce cours. De cette façon, nous pouvons voir si nous ne sommes pas dans un cas de paradoxe de l'aide aux élèves en difficulté. Comme nous l'avons souligné dans la partie théorique de ce travail, ce n'est pas parce qu'une aide est apportée que celle-ci est efficace. Nous pouvons notamment rappeler que, selon Roiné (2012), il est important d'être vigilant à ce que l'aide apportée ne prenne pas la place centrale de l'intervention au détriment de l'objectif d'apprentissage. Un item de cette dimension est présenté dans le tableau 9 à titre d'illustration.

		Pas du tout d'accord	Pas d'accord	D'accord	Tout à fait d'accord
Utilité perçue du cours d'activités mathématiques					
I3	J'utilise ce que j'apprends dans le cours d'activités mathématiques (PIA math) au cours de mathématiques.	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4

Tableau 9: Exemple d'un item interrogeant l'utilité perçue du cours d'activités mathématiques

Procédure de passation

La procédure de passation du prétest fut identique dans toutes les classes de deuxième année. Celle-ci fut conforme aux conditions de passation des évaluations que les élèves effectuent tout au long de l'année. Ainsi, les élèves disposaient au maximum d'une période de cours de 50 minutes pour répondre individuellement aux deux parties du test.

La correction de la partie cognitive de ces tests s'est effectuée à l'aide d'une grille⁶ semblable à celle proposée pour corriger le CE1D de mathématiques.

Intervention

Après le prétest, une intervention s'est déroulée dans le cadre de quatre séances du cours « activités mathématiques ». Cette durée d'intervention a été fixée avec les enseignantes, en s'adaptant à leur réalité de terrain. Ainsi, les élèves des GE1 et GE2 ont vécu quatre séances de cours consacrées aux règles de base du calcul littéral. Dans l'optique de l'interaction didactique, les deux groupes ont travaillé les mêmes types d'exercices que nous avons proposés aux professeurs. Cependant, dans le GE1, les enseignantes ont été libres d'utiliser la pédagogie souhaitée tandis que, dans le GE 2,

⁶ Cf. ANNEXE 3 p 5-7.

l'enseignante a suivi la trame que nous avons travaillée auparavant ensemble basée sur des modèles pédagogiques adaptés.

4.4. Outils de mesure

Pour vérifier les hypothèses formulées et pour mesurer l'efficacité des séances proposées dans les classes expérimentales (GE1 et GE2), des informations ont été récoltées à l'aide d'outils identiques. Il était intéressant de considérer les progrès cognitifs de ces élèves ainsi que l'évolution des dimensions motivationnelles questionnées. Comme dit précédemment, la modification apportée à notre dispositif, nous a amenée à nous intéresser à la qualité de l'enseignement dispensé dans les groupes expérimentaux.

4.4.1. Profil des élèves des groupes expérimentaux

Tout d'abord, en ce qui concerne notre première hypothèse qui questionne le lien entre les variables motivationnelles et la performance des élèves, nous avons utilisé les résultats du prétest. Comme nous cherchons à vérifier un lien, nous nous sommes tournée vers le calcul d'une corrélation. Nous avons donc calculé la corrélation entre le résultat au test cognitif et les variables motivationnelles (sentiment de compétence et d'auto-efficacité).

Ensuite, nous nous sommes intéressée aux élèves qui composent nos groupes expérimentaux en comparant les résultats au prétest des classes expérimentales avec les autres élèves de deuxième année pour la partie cognitive et la partie relative aux variables motivationnelles. Cela permet de vérifier si ces élèves, orientés fin de première secondaire dans le cours d'activités mathématiques parce qu'ils sont faibles, sont toujours en difficulté en mathématiques.

4.4.2. Mesure du progrès cognitif

La comparaison des scores des élèves des groupes expérimentaux obtenus au pré-test et aux post-tests (calcul de gains absolus et relatifs) devait permettre d'établir les progrès cognitifs à l'issue de la phase d'intervention ainsi que l'effet à moyen terme. Nous avons également envisagé de comparer les gains entre les groupes expérimentaux et le groupe contrôle. Ces comparaisons étaient prévues pour vérifier les deuxième et troisième hypothèses. Cependant, les post-tests n'ont pas pu être réalisés. Cela nous a poussé à appréhender l'hypothèse 2 de manière différente. Nous avons donc décidé de nous servir de l'observation de terrain et des leçons filmées pour vérifier l'intérêt d'intervenir auprès d'élèves en difficulté. Quant à l'hypothèse 3, nous l'avons modifiée (cf. figure 9 p 42) afin de nous centrer à présent sur la qualité de l'enseignement dispensé dans les groupes expérimentaux. Nous expliquons la façon dont nous avons finalement procédé ci-après (cf. infra 4.4.5. p 49).

4.4.3. Mesure de l'évolution des dimensions motivationnelles

Nous avons également imaginé observer l'évolution des variables motivationnelles en calculant de nouveau des gains entre le pré-test et les post-tests. Nous pensions regarder ces trois dimensions questionnées de manière séparée. De cette façon, nous aurions pu observer si leur progression était de même nature. Ces gains devaient nous permettre de tester les hypothèses quatre et cinq. De nouveau, ces calculs de gains n'ont pas été possibles. Nous avons donc dû abandonner ces hypothèses pour en formuler une nouvelle (cf. figure 9 p 42).

4.4.4. Entretiens semi-directifs

Des entretiens semi-directifs⁷ avec les enseignantes qui ont participé à l'intervention étaient envisagés dans le but de compléter les prises de mesures. Ces entretiens n'ont pu se faire suite à l'arrêt de notre intervention. Nous avons alors laissé aux enseignantes le choix de répondre aux questions par écrit ou de réaliser cet entretien par téléphone. L'intérêt de ces entretiens est multiple. Tout d'abord, ces rencontres permettent de mieux cerner le contexte dans lequel l'intervention s'inscrit. Nous pouvons ainsi comprendre la manière habituelle de travailler des enseignantes. De plus, ces discussions nous permettent d'avoir un retour sur le vécu de l'intervention, sur les exercices et outils proposés et, pour les enseignantes du GE2, la façon dont elles ont perçu la pédagogie utilisée.

Par ce biais, nous avons recueilli des avis provenant d'enseignantes qui dispensent, tout au long de l'année, un cours aux élèves en difficulté en mathématiques.

4.4.5. Observations des séquences d'intervention

Trame des séquences

Nous avons récolté des informations sur le déroulement de la séquence d'intervention dans chaque groupe expérimental. Ces données permettent de mieux comprendre la façon dont les élèves et les enseignantes ont réagi lors des séances. Il convenait également de décrire précisément la trame de la séquence suivie par les enseignantes dans le GE1 et de vérifier si la celle établie avait été respectée dans le GE2.

Dans cette perspective, deux outils ont été utilisés : la vidéo et une observation de terrain. Les séances d'intervention ont été entièrement filmées. De cette façon, nous pouvons vérifier si les outils proposés aux enseignantes ont été utilisés. De plus, cette analyse globale des leçons a servi à lister les pratiques qualifiées d'efficaces, dans la littérature, mises en place. Cette façon de procéder

⁷ Cf. ANNEXE 4. p 8 - 13.

a permis de vérifier l'hypothèse 2 concernant l'utilité des interventions auprès des élèves en difficulté.

Qualité de l'enseignement

Suite à l'interruption de notre intervention, nous avons dû modifier la manière d'évaluer l'intervention vécue dans les groupes expérimentaux. Nous avons donc décidé de porter davantage un regard qualitatif sur les leçons. Les hypothèses trois, quatre et cinq ont donné place à une nouvelle hypothèse : « **Les élèves dont l'intervention est basée sur de l'interaction didactique et sur des modèles pédagogiques adaptés bénéficient d'une qualité d'enseignement supérieure par rapport aux élèves qui bénéficient d'une action liée uniquement à l'interaction didactique.** »

Pour vérifier cette hypothèse, nous nous sommes alors servie d'une grille d'observations⁸. Cette grille nous a permis de comparer dans les deux groupes expérimentaux des moments où le même contenu était traité. De cette façon, nous pouvons interpréter les interventions effectuées dans chacune des classes.

Pour la construction de la grille, nous avons repéré des éléments qui ressortent de notre revue de littérature et qui pourraient aider à qualifier l'enseignement dispensé.

Tout d'abord, dans le profil d'un élève en difficulté, il a été mis en avant que ce type d'élèves éprouve un déficit au point de vue stratégique. En effet, selon Van Nieuwenhoven et De Vriendt (2010), une bonne stratégie d'autorégulation cognitive leur fait défaut. Ces chercheuses ajoutent que pour arriver à s'approprier des stratégies, un degré de connaissances métacognitives assez élevé est requis. La verbalisation, inciter les élèves à exprimer oralement leur démarche, les interactions avec les pairs sont des paramètres qui encouragent la métacognition (Van Nieuwenhoven, & De Vriendt, 2010 ; Bosson et al., 2009). Pour observer ces aspects, nous sommes partie des outils suivants proposés par Mottiez Lopez (2015) (cf. figures 13 et 14)

⁸ Cf. ANNEXE 5 p 14

Contrôle de l'enseignant (E) de la gestion des interactions, de la gestion des apports et de la structuration du contenu		Contrôle partagé entre l'enseignant et les élèves de la gestion des interactions, de la gestion des apports et de la structuration du contenu		
←		→		
Apports des élèves contraints par un guidage ciblé de l'E		Apports des élèves moins contraints, avec un guidage ouvert de l'E		
	Initiations/Réponses de restitution		Initiations/Réponses de développement	
L'E explique, présente, incite, donne des consignes.	L'E fait lire, sollicite des <i>éléments présents</i> (tableau, documents, consignes, etc.) en tant que référence externe à l'élève, une référence « culturelle », construite ou non par la classe.	L'E pose des questions ouvertes ou ciblées sur des éléments <i>qu'il attend</i> (mais qui ne sont pas directement présents).	L'E pose des questions ouvertes (dont le contenu <i>n'est pas de la restitution</i>) et fait expliciter des réponses. Si nécessaire, l'E fournit de l'étayage ciblé.	En plus, l'E sollicite des <i>échanges entre élèves</i> .
Les élèves écoutent.	Les élèves lisent ou citent les éléments présents.	Les élèves apportent des réponses essentiellement de restitution (souvent une seule réponse possible).	Les élèves donnent des réponses variées de développement (souvent plusieurs réponses et raisonnements possibles). Ils explicitent leur raisonnement, démarche, etc.	En plus, les élèves prennent des initiatives, par exemple l'élève pose une question à un pair, le contredit, interpelle l'E, formule des hypothèses, etc.
[PG-A]	[PG-B]	[PG-C]	[PG-D (ou D-ciblé)]	[PG-E]
[EV-E]: évaluation exclusivement sous la responsabilité de l'enseignant			[EV-é+E]: évaluation partagée avec les élèves	

Figure 13: L'évaluation-régulation interactive comme participation guidée (Mottier Lopez, 2015, p 100)

Fonctions métacognitives (FM)	Participation soutenue par un guidage ciblé de l'enseignant [PG-A, B, C] – outil 1	Participation guidée qui responsabilise l'élève/les élèves [PG-D-ciblé, D, E] – outil 1
[FM1]	↑ <i>Avant de réaliser la tâche, en cours de réalisation de tâche</i> Étayage pour fixer un but, planifier, anticiper	
[FM2]		<i>En cours de réalisation de tâche; relance de la tâche</i> Étayage pour contrôler/apprécier la progression vers le but, interpréter, diagnostiquer
[FM3]		<i>En cours de réalisation de tâche; relance de la tâche</i> Étayage pour ajuster la trajectoire de l'action et/ou redéfinir le but
[FM4]	↓ <i>Après la réalisation de la tâche</i> Étayage pour assurer un retour sur l'action réalisée, objectiver, mettre en mots, évaluer	

Inspiré de Vermunt et Verloop (1999)

Figure 14: Les fonctions métacognitives croisées à la participation guidée (Mottier Lopez, 2019, p 102)

Nous avons repris les activités de l'enseignant et des élèves (cf. figure 1) pour établir les items concernant les régulations interactives. Voici un exemple d'item sur ce sujet (cf. tableau 10)

Intervention de l'enseignant	Intervention des élèves	Fréquences	Commentaires
Explique, présente, incite, donne des consignes	Écoutent		

Tableau 10: Exemple d'item de la grille d'observation

Concernant les items relatifs aux fonctions métacognitives, nous les avons repris également dans notre grille. Ainsi, nous avons classé les différents étayages des enseignants en fonction de leur but. Cette observation a permis d'examiner si l'étayage proposé par les enseignantes favorise le développement de la métacognition chez les élèves. Nous avons repris les informations issues de la figure 14 de cette façon (cf. tableau 12).

Étayage pour fixer un but, planifier, anticiper (avant de réaliser la tâche, en cours de réalisation de tâche)		
---	--	--

Tableau 11 : Exemple d'item de la grille d'observation

Ensuite, nous souhaitons vérifier si les interventions pouvaient permettre aux élèves d'augmenter leur sentiment de compétence et d'auto-efficacité. Bosson et al. (2009) relèvent que, pour travailler l'aspect motivationnel, il est important que les points positifs dans les démarches mises en place par les élèves soient soulignés et que l'enseignant insiste auprès des apprenants sur le fait que leur stratégie et leur performance sont liées. De plus, Rondlier (2004) réfère aux conseils et remarques adressés à l'élève qui le favorise dans la croyance qu'il peut réussir une tâche grâce à ses capacités. C'est pourquoi, nous avons focalisé également notre attention sur les différents feedbacks des enseignants que nous avons qualifiés en s'inspirant de la classification suivante (cf. figure 17).

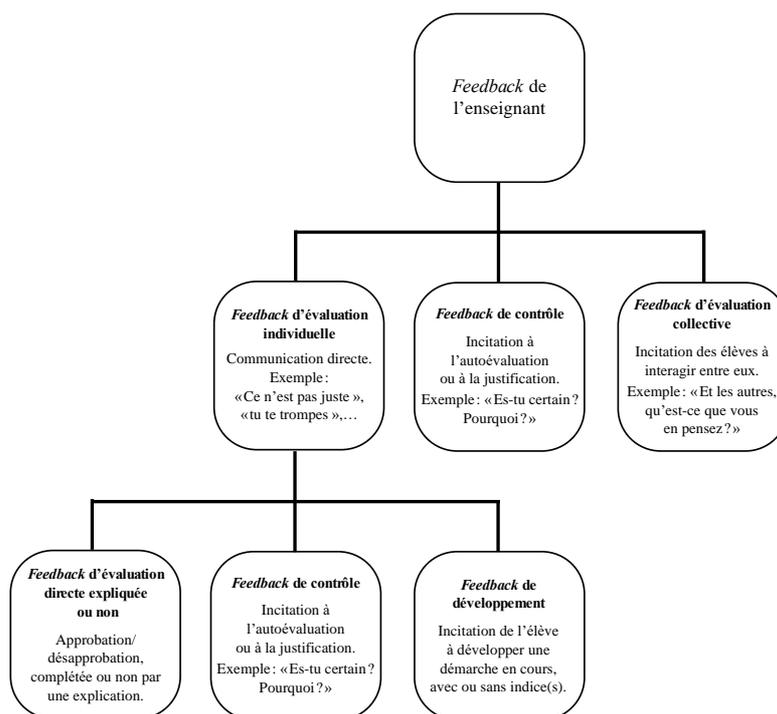


Figure 15: Classification des feedback (Caffieaux, 2009, p 89)

Concrètement, nous avons choisi trois moments d'intervention dans chaque groupe expérimental afin de ne pas se limiter à un seul épisode vécu. Pour des facilités d'analyse, nous avons commencé par retranscrire les verbatim des moments choisis. Ensuite, nous avons coché les items qui

correspondaient aux comportements observés. Nous avons débuté l'observation en nous focalisant uniquement sur les feedbacks. Nous avons poursuivi par la qualification des interactions en repérant le type de régulation. Ces relevés ont été effectués à chaque changement de façon de réguler. Nous avons procédé de la même manière concernant les fonctions métacognitives.

Nous avons donc réalisé un relevé de fréquences. A partir de celui-ci, nous avons choisi des extraits significatifs à analyser plus en détails.

L'utilisation de cette grille nous a donc permis d'analyser le rôle des enseignantes dans leur façon de gérer et d'organiser les apprentissages, les interactions des élèves et des éléments intervenant sur le sentiment de compétence et d'auto-efficacité.

4.5. Récapitulatif du dispositif expérimental

Le tableau 13 résume le dispositif expérimental original ainsi que les modifications apportées à celui-ci.

	GE1	GE2	GC
	Cours sur les règles de base du calcul littéral		
Prétest	Test cognitif basé sur des exercices semblables aux exercices proposés lors de CE1D antérieurs + Questionnaire sur le sentiment de compétence, d'auto-efficacité + sur l'utilité perçue du cours d'activités mathématiques		
Intervention	Quatre séances de remédiation utilisant des exercices et outils proposés		Pas d'intervention Correction du pré-test
	Méthodologie libre	Méthodologie utilisant les recommandations, du guide pour les enseignants (Jayanthi, Gersten, & Baker, 2008)	
	Observation filmée + observation de terrain		
Post-test	Semblable au pré-test		
Post-test différé (un mois plus tard)	<p style="text-align: center;">Non réalisés</p> Semblable au pré-test		
	Remplacés par		
Analyse qualitative des séances	Observation critériée des séances d'intervention grâce aux vidéos de celles-ci Analyse d'extraits significatifs		/

Tableau 12: dispositif expérimental

4.6. Intervention

Nous nous attardons dans cette partie aux exercices et outils que nous avons proposés aux enseignantes des groupes expérimentaux. Tout d'abord, nous reprendrons les éléments relevés dans les recherches afin de les concrétiser et les proposer aux enseignantes comme base de leur séquence. Nous ne cherchons pas à introduire des nouvelles notions dans le calcul littéral mais à proposer un supplément au cours de mathématiques pour aider les élèves en difficulté à progresser dans ce domaine.

4.6.1. Exercices

Notre expérimentation est survenue après que la partie de cours sur les bases du calcul littéral soit dispensée à l'ensemble des élèves de 2^{ème} année. Cette partie concerne la réduction de sommes et produits algébriques, ainsi que l'application des propriétés des puissances. Le contenu de notre intervention était, par conséquent, en rapport avec des activités transformationnelles selon le modèle GTG de Kieran (2007).

Afin de proposer des exercices adéquats aux enseignantes, nous avons pris connaissance du chemin déjà parcouru dans l'algèbre¹⁰ des élèves concernés par notre étude.

Ces exercices ont été créés en fonction d'éléments importants mis en avant dans la littérature de recherche concernant l'apprentissage de l'algèbre et qui peuvent être liés à la partie du programme scolaire travaillée. C'est pourquoi, ils travaillent le symbolisme, le statut de la lettre, l'égalité, la vision structurale, la valeur numérique comme justification et les transformations d'expressions. La façon dont les activités ont été construites en lien avec la théorie se trouve en annexe¹¹.

Nous avons donc soumis aux enseignantes des GE1 et GE2 une batterie d'exercices servant de base à leur séquence. Les professeures ont été libres de proposer des modifications dans la forme pour autant que le fond reste identique. Par exemple : présenter les exercices sous forme de jeux, de fiches manipulables, donner les corrigés pour un travail plus individualisé, etc.

4.6.2. Tuiles algébriques

Nous nous sommes demandé s'il n'était pas intéressant de proposer des supports de manipulation pour aider les élèves dans la compréhension des éléments mis en évidence dans les différents exercices. Nous pouvons par exemple, utiliser des tuiles algébriques¹². Cependant, nous les voyons plus comme outils facilitant l'introduction de la matière. Nous pouvons également nous poser la question du transfert vers des exercices plus complexes. Ces tuiles permettent d'utiliser des

¹⁰ Cf. ANNEXE 7 p 32-34

¹¹ Cf. ANNEXE 11 p 41-47

¹² Cf. ANNEXE 12 p 48-49

multiples de x (ou $-x$), x^2 ($-x^2$), y (ou $-y$), y^2 (ou $-y^2$), et de 1 (ou -1). Il est alors important de bien penser le transfert à tout autre monôme. Nous sommes consciente qu'il n'existe pas de consensus au sein de la communauté scientifique autour de ce type de supports (Kieran, 2007, cité par Demonty & Fagnant 2019). Nous avons toutefois décidé de proposer le support aux enseignants du cours d'activités mathématiques. Ainsi, si elles estimaient que certains élèves avaient besoin de visualiser les règles pour avancer dans leur travail, elles ont pu recourir aux tuiles algébriques, surtout, en cas d'incompréhension sur le fait qu'on additionne uniquement des termes semblables.

4.6.3. Outil informatique

Un deuxième outil fut proposé aux enseignantes pour la dernière partie de leur séquence pour les exercices « synthèse », c'est l'outil informatique. Les élèves peuvent alors effectuer des exercices individuellement en ayant un feedback et une explication en cas d'erreur commise. En effet, selon la méta-analyse de Stevens et al. (2017), utiliser l'informatique permettrait de fournir un plus grand nombre d'opportunités d'entraînement et pourrait intensifier le temps d'enseignement.

4.7. Méthodologie du groupe expérimental 2 (GE2)

Nous allons à présent expliquer la trame de base de la séquence présentée à l'enseignante principale du GE2. Au sein de celle-ci, elle avait des choix à effectuer. En effet, nous sommes partie, pour réaliser cette base, des sept recommandations du guide pour les enseignants (Jayanthi et al., 2008) issues de la méta-analyse de Gersten et al. (2008, cités par Cuenca-Carlino et al., 2015). Il est évident qu'il n'est pas possible de tenir compte des sept recommandations dans une seule séquence de quatre périodes de cours de cinquante minutes. C'est pourquoi notre proposition initiale comprenait les sept prescriptions avec différents choix à opérer. L'enseignante devait se sentir à l'aise lors dans son enseignement et ne pas aller à l'encontre de sa façon d'être. Nous commençons par expliquer la manière dont la trame de base a été réalisée puis ensuite nous expliquerons les choix effectués par l'enseignante lors du travail collaboratif.

4.7.1. La trame de base

L'enseignement explicite

La première recommandation du guide (Jayanthi et al., 2008) concerne l'utilisation de l'enseignement explicite régulièrement. Même s'il n'est pas possible dans notre expérimentation de tenir compte du « régulièrement », nous avons voulu suivre la structure de cet enseignement dans l'expérimentation. Pour suivre cette suggestion, nous avons utilisé le canevas de leçon proposé dans le livre de Gauthier et al. (2013) : « *Enseignement explicite et réussite des élèves : La gestion des*

apprentissages ». Ainsi, ils proposent de débiter par une étape de **planification**¹³. Cette planification comprend plusieurs étapes :

1. la précision des objectifs d'apprentissage ;
2. la planification de l'ouverture de la leçon ;
3. la planification de la conduite de la leçon comprenant le *modelage, la pratique guidée, la pratique autonome* et l'évaluation des apprentissages
4. la planification de l'objectivation de la leçon.

Après toute la partie de planification, vient la phase d'**interaction** c'est-à-dire les leçons proprement dites. Nous avons précisé au professeur d'avoir en tête, lors de cette phase, quelques conseils importants, les stratégies générales¹⁴ de l'enseignement explicite. Ainsi, pour suivre la première recommandation (Jayanthi et al., 2008), un tableau en annexe¹⁵ résume la structure d'une leçon en enseignement explicite.

La dernière étape de l'enseignement explicite est la **consolidation**¹⁶ qui amène la question du transfert.

Utiliser différents exemples didactiques

La deuxième recommandation du guide pour enseignants (Jayanthi et al., 2008) est d'enseigner aux élèves en recourant à divers exemples didactiques. Pour suivre cette recommandation explicitée dans le chapitre 2 de ce travail, nous avons proposé à l'enseignante, dans la phase de modelage, d'utiliser divers exemples afin de balayer les différents cas possibles du concept « modélisé ». De cette manière, les élèves peuvent voir la déclinaison des cas possibles : du plus simple au plus complexe, du plus concret au plus abstrait (avec l'aide par exemple de dessins, de schémas vers une abstraction).

Verbaliser

La troisième recommandation (Jayanthi et al., 2008) est de demander aux élèves de verbaliser leurs décisions et solutions. Nous avons proposé celle-ci lors de la phase de pratique guidée. Nous avons alors soumis l'idée à l'enseignante que les élèves travaillent par deux. Ainsi, lorsqu'ils réalisent une tâche, un apprenant explique oralement à l'autre élève sa démarche pour que celui-ci valide ou non la stratégie et la solution et réciproquement.

Représentation visuelle

Cette quatrième recommandation (Jayanthi et al., 2008) est d'apprendre aux élèves à représenter visuellement l'information d'un problème mathématique. Celle-ci est plus spécifique au problème

¹³ Cf. ANNEXE 13 p 50

¹⁴ Cf. ANNEXE 14 p 51

¹⁵ Cf. ANNEXE 15 p 52

¹⁶ Cf. ANNEXE 16 p 53

et non à la technique de réduction d'une expression littérale. Cependant, les tuiles algébriques permettent de représenter visuellement une somme algébrique à réduire.

Utiliser des heuristiques

Cette recommandation (Jayanthi et al., 2008) est d'apprendre aux élèves à résoudre un problème en utilisant des stratégies heuristiques/multiples. Ainsi, nous avons suggéré à l'enseignante d'utiliser des heuristiques soit sous forme de fiches ou sous forme de carte mentale qui servent d'aide pour réduire une expression littérale. Cependant, il a été bien expliqué à l'enseignante qu'elle devait expliquer comment utiliser ces stratégies lors de la phase de modelage ainsi les élèves peuvent les utiliser lors de la pratique guidée.

Évaluation formative et feedback

Ce conseil (Jayanthi et al., 2008) consiste en une constante évaluation formative qui permet à l'enseignant de prendre connaissance de l'avancement des élèves dans leur apprentissage. Nous pouvons voir que cette recommandation est en complet accord avec l'enseignement explicite surtout dans la pratique guidée où le professeur est un guide. Il doit ajuster à tout moment l'apprentissage de l'élève vu que l'enseignant doit assurer un taux élevé de réussite.

Enseignement par les pairs

Fournir un enseignement assisté par les pairs aux élèves est la dernière des recommandations du guide (Jayanthi et al., 2008). Ainsi, cette assistance peut prendre différentes formes de tutorat. Nous avons proposé à l'enseignante, dans la pratique guidée, que les élèves travaillent par deux afin de verbaliser. Nous voyons, par cette façon de faire, une sorte de tutorat vu que chaque élève doit expliquer sa façon de faire à l'autre. Les relations dans le duo peuvent être asymétriques et s'apparenter parfois à une relation « tuteur- tuteuré ».

Trame de la séquence

Grâce aux éléments repris précédemment, nous avons proposé un document¹⁷ qui a servi de base au travail collaboratif avec l'enseignante principale du GE2. Après la présentation du document à l'enseignante, l'explication des différentes méthodologies et des outils, l'enseignante a choisi les recommandations pédagogiques qui lui paraissaient les plus adaptées à sa façon d'enseigner.

La trame de base de l'intervention est donc fondée sur la structure de l'enseignement explicite. Il a été déterminé de recourir à divers exemples didactiques dans la réactivation des connaissances préalables. En effet, l'intervention se déroule après l'apprentissage de ces notions dans le cours de mathématiques, les connaissances à travailler ont déjà été vues. Dans les différentes pratiques guidées des séances, il avait été prévu que les élèves, par différents biais, reçoivent directement un feedback, soit par des corrigés, soit en présentant oralement leur solution à une des enseignantes ou en découvrant des réponses cachées sur le tableau blanc interactif (TBI). Lors d'une pratique

¹⁷ Cf. ANNEXE 17 p 54-58

guidée, l'accent a été mis sur la verbalisation. En effet, un travail en duo a été envisagé. La première phase consistant à résoudre seul la consigne reçue puis à comparer ses solutions avec son partenaire de travail pour enfin proposer une solution commune à une des enseignantes en expliquant leur stratégie oralement. Pour la pratique autonome, l'enseignante a proposé un organigramme servant d'heuristique afin d'amener l'élève à suivre des stratégies adéquates pour réduire une expression algébrique.

En ce qui concerne les outils proposés à l'enseignante du GE2, elle a choisi de se servir des tuiles algébriques lors de la 1^{ère} séance concernant la réduction d'une somme algébrique. L'outil informatique a été prévu lors de la dernière séance pour la pratique autonome. Les élèves de cette classe ont l'habitude d'utiliser l'application « Quizlet ». C'est donc en utilisant cette application que la pratique autonome a été planifiée.

La batterie d'exercices proposés a servi de base tout au long des séances.

Toute cette collaboration a abouti à une trame précise de la séquence¹⁸ des séances d'intervention, à la réalisation des feuilles élèves¹⁹ du GE2, à la réalisation d'heuristicues²⁰, des consignes pour la verbalisation²¹ et à la réalisation de séries synthèse sur Quizlet ainsi que de leurs consignes²².

L'enseignante du GE2 a souhaité travailler certains prérequis, selon elle, avant l'intervention. C'est pour cette raison que les élèves ont travaillé, comme d'habitude, les exercices concernant l'utilisation des lettres en mathématiques et leur convention d'écriture. Nous avons alors demandé aux enseignantes du GE1 de procéder de la même manière.

¹⁸ Cf. ANNEXE 18 p 59-65

¹⁹ Cf. ANNEXE 19 p 66-74

²⁰ Cf. ANNEXE 20 p 75

²¹ Cf. ANNEXE 21 p 75-76

²² Cf. ANNEXE 21 p 77

Chapitre 5 : Résultats

Dans cette partie, nous allons vous présenter les résultats de notre recherche dans le but d'apporter des éléments de réponses aux hypothèses formulées au chapitre 3. Ces résultats vous seront présentés en trois parties.

La première partie sera consacrée aux résultats du prétest. Grâce à ceux-ci, nous tenterons de vérifier notre première hypothèse et de dresser le profil des groupes expérimentaux.

La deuxième partie permettra de comparer les pratiques observées tout au long de la phase d'expérimentation dans les deux classes expérimentales. Pour ce faire, nous exposerons de manière globale la façon dont les séquences ont été menées dans chaque groupe. Cette analyse générale des leçons permettra d'aborder notre deuxième hypothèse.

Nous consacrerons la troisième partie à qualifier les pratiques d'enseignement des séquences de leçons à partir de notre observation critériée. Nous pourrions ainsi vérifier si notre dernière hypothèse se confirme.

5.1. Profil des élèves des groupes expérimentaux

5.1.1. Fidélité du prétest

Tout d'abord, afin de vérifier si nous pouvons utiliser les données issues du prétest, l'indice de cohérence interne « l'alpha de Cronbach » a été calculé pour les différentes dimensions testées. Le tableau 14 illustre cette mesure.

	Alpha de Cronbach
Test cognitif	0.87
Test motivationnel	0.79
Sentiment de compétence	0.64
Sentiment d'auto-efficacité	0.70
Utilité perçue du cours d'activités mathématiques	0.76

Tableau 13 : Alpha de Cronbach- Prétest

Au vu des coefficients obtenus, nous pouvons utiliser les résultats obtenus pour la partie cognitive, pour la partie motivationnelle (sentiment de compétence et d'auto-efficacité) et pour les sous-dimensions sentiment d'auto-efficacité et d'utilité perçue du cours d'activités mathématiques mais pas pour le sentiment de compétence vu que l'alpha pour cette dimension est inférieur à 0,70.

5.1.2. Hypothèse 1

La première hypothèse que nous avons formulée soutenait le fait que les élèves faibles en mathématique ont un sentiment de compétence et d'auto-efficacité inférieurs aux autres élèves.

Afin de vérifier cette hypothèse, nous avons mis en relation les performances au test cognitif et les résultats aux variables motivationnelles (sentiment de compétence et d'auto-efficacité) de tous les élèves lors du prétest dans le graphique suivant (cf. figure 16).

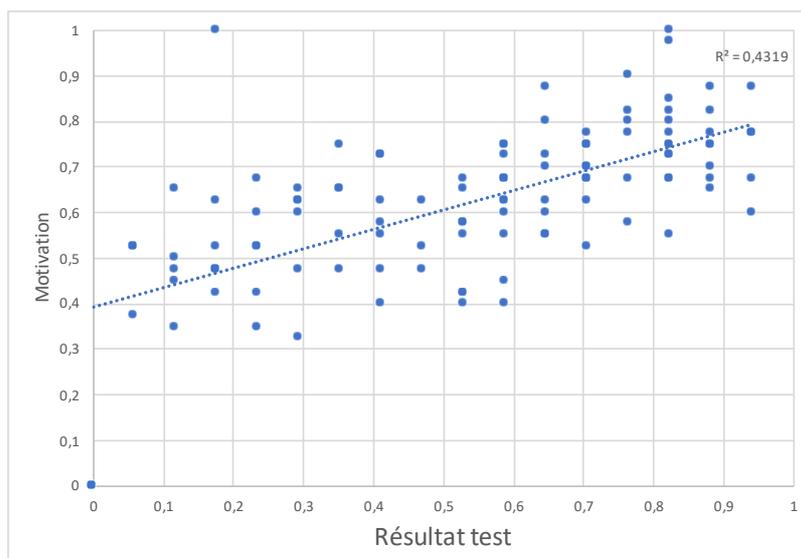


Figure 16 : Corrélation entre les variables motivationnelles et le résultat au test cognitif

Nous voyons une tendance positive se dégager de ce graphique. Cela signifie que plus un élève a un score élevé au test cognitif, plus son score au sentiment de compétence et d'auto-efficacité est élevé. D'ailleurs, le coefficient de corrélation s'élevant à 0,64, montre un lien positif entre les deux variables. Ce premier résultat va donc dans le sens de notre hypothèse et montre l'intérêt de porter une attention particulière à ces variables²³.

5.1.3. Profils des élèves des groupes expérimentaux

Nous allons à présent tenter de dresser un profil de nos groupes expérimentaux. Ainsi, nous allons vérifier si les élèves qui composent ces deux groupes font bien partie des élèves les plus faibles en calcul littéral, au regard de notre prétest cognitif. Nous présentons tout d'abord dans le tableau 16 le score moyen ainsi que l'écart type au test cognitif des différents groupes d'élèves.

Score moyen au test cognitif et écart type	
Tous (N= 154)	
53% (26)	
GE (N=38) / GC (N=38)	Autres ²⁴ (N=75)
48% (24)	56% (28)
p-value	
0,120323436	

Tableau 14: Résultats prétest cognitif

Avant tout, nous souhaitons souligner le fait que nous avons pu appairer à chaque élève des GE, un autre élève avec le même score cognitif pour constituer le GC. En effet, la moyenne de ces deux groupes est identique. Ce constat supposerait que des élèves avec des difficultés ne se retrouvent

²³ La comparaison des variables motivationnelles montre une différence significative entre les élèves des GE et les autres, uniquement pour le sentiment de compétence. Mais, vu que l'alpha pour ce sentiment n'est pas bon, nous n'avons pas pu utiliser cette dimension isolée. Les analyses de ces données se trouvent en ANNEXE 24 p 79-80.

²⁴ « Autres » : représente les élèves de 2^e année de l'établissement qui ne font pas partie des GE et du GC.

pas dans le cours d'activités mathématiques. Nous imaginons donc que des choix s'effectuent au sein de l'école pour sélectionner les élèves qui suivent ce cours.

Le tableau 14 montre que les élèves appartenant aux classes expérimentales ont un score moyen inférieur (48%) aux autres élèves (56%). Ces groupes comprendraient donc bien des élèves moins performants. Pour vérifier si cette différence est significative, nous avons calculé la p-value du t-student²⁵. Sa valeur de 0,12 indique que cette différence n'est pas statistiquement significative. Ces deux groupes ne se différencieraient donc pas au regard de la moyenne.

L'écart type des différentes moyennes représente la moitié de la valeur de la moyenne (24 pour 48 et 28 pour 57). Cela indique une forte variation dans les résultats. Il est donc intéressant de regarder de plus près la distribution des scores des GE en comparaison avec les autres élèves de deuxième année (cf. figure 17).

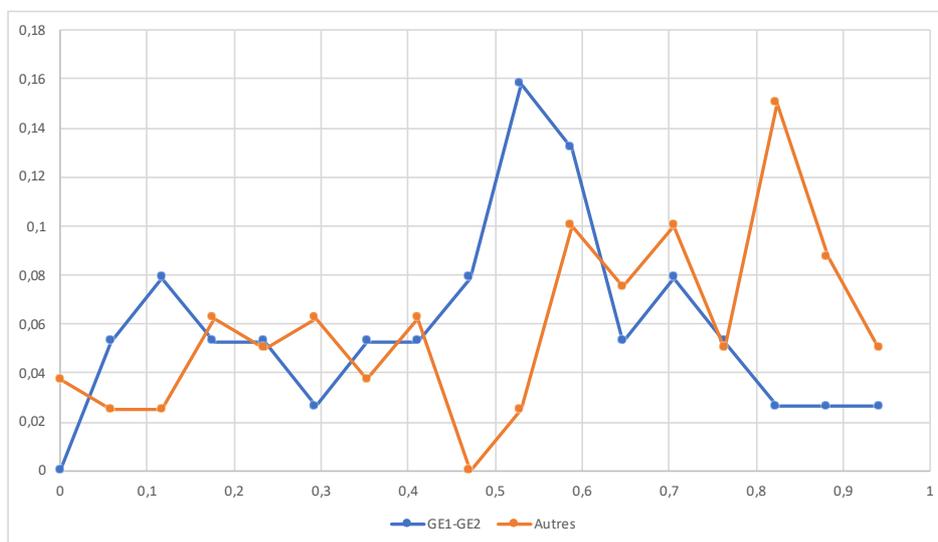


Figure 17 : Comparaison des distributions des notes au prétest des GE avec les autres élèves de deuxième année.

La première observation est relative à l'allure générale des deux courbes qui ne s'apparente pas à une loi normale, ni à une courbe en \hat{U} ou \hat{J} . Nous remarquons cependant deux pics qui montrent pour le GE un plus grand nombre de pourcentage d'élèves ayant obtenu une note d'environ 50% alors que pour les autres élèves, le pourcentage le plus élevé correspond à environ 80%. Cela montre que les GE comportent en majorité des élèves plus faibles. Pour affiner encore le profil de nos classes expérimentales. Nous avons réalisé un graphique des probabilités cumulées (cf. figure 18).

²⁵ Cf. analyse comparative des GE et autres élèves de 2^e année ANNEXE 24 p 79-80

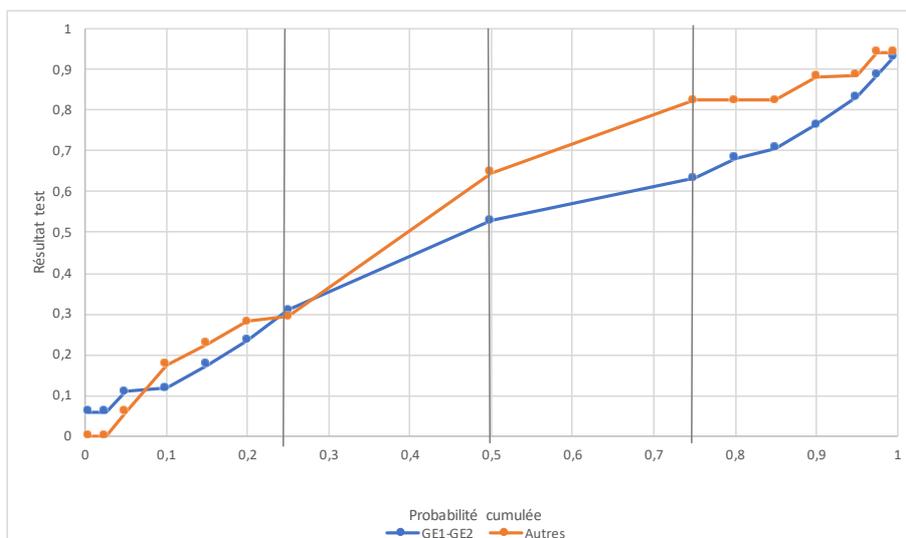


Figure 18: Comparaison des probabilités cumulées entre les GE et les autres

Ce graphique nous permet de voir qu'effectivement les élèves des GE sont moins performants que les autres élèves de deuxième année. La différence commence à se remarquer dans le deuxième quartile et s'accroît dans le troisième. En effet, aussi bien pour les GE et les autres, 25% des élèves ont un résultat de 30% ou moins. Ensuite, 50% des élèves des GE ont une note de 50% ou moins tandis que pour les autres, la moitié des élèves a obtenu une note de 60% ou moins. Et enfin, 75% des élèves des GE ont une note égale ou inférieure à 62% contre 81% pour les autres.

Nous pouvons également caractériser nos groupes expérimentaux en comparant les scores moyens de chaque item obtenu au test cognitif avec les scores moyens à ces items des autres élèves de deuxième année (cf. figure 19).

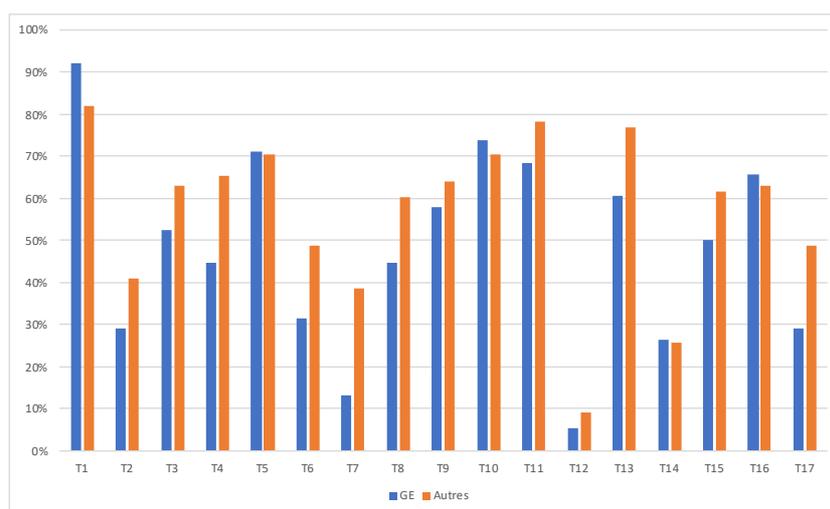


Figure 19 : Comparaison des scores moyens à chaque item entre les GE et les autres

Par ce graphique, Nous voyons également que les élèves du GE ont pratiquement un score moyen inférieur à chaque item, parfois identique. Les items où cette différence est plus substantielle sont les items 4, 7 et 17 avec environ 20 % d'écart. Ces items sont repris dans le tableau 17.

Item 4	$3x^2+x^2 =$	Item 7	$2y^2-3y^3+5y^2 =$	Item 17	$\frac{4b^5}{2b^3} =$
--------	--------------	--------	--------------------	---------	-----------------------

Tableau 15: Items moins bien réussis par les GE comparativement aux autres

Le point commun à ces expressions est qu'elles comprennent toutes des puissances (deux sommes et un quotient). La difficulté de l'item 4 repose sur le fait que le deuxième terme ne comporte pas de coefficient numérique (x^2), visible. Le fait que les termes ne possèdent pas tous le même exposant est la particularité de l'item 7. Quant à l'item 17, le fait de devoir combiner une simplification de fractions à une propriété de puissance lui confère sa difficulté. L'item le mieux réussi par les GE est l'item 1 : « $2a + 3a =$ ». Cet item est le plus facile car il y a deux termes semblables (« a » dans les deux termes) avec des facteurs numériques explicites (2 et 3). Nous supposons que si le score est plus élevé dans les GE c'est parce que nous avons repéré des élèves qui n'ont répondu à aucun item dans les autres élèves de deuxième année. La dernière observation par rapport à ce graphique concerne l'item 12 le moins bien réussi par tous les groupes, le plus difficile : « $4^2 \cdot 3^2 = 12^{\dots}$ ». Cet item utilise une propriété dans le sens inverse (($a.b$)ⁿ = $a^n \cdot b^n$). Or, la plupart des élèves²⁶ applique la formule du produit de puissances de même base ($a^n \cdot a^p = a^{n+p}$). Dans ce cas-ci, les puissances n'ont pas la même base. Cela montre le fait que le travail de formules se fait uniquement dans un sens et montre aussi que les élèves appliquent une propriété sans en vérifier les conditions d'application. D'ailleurs, le coefficient de corrélation point bisérial²⁷ de cet item de 0,09, sous le seuil acceptable de 0,21, appuie bien le fait que cet item ne mesure pas la même chose que l'ensemble du test.

Nous venons de montrer que même si la différence des moyennes entre les GE et les autres élèves n'est pas significative, nous avons pu repérer que les GE comportent en majorité des élèves plus faibles pour le calcul littéral. Cependant, les GE ne comportent pas uniquement des élèves qui n'ont pas bien réussi le prétest. Comme nous pouvons aussi bien le remarquer sur la figure 17 ou sur la figure 18, parmi ces apprenants, certains ont très bien réussi le test (cote de 94%). Cela nous interpelle sur la composition de ces groupes même si nous sommes consciente que le test se focalisait sur une matière précise et qu'il faudrait vérifier si c'est un fait isolé ou répétitif. Au départ, ces groupes ont été constitués sur la base des résultats des élèves en fin de 1^{ère} année secondaire. Nous pourrions alors estimer que certains d'entre eux ont évolué dans leur parcours mathématique et ont progressé. Ce constat pourrait s'expliquer par l'aide reçue depuis le début de l'année scolaire grâce au cours d'activités mathématiques. D'ailleurs, le questionnaire interrogeant les élèves sur

²⁶ L'illustration des réponses de certains élèves se trouve en ANNEXE 25 p 80

²⁷ Le coefficient de corrélation point bisérial calcule la corrélation entre un item et l'ensemble du test. Si ce coefficient est sous 0,21, il n'est pas acceptable car il ne mesure pas la même chose que l'ensemble du test. Le tableau reprenant ces coefficients se trouvent en ANNEXE 26 p 80.

L'utilité perçue de ce cours montre un score moyen de 79% pour les GE. Nous voyons donc que les élèves semblent percevoir une utilité à suivre ce cours (cf. tableau 18).

Utilité perçue du cours d'activités mathématiques					
U1	U2	U3	U4	U5	Moyenne
0,83	0,81	0,81	0,85	0,66	0,79

Tableau 16: Score moyen pour chaque item de l'utilité perçue du cours d'activités mathématiques

Ce tableau montre cependant un item avec un pourcentage inférieur aux autres (U5) : « *Mes points en mathématiques s'améliorent grâce au cours d'activités mathématiques.* ». Nous voyons que même si ces élèves apprécient être orientés dans ce cours, qu'ils le voient comme un aide, il est moins aisé pour eux de lier l'aide reçue à leurs performances au cours de mathématiques.

Nous pourrions aussi penser au cours de mathématiques principal qui permettrait également à certains élèves faibles en 1^{ère} année de progresser. Ce constat pose donc la question des connaissances préalables qu'il faut absolument maîtriser pour avancer dans les mathématiques, cette vision linéaire de l'apprentissage des mathématiques.

5.1.4. Conclusion

Toute cette analyse du prétest, nous permet de vérifier notre première hypothèse et de mieux comprendre la composition des élèves des groupes expérimentaux. Ainsi, nous voyons qu'il existe un lien entre le résultat au test cognitif sur le calcul littéral et les sentiments de compétence et d'auto-efficacité. En outre, la majorité des élèves des groupes expérimentaux ont un score plus faible que les autres élèves de deuxième année. Cependant, ils ne se composent pas uniquement d'élèves faibles au regard du test cognitif réalisé.

5.2. Séquences d'intervention

Nous nous intéressons à présent à la deuxième hypothèse posée qui interroge l'efficacité des dispositifs d'aide. Pour la vérification de celle-ci, il est utile de comprendre la manière dont les leçons se sont données. C'est pour cette raison que nous vous présentons les séquences vécues par les deux classes expérimentales grâce à l'observation de terrain des leçons, à l'outil vidéo et aux entretiens réalisés avec les enseignantes.

Nous allons tout d'abord exposer l'intervention menée dans chaque groupe. Pour ce faire, nous situerons le contexte d'intervention afin de comprendre la réalité dans laquelle s'inscrivent les deux expérimentations. Nous enchaînerons en décrivant les étapes des deux séquences afin de mettre en évidence les pédagogies utilisées dans les deux groupes. Nous nous attarderons ensuite sur les outils proposés. Nous identifierons ceux utilisés par les enseignantes. Pour terminer, nous réaliserons un tableau comparatif des interventions dans les deux groupes qui nous permettra de confirmer ou d'infirmer l'hypothèse testée.

5.2.1. Séquence du GE1

Contexte d'intervention

L'intervention dans le GE1 a été menée conjointement par deux enseignants, leurs deux groupes classe étant rassemblés pour cette expérimentation. La première professeure (P1) enseigne depuis une vingtaine d'années et, pour la deuxième fois dans sa carrière, donne le cours d'activités mathématiques. La seconde enseignante (P2) a onze ans de carrière et dispense ce cours depuis trois années. Habituellement, P1 se focalise principalement sur le relationnel et essaye de répondre aux demandes des élèves pour les points de matière à travailler (cf. tableau 19)

Mon objectif principal dans le cadre de ce cours est le relationnel : c'est-à-dire que j'essaie que ces élèves retrouvent confiance en eux (car ça fait longtemps qu'ils sont en situation d'échec), osent à nouveau participer au sein d'un groupe classe, n'aient pas peur de se tromper. Au niveau organisationnel, j'ai essayé de tenir une planification bien précise mais je me rends compte au fil de l'année scolaire que c'est impossible donc j'essaie de répondre à leurs attentes semaine par semaine et quand la possibilité se présente, je revois un point de matière non acquis en 1^{ère} année.

Tableau 17: Extrait de l'entretien avec P1 (cf. ANNEXE 4 p 8)

D'ordinaire, la seconde enseignante (P2) revoit les bases vues en 1^{ère} année pour aider les élèves à poursuivre leur apprentissage en 2^e année (cf. tableau 20).

*« Nous essayons de voir la matière de 1^{ère} dont ils auront besoin pour commencer celle de 2^e.
Exemples :
Afin qu'ils puissent correctement faire les constructions des différentes isométries, nous avons fait des exercices de constructions des droites parallèles, perpendiculaires, d'angles, etc.
Avant le chapitre des puissances, nous avons rappelé comment calculer une puissance avec et sans calculatrice. »*

Tableau 18: Extrait de l'entretien avec P2 (cf. ANNEXE 4 p 9)

La première constatation, c'est que durant cette expérimentation, elles ont modifié leurs habitudes. En effet, elles n'ont pas travaillé ce que les élèves leur demandaient comme P1 procède d'habitude. Elles n'ont pas non plus travaillé de la matière de 1^{ère} année dont les élèves ont besoin pour aborder ce chapitre, comme P2 pratique ordinairement. Dans cette séquence, elles interviennent une fois la matière dispensée au cours de mathématiques.

Le deuxième élément à ne pas négliger, c'est que les enseignantes ont collaboré en co-enseignement afin que les deux groupes soient placés dans des conditions de travail analogues. Les élèves ont été rassemblés dans un même local et se sont retrouvés eux aussi dans une situation nouvelle. Cette mise en contexte permet de mieux saisir le cadre dans lequel les enseignantes ont prodigué leur enseignement.

Étapes de la séquence

Nous reprenons à présent les étapes de l'intervention dans ce groupe. Dans celui-ci, la méthodologie avait été laissée au choix des enseignantes. Le tableau suivant (cf. tableau 21) permet une vue d'ensemble de la trame suivie, le détail de celle-ci se trouve en annexe²⁸.

Période 1		Période 2	
Lancement de la séquence	Brainstorming autour de l'expression « calcul littéral »	La bonne opération (Ex. 3)	<ul style="list-style-type: none"> - Introduction - Consigne - Travail individuel - Correction collective des trois premiers - Travail individuel - Correction collective de la suite
Suppression du signe de multiplication (Ex. 1 et 2)	<ul style="list-style-type: none"> - Consigne - Travail individuel - Correction collective - Synthèse de l'apprentissage 		
La bonne opération	Introduction		
Période 3		Période 4	
L'égalité (Ex.4 et 5)	<ul style="list-style-type: none"> - Introduction - Travail individuel - Correction collective - Synthèse 	Propriétés des puissances (Ex.7, 8 et 9)	<ul style="list-style-type: none"> - Correction collective du devoir - Consigne - Travail individuel - Correction collective
La structure de l'expression (Ex. 6)	<ul style="list-style-type: none"> - Consigne - Travail individuel - Correction collective 		
Synthèse sur la réduction de sommes et produits algébriques	Rappel des règles par processus questions-réponses.	Transformer une expression (Ex. 12, les autres n'ont pas été effectués).	<ul style="list-style-type: none"> - Consigne - Travail individuel - Correction collective
Devoir (Ex. 7)	Exercice à effectuer à domicile sans explication.		

Tableau 19: Vue d'ensemble de la séquence vécue dans le GE1

Tout d'abord, il est à noter que certains exercices prévus n'ont pas été effectués. C'est un choix délibéré des enseignantes. Elles ne voulaient pas dépasser les 4 périodes initialement prévues. Selon elles²⁹, l'intervention ne devait pas durer plus longtemps au risque de lasser les élèves.

Les descriptifs des leçons observées³⁰ permettent de se rendre compte de la manière dont les enseignantes ont travaillé dans le GE1.

Ainsi, nous relevons tout d'abord que chacune à tour de rôle a mené le groupe classe pendant que l'autre était en observation. Cependant, l'observatrice n'a pas hésité à intervenir si elle estimait bon de préciser des éléments. Elles ont donc procédé en échangeant leur rôle fréquemment (enseignement, soutien, discipline, observation).

Quant au travail des élèves, il était soit effectué **collectivement** ou **individuellement**.

Lors des phases collectives, les enseignantes cherchaient à ce que ce soit les élèves qui apportent les éléments de réponse, que les élèves expliquent leur démarche, que les élèves interviennent s'ils avaient une incompréhension en demandant alors à d'autres élèves leur avis ou leur explication. Nous voyons donc que les enseignantes cherchaient à faire **verbaliser** les élèves interrogés.

²⁸ Cf. ANNEXE 27 p 81-84

²⁹ Information reçue de manière informelle par les enseignantes lors de la fin de la 4^e période.

³⁰ Cf. ANNEXE 27 p 81-84

Lors de l'explication d'une règle, les enseignantes prenaient comme exemples les différents cas possibles en allant du plus simple vers le plus complexe.

A plusieurs reprises lors de la séquence, des phases de synthèses ont été réalisées. Ces synthèses se retrouvaient à chaque fois notées au tableau.

Lors des phases individuelles, les enseignantes se mettaient à la disposition des élèves pour des explications éventuelles. Cependant, lorsque les professeures remarquaient qu'un élève était bloqué, elles intervenaient aussi en le questionnant afin qu'il exprime son souci ou sa démarche et se rende compte de son erreur ou pour le faire progresser dans l'exercice travaillé. Cette façon de procéder a permis aux enseignantes d'avoir un **feedback** sur le travail des élèves et ainsi, elles ont pu diriger de façon plus appropriée les corrections collectives.

Outils utilisés

Pour rappel trois outils ont été présentés aux enseignantes : batterie d'exercices, tuiles algébriques et utilisation de l'outil informatique.

Les enseignantes se sont servies des **exercices** proposés en y apportant quelques petits changements. Ainsi, elles ont ordonné les exercices, ont ajouté quelques exercices à certaines séries et ont inséré des cadres pour que les élèves puissent écrire les règles. Elles ont également décidé de ne pas prendre l'exercice sur le statut de la lettre³¹ car elles ne le jugeaient pas judicieux et pensaient que cela allait plutôt embrouiller les élèves. Les feuilles élèves modifiées suite à leurs remarques se trouvent en annexe³².

En ce qui concerne **les tuiles algébriques**, elles les avaient en classe mais ne s'en sont pas servies. Selon P1 (cf. tableau 22),

« ils ne sont pas (ou plus) habitués à manipuler. »

Tableau 20 : Extrait de l'entretien avec P1 (cf. ANNEXE 4 p 8)

L'**outil informatique** n'a pas pu être mis en place pour des raisons logistiques. Dans cet établissement, il existe un local informatique polyvalent. Cependant, les deux GE1 et GE2 devant réaliser les exercices de synthèse au même moment, il n'était techniquement pas possible que cela se fasse. Nous avons alors proposé aux enseignantes d'insérer des QR codes. De cette façon, les élèves, qui le souhaitaient, pouvaient s'entraîner davantage. Nous avons donc créé des exercices semblables aux exercices réalisés en classe sur l'application « learningApps ».

5.2.2. Séquence du GE2

Contexte d'intervention

L'intervention dans le GE2, composé de deux sous-groupes (G3 et G4), a été menée par l'enseignante (P3) assistée d'une enseignante-intérimaire (P4).

³¹ Cf. ANNEXE 11 p 42

³² Cf. ANNEXE 28 p 87-93

P3 enseigne les mathématiques depuis dix-huit ans et le cours d'activités mathématiques depuis trois ans. Avec ce cours, elle cherche à revoir des bases, apprendre aux élèves à étudier, à varier les contenus abordés, à donner du sens aux mathématiques et à valoriser les élèves (cf. tableau 23).

Je revois principalement les bases qui permettent de mieux appréhender la matière qui sera vue au cours de mathématiques, comme le vocabulaire de base, les opérations sur les entiers, le sens des fractions, ... J'utilise l'application Quizlet pour faire revoir la théorie. J'alterne régulièrement les matières abordées de manière à ne pas les laisser mais aussi pour favoriser une mémorisation à long terme. Je repars souvent du fondement des mathématiques pour donner du sens aux règles. Je mets en valeur chacune de leurs petites réussites.

Tableau 21: Extrait de l'entretien avec P3 (cf. ANNEXE 4 p10-12)

P4 est une jeune enseignante qui a commencé à donner cours en deux-mille-dix-huit. Au moment de l'expérimentation, cela faisait un mois qu'elle donnait cours à ces élèves, elle remplaçait P3. Auparavant, elle n'avait jamais eu l'occasion de pratiquer son enseignement dans un groupe d'élèves en difficulté. Cependant, lors de son intérim, elle a mis l'accent sur la verbalisation (cf. tableau 24).

En classe, je faisais beaucoup parler les élèves afin de comprendre où étaient leurs difficultés et ils allaient toujours écrire au tableau afin que je puisse voir s'ils avaient réellement compris.

Tableau 22: Extrait de l'entretien avec P4 (cf. ANNEXE 4 p 12-13)

P4 est intervenue lors des pratiques guidées pour répondre aux questions des élèves ou pour vérifier leurs réponses, moments où il est le plus intéressant pour les élèves de bénéficier de plusieurs professeurs. L'enseignants P3 a donc assumé le rôle actif tandis que P4 était plutôt son assistante.

Étapes de la séquence

Nous allons à présent regarder les étapes de la séquence du GE2. Nous avons collaboré avec P3 lors de la préparation de celle-ci en nous appuyant sur différentes recommandations pédagogiques (Jayanthi et al., 2008). Le descriptif détaillé des leçons se trouve en annexe³³, le tableau 25 reprend les étapes générales de celles-ci.

Période 1		Période 2	
Addition	OUVERTURE DE LA LEÇON - Présentation de l'objectif de la séquence et de l'objectif d'apprentissage : moment de travail collectif - Réactivation des connaissances préalables : alternance de phases collectives et individuelles	Addition	OUVERTURE DE LA LEÇON - Présentation de l'objectif d'apprentissage - Réactivation des connaissances préalables : travail collectif
	CORPS DE LA LEÇON - Modelage de la règle de réduction d'une somme algébrique et de l'utilisation des tuiles algébriques (grâce au TBI). - Pratique guidée (EX. 1) : <ul style="list-style-type: none"> ▪ Consigne ▪ Travail individuel avec les tuiles algébriques et un corrigé 		CORPS DE LA LEÇON - Modelage de la règle de réduction d'une somme algébrique - Pratique guidée (EX.1 à 5) <ul style="list-style-type: none"> ▪ Consigne ▪ Travail individuel avec les tuiles algébriques et un corrigé. - Modelage de l'utilisation des tuiles algébriques - Pratique guidée (suite)
	CLÔTURE DE LA LEÇON - Objectivation : moment collectif	Devoir	Terminer l'exercice 5 à domicile s'il n'a pas été terminé en classe.

³³ Cf. ANNEXE 27 p 84-86

Période 3		Période 4	
Addition	OUVERTURE DE LA LEÇON - Présentation de l'objectif d'apprentissage - Réactivation des connaissances préalables : travail collectif	Addition-multiplication	CORPS DE LA LEÇON - Pratique guidée (poursuite de la pratique guidée de la veille)
	CORPS DE LA LEÇON (EX.5) - Modelage de la règle de réduction d'une somme algébrique - Correction collective		CLÔTURE DE LA LEÇON Présentation de l'objectif de la leçon suivante.
Multiplication	- Réactivation des connaissances préalables : alternance de phase collective et individuelle - Modelage de la règle de réduction d'un produit algébrique		
Addition-multiplication	- Pratique guidée <ul style="list-style-type: none"> ▪ Consigne ▪ Travail par groupe de 2 ou 3 en trois temps : 1^e : travail individuel ; 2^e : Comparaison des réponses et accord sur une solution commune 3^e temps : présentation à une enseignante de la solution commune. 		

Tableau 23: Étapes de la séquence du GE2

Si les principales étapes planifiées ont été suivies, il en est autrement du temps. En effet, le timing prévu n'avait pas tenu compte d'imprévus pouvant survenir. Or, dès le départ, P3 a été surprise par les réponses erronées des élèves lors de la réactivation des connaissances préalables. Pourtant, selon les dires de l'enseignante³⁴, elle avait déjà procédé de la sorte mais jamais elle n'avait été confrontée au problème suivant. Un élève a proposé « 34 » comme transformation de « 3 + 3 + 3 + 3 ». Et, aucun autre élève n'a pas su expliquer pour quelle raison cela n'était pas correct. Elle a fini par faire référence au périmètre du carré. De plus, mettre en place des méthodologies particulières prend du temps surtout la première fois. Des routines de travail permettent certainement de réduire ce temps.

L'intervention telle que prévue initialement comportait quatre périodes de cours. Au terme de ces périodes, vu l'état d'avancement de la séquence, nous avons décidé de commun accord de prolonger la séquence de deux périodes et d'effectuer certains ajustements. Cependant, l'arrêt de l'expérimentation n'a pas permis de vivre ces deux heures supplémentaires.

La séquence était basée sur de **l'enseignement explicite**, il était donc prévu de respecter les différentes étapes de cette instruction : ouverture de la leçon (présentation de l'objectif d'apprentissage, réactivation des connaissances préalables, ...), corps de la leçon (modelage, pratique guidée, pratique autonome, ...) et clôture de la leçon (objectivation, présentation du contenu de la leçon suivante, ...). Si l'enseignante (P3) a respecté en tout point les étapes prévues par l'enseignement explicite lors de la 1^{ère} leçon, cela n'a pas complètement été le cas lors des autres leçons. En effet, à la fin de chaque période, il était prévu de faire le point sur l'apprentissage du

³⁴ Propos récoltés de manière informelle à la fin de la période 1.

jour en répondant aux questions : « *De quelle stratégie a-t-on parlé aujourd'hui ? Pourquoi doit-on utiliser cette stratégie ? Quand doit-on l'utiliser ? Comment ?* ». P4 reconnaît que ce fut la plus grande difficulté lors de cette expérimentation (cf. tableau 26)

Ce qui a été le plus difficile, c'est la gestion du temps, vérifier l'heure pour s'arrêter à temps pour faire la synthèse de ce qui a été vu, ...

Tableau 24: Extrait de l'entretien avec P3 (cf. ANNEXE 4 p 10-12)

De plus, la pratique autonome prévue en fin de séquence n'a pas pu être effectuée vu l'interruption de l'expérimentation³⁵. La partie de séquence telle que vécue par les élèves comprend en grande partie les étapes de l'enseignement explicite. P3 utilisait pour la première fois cette instruction très structurée. Du temps est nécessaire pour un enseignant afin d'intégrer et respecter en tout point une nouvelle pédagogie mise en œuvre. Nous estimons néanmoins que les étapes utilisées dans cette séquence ont permis aux élèves de comprendre ce qui était attendu d'eux. À part ces quelques éléments, l'enseignante a suivi les étapes prévues dans la séquence préparée.

Des phases **collectives** se sont déroulées lors de la précision de l'objectif d'apprentissage, des réactivations des connaissances préalables, du modelage et de l'objectivation. Par contre, les pratiques guidées ont permis un travail des élèves **individuel** ou par **petits groupes**.

P3 a recouru à **divers exemples didactiques** lors de la réactivation des connaissances préalables et lors des pratiques guidées (du plus simple au plus difficile). D'ailleurs, P4 qui n'avait pas participé à la préparation des leçons a fait remarquer ce point (cf. tableau 27)

Ensuite, pour les exercices, les avoir triés par difficulté mais aussi par niveau a permis de donner confiance à l'élève.

Tableau 25: Extrait de l'entretien avec P4 (cf. ANNEXE 4 p12-13)

L'utilisation de corrigés, ou d'explication de réponses ont permis aux enseignantes d'avoir un **feedback** sur le travail des élèves. Cette façon de procéder fut un plus pour les enseignantes (cf. tableau 28)

Corriger soi-même permet à chacun de travailler à son rythme, ce qui est intéressant lors de la différenciation. Cela laisse plus de temps à l'enseignant d'aider les élèves en difficulté.

Tableau 26: Extrait de l'entretien de P3 (cf. ANNEXE4 p 10-12)

La **verbalisation**, quant à elle, a été utilisée lors de phases correctives mais plus spécifiquement lors du travail en petits groupes. Ce travail en groupe de deux ou trois a permis de **l'enseignement par des pairs**, comme cet extrait de verbatim l'illustre (cf. tableau 29).

E7 : *Je vais t'expliquer. Quand on te dit que tu as $12xy$ et qu'on te dit que c'est la réponse. Tu as xy pour arriver à $12xy$. Mais xy , pour toi seul sans chiffre, c'est quoi ?*

E5 : *xy c'est égal à combien ?*

E7 : *Oui, voilà xy c'est égal à combien ? Le xy*

E8 : *Un*

E7 : *Un tout seul et ben voilà*

E5 : *Ça veut dire que tu fais 12 moins un et tu trouves la réponse.*

Tableau 27: Extrait de verbatim du moment 3 dans le GE2 (cf. ANNEXE 6 p 26-31)

³⁵ L'Interruption due à la pandémie du coronavirus « Covid-19 » n'a pas permis d'aller jusqu'au bout de la séquence.

P3 voit un avantage à travailler de cette façon. Or, elle ne procède pas habituellement par groupe favorisant l'individualisation (cf. tableau 30).

Pouvoir travailler entre camarades permet de faire tomber ces barrières. De plus, expliquer quelque chose à un camarade, donc se réappropriier la matière, la remodeler est une étape qui permet une meilleure mémorisation.

Les élèves travaillent seuls et je suis tout le temps « dans les bancs » pour corriger, auprès de chaque élève, un exercice dès qu'il est fait ou, pour m'arrêter auprès d'un élève qui serait bloqué dans son raisonnement.

Tableau 28: Extraits de l'entretien avec P3 (cf. ANNEXE 4 p 10-12)

L'utilisation d'**heuristiques**³⁶ fut planifiée mais n'a pu être appliquée vu l'interruption de l'intervention. Les heuristiques reprenaient les questions à se poser face à une expression littérale à réduire. Elles se présentaient sous forme d'organigramme. En fonction de la réponse donnée, l'élève arrive soit à une autre question, soit à la règle à appliquer.

Outils utilisés

La séquence du GE2 a été préparée en collaboration avec l'enseignante (P3) principale de ce groupe. Il était donc prévu d'utiliser les trois outils que nous lui avons proposés.

Ainsi, les **exercices** proposés ont servi de base à l'élaboration de la séquence.

Les élèves ont eu l'occasion d'utiliser les **tuiles algébriques** pour la pratique guidée concernant la réduction de sommes algébriques. Il est à remarquer que la seconde enseignante (P4) qui découvrait cet outil l'a trouvé judicieux (cf. tableau 31)

Enfin sur les tuiles, c'était la partie ludique de la leçon mais en même temps c'était le moment où les élèves ont réellement compris. C'était totalement adéquat car ils pouvaient le faire tout seuls puis à deux et ils avaient également le moyen de s'autocorriger, il n'y a pas eu de problèmes de compréhension pour les élèves, au contraire.

Tableau 29: : Extrait de l'entretien avec P4 (cf. ANNEXE 4 p12-13)

P3 souligne néanmoins qu'il faut du temps aux élèves pour s'approprier l'outil mais que cet outil peut servir à plusieurs reprises dans l'apprentissage de l'algèbre (cf. tableau 32).

En ce qui concerne les tuiles, il a fallu du temps aux élèves pour en comprendre l'utilisation. C'est un investissement intéressant à faire à long terme, pour pouvoir aborder la distributivité et la mise en évidence par la suite.

Tableau 30: Extrait de l'entretien de P3 (cf. ANNEXE 4 p 10-12)

Cependant, l'intervention n'ayant pas pu être menée jusqu'à son terme³⁷, **l'outil informatique** planifié en fin de séquence n'a pas été utilisé.

Nous avons également placé des QR-codes sur les feuilles élèves de ce groupe afin que les élèves qui le souhaitent puissent travailler certains exercices à domicile.

5.2.3. Comparaison globale des séquences

Pour comparer et synthétiser de manière globale les deux séquences vécues dans les deux classes expérimentales, nous nous focaliserons sur les pédagogies mises en place et les outils utilisés. Ensuite, nous vérifierons si ces interventions ne sont pas tombées dans les pièges des dispositifs

³⁶ Cf. ANNEXE 20 p 76

³⁷ Interruption due à la pandémie du coronavirus « Covid-19 »

d'aides qui pourraient altérer l'efficacité de celles-ci (problème organisationnel, logique d'adaptation, contrainte de l'échec, effet Pharmakeia).

Pédagogies

Le tableau 31 reprend les recommandations pédagogiques (Jaynathi et al., 2008) que nous avons présentées à l'enseignante (P3) du GE2. Nous pouvons de cette façon regarder si les enseignantes du GE1 ont également travaillé en utilisant certaines de ces pédagogies.

	Pédagogies utilisées	
	GE1	GE2
Enseignement explicite	Non	Oui
Exemples pédagogiques	Oui	Oui
Verbalisation	Oui	Oui
Représentations visuelles	Non	Oui
Heuristiques	Non	(prévu ³⁸)
Évaluation formative et feedback	Oui	Oui
Enseignement par les pairs	Non	Oui

Tableau 31: Comparaison des pédagogies utilisées dans les GE

Ce tableau synthèse montre que dans les deux groupes, des pédagogies qualifiées d'efficaces pour les élèves en difficulté en mathématiques ont été mises en place. Ainsi dans les deux classes expérimentales, les enseignantes ont eu recours à différents exemples pédagogiques, les élèves ont été amenés à verbaliser leur démarche et elles ont pu recevoir de l'information en retour sur le travail de leurs élèves. Cependant, dans le GE2, nous trouvons également des représentations visuelles grâce aux tuiles algébriques, des interactions entre élèves et les principales étapes de l'enseignement explicite.

Outils

Le tableau 32 permet une vue d'ensemble sur les outils utilisés dans chaque classe expérimentale.

	Outils utilisés	
	GE1	GE2
Batterie d'exercices	Oui	Oui
Tuiles algébriques	Non	Oui
Outils informatiques	Non	(prévu ³⁹)

Tableau 32: Comparaison des outils utilisés dans les GE

Les mêmes outils ont été présentés aux enseignantes. Cependant, dans le GE1, elles ne les ont pas utilisés soit pour des raisons logistiques (outil informatique) soit par ce qu'elles ne l'ont pas jugé intéressant dans la façon dont se déroulait la séquence (tuiles algébriques). Cependant, nous nous demandons si les tuiles n'auraient pas pu aider certains élèves du GE1 dont la conception de la lettre était erronée. Voici un exemple d'erreur où cela aurait pu s'avérer utile (cf. tableau 33)

E13 : Vu que a tout seul ça fait un a, j'ai fait $1a + 2a$, ça fait $3a$ et $3a + 3$, ça fait $6a$.
--

Tableau 33: Extrait de verbatim du moment 2 dans le GE1 (cf. ANNEXE 6 p 18-21)

³⁸ L'arrêt de l'expérimentation n'a pas permis d'utiliser les heuristiques préparés.

³⁹ L'arrêt de l'expérimentation n'a pas permis d'utiliser l'outil informatique, il avait cependant été prévu en fin de séquence.

Logique d'adaptation – Contrainte de l'échec

Nous souhaitons cependant vérifier si les interventions ne sont pas tombées dans certains pièges de la mise en place de dispositifs d'aide.

Tout d'abord, nous n'avons décelé dans aucun des deux groupes une logique d'adaptation. L'énergie des professeures n'a pas été consacrée à chercher à compenser des manquements. Lorsque cela s'est avéré nécessaire aux yeux des enseignantes, elles ont passé un peu de temps à réexpliquer certains concepts comme l'addition d'entiers dans le GE1 ou la signification de la multiplication et de la puissance dans le GE2. Mais ces explications n'ont pas pris le pas sur le contenu visé. De plus, les tâches proposées aux élèves ont été issues d'une analyse approfondie du contenu matière, le but n'a pas été de simplifier celles-ci afin d'éviter des erreurs mais plutôt de proposer des exercices qui permettent aux élèves de franchir les obstacles propres au calcul littéral. Pour ce qui est de la contrainte de l'échec, les enseignantes ne cherchent pas à ce que les élèves ne voient pas leur échec pour éviter des frustrations comme, par exemple, l'illustre l'extrait de verbatim suivant (cf. tableau 34)

<p>P1 : <i>Alors, celui qui s'est trompé et qui a une erreur, vous le dites maintenant.</i></p> <p>P2 : <i>Oui</i></p> <p>P1 : <i>Obligé de dissiper tous les doutes. E13, tu avais juste ?</i></p> <p>[...]</p> <p>P1 : <i>Même si elle a juste et toi quelque chose de différent, tu dois le dire puis on te dit ben non, c'est juste, ce n'est pas juste. Voilà, il faut oser. D'accord ?</i></p> <p>P1 : <i>et le -1b ? E16, tu es d'accord ou pas ?</i></p>
--

Tableau 34 : Extrait de verbatim du moment 2 dans le GE1 (cf. ANNEXE 6 p 18-21)

Conclusion

Ces analyses générales des trames des séquences d'apprentissage des interventions devaient nous permettre de nous positionner sur la deuxième hypothèse formulée au chapitre 3. Cette hypothèse questionnait le progrès d'élèves en difficulté quand une intervention spécifique leur est consacrée. Tout d'abord, il est à souligner que cette expérimentation a été structurée et organisée afin de permettre une collaboration entre les différents acteurs impliqués. Tous les élèves, venant de classes différentes qui se retrouvent dans un même GE, avaient vu la matière auparavant dans le cours de mathématiques et de plus, le même contenu était travaillé dans ces deux groupes.

Nous pouvons également mettre en avant que les exercices proposés ont été créés en tenant compte des spécificités du contenu de l'intervention.

Ensuite, nous avons repéré dans les deux classes expérimentales des pédagogies qui ont montré leur efficacité d'après la littérature de recherche. Si dans le GE2, la séquence avait été programmée en fonction de ces pédagogies, dans le GE1, intuitivement les enseignantes ont montré des attitudes qui vont dans le sens de ces méthodologies.

Nous n'avons pas vu ni ressenti tout au long de nos observations qu'une logique d'adaptation ou de l'échec avait été mise en œuvre.

De plus, nous n'avons pas vu de complexification due aux aides proposées, nous ne pensons pas que ces interventions soient tombées dans le piège de l'effet Pharmakéia mis en évidence par Roiné (2012).

Pour toutes ces raisons, nous pensons bel et bien que cette intervention a permis aux élèves de progresser. D'ailleurs, les enseignantes qui étaient au cœur de celle-ci partagent notre opinion même si P1 remet en doute l'effet à plus long terme (cf. tableau 35).

P1 : *Je pense qu'ils ont compris les règles. Maintenant, il faudra voir d'ici quelques semaines*

P2 : *Je pense que la règle a été comprise mais ce qui est difficile pour eux, c'est l'application d'autres règles supplémentaires*

P3 : *Les tuiles permettent de visualiser, ce dont ont besoin beaucoup d'élèves qui ne savent pas abstraire. Ces élèves ont souvent besoin d'une explication plus personnelle car ils n'osent pas poser des questions devant un groupe classe ou s'adressent au professeur, gênés de ne pas avoir compris, Pouvoir travailler entre camarades permet de faire tomber ces barrières. De plus, expliquer quelque chose à un camarade, donc se réapproprié la matière, la remodeler est une étape qui permet une meilleure mémorisation.*

P4 : *Je trouve que ça a permis aux élèves de mieux comprendre car lorsque j'expliquais cette matière en classe durant les cours de mathématiques, les élèves avaient vraiment des difficultés pour la compréhension de la matière et la différence entre les règles de multiplication et d'addition. Après avoir assisté aux différentes leçons d'activités mathématiques, j'ai vu que la plupart des élèves n'avaient plus de problèmes pour ça. Pour les derniers exercices réalisés en classe, le nombre d'erreurs était faible, a contrario du début.*

Tableau 35 : Extrait des entretiens réalisés avec les enseignantes (cf. ANNEXE 4 p 8-13)

5.3. Analyse et comparaison d'extraits des séquences d'intervention

Nous venons prendre connaissance de la façon dont l'expérimentation s'est déroulée dans chaque classe expérimentale. Nous allons, à présent, analyser certaines parties de séquences plus finement. Notre but est de trouver des indices dans chaque groupe qui nous permettraient de donner des réponses à la nouvelle hypothèse formulée concernant la qualité de l'enseignement prodigué dans chaque GE. Notre but est de vérifier si avoir mis en place des modèles pédagogiques adaptés et une interaction didactique a été plus bénéfique qu'utiliser uniquement des exercices issus d'une analyse didactique. Pour ce faire, nous nous sommes servis de critères d'observation qui nous permettent de nous focaliser sur les régulations interactives, les feedbacks et les fonctions métacognitives.

Nous avons opté pour trois différents moments observés dans chaque GE. Le premier est le lancement de la séquence. Les deux autres moments choisis travaillent le même contenu. De cette façon, nous pourrions comparer les interventions dans les deux groupes expérimentaux et porter sur celles-ci un regard qualitatif.

5.3.1. Lancement de la séquence⁴⁰

Le lancement de la séquence dans les deux classes a été réalisée de deux façons différentes comme l'illustrent ces extraits. Cependant, certaines similitudes ont été repérées.

Nous allons reprendre certains extraits significatifs de cette partie (cf. tableau 36).

GE1	
P1 : <i>Qu'est-ce que ça veut dire calcul littéral ? J'aimerais bien que quelqu'un m'explique calcul littéral. Calcul, alors qu'est-ce que ça veut dire calcul ?</i> E1, <i>Allez, on n'fait pas le généré. Quelqu'un d'autre ? Qu'est-ce que ça veut dire calculer ? si vous me laissez dans le vide, ça ne va pas aller.</i> E2.	Réactivation des connaissances préalables sur le thème général de la séquence en réalisant un brainstorming autour de « calcul littéral ».
E2 : <i>Faire un calcul.</i>	
P1 : <i>Qu'est-ce que c'est faire un calcul ?</i>	L'enseignante pose des questions ouvertes au départ puis fermées en fonction des réponses des élèves sur des éléments qu'elle attend.
E2 : <i>Additionner, soustraire, multiplier</i>	
P1 : <i>Ou ?</i>	
E2 : <i>Soustraire</i>	
P1 : <i>Tu l'as dit : additionner ... Y a combien d'opérations en mathématiques, E3 ?</i>	
E3 : <i>Euh, quatre.</i>	
P1 : <i>Quatre, E4, cite-les-moi un peu.</i>	Les élèves apportent des réponses principalement de restitution (souvent une seule réponse possible).
E4 : <i>Multiplier, diviser,</i>	
P1 : <i>Non, les opérations, ça c'est des verbes. Je te demande le nom de l'opération, c'est</i>	
E4 : <i>Addition, soustraction, multiplication et division ?</i>	Feedback d'évaluation directe.
P1 : <i>D'accord.</i>	
[...]	
P1 : <i>Des lettres. Donc, qu'est-ce qu'on va faire ? On va effectuer des opérations avec des lettres. Vous l'avez tous vu avec vos profs respectifs. Vous avez vu le calcul littéral. Maintenant, j'aimerais savoir ce que vous vous souvenez du calcul littéral. Peu importe ce que vous vous souvenez. Qu'est-ce que vous avez vu ? Si vous ne me dites rien. Alors, qu'est-ce que vous vous souvenez ? Ne regardez pas les feuilles. C'est moi qu'on regarde. Alors, qu'est-ce que vous vous souvenez du calcul littéral ?</i>	Fixation du but de la séquence.
[...]	
P1 : <i>Donc, on parlait de termes semblables. Essayez un peu de retrouver ce que c'est des termes semblables. Donnez-moi des exemples, E12.</i>	
E12 : <i>des termes qui ont les mêmes chiffres et les mêmes lettres.</i>	Feedback de développement : incitation à développer une réponse donnée.
P1 : <i>Des termes qui ont.. Donne-moi un exemple.</i>	
E12 : <i>4a + 2a</i>	
P1 : <i>4a + 2a. E12 me dit que ceci ce sont des termes semblables. Oui, non, pourquoi ? E10.</i>	Feedback de contrôle : incitation à l'évaluation de la réponse d'un élève par d'autres élèves.
E10 : <i>Pour moi, oui</i>	
P1 : <i>Pourquoi ?</i>	
E10 : <i>Ou parce que c'est le même euh. Je n'sais pas comment expliquer.</i>	
P1 : <i>Moi non plus. J'ai besoin de ton aide. Dis-moi.</i>	
E10 : <i>Avec euh. Ah, je sais plus.</i>	

⁴⁰ Les verbatim complets de cet extrait se trouvent en annexe (cf. ANNEXE 6 p 15 - 17)

GE2

P3 : On teste dans votre groupe et dans un autre groupe de PLA deux manières différentes de revoir le calcul littéral et on va voir s'il y a des différences en fonction des méthodes qu'on applique. Vous allez noter pour aujourd'hui au journal de classe « réduire une somme algébrique ».

Réduire une somme algébrique, vous l'avez vu dans votre cours de math normalement juste avant les vacances. Parfois, on voit la matière avant que vous la voyiez en classe, parfois comme ici, on va revoir après. Alors, qu'est-ce que ça veut dire ça réduire une somme algébrique ? Vous laissez les feuilles, vous ne les regardez pas.

L'objectif de la leçon c'est que vous fassiez cela fin d'heure.

C'est bien joli de savoir faire ça mais qu'est-ce que ça signifie ? Ah, on va peut-être regarder chaque mot séparément.

E1 : Heu, réduire un chiffre en une lettre

P3 : Alors, ce n'est pas ... non ce ne serait pas réduire mais ce serait transformer. Réduire, qu'est-ce que ça veut dire ?

E1 : Diminuer

P3 : Diminuer, OK. Qu'est-ce qu'il y a comme autres synonymes ?

E2 : Simplifier

P3 : Simplifier, oui.

E4 : Soustraire

P3 : Non, pas forcément. Si vous devez réduire quelque chose qui ne sont pas des maths, ça veut dire quoi ? Le premier mot que tu avais donné était plus adéquat. Si je réduis la longueur de mes cheveux ?

E5 : Tu les coupes ?

P3 : On les coupe pour qu'ils soient plus ?

E5 : petits

P3 : plus petits, plus courts. Ça va ? La première chose, c'est réduire. Alors, une somme ?

Qu'est-ce qu'on va devoir faire ? on va devoir trouver une autre opération, une autre expression. Quand on dit expression, c'est une manière de présenter les choses. On va trouver une autre expression plus courte. Mais attention, qui devra être semblable. Je ne vais pas remplacer quelque chose par autre chose. Ça va ? Je ne remplace pas dans un calcul un 5 par un 7 comme par magie, je remplace par quelque chose qui lui sera semblable. Et on verra ce qui est faisable. Pour voir la règle, on va utiliser les feuilles ici...

Présentation générale de la séquence suivie de la présentation de l'objectif de la leçon du jour.

L'enseignante explique, présente et les élèves écoutent.

Fixation du but avant de réaliser la tâche.

L'enseignante pose des questions fermées sur des éléments qu'elle attend.

Les élèves apportent des réponses principalement de restitution (souvent une seule réponse possible).

Feedback d'évaluation directe.

Résumé final du but de la leçon
→ **Fixation du but avant de réaliser la tâche.**

L'enseignante explique, présente et les élèves écoutent.

Tableau 36: Échanges lors du lancement de la séquence dans les deux GE

Dans les deux groupes, nous voyons une initiative d'introduction en fixant un but. Nous remarquons également une volonté que ce soit les élèves qui amènent les éléments et non le professeur. Dans le GE1, P1 part d'une question ouverte et cherche à réactiver chez les élèves tout ce qu'ils ont pu voir concernant le thème de la séquence. Les élèves semblent un peu perdus au départ, l'enseignante alors décompose calcul littéral en deux (calcul/littéral) pour une explication des deux parties. Tout au long de cette introduction, l'enseignante accepte les diverses propositions des élèves et, à partir de chaque proposition, elle rebondit sur le concept proposé pour faire un rappel de notions vues auparavant : vocabulaire des opérations, priorités des opérations, nombres opposés, termes semblables. Cette introduction part un peu dans tous les sens mais l'enseignante recentre les élèves afin qu'ils n'oublient pas la consigne initiale. Au milieu de ce lancement de

séquence, nous remarquons qu'elle fixe le but « *on va faire des calculs avec des lettres* ». Ce but est très vague et ne permet pas à l'élève de comprendre ce qu'il est attendu de lui exactement. Par contre, dans le GE2, l'enseignante décortique l'objectif d'apprentissage du jour. Après avoir précisé les différents termes de celui-ci, elle termine ce lancement par synthétiser celui-ci. Nous voyons dans ce procédé la volonté que l'élève sache exactement ce qu'il doit réussir à faire à la fin de la période de cours.

Dans les deux classes expérimentales, nous sommes dans une structure de participation de type restitution. Cependant, dans le GE1, P1 incite au développement et au contrôle à certains moments. En effet, elle demande parfois à l'élève interrogé de préciser, d'exemplifier son propos ou alors elle effectue une relance pour que ce soit les autres élèves qui valident ou non une réponse donnée. Il est aussi à remarquer que P1 désigne toujours l'élève qu'elle interroge tandis que, dans le GE2, l'élève qui souhaite répondre à la question le fait.

5.3.2. Réduction de sommes algébriques

Le deuxième moment que nous analysons se rapporte au même contenu mais celui-ci a été abordé de manière différente dans les deux classes. Nous allons analyser en détail trois phases : le lancement de l'activité, la réalisation de l'activité par les élèves et la correction de celle-ci.

Lancement de l'activité

Nous voyons deux façons très différentes de procéder dans les deux groupes expérimentaux. Cette façon est liée à la façon dont le cœur de l'activité a été réfléchi dans chaque classe.

Dans le **GE1** (cf. tableau 37), nous voyons que l'enseignante demande aux élèves s'ils ont compris la consigne lue par un élève. Comme aucun élève ne réagit, elle demande une précision de vocabulaire pour s'assurer de la compréhension d'un mot et puis les encourage à commencer à travailler.

GE1	<p>P1 : <i>Vous essayer de faire l'exercice 3. Qui me lit la consigne. E8, lis-moi un peu la consigne, s'il te plaît.</i></p> <p>E8 : <i>ECRIS chaque somme en regroupant les termes semblables comme dans l'exemple.</i></p> <p>P1 : <i>Tout le monde a compris ? La somme c'est le résultat de quelle opération, E14.</i></p> <p>E14 : <i>Addition</i></p> <p>P1 : <i>voilà, l'addition. Allez go.</i></p>	<p>L'enseignante fait lire, sollicite des éléments présents et pose une question ciblée sur un élément de restitution.</p> <p>Les élèves écoutent, lisent, apportent une réponse de restitution et se mettent directement au travail.</p>
------------	---	---

Tableau 37: Échanges lors du lancement de l'activité sur la réduction de sommes algébriques dans le GE1

Dans le **GE2** (cf. tableau 38), l'enseignante introduit un outil dont les élèves vont se servir pour l'activité. Elle se situe dans une phase de modelage. Pour cette phase, elle sollicite les élèves en leur posant des questions très ciblées. Nous sommes alors de nouveau dans une structure de participation de restitution. Nous voyons donc que P3 explicite ce qui est attendu de l'élève en rappelant le but de l'apprentissage du jour et celui d'effectuer l'activité avec les tuiles algébriques.

GE2

P3 : Non. On ne va pas mélanger. Justement le but est de vous montrer, que y et y_2 , ce n'est pas la même chose. $-3y$, ici. Est-ce que je sais enlever $3y$ de mon tableau ?

[...]

P3 : Je dois en prendre trois. Très bien ! Donc, si j'ai $-y -y -y$, c'est comme si j'avais $-3y$. Qu'est-ce qu'on fait avec tout ça. Le but c'était, comme on l'a dit hier, de réduire, de rendre plus petit. **Donc, le but c'est d'avoir le moins de petits papiers possibles.** Pour en avoir le moins possible, je vais devoir en éliminer. Comment est-ce que je pourrai éliminer les petits papiers. Oui ?

P3 : Vous pouvez écrire $y_2 - y$ ou $y_2 - 1y$ ou que vous écriviez $-y + y_2$. Vous voyez tout ça c'est la même chose. Ça va ? Il n'y a pas une place bien déterminée. OK ? La série numérotée 2, vous faites avec les tuiles, c'est-à-dire avec les petits cartons qui sont là. Ça va ?

Pour trouver la réponse comme on vient de le faire maintenant. D'accord ? Les autres, vous ferez sans. **Le but c'est de comprendre ce qui se passe et puis après d'y arriver sans les petites bandelettes.** Pendant que vous commencez, je distribue des chemises en plastique pour lequel vous allez pouvoir vérifier exercice après exercice. Ne faites pas les cinq d'un coup. Parce que s'il y a une erreur, vous allez la reproduire cinq fois. Vous faites le premier, vous descendez, vous regardez la réponse. Donc, vous regardez réponse après réponse, vous descendez pour en voir une à la fois. Dès qu'elle est fautive. Vous appelez, on est plusieurs profs ici et on vient voir où est l'erreur, pour que vous ne la reproduisiez pas plusieurs fois.

Modélage de l'utilisation des tuiles algébriques en sollicitant des éléments présents (les tuiles) et en posant des questions sur des éléments qu'elle attend.

Les élèves citent des éléments présents, et répondent aux questions de la professeure.

Rappel de l'objectif d'apprentissage.

Feedback individuel d'évaluation directe (tout au long du passage).

Fixation du but de la tâche à réaliser.

L'enseignante explique et présente, donne les consignes et les élèves écoutent.

Tableau 38 : Échanges lors du lancement de l'activité sur la réduction de sommes algébriques dans le GE2

Réalisation de l'activité

Dans chaque groupe expérimental, la tâche demandée est à réaliser individuellement, les enseignantes se mettent à disposition des élèves. Le rôle de celles-ci est un rôle principalement d'étayage dans le but d'ajuster la trajectoire des élèves. Cet étayage est réalisé soit à la demande d'un élève soit par l'enseignante qui remarque un besoin chez un élève. La structure principale de participation est de nouveau dans les deux groupes de type restitution. Regardons à présent ce qui différencie chaque classe.

Dans le **GE1** (cf. tableau 39), P1, voyant une erreur se reproduire chez plusieurs élèves, réalise un étayage plus collectif. Elle fait une remarque à l'ensemble de la classe. Cependant, lors de l'observation, nous voyons que des élèves n'ont pas du tout réagi à cette intervention, ils sont restés concentrés sur leur travail. Ont-ils entendu ce que l'enseignante a effectué comme ajustement ?

<p>GE1</p> <p>P1 : <i>Alors, E8, $t - 3t$, c'est combien ? Devant le t il n'y a rien, c'est comme s'il y avait un</i></p> <p>E8 : <i>un plus</i></p> <p>P1 : <i>oui, non un plus mais quel nombre ?</i></p> <p>E8 : <i>un</i></p> <p>P1 : <i>1-3 ça n'fait pas - 8. Tu montes d'un étage puis tu descends de 3.</i></p> <p>E8 : <i>-2</i></p> <p>P1 : <i>-2, voilà ! Puis, tu recopies le +5. Ça va ? Là, c'est juste. Et là, réfléchis.</i></p> <p>E8 : <i>moins</i></p> <p>P1 : <i>Ah ! Donc, c'est $-1 + 3$ ça va faire 2.</i></p> <p>[...]</p> <p>P1 s'adresse à tous les élèves : <i>Je voudrais quand même bien faire une remarque. Je vois chez plusieurs élèves. Lorsqu'on additionne ou qu'on soustrait des termes semblables, dans la réponse, on ne peut pas aller leur remettre des exposants etc. La variable ne change pas. Si c'est a, ça reste a, si c'est a_2, c'est a_2. On ne change pas les exposants dans l'addition. D'accord ?</i></p>	<p>Les élèves travaillent seuls et les enseignantes circulent et se mettent à disposition des élèves.</p> <p>Étayage pour ajuster la trajectoire de l'action (à un élève en particulier).</p> <p>L'enseignante pose des questions fermées sur des éléments qu'elle attend et l'élève apporte des réponses de restitution.</p> <p>Feedback individuel d'évaluation directe.</p> <p>Étayage pour ajuster la trajectoire de l'action (à l'ensemble de la classe).</p>
---	---

Tableau 39: Échanges lors de l'activité de réduction de sommes algébriques dans le GE1

Dans le groupe **GE2**, à la différence avec le GE1, chaque élève a bénéficié d'un étayage personnel. En effet, chaque étudiant possédait un corrigé qu'il devait utiliser après chaque réduction de somme algébrique pour vérifier sa réponse. Ainsi, s'il remarquait une erreur, un enseignant était appelé. Par conséquent, chaque apprenant a pu bénéficier personnellement d'un ajustement. Nous voyons dans le tableau 40, qu'une élève a besoin d'un guidage pour comprendre son erreur. De plus, ce n'est pas l'enseignante appelée qui valide les réponses mais le corrigé. Nous voyons donc une interaction avec un outil.

<p>GE2</p> <p>P4 : <i>Tu es perdue ?</i></p> <p>E : <i>Je n'sais pas comment faire.</i></p> <p>P4 : <i>Donc, tu as bien fait $2y$, y_2. Il y a un problème pour moi. Qu'est-ce que je lis moi ?</i></p> <p>E : <i>$-3y$</i></p> <p>P4 : <i>Donc, au lieu de ça ? C'est ?</i></p> <p>E : <i>Moins</i></p> <p>P4 : <i>Qu'est-ce que tu dois prendre ?</i></p> <p>E : <i>Des moins.</i></p> <p>P4 : <i>Voilà, Maintenant. Qu'est-ce que tu peux faire ?</i></p> <p>E : <i>Enlever ceux-là.</i></p> <p>P4 : <i>Il n'y a pas toujours plein de choses qui s'enlèvent mais en écriture. Vas-y tu l'enlèves. Et qu'est-ce que tu peux mettre ensemble ?</i></p> <p>E : <i>Ces deux-là.</i></p> <p>P4 : <i>voilà.</i></p> <p>E : <i>Ces trois-là.</i></p> <p>P4 : <i>Tu vas écrire quoi comme termes, comme réponse</i></p> <p>E : <i>$y_2 + y + 1$</i></p> <p>P4 : <i>Tu as combien d'y_2 ?</i></p> <p>E : <i>Trois</i></p>	<p>Étayage pour ajuster la trajectoire de l'action (à un élève en particulier).</p> <p>L'enseignante fait expliciter des réponses, sollicite des éléments présents (les tuiles).</p> <p>Feedback individuel de développement</p> <p>L'élève explicite sa démarche.</p>
--	--

P4 : *Donc, tu vas écrire*
 E : $3y^2$.
 P4 : *Là tu en as*
 $E = +2y + 1$
 [...]

 P4 : *C'est bon ?*
 E : *Oui*
 P4 : *Allez ! Continue.*

Feedback individuel de contrôle,
 incitation à évaluer sa réponse.

Tableau 40: Échanges lors de l'activité de réduction de sommes algébriques dans le GE2

Correction de l'activité

Cette partie est ce qui différencie fortement les deux groupes. En effet, dans le GE1, la correction s'effectue de manière collective alors que dans le GE2, comme dit précédemment, chaque élève s'autocorrige.

Des extraits illustrant la manière dont les enseignantes dans le **GE1** ont procédé se trouvent dans le tableau 41.

GE1

P2 : *OK. A votre avis qui de E9 et E1 as raison ?*
 [...]

 P2 : *D'accord avec E16 ?*
 [...]

 P1 : *Obligé de dissiper tous les doutes. E13, tu avais juste ?*
 E13 : *Non*
 P1 : *Où t'es-tu trompé ?*
 E13 : *le premier j'avais trouvé 6a et le deuxième 3t.*
 P1 : *Alors, comment as-tu fait pour le premier ? Dis-nous, explique-nous ce que tu as fait.*
 [...]

 E13 : *Vu qu'a tout seul ça fait un a, j'ai fait 1a + 2a, ça fait 3a et 3a + 3, ça fait 6a.*
 P1 : *Pourquoi est-ce que tu as fait +3 ? Tu pouvais ?*
 E13 : *Non*
 P1 : *Pourquoi ?*
 E13 : *Parce qu'il n'y avait pas la même variable.*
 P1 : *D'accord, tu as compris ton erreur.*
 E13 : *Oui*
 [...]

 P2 : *5 + 2, ça fait combien ? Ça fait 7. Autre exemple, -5 -2 ça fait ?*
 Un élève : *+7*
 P2 : *vous êtes au -5 et vous descendez encore de deux étages*
 Un élève : *-7*
 P2 : *Ça fait -7, D'accord ? Donc ici, comment avez-vous fait pour calculer les deux expressions. C'est quoi la règle ? Au niveau du signe d'abord. Ici, les deux termes étaient de quel signe ?*
 E17 : *+*
 P2 : *Et la réponse est de quel signe ?*
 E17 : *+*
 P2 : *+, qu'est-ce qu'on a fait avec les signes ? Là c'était plus et là c'est plus. Les deux termes sont de signes*

La correction est collective, P2 interroge les élèves qui lèvent le doigt ou parfois désigne un élève.

A plusieurs reprises P2 effectue des feedbacks d'évaluation collective, demandant l'avis aux autres élèves.

P1 intervient par moment pour une précision ou pour faire part d'informations glanées lorsque les élèves travaillaient seuls comme ici.

Feedback individuel de développement, l'enseignante demande à l'élève d'explicitier son raisonnement.

L'étayage permet un retour sur l'action réalisée.

Le reste de la correction s'effectue surtout de cette façon :

l'enseignante pose des questions fermées qui demandent aux élèves de donner essentiellement des réponses de restitution.

Les feedbacks sont des feedbacks d'évaluation directe individuelle.

E17 : moins
 P2 : Négatif et la réponse est ?
 E10 : Négatif aussi.
 P2 : Négative aussi. Donc, qu'est-ce que j'ai fait avec les signes.
 E17 : Recopier.

[...]

P2 : On a soustrait. Donc, ne pas confondre avec la multiplication. Dans ce cas-ci, je garde le signe, c'est logique puisqu'ils sont tous les mêmes et j'additionne les valeurs absolues. Ici, je prends le signe de la plus grande valeur absolue et je soustrais les valeurs absolues. D'accord ? Alors, si avec cette méthode-là vous n'y arrivez pas à la retenir, ce n'est pas grave. Il y a d'autres techniques comme, tout à l'heure P1, a utilisé la technique de l'ascenseur. D'accord, quand on sera dans la multiplication, c'est à ce moment-là qu'on utilisera la règle de signes de la multiplication. Je vous laisse continuer.

La correction s'est attardée uniquement aux 3 premiers exercices de la série.

P2 synthétise l'erreur commise par une élève qui a demandé une réexplication car elle ne comprenait pas les signes des réponses. P2 explique donc et les élèves écoutent

Cette correction a permis un étayage collectif pour ajuster la trajectoire de l'action puis relance la tâche.

Tableau 41: Échanges lors de la correction de l'activité sur la réduction de termes semblables dans le GE1

Nous pouvons souligner que la plupart des réponses données par les élèves restent à l'évaluation de ceux-ci. P2 demande si les autres sont d'accord, quand deux réponses différentes sont proposées, elle demande qui a raison, etc. Nous voyons donc que l'enseignante cherche à faire participer les élèves le plus activement possible à cette correction, les faire interagir mais toutes les interactions passent par la professeure. En cas de désaccord, l'enseignante incite au développement des réponses. Une intervention de P1 qui était en observation nous semble importante à mettre en avant. Elle demande à un élève d'exprimer sa réponse erronée tout haut. Dans ce passage, P1 insiste sur le fait qu'il est essentiel pour un élève qui n'a pas la même réponse de le dire pour qu'il puisse comprendre son erreur. D'ailleurs, P1 fait verbaliser l'élève en question en lui demandant d'explicitier sa démarche. Nous sommes dans ce passage dans de la métacognition essentielle pour l'amélioration des stratégies chez les élèves. Même si P1 encourage les élèves à réagir, certains n'osent pas. Elle fera ce type de remarque à plusieurs reprises cherchant, selon nous, à établir un climat de classe propice à l'expression de chaque élève.

Dans l'extrait suivant du **GE2** (cf. tableau 42), nous voyons également que P3 cherche à ce que l'élève explicite sa démarche. Cette méthode permet d'ailleurs à l'élève de comprendre son erreur.

GE2

P3 : Après. Vérifie un peu ta réponse. Qu'est-ce que tu vois comme différence ?

E : J'ai mis un moins

P3 : Et pourquoi est-ce que tu as mis un moins ? La tuile, elle était comment ?

E : C'était un plus.

P3 : Tu mets un moins quand c'est quelle couleur ?

E : Quand c'est rose.

P3 : Voilà ! D'accord. Donc, quand c'est blanc, c'est plus et quand c'est rose, c'est moins.

[...]

P4 : Explique-moi un peu pourquoi tu as faux. Trouve-moi ton erreur.

E : Parce qu'on était au plus 3 et on a fait moins 7.

P4 : Et comment est-ce que tu fais $+3 - 7$?

E : Ben, on fait $7-3$.

Chaque élève s'autocorrige grâce à un corrigé après chaque exercice et fait appel à une professeure lorsque sa réponse n'est pas correcte.

L'enseignante propose un étayage à l'élève pour qu'il puisse s'autoévaluer. L'enseignante pose des questions pour vérifier si l'élève comprend son erreur.

L'enseignante fait expliciter à l'élève sa démarche que celui-ci précise. Cela permet un étayage sur l'action réalisée.

P1 : *Oui, tu fais 7-3 et tu arrives*
 E : *à 4*
 P4 : *et pourquoi c'est moins et pas plus ?*
 E : *Parce que on était au 3e et on est descendu.*
 P4 : *Voilà, tout ce que tu aurais dû te dire. Et tu t'es dit ça quand tu as calculé ?*
 E : *En fait, j'ai cru que ça faisait 5 : 7-4*
 P4 : *Ha ! D'accord !*

Tableau 42 : Échanges lors de la correction de l'activité sur la réduction de termes semblables dans le GE2

Dans les deux groupes, nous sommes donc principalement dans une structure de participation de restitution mais également, par moment, dans une structure de participation de développement. Les étayages proposés permettent aux élèves de contrôler leur action, d'ajuster et de l'évaluer ; étayages reçus par tous les élèves dans le GE2 et par des élèves (non quantifiables) dans le GE1.

5.3.3. Réduction de sommes et produits algébriques

Cette activité a clôturé l'intervention dans les deux groupes expérimentaux⁴¹. Cette activité a été abordée de façon fort différente. Si dans le GE1, nous restons dans la continuité de ce qui a été réalisé jusque-là, dans le GE2, les élèves sont répartis en groupe afin d'interagir. Nous reprenons le lancement et la correction de cette activité.

Lancement de l'activité

Nous retrouvons dans le GE1, une façon assez similaire à la précédente pour démarrer le travail individuel des élèves (cf. tableau 43).

GE1	Juste avant, les règles qui sont à appliquer dans la série d'exercices, ont été rappelées. Ce rappel fut réalisé en sollicitant auprès des élèves des réponses de restitution.
P2 : <i>Allez-y</i> P1 : <i>Réfléchissez bien à tout.</i> P2 : <i>Ce serait parfait si vous aviez un sans faute</i>	Mise au travail direct sans explicitation du but de l'exercice. Les élèves travaillent alors seuls et les enseignantes se tiennent à leur disposition.

Tableau 43: Échanges lors du lancement de l'activité de réduction de sommes et produits algébriques dans le GE1

L'enseignante, dans le **GE2**, présente aux élèves la façon dont ils vont travailler pour l'activité et l'objectif des différents exercices (cf. tableau 44). Cela montre, à nouveau, le souci de l'enseignant relatif à la compréhension du sens de l'activité pour l'élève. Cette fois, elle demande à un élève de dire avec ses propres mots la consigne à effectuer. Nous voyons par ce biais une intervention de l'enseignante visant la prise de conscience de l'élève, avant la tâche, de ce qu'il a à faire. Cela favorise la planification et l'anticipation.

⁴¹ Pour rappel, deux heures avaient encore été prévues dans le GE2 pour aller jusqu'au bout de la séquence tandis que, dans le GE1, les enseignantes avaient opté pour supprimer des exercices prévus afin de ne pas dépasser 4 périodes d'intervention.

GE2

P3 : *Voilà, ici on vous a préparé des exercices que vous allez faire par deux pour faire la différence au départ quand on a un énoncé entre une somme ou un produit parce que si c'est une somme, il y a une certaine règle à appliquer et si c'est un produit, il y en a une autre. Ça va ? Le plus important déjà, c'est repérer dans l'énoncé. Donc, vous allez vous grouper. Vous prenez vos petites enveloppes. Donc, les enveloppes. Il est écrit n°1, n°2, n°3. D'abord, l'enveloppe n°1. Vous lisez la consigne qui est sur l'enveloppe. On va essayer de comprendre ce qui est à faire. Vous lisez chacun pour vous. D'abord, 1^{ère} enveloppe... Alors, qui peut me dire ce qu'il faut faire ?*

E7 : *Voilà, Heu... Il y aura des exercices,*

P3 : *Oui*

E7 : *Des calculs avec des plus et fois. En fait, quand on a regardé un calcul, il faut dire allez, Allez, se parler pour voir si c'est vraiment cette solution là ou pas.*

P3 : *Donc, vous allez tout seul faire deux tas, un tas avec des plus, un tas avec les fois. Et puis, quand vous avez chacun fait, vous regardez ensemble et vous comparez que vous avez bien la même chose. Et, si vous avez des différences, alors il va falloir essayer de discuter entre vous pour trouver qui a raison. ET, quand vous avez fini, que vous avez la même chose dans les deux paquets, vous nous appelez et vous aller devoir nous expliquer pourquoi vous avez ces réponses.*

Explicitation sur la façon dont les élèves vont travailler

Présentation de l'objectif visé

L'enseignante explique, présente, fait lire et sollicite des éléments présents.

Un élève répond en expliquant avec ces mots ce qu'il a compris du travail demandé.

Rappel de la méthodologie à suivre pour les groupes.

Tableau 44: Échanges lors du lancement de l'activité de réduction de sommes et produits algébriques dans le GE2

Correction de l'activité

Nous passons directement à la phase de correction car la phase de travail individuel est analogue à la précédente pour le GE1. Pour ce qui est du GE2, le travail par groupe et les corrections sont entremêlées et méritent une attention simultanée.

Tout d'abord, concentrons-nous sur le **GE1** (cf. tableau 45). Les premiers échanges montrent que l'enseignante semble vouloir réaliser le modelage. Les questions qu'elle se pose expriment les questions que les élèves doivent se poser quand ils sont amenés à résoudre ce type d'exercices. Elle met l'accent sur la stratégie à adopter. De nouveau, l'évaluation de la réponse est laissée aux autres élèves. Cependant, une erreur a été commise, corrigée par un autre élève sans que le premier sache ce qui n'était pas correct dans sa façon de faire. Nous sommes de nouveau dans une structure de participation de restitution. Les interactions passent toutes par l'enseignante.

GE1

P2 : *Alors, première question à te poser. Est-ce que tu es dans l'addition ou la multiplication ?*

E11 : *L'addition*

P2 : *L'addition, TB. Il me faut des termes semblables. Est-ce qu'il y en a ?*

E11 : *Oui.*

P2 : *Oui, qui ?*

E11 : *1x, 7x et - 3x*

P2 : *1x, tu m'as dit. C'est très bien ! Ça veut dire que ceux-là tu peux les*

E11 : *Additionner*

L'enseignante propose aux élèves les questions qu'ils doivent se poser face à ce type d'énoncé.

L'enseignante procède en questionnant les élèves sur des éléments qu'elle attend. Les élèves apportent principalement des réponses de restitution.

Feedback individuel d'évaluation directe.

P2 : Tu peux les additionner. Alors, on additionne les coefficients : $1 + 7$
 E11 : 8
 P2 : -3
 E11 : 5
 P2 : 5 quoi ? Alors, il y a deux termes que tu n'as pas soulignés. Est-ce que ceux-là, tu peux les additionner ensemble ?
 E11 : Oui
 P2 : Oui. $-6 + 4$, ça fait
 E11 : -10
 P2 : C'est bon ?
 E16 : Non, ce n'est pas -10.
 P2 : C'est ?
 E16 : - 2
 P2 : -2. D'accord ? ? Faire attention, opération dans les nombres entiers.
 OK ? Suivant.

L'évaluation de la réponse proposée est laissée aux autres élèves. Un autre élève propose alors la solution correcte sans que le premier puisse avoir une explication de son erreur.

Tableau 45: Échanges lors de la correction de l'activité de réduction de sommes et produits algébriques dans le GE1

Cette partie de la séance dans le **GE2** (cf. tableau 46) montre une structuration de participation de développement. En effet, les élèves sont amenés à interagir entre eux. Nous voyons donc apparaître, des régulations entre élèves. Dans les extraits, nous remarquons que les élèves n'hésitent pas à se poser des questions, à s'expliquer. Parfois l'enseignante intervient afin d'ajuster l'action mais ce sont les élèves qui se mettent d'accord, qui discutent. Rechercher à ce que les élèves s'accordent sur une solution amène les élèves à verbaliser. Ces interactions permettent aux élèves de favoriser leur métacognition. Ils sont amenés à réfléchir sur la façon dont ils ont procédé pour répondre à la consigne donnée.

GE2

P4 : Vous m'expliquez comment vous avez procédé ?
 E2 : Moi, j'ai regardé où il n'y avait pas des fois, je les ai mis de l'autre côté et les fois, je les ai mis ici.
 P4 : Et pourquoi celui-là, tu l'as mis là ? Il n'y a pas de fois.
 E2 : Car quand on sépare, cela fait 12 fois \times fois y.
 P4 : OK. Et toi tu avais la même chose ?
 E6 : Non celui-là je l'avais mis là.
 P4 : Dans les plus, quand il n'y a rien c'est des plus ? D'accord ou pas
 E2 ? quand il n'y a rien c'est un plus ?
 E2 : Non, ça fait fois.
 P4 : Quand il n'y a pas de signe, c'est un fois. Fais attention, on ne note pas toujours un point. Ça va ?
 [...]
 E7 : Un tout seul et ben voilà
 E5 : Ça veut dire que tu fais 12 moins un et tu trouves la réponse.
 P4 : 11 quoi ?
 E5 et E7 : 11xy
 P4 : Ah ! OK. Tu as compris celui-là ?
 E8 : Euh ouais.
 E7 : Tu as compris ?
 E8 : Oui.
 [...]

Les enseignants sont appelés par les groupes d'élèves une fois qu'ils se sont mis d'accord sur une solution commune.

L'enseignante sollicite des échanges entre les élèves.

Les élèves se posent des questions.

<p>E7 : Regarde, là maintenant, tu vois bien que c'est un fois. Tu vois, ce n'est pas la même chose cette fois-ci. On te dit que c'est encore $12xy$. Donc, 3 fois combien va donner $12xy$.</p> <p>E5 : En gros, 12 divisé par 3.</p> <p>E8 : Attends, euh.. 4 fois 3</p> <p>E5 : Et du coup</p> <p>E8 : fois y</p> <p>E5 : Et pourquoi y ?</p> <p>E8 : Parce qu'il n'y a pas de y</p> <p>E5 : Oui c'est ça</p> <p>[...]</p> <p>P4 : Je peux te reprendre ? $12ab2$, je ne suis pas d'accord non plus.</p> <p>E5 : non ?</p> <p>E5 : Ah $12a2b2$</p> <p>P4 : Explique un peu</p> <p>E8 : On a deux fois ab</p> <p>E7 : Ah moi aussi j'ai écrit ça</p> <p>P4 : Vous êtes d'accord avec le reste ?</p> <p>E5 : Non, on n'a pas fini. Donc, ça, ça fait $16ab$, on va le mettre de côté. Ça c'est $16a2b2$</p> <p>P4 : Attends un peu, juste pour voir s'il a bien compris.</p> <p>E8 : $16a2b2$</p> <p>P4 : Ouiiii.</p>	<p>Les élèves s'expliquent. Les élèves se posent des questions.</p> <p>L'enseignante intervient pour ajuster la trajectoire de l'action. Elle incite au contrôle de la tâche en cours en montrant qu'elle n'est pas d'accord avec une de leur proposition. Puis, incitation au développement par P4.</p>
---	--

Tableau 46: Échanges lors de la correction de l'activité de réduction de sommes et produits algébriques dans le GE2

Le dernier extrait que nous présentons (cf. tableau 47) a pour but d'illustrer la fonction métacognitive qui permet d'assurer un retour sur l'activité. Les élèves devaient, après s'être mis d'accord, présenter leur solution à une professeure. Nous voyons vraiment l'évolution du travail des deux élèves au travers de leur écrit (cf. figure 20) et les corrections apportées.

<p>GE2</p> <p>P3 : Ça va, vous vous êtes mis d'accord ? Le premier, le deuxième, fois 4 y, TB. Moins $3xy$ parfait. Fois $2x$ et fois 3. OK. Vous voyez les fautes n'étaient pas toujours chez les mêmes. C'est pour ça que c'est bien de faire à deux.</p>	<p>Étayage pour assurer un retour sur l'activité.</p>

Figure 20: Feuilles élèves consigne 2 de l'activité

Tableau 47: Échanges lors de la correction de l'activité de réduction de sommes et produits algébriques dans le GE2

5.1.1. Vérification de l'hypothèse

Les analyses des extraits précédents avaient pour objectif de vérifier l'hypothèse concernant la qualité de l'enseignement qui serait plus élevée dans le GE2 en comparaison avec le GE1. Les éléments mis en avant dans les leçons nous poussent à penser que c'est effectivement le cas.

Nous souhaitons nous intéresser au travail des stratégies, aspect souvent déficitaire chez les élèves en difficulté. C'est pour cette raison que nous nous sommes focalisée sur les différents types de régulations.

Dans les deux groupes, nous avons relevé des interventions enseignantes de type restitution et de type développement. Dans le GE1, les initiations de type développement sont restées aux mains des enseignantes. Nous avons également retrouvé ce type d'initiation dans le GE2 mais grâce au travail de groupe réalisé, les élèves ont pu interagir sans le contrôle constant d'une enseignante. Cela a permis aux élèves d'aller plus loin dans leur processus métacognitif.

Nous pouvons également souligner les différents types de modalités de régulation interactive qui ont été engagées. Dans le GE1, nous retrouvons des interactions enseignants-élève(s), jamais un élève ne s'est adressé directement à un autre élève, tout est passé par les enseignantes. Cependant, l'évaluation des réponses proposées a souvent été laissée à l'appréciation des autres élèves, rarement l'enseignante ne disait directement que la réponse était bonne ou mauvaise mais demandait à la classe, si tout le monde était d'accord, si quelqu'un avait une autre réponse, etc. Dans le GE2, nous avons relevé des interactions enseignante-élève(s), interactions élève-outil (corrigé) et interaction élèves-élèves. Tous les types de régulation ont été utilisés. Par ce biais, différentes fonctions métacognitives ont pu être travaillées.

Un autre paramètre nous semble important pour différencier les deux interventions. Il a trait à la fixation des buts. Les extraits proposés montrent que l'enseignante principale du GE2 (P3) a mis l'accent sur cet aspect. Bien sûr, il avait été décidé de baser la séquence sur l'enseignement explicite, ce qui explique cette observation. L'explication de l'objectif d'apprentissage et des buts poursuivis par les différentes activités ont été une aide judicieuse à la fixation d'un but, la planification et l'anticipation pour les élèves.

Un autre indice de différenciation des deux interventions concerne l'étaillage fourni. Dans le GE2, nous sommes certaine que chaque élève a pu bénéficier d'un étaillage par la façon dont les activités ont été proposées. Par contre, dans le GE1, tous les élèves n'ont pas bénéficié d'un étaillage individuel et lors des phases collectives comment être sûr que tous ont profité de l'étaillage fourni. Nous soulignons néanmoins la volonté de P1 à ce que chaque élève ose intervenir en collectif.

Nous souhaitons également mettre l'accent sur les feedbacks pour ne pas négliger les variables motivationnelles. Dans les deux GE, nous n'avons pas assisté à de feedbacks moralisants, qui portent sur les qualités personnelles des élèves qui seraient contreproductifs (Laveault, 2007, cité

par Mottier Lopez, 2015). C'est un aspect positif à relever dans les deux interventions. La majorité des feedbacks dans les deux classes ont été des feedbacks d'évaluation directs majoritairement positifs. Des encouragements ont été fournis dans les deux classes. Des points positifs des élèves ont été soulignés dans les deux groupes. L'expérimentation que l'élève a des compétences et que son engagement stratégique contribue à ses réussites (Bosson et al., 2009) n'a pas pu être explicitement visible. Cependant, Box et Little (2013, cité par Leclerc et al., 2010) relate que ce sentiment est travaillé lors du tutorat entre pairs. Dans le GE2, les échanges retranscrits lors du travail de groupe pourraient corroborer cette affirmation.

En résumé, nous estimons qu'avoir misé sur l'interaction didactique et sur les modèles pédagogiques a permis un enseignement de qualité supérieure en comparaison à l'utilisation unique de l'interaction didactique. En effet, nous venons de passer en revue différents aspects qui montrent que les régulations proposées et l'explicitation des buts de séances et des activités lors de l'intervention dans le GE2 servent la métacognition et évitent certains malentendus.

Chapitre 6 : Discussion

Dans cette partie, nous allons discuter les résultats présentés au chapitre précédent en les mettant en relation avec les apports de la partie théorique de ce travail. Ainsi, nous reprendrons ces constats en considérant les différentes hypothèses émises afin de tenter de répondre à notre question de recherche. Nous terminerons par présenter les limites de ce travail.

6.1. Hypothèse 1

La première hypothèse que nous avons posée concernait la composition de nos groupes expérimentaux et le lien avec les variables motivationnelles interrogées :

« Les élèves en difficulté en mathématiques, qu'ils suivent ou non le cours d'activités mathématiques, ont un sentiment d'auto-efficacité et de compétence en mathématiques moins élevés que les autres élèves de deuxième année. »

En effet, selon Viau (2002), un lien est souvent repéré entre élèves en difficulté et problèmes de motivation. De plus, le sentiment de compétence et d'auto-efficacité seraient liés à la performance (Lane & Lane, 2001, cités par Cuenca-Carlino, et al., 2015, Leclerc et al., 2010)

Ainsi, pour vérifier ces dires, nous avons mis en lien les performances des élèves à la partie cognitive de notre prétest avec le résultat au questionnaire motivationnel (sentiment de compétence et d'auto-efficacité). La corrélation trouvée de 0,64 montre effectivement un lien positif entre les deux variables. Nous pouvons alors traduire cette corrélation de cette façon : « plus un élève a un résultat faible pour la partie cognitive, plus il aura un score faible pour la partie motivationnelle ». Ce résultat valide donc notre hypothèse et montre l'importance de s'intéresser à cet aspect pour que les élèves progressent.

Dans un second temps, nous voulions également vérifier la composition de nos groupes expérimentaux au regard du test passé sur les bases du calcul littéral. Notre intervention s'est inscrite dans une réalité scolaire, nous avons donc réalisé des interventions dans des groupes déjà organisés par l'école. Ils comprennent des élèves « faibles », constitués sur base des résultats des élèves en mathématiques en fin de première année. Même si les groupes expérimentaux comprennent majoritairement des élèves plus faibles que les autres élèves de deuxième, nous avons été surpris de découvrir que parmi ceux-ci se trouvaient également des élèves qui avaient particulièrement bien réussi ce test cognitif. Ce résultat peut être mis en lien avec le fait que l'école institue un groupe d'élèves en difficulté en mathématiques pour reprendre l'expression de Roiné (2011). Cette réflexion nous pose la question de la stigmatisation des élèves dans ce type de dispositifs (Reverdy, 2017). Cependant, lorsque l'utilité de suivre ce cours d'activités mathématiques réservé aux élèves en difficulté est questionnée, ces élèves voient une utilité à celui-

ci (score moyen pour les GE : 79%). Ce résultat pourrait expliquer notre constat. Les élèves, participant à ce cours, pourraient au fur et à mesure de l'année avoir progressé et amélioré entre autres leur sentiment de compétence et d'auto-efficacité. Pour le vérifier, des investigations supplémentaires devraient être menées. De plus, Mary et Squalli (2019) remettent en cause une conception linéaire des mathématiques qui stipule qu'il n'est pas possible d'avancer dans l'apprentissage des mathématiques sans connaître « les bases ». Ainsi, des élèves faibles en fin de première année, pourraient avancer dans leur apprentissage des mathématiques et ne plus faire partie de ces « élèves en difficulté ». Ces progrès pourraient donc venir du cours d'activités mathématiques ou même du cours de mathématiques.

Une dernière observation nous amène à nous poser la question de la constitution de ces groupes. Nous avons réussi à former un groupe contrôle en trouvant parmi les élèves qui ne suivent pas le cours d'activités mathématiques, des élèves qui ont le même profil du point de vue cognitif sur les bases du calcul littéral. Évidemment, cela concerne une seule partie du cours de mathématiques, cela n'aurait peut-être pas été le cas par rapport à un autre contenu. De plus, la constitution des groupes a été réalisée au terme de l'année scolaire précédente, des élèves pourraient avoir commencé à éprouver des difficultés en mathématiques après cette décision. Ainsi, nous nous posons certaines questions : Sur quels critères l'école peut-elle décider de prodiguer une aide à certains et élèves et pas à d'autres ? Ne serait-il pas plus judicieux que ces groupes ne soient pas figés, qu'une évaluation de sa constitution s'effectue à plusieurs moments de l'année ? Cela pourrait être d'autres aspects à investiguer.

6.2. Hypothèse 2

Avec notre deuxième hypothèse, nous souhaitons vérifier si intervenir auprès d'élèves en difficulté est efficace :

« D'un point de vue cognitif et motivationnel, les élèves en difficulté d'apprentissage en mathématiques progressent si une intervention spécifique leur est consacrée. »

La méta-analyse de Stevens et al. (2017) souligne l'importance d'intervenir auprès des élèves en difficulté en mathématiques. En effet, ces interventions montrent des perspectives encourageantes afin que ces élèves améliorent leurs résultats. Par contre, des témoignages d'enseignants allaient dans une autre direction. Ces acteurs de première ligne ressentent toute la complexité de la mise en place de ces aides surtout d'un point de vue organisationnel (FWB, n. d.). En effet, des dispositifs proposés hors classe demandent une continuité pédagogique (Reverdy, 2017). Nous voyons toute l'importance de considérer ces aspects pour une aide efficace. Il est donc essentiel que les enseignants du cours de mathématiques et des dispositifs d'aide collaborent. Dans l'expérimentation menée pour cette recherche, nous avons organisé l'intervention. Ainsi, toutes les

enseignantes du cours de mathématiques en deuxième année avaient pour consigne de voir la matière ciblée dans une période déterminée. De cette façon, les interventions pouvaient se dérouler au même moment pour les élèves participant au cours d'activités mathématiques. De plus, les élèves de deuxième année de cette école possèdent tous les mêmes documents pour le cours de mathématiques. Avoir fonctionné de cette manière, résolvait un des problèmes émis par les dires des enseignants (FWB, n. d.). Ce souci concerne le fait que des élèves de classes différentes et de professeurs différents se retrouvent dans le même dispositif d'aide. Ce premier élément permet déjà à nos interventions d'avoir plus de chance d'être efficaces. Mais se pose alors la question de la façon dont cela se déroule à d'autres moments de l'année et du choix de la personne qui incite à la collaboration de tous ces professeurs.

La littérature de recherche met également en avant d'autres facteurs qui remettraient en cause l'efficacité de certaines aides.

Tout d'abord, des enseignants auraient tendance à adapter spécifiquement une situation d'apprentissage pour l'élève en difficulté qui aurait comme conséquence de diminuer le potentiel mathématique de celui-ci (Mary, & Squalli, 2019). Cette adaptation viendrait, pour Roiné (2011), d'une cécité didactique. La présente étude s'est basée, dans les deux groupes expérimentaux, sur une analyse du contenu afin de proposer des exercices qui visaient à tenir compte des sauts conceptuels que les élèves doivent franchir pour travailler au mieux cette matière particulière des mathématiques. Nous sommes donc bien dans des interventions qui visent à prévoir les conditions pour que l'apprentissage puisse s'effectuer (Mary, & Squalli, 2019). De plus, la méta-analyse de Seidel et Shavelson (2007) indique que les progrès les plus importants sont en lien avec l'apprentissage du contenu. En outre, il n'a pas été question dans cette intervention de proposer des activités d'un niveau moindre pour éviter que les élèves ne rencontrent des échecs. Au contraire, nous cherchions à faire évoluer les élèves dans leur apprentissage en surmontant les difficultés propres au contenu abordé. Les enseignantes ne se sont donc pas focalisées sur la « contrainte de l'échec » (Favre, 2003, cité par Roiné, 2014). Ces deuxièmes éléments présentés montrent également que les interventions entreprises dans le cadre de cette recherche seraient porteuses d'efficacité.

Nous nous attardons à présent à l'aspect pédagogique des dispositifs mis en place. Nous avons proposé à l'enseignante principale du GE2 d'utiliser des recommandations pédagogiques issues d'un guide (Jayanthi et al., 2008) réalisé suite à la méta-analyse de Gersten et al. (2008, cité par Jayanthi et al., 2008). Celle-ci montre que ces pédagogies permettent aux élèves en difficulté en mathématiques de progresser. Les résultats exposés au chapitre précédent illustrent que des méthodes issues de ce répertoire ont été mises en œuvre dans le GE2. Nous avons également observé certaines de celles-ci dans le GE1 où le côté pédagogique avait été totalement laissé au libre choix des enseignantes. Ainsi, dans les deux groupes, les professeures ont employé des

exemples pédagogiques dans une progression du plus simple au plus difficile, du simple au complexe (Gersten et al., 2008, cités par Cuenca-Carlino et al., 2015) qui participent à l'élaboration du transfert (Jayanthi et al., 2008). Nous avons également remarqué que toutes les enseignantes ont cherché à faire verbaliser les élèves. Cette oralisation aide les élèves à travailler leur stratégie. De cette façon, ils peuvent prendre conscience de leur façon de procéder (Bosson et al., 2009). De plus, les enseignantes étaient à la disposition des élèves notamment dans les phases de travail individuel. Elles répondaient à leurs questions et intervenaient si elles le jugeaient opportun. Ainsi, elles ont pu recevoir des feedbacks sur l'évolution de l'apprentissage de leurs élèves qui ont pu guider les corrections. Ces évaluations formatives reçues permettent aux enseignantes d'accorder au mieux leur enseignement aux besoins des élèves (Jayanthi et al., 2008). Nous avons également relevé, dans le GE2, l'application des principes de l'enseignement explicite qui servaient de base pédagogique à la séquence. Les étapes prévues par cette instruction participent au développement de processus métacognitifs (Gauthier et al., 2013). Un travail de groupe, dans le GE2, a contribué à des interactions entre pairs. De cette façon, les élèves pouvaient s'expliquer mutuellement leurs choix, leurs stratégies contribuant ainsi au travail de la métacognition (Van Nieuwenhoven , & De Vriendt ,2010). Cette composante pédagogique présente dans les deux classes expérimentales contribue aussi à l'efficacité de notre expérimentation.

Tous les facteurs que nous venons d'évoquer tentent à vérifier l'hypothèse testée. Cependant, la validation de celle-ci aurait dû passer par une mesure des progrès des élèves. Dans notre cas, nous nous sommes centrée sur des indices de la qualité d'enseignement. Cependant, si les leçons ont montré des opportunités d'apprentissage pour les élèves, il faut encore que ceux-ci les saisissent. En effet, les élèves jouent un rôle médiateur entre les conduites d'enseignement et les apprentissages effectifs des élèves (Lafontaine et al., 2018). De plus, nous pouvons tendre à affirmer l'hypothèse pour les interventions organisées dans le cadre de ce travail. Pour que ce soit le cas, il est nécessaire de penser cette aide en tenant compte de l'organisation et du contenu matière sur lequel portent ces aides. De plus, une réflexion menée sur des pédagogies particulières avant de dispenser l'aide pourrait encore améliorer cette efficacité. C'est l'objet de notre prochaine hypothèse.

6.3. Nouvelle hypothèse

Nous arrivons à l'hypothèse que nous avons formulée suite au changement méthodologique que ce travail a subi⁴² :

« Les élèves dont l'intervention est basée sur de l'interaction didactique et sur des modèles pédagogiques adaptés bénéficient d'une qualité d'enseignement supérieure par rapport aux élèves qui bénéficient d'une action liée uniquement à l'interaction didactique. »

Avec cette hypothèse, nous voulions tester quel type d'action pourrait engendrer le plus de progrès chez les élèves faibles en mathématiques. Nous faisons le pari que se baser sur de l'interaction didactique pour aborder l'enseignement à ce type d'élèves est essentiel mais qu'en y ajoutant des modèles pédagogiques adaptés, l'aide proposée deviendrait optimale. C'est pour cette raison que nous avons cherché à qualifier l'enseignement prodigué dans nos deux groupes expérimentaux qui se différencient au niveau pédagogique. Cette qualification a cherché à mettre en avant des éléments qui travaillent les caractéristiques les plus souvent communes à ce profil d'élève. C'est pourquoi nous nous sommes tournée vers la régulation. En effet, de nombreux auteurs informent que les problèmes de ces élèves se situent souvent au niveau stratégique. Il ne leur est pas aisé de repérer et utiliser de manière adéquate une méthode, et de plus, celle qu'ils utilisent leur demande un effort cognitif intense (Miller , & Mercer, 1997, cités par Cuenca-Carlino et al., 2015, Van Nieuwenhoven , & De Vriendt, 2010 ; Bosson et al., 2009). Ce constat montre donc que ces élèves ont un déficit de stratégie d'autorégulation cognitive qui demande un haut degré de connaissances métacognitives. C'est pourquoi nous avons focalisé nos observations sur les régulations interactives au départ des travaux de Mottier Lopez (2015). Les résultats de ces observations détaillées permettent de différencier les deux classes expérimentales.

Tout d'abord, dans les deux groupes expérimentaux, nous avons trouvé des interventions des enseignantes qui incitaient des **réponses de restitution ou de développement**. Les incitations au développement nous paraissent essentielles pour ce type d'élèves. En effet, inciter les apprenants à expliciter leur raisonnement, va les pousser à verbaliser et cela pourrait leur permettre une compréhension de leurs erreurs et ainsi une autorégulation de leur méthode, (Jayanthi et al., 2008). De plus, les enseignants peuvent alors mieux comprendre les problèmes de leurs élèves (Van Nieuwenhoven , & De Vriendt, 2010). Dans le GE1, les élèves ont pu verbaliser lors des phases de correction collective ou, lors des phases individuelles lorsqu'une enseignante conversait avec un élève particulier. Cependant, nous avons observé que tous les élèves n'ont pas été amenés eux-mêmes à verbaliser. Dans la méthode utilisée, il aurait fallu par exemple que chaque élève puisse bénéficier d'un moment individuel avec une des deux enseignantes. Et qu'au cours de ce dialogue,

⁴² Suite à la pandémie du COVID-19

il soit interrogé sur la stratégie qu'il a utilisée pour trouver les réponses. Pour rester dans leur organisation, les professeures auraient pu, dans les phases collectives, interroger chaque élève, celui-ci devant expliquer sa démarche. Nous avons observé qu'elles demandaient cette explicitation de manière régulière lors des phases collectives. Cela montre une attention portée à la verbalisation. Cependant, pour que tous les élèves puissent avoir la possibilité d'oraliser leur pensée, des méthodes plus propices pourraient aider. C'est à ce niveau que les deux interventions se différencient. Dans le GE2, les pédagogies mises en place accordent une place plus importante à cet aspect. En effet, les élèves ont été obligés de verbaliser lors d'une activité de groupe qui comprenait différentes étapes : travail individuel, comparaison et partage des solutions pour aboutir à une commune, explicitation de la solution commune à une enseignante. Ainsi, tous les élèves se sont retrouvés dans une situation où ils devaient exprimer leur façon de procéder. D'ailleurs, selon Van Nieuwenhoven et De Vriendt (2010), interagir avec ses pairs encourage l'explication des choix, des stratégies et la cause de l'erreur. Ce premier élément montre un premier aspect en faveur de notre hypothèse.

Les différentes sources de régulation distinguent également les deux interventions. Dans le GE1, nous avons constaté des interactions enseignante-élève, élève-élève par l'intermédiaire de l'enseignante. Ainsi, une enseignante interagissait avec un élève particulier ou demandait à un autre élève de corriger le premier en explicitant la raison. Nous n'avons jamais repéré un élève s'adressant directement à un autre. Dans le GE2, nous retrouvons ces mêmes interactions mais d'autres ont pu aussi être observées. Tout d'abord, des interactions avec un outil, nous pouvons alors faire référence aux corrigés qui ont été utilisés lors d'une activité. L'élève, après un exercice pouvait en vérifier l'exactitude, s'autocorriger s'il comprenait son éventuelle erreur ou faire appel à une professeure pour l'aider. Les élèves ont pu également interagir, dans cette classe, avec un autre outil : les tuiles algébriques. Les témoignages des deux enseignantes du GE2 à propos de cet outil illustrent les propos relatés par Kieran (2007, cité par Demonty , & Fagnant 2019). En effet, certains chercheurs mettent en avant le fait que mettre en place les stratégies pour utiliser leurs supports demande une charge supplémentaire aux élèves. P3 soulignait le temps qu'il avait fallu pour que les élèves s'approprient l'outil. D'autres chercheurs pensent qu'ils simplifient la compréhension. Cela rejoint les dires de P4 qui affirment que cela a permis aux élèves de réellement comprendre. Ces différents types d'interactions qui permettent d'autres types de régulation contribuent également à corroborer l'hypothèse posée.

Un autre aspect qui diffère d'une classe à l'autre se situe au niveau des **explicitations des buts poursuivis**. L'enseignement dans le GE2 était établi sur l'enseignement explicite. L'enseignante (P3) a pris le temps pour chaque activité d'annoncer le but visé par celle-ci en lien avec l'objectif d'apprentissage du jour. Ce côté nous a semblé manquant dans le GE1. Nous pensons que pour des élèves en difficulté il est important qu'ils puissent lier les activités entre elles et au but poursuivi

pour éviter comme, Gauthier et al. (2013) le soulignent des fausses interprétations et des malentendus. De plus, Les processus métacognitifs peuvent se développer par cette instruction (Gauthier et al., 2013). Cet élément plaide également en faveur de notre hypothèse.

Le dernier aspect que nous voulions soulever pour vérifier l'hypothèse concerne **les variables motivationnelles**. Dans chaque classe, les enseignantes ont fourni la plupart du temps des feedbacks d'évaluation individuelle positifs. Rondier (2004) évoque des remarques et conseils qui conduit l'élève à penser qu'il a en lui les compétences pour réussir une tâche, et qu'il puisse lier sa stratégie à sa performance. Nos observations ne nous ont pas permis de repérer des dires des enseignants qui allaient explicitement dans ce sens. Cependant, nous avons remarqué la volonté de toutes les enseignantes de ne pas aller dans le sens contraire en fournissant ce que Laveault (2007, cité par Morrier Lopez, 2015) appelle des feedbacks contreproductifs. L'enseignant (P1) dans le GE1 a insisté pour que les élèves n'aient pas peur de dire quand ils se trompent afin qu'ils puissent comprendre leurs erreurs. L'enseignante instaure ainsi un climat où les élèves ont le droit de se tromper et où les élèves peuvent s'exprimer, un climat qui, selon nous, est propice à l'apprentissage. Dans le GE2, par les interactions entre pairs, le sentiment de compétence a pu être travaillé (Box , & Little, 20013, cités par Leclerc et al., 2010). De plus, ces échanges peuvent amener du plaisir (Van Nieuwenhoven , & De Vriendt, 2010). En outre, Usher (2009, cité par Cuenca-Carlino et al., 2015) relate que, dans les facteurs déterminants pour le sentiment d'auto-efficacité, se retrouvent les stratégies autorégulées et la structure de l'enseignant. Ces facteurs pourraient également rejoindre notre hypothèse mais de manière moins évidente.

Tous les éléments que nous venons de développer nous conduisent vers une confirmation de notre hypothèse. Ainsi, l'interaction didactique permettrait d'entrevoir de l'efficacité dans le dispositif d'aide proposé mais qu'en choisissant des modèles pédagogiques adaptés, l'efficacité s'en verrait grandie.

6.4. Questions de recherche

Les hypothèses que nous avons émises avaient pour but de répondre à la question de recherche suivante :

« La mise en place d'un dispositif visant à aider les élèves en difficulté en calcul littéral, s'appuyant sur des outils didactiques et sur des pratiques pédagogiques efficaces, peut-il s'avérer porteur d'efficacité aussi bien sur le plan cognitif que sur le plan motivationnel ? ».

Nous avons vu dans le chapitre 2 que l'étude des difficultés d'apprentissage en mathématiques pouvaient s'effectuer par des différentes approches (Giroux, 2014). Nous n'avions pas voulu nous centrer sur une unique porte d'entrée.

En effet, des auteurs montrent d'une part l'importance de l'interaction didactique, de la spécificité du contenu et des processus d'enseignement et d'apprentissage en mathématiques (Seidel, & Shavelson, 2007 ; Mary, & Squalli, 2019 ; Brousseau 1980, cité par Giroux, 2014). Cette importance de se focaliser sur le contenu à enseigner rejoint notre conviction. Ainsi, nous avons analysé les différentes étapes que les élèves doivent franchir dans l'apprentissage de l'algèbre en nous référant principalement aux travaux de Kieran (2007), Coppé et Grugeon (2009), Radford (2014, cité par Demonty, & Fagnant, 2019). Grâce à cette centration sur l'enseignement et l'apprentissage de l'algèbre, nous avons pu proposer aux enseignantes des exercices créés en tenant compte des informations issues de ces recherches. Dans les deux groupes expérimentaux, le fait de s'être servies d'apports d'analyse didactique a permis aux enseignantes d'éviter les embûches dans lesquelles tombent certains professeurs. Ainsi, il n'a pas été question dans cette expérimentation de réduire les difficultés des tâches à réaliser afin que les élèves ne rencontrent pas l'échec (Peltier-Barbier et al., 2003, cités par Mary, & Squalli, 2019 ; Roiné, 2014). De cette façon, l'effet Pharmakéia décrit par Roiné (2012) n'a pas été visible.

D'autre part, de nombreuses recherches dans l'espace anglo-saxon, soulignent la mise en place de pédagogies qui favorisent les progrès chez les élèves en difficulté en mathématiques (Gersten et al. 2008, cité par Jayanthi et al. 2008 ; Stevens et al., 2017). C'est pourquoi, nous souhaitons combiner cette approche à la précédente pour optimiser l'efficacité de l'aide proposée et élargir le regard à apporter aux élèves faibles en mathématiques. Grâce à celle-ci, nous avons pu observer que les stratégies métacognitives sont davantage développées. En effet, l'aspect stratégique différencie les élèves en difficulté et les performants (Miller, & Mercer, 1997, cités par Cuenca-Carlino et al., 2015 ; Van Nieuwenhoven, & De Vriendt, 2010 ; Bosson, et al., 2009). De plus, les pédagogies qui travaillent les stratégies permettent de travailler le sentiment de compétence et d'auto-efficacité, sentiments liés à la performance.

Les réponses apportées à nos hypothèses nous encouragent à répondre par l'affirmative à notre question. En effet, elles permettent d'entrevoir cette combinaison d'approches comme prometteuse et permettant un enseignement de qualité supérieure à celui qui serait prodigué en négligeant une des deux visions des difficultés d'apprentissage en mathématiques.

6.5. Limites

Le présent travail comporte cependant quelques limites à prendre en compte afin de nuancer les résultats précédemment présentés. Tout d'abord, notre expérimentation s'est inscrite dans la réalité d'un établissement scolaire. Serait-il possible de reproduire celle-ci en tenant compte d'autres réalités ? De plus, l'échantillon de notre recherche se composait de deux groupes d'une vingtaine d'élèves. Il serait intéressant de réitérer ce type d'expérimentation à plus grande échelle afin de

pouvoir appuyer nos constatations. En outre, nous avons basé nos résultats sur des observations. Il serait intéressant de les valider en les complétant par une analyse quantitative qui permettrait de chiffrer les progrès des élèves et d'objectiver la comparaison entre les deux groupes expérimentaux comme nous l'avions imaginé au départ. Enfin, avoir collaboré avec l'enseignante (P3) du GE2 et avoir investi de nombreuses heures de travail avec elle pourraient avoir biaisé notre observation. Pour contrer ce fait, l'utilisation de données quantitatives s'avérerait adéquate.

Chapitre 7 : Conclusion et perspective

Le présent travail de recherche avait pour objet de s'intéresser aux dispositifs d'aide aux élèves en difficulté en mathématiques et plus spécialement en calcul littéral. Nous souhaitons donc répondre à la question générale : « **Quel dispositif mettre en place pour aider les élèves en difficulté en calcul littéral ?** ».

Pour proposer des éléments de réponses à cette question, nous avons débuté par une **revue de la littérature**. Ainsi, nous avons dans un premier temps essayé de mieux comprendre le concept **d'élèves en difficulté**. Cette notion englobe toute une série d'élèves qui ne sont pas conformes aux attentes de l'école (Cousin, 2007, cité par Roiné, 2011). Cependant, des caractéristiques cognitives communes sont mises en évidence dans différentes recherches qui soulignent surtout un déficit au niveau stratégique et de la mémorisation à long terme (Steele, & Steele 2003, cités par Cuenca-Carlino, et al., 2015, Van Nieuwenhoven, & De Vriendt, 2010, Bosson et al., 2009).

Ensuite, afin de saisir le dispositif à mettre en place, l'intérêt s'est porté sur **les vigilances** à garder en tête. Ainsi, les aides doivent tenir compte des contraintes organisationnelles liées à l'établissement scolaire et du fait qu'une collaboration entre les enseignantes (du dispositif d'aide et du cours principal) est essentielle (FWB, n. d.). De plus, une autre attention à avoir est relative aux adaptations que les enseignants pourraient réaliser au détriment de l'évolution de l'élève dans son apprentissage : une logique d'adaptation et une contrainte de l'échec (Mary, & Squalli, 2019 ; Roiné, 2014), sans oublier l'effet Pharmakéia qui se produit lorsque l'aide prend la place centrale du dispositif et que les conditions didactiques de celle-ci sont méconnues (Roiné, 2012).

Nous avons poursuivi en se demandant comment aborder les difficultés d'apprentissage en mathématiques. Ainsi, le modèle de Giroux (2014) nous propose quatre entrées possibles. Notre attention s'est portée sur deux d'entre elles. Tout d'abord, l'interaction didactique nous semblait une voie d'entrée intéressante afin d'éviter les pièges de l'effet Pharmakéia. De plus, il ressort de la méta-analyse de Seidel et Shavelson (2007) que les progrès dans un domaine sont surtout expliqués par les composantes liées aux activités d'apprentissage nécessaires et propres à faire acquérir des connaissances ou compétences dans celui-ci. Puis, les résultats de méta-analyses (Stevens et al., 2017 ; Jayanthi et al., 2008) concernant les interventions auprès d'élèves en difficulté en mathématiques mettaient en avant des pratiques pédagogiques efficaces. Nous voyons donc ici une importance liée à l'aspect pédagogique de l'intervention. C'est pourquoi, cette entrée a également été considérée. Nous avons donc porté notre intérêt sur **l'analyse didactique** relative au contenu de notre expérimentation et à passer en revue **différentes pédagogiques efficaces** au regard de la littérature scientifique.

Ensuite, parallèlement à ce choix d'entrée, l'orientation de l'intervention doit se penser. Nous avons alors parcouru les différentes possibilités grâce au modèle de Mary et Squalli (2019). Ainsi, une intervention peut soit **remédier aux difficultés** ou soit **miser sur le potentiel de l'élève** et soit être orientée sur les **fonctions cognitives** ou soit **le contenu**.

Notre revue de la littérature s'achève par l'évocation de **variables motivationnelles** à prendre en compte. En effet, au cours de nos lectures, de nombreux auteurs soulignent l'importance de celles-ci lorsque les difficultés d'apprentissage en mathématiques sont étudiées (Viau, 2002 ; Bosson et al., 2009).

Nous sommes alors passée à la **partie pratique** de ce travail. Par celui-ci, nous voulions rapprocher les recherches avec les réalités du terrain des écoles. C'est pour cette raison que certains choix ont été effectués en fonction de ces contraintes. L'intervention s'est déroulée dans un établissement qui propose en deuxième année de l'enseignement secondaire un cours appelé « activités mathématiques » dispensé à des élèves faibles en mathématiques au regard de leur résultat en fin de première année. Notre action était donc prévue pour un public de **l'enseignement secondaire**, public faisant l'objet de peu de recherches (Stevens et al., 2017). Nous avons décidé d'orienter notre intervention sur le **développement du potentiel** des élèves comme développé par Mary et Squalli (2019). De plus, nous avons fait le pari qu'unir les deux visions sur les difficultés d'apprentissage seraient une plus-value à l'aide aux élèves en difficulté, chacun ayant montré séparément des résultats intéressants. C'est pourquoi, nous avons constitué deux groupes expérimentaux où les interventions ont été, dans les deux cas, fondées sur de **l'interaction didactique**. Cependant, dans un des deux groupes, l'intervention se basait également sur des **modèles pédagogiques adaptés**. Nous avons décidé également de créer un groupe contrôle parmi les autres élèves de deuxième année dans le but de vérifier dans un premier temps qu'intervenir auprès d'élèves en difficulté peut s'avérer efficace tant sur le plan cognitif que motivationnel. Notre schéma expérimental avait donc été pensé de cette façon : prétest cognitif et motivationnel, intervention ; post-test cognitif et motivationnel et post-test différé cognitif et motivationnel. Notre expérimentation ayant été interrompue par la pandémie du COVID-19, nous avons revu notre plan expérimental, les post-tests n'ayant pas pu être réalisés. C'est pour cette raison que cette recherche pensée au départ plutôt quantitative a été transformée en une recherche qualitative.

Grâce au prétest comprenant une partie cognitive et un questionnaire motivationnel, nous avons pu mettre en évidence qu'effectivement **le sentiment de compétence et d'auto-efficacité est lié à la performance** (Lane & Lane, 2001, cités par Cuenca-Carlino, et al., 2015, Leclerc et al., 2010). Cette constatation montre bien que c'est un aspect à prendre en compte lorsque le but est le progrès des élèves. Ce prétest nous a aussi permis de dresser le **profil de nos groupes expérimentaux**. Ainsi, nous avons remarqué qu'en majorité il comprend des élèves plus faibles en mathématique que les autres élèves de deuxième année mais qu'il comporte également des élèves qui ont bien

réussi le test cognitif. Par cette observation, nous pouvons, entre autres, émettre l'hypothèse que des élèves faibles en fin de première secondaire se sont améliorés. Cela rejoint les dires de Mary et Squalli (2019) qui expriment qu'il existe une croyance sur le fait qu'il n'est pas possible de progresser en mathématiques sans la maîtrise des connaissances préalables provenant d'une conception linéaire des mathématiques.

L'organisation des interventions, l'observation de terrain et l'utilisation d'enregistrements vidéo nous ont permis de relever, dans chaque classe expérimentale, des éléments qui montreraient que les **interventions réalisées** ont été **efficaces** : utilisation d'exemples pédagogiques variés, verbalisation, feedbacks fournis aux enseignants. De plus, l'analyse didactique et les exercices créés en fonction de cette analyse a éludé les pièges possibles d'une intervention s'adressant aux élèves faibles. En outre, le groupe qui a mis en place des **pédagogies spécifiques** montrerait un enseignement d'une **efficacité plus grande**. En effet, dans ce groupe, nous avons constaté que chaque élève a eu l'occasion de verbaliser à plusieurs reprises, l'interaction avec les pairs proposée a également permis d'oraliser les explicitations de sa démarche. De plus, des interactions avec des outils ont également contribué à une régulation d'un autre type. L'enseignement explicite a aussi permis aux élèves de lier les activités proposées au but d'apprentissage évitant certaines incompréhensions. Ces différents aspects montrent un travail plus grand autour de la régulation et de la métacognition grâce aux modèles pédagogiques adaptés. Ce sont souvent ces éléments qui font défaut aux élèves en difficulté (Van Nieuwenhoven , & De Vriendt, 2010). Concernant les variables motivationnelles, même si certains aspects apportaient également un plus grand progrès dans la même classe, nous observons également une volonté chez les enseignantes d'instaurer un climat de classe propice à l'évolution de l'apprentissage des élèves dans le GE1.

Cette expérimentation est encourageante dans la perspective des aides aux élèves en difficulté en mathématiques. En effet, notre intervention montre des résultats intéressants qui corroboraient notre idée qu'une aide aux élèves en difficulté en mathématiques pensée par l'approche de l'interaction didactique serait porteuse d'efficacité et que celle-ci serait accrue si des modèles pédagogiques adaptés étaient utilisés. Cependant, des limites ont été mises en avant montrant la plus-value d'un regard quantitatif à une telle expérimentation. En effet, les élèves jouent un rôle médiateur entre les conduites d'enseignement et les apprentissages effectifs de ceux-ci (Lafontaine et al., 2018). Il serait donc intéressant de prendre des mesures sur les élèves, de reproduire ce type d'expérimentation dans un autre contexte scolaire et sur un autre contenu matière afin de vérifier si nos constatations ne sont pas liées uniquement à une seule réalité scolaire.

Nous voulions conclure par une réponse aux enseignants qui remettaient en cause l'efficacité de dispositifs d'aide. Notre expérimentation a montré qu'il est possible dans une réalité de terrain de mettre en place des aides aux élèves en difficulté en mathématiques avec de l'efficacité. Cependant, des conditions doivent être réunies pour y arriver. C'est pourquoi celle-ci doit être bien réfléchie

aussi bien sur le plan organisationnel, didactique et pédagogique. Mais, cela ne sera pas possible sans une réelle collaboration de tous les acteurs de terrain en jeu et sans que, comme souligné par Mary et Squalli (2019), l'enseignant ne soit convaincu lui-même qu'il peut amener les élèves à progresser.

Bibliographie

- Bosson, M. S., Hessels, M. G., & Hessels-Schlatter, C. (2009, Juin). Le développement de stratégies cognitives et métacognitives chez les élèves en difficulté d'apprentissage. *Développements*, 1(1), pp. 14-20. <http://dx.doi.org/10.3917/devel.001.0014>
- Caffieaux, C. (2009). Analyse des caractéristiques des feedback fournis par des enseignants d'école maternelle face aux prestations de leurs élèves. *Mesure et évaluation en éducation*, 32 (1), 85–114. <https://doi.org/10.7202/1024959ar>
- Coppé, S., Grugeon, B. (2009, juin). *Le calcul littéral au collège. Quelle articulation entre sens et technique ?*. Communication présentée au Colloque de la CORFEM, France.
- Cuence-Carlino, Y., Freeman-Green, S., Stephenson, G. W., & Hauth, C. (2015). Self-regulated strategy development instruction for teaching multi-step equations to middle school students struggling in math. *The journal of Special Education*, 50(2), 75-85. <http://dx.doi.org/10.1177/0022466915622021>
- Décret relatif à l'organisation pédagogique du 1^{er} degré de l'enseignement secondaire (2006). *Moniteur belge*, 31 août, p.43685.
- Demonty, I. (2013). Mieux comprendre les difficultés des élèves dans le domaine de l'algèbre élémentaire : Regards sur le dispositif d'évaluation externe non certificative en Fédération Wallonie- Bruxelles. *Education & Formation*, e-298-01,51- 61.
- Demonty, I., & Fagnant, A., (2019). PEDA4048-1. Enseignement et apprentissage des mathématiques dans l'enseignement fondamental et secondaire inférieur, Partim 2 [PowerPoint slides]. ULiège.
- Duperret, J.-C., & Fenice, J.-C., (1999). L'accès au littéral et à l'algébrique un enjeu du collège. *Repères-IREM*,34, 29-54.
- Duval, R. (2002). L'apprentissage de l'algèbre et le problème cognitif de la désignation des objets. Actes du séminaire Franco-italien sur l'enseignement de l'algèbre. Irem de Nice.

- Fédération Wallonie-Bruxelles (2018). Formation mathématique CE1D 2018: Résultats. Retrieved from <http://www.agers.cfwb.be/index.php?page=26835&navi=3451>
- Fédération Wallonie Bruxelles (n.d.). *Difficultés liées aux remédiations*. Retrieved from http://enseignement.be/download.php?do_id=3752
- Gauthier, C., Bissonnette, S., & Richard, M. (2013). *Enseignement explicite et réussite des élèves : La gestion des apprentissages*. Bruxelles : De Boeck.
- Giroux, J. (2014), Les difficultés d'enseignement et d'apprentissage des mathématiques : Historique et perspectives théoriques. In C. Mary, H. Squalli, L. Theis, & L. Deblois (Eds.). *Recherches sur les difficultés d'enseignement et d'apprentissage des mathématiques* (pp. 11-44). Presses de l'Université du Québec, Canada.
- Hanin, V. , & Van Nieuwenhoven, C. (2016). Evaluation d'un dispositif pédagogique visant le développement de stratégies cognitives et métacognitives en résolution de problèmes en première secondaire. *Evaluer. Journal international de Recherche en Education et Formation*, 2(1), pp. 53-88.
- Jayanthi, M., Gersten, R., & Baker, S. (2008). Mathematics Instruction for Students with Learning Disabilities or Difficulty Learning Mathematics: A Guide for Teachers. *Center on Instruction*. Retrieved from <https://files.eric.ed.gov/fulltext/ED521882.pdf>
- Lafontaine, D., Demonty, I., Dupont V. , & Jaegers D. (2018). *Analyse des processus d'enseignement*. Unpublished document, Université de Liège, Liège, Belgique.
- Leclerc, M., Larivée, S., Archambault, I., & Janosz, M. (2010). Le sentiment de compétence, modérateur du lien entre QI et le rendement scolaire en mathématiques. *Revue canadienne de l'éducation*, 31-56. Retrieved from <https://papyrus.bib.umontreal.ca/xmlui/bitstream/handle/1866/14132/Le%20sentiment%20de%20compétence.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Kieran, C. (2007). Learning and teaching algebra in the middle school through college levels. In F. K. Lester Jr (Ed.), *Second handbook of research on mathematics teaching and learning* (pp. 707-762). USA: National council of teachers of mathematics.

- Liraud, F. & Roditi, É. (2016). Enseigner les mathématiques en RASED : effets différentiels d'un dispositif d'aide. *Recherches en didactiques*, 22(2), 65-84. doi:10.3917/rdid.022.0065
- Mary, C., & Squalli, H. (2019). Miser sur le potentiel mathématique des élèves en difficulté : fondements épistémologiques et didactiques. *Revue des sciences de l'éducation*, 45(2), 129-159.
- Ministère de la Communauté Française (2000). *Programme d'étude du cours de mathématiques : enseignement secondaire ordinaire de plein exercice : premier degré commun*. Retrieved from <http://www.wallonie-bruxelles-enseignement.be/progr/10-2000-240.pdf>
- Mottier Lopez, L. (2015). Évaluation-régulation interactive : étude des structures de participation guidée entre enseignant et élèves dans le problème mathématique « Enclos de la chèvre ». *Mesure et évaluation en éducation*, 38 (1), 89–120. <https://doi.org/10.7202/1036552ar>
- Ntamakiliro, L., Monnard, I., & Gurtner, J-L. (2000). Mesures de la motivation scolaire des adolescents : construction et validation de trois échelles complémentaires. *L'orientation scolaire et professionnelle*, 29/4. <http://journals.openedition.org/osp/5788> ; DOI : 10.4000/osp.5788
- OCDE (2013), *Cadre d'évaluation et d'analyse du cycle PISA 2012 : Compétences en mathématiques, en compréhension de l'écrit, en sciences, en résolution de problèmes et en matières financières*, Éditions OCDE. <http://dx.doi.org/10.1787/9789264190559-fr>
- Picciotto, H. , & Wah, A. (1993) . A new algebra : tools, themes, concepts. *The Journal of Mathematical Behavior*, 12(1). Retrieved from <https://www.mathed.page/new-algebra/new-algebra.html>
- Reverdy, C. (2017). L'accompagnement à l'école : dispositifs et réussite des élèves. *Dossier de veille de l'IFÉ*, 119. Lyon : ENS de Lyon. Retrieved from <http://veille-et-analyses.ens-lyon.fr/DA-Veille/119-juin-2017.pdf>
- Roiné, C. (2011). Les spécificités des élèves de S.E.G.P.A. à l'épreuve des évaluations nationales. *Les dossiers des sciences de l'éducation*, 25, 69-87. <http://dx.doi.org/10.4000/dse.1012>

- Roiné, C. (2012). Analyse anthro didactique de l'aide mathématique aux "élèves en difficulté": l'effet Pharmakéia. *Carrefours de l'éducation*, 33(1), 131-148. <http://dx.doi.org/10.3917/cdle.033.0131>
- Roiné, C. (2014), Les paradoxes de l'aide aux « élèves en difficulté » dans l'enseignement des mathématiques. In C. Mary, H. Squalli, L. Theis, & L. Deblois (Eds.). *Recherches sur les difficultés d'enseignement et d'apprentissage des mathématiques* (pp. 45-62). Presses de l'Université du Québec, Canada.
- Rondier, M. (2004). « A. Bandura. Auto-efficacité. Le sentiment d'efficacité personnelle ». *L'orientation scolaire et professionnelle*, 33/3, 475-476. Retrieved from <https://journals.openedition.org/osp/741>
- Seidel, T., & Shavelson, R. (2007). Teaching Effectiveness Research in the Past Decade: The Role of Theory and Research Design in Disentangling Meta-Analysis Results. *Review of Educational Research*, 77 (4), 454–499. <https://doi.org/10.3102/0034654307310317>
- Stevens, E., Rodgers, M. & Powell, S. (2017). Mathematics Interventions for Upper Elementary and Secondary Students: A Meta-Analysis of Research. *Hammill Institute on Disabilities*, 39(6), 327-340. <https://doi.org/10.1177/0741932517731887>
- Theis, L., Assude, T., Tambone, J., Morin, M.-P., Koudogo, J., & Marchand, P. (2014, Automne). Quelles fonctions potentielles d'un dispositif d'aide pour soutenir la résolution d'une situation-problème mathématique chez les élèves en difficulté du primaire ?. *Education et francophonie*, 42, 158-172. <http://dx.doi.org/10.7202/1027911ar>
- Van Nieuwenhoven, C., & De Vriendt, S. (2010). *L'enfant en difficulté d'apprentissage en mathématiques : Pistes de diagnostic et supports d'intervention*. Marseille, France : Solal.
- Viau, R. (2002, avril). *La motivation des élèves en difficulté d'apprentissage : une problématique particulière pour des modes d'intervention adaptés*. Communication présentée dans le cadre du Cycle de conférences « Difficulté d'apprendre, Difficulté d'enseigner », Luxembourg, Grand-Duché du Luxembourg.