



**HAL**  
open science

# Effet de la méthode en classe puzzle sur la motivation, l'autorégulation et les performances en mathématiques : une recherche longitudinale en lycée professionnel

Mathilde Riant

## ► To cite this version:

Mathilde Riant. Effet de la méthode en classe puzzle sur la motivation, l'autorégulation et les performances en mathématiques : une recherche longitudinale en lycée professionnel. Education. Université Grenoble Alpes [2020-..], 2022. Français. NNT : 2022GRALH006 . tel-03857265

**HAL Id: tel-03857265**

**<https://theses.hal.science/tel-03857265>**

Submitted on 17 Nov 2022

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



## THÈSE

Pour obtenir le grade de

### DOCTEUR DE L'UNIVERSITÉ GRENOBLE ALPES

Spécialité : Sciences de l'Éducation

Arrêté ministériel : 25 mai 2016

Présentée par

**MATHILDE RIAN**

Thèse dirigée par **PASCAL PANSU**, PR, UGA  
et co-dirigé par **PASCAL BRESSOUX**, PR, UGA

préparée au sein du **Laboratoire de Recherche sur les  
Apprentissages en Contexte** dans l'**École Doctorale Sciences  
de l'homme, du Politique et du Territoire**

## **Effet de la méthode en classe puzzle sur la motivation, l'autorégulation et les performances en mathématiques : une recherche longitudinale en lycée professionnel**

Thèse soutenue publiquement le **10 juin 2022**,  
devant le jury composé de :

**Monsieur Pascal BRESSOUX**

PROFESSEUR DES UNIVERSITÉS, Université Grenoble Alpes,

Co-directeur de thèse

**Madame Céline BUCHS**

PROFESSEUR, Haute école pédagogique de Lausanne,

Rapporteuse

**Monsieur Olivier DESRICHARD**

PROFESSEUR DES UNIVERSITÉS, Université de Genève,

Examineur

**Madame Christine JEOFFRION**

PROFESSEUR DES UNIVERSITÉS, Université Grenoble Alpes,

Présidente du jury

**Monsieur Pascal PANSU**

PROFESSEUR DES UNIVERSITÉS, Université Grenoble Alpes,

Co-directeur de thèse

**Madame Marie-Christine TOCZEK**

PROFESSEUR DES UNIVERSITÉS, Université Clermont Auvergne,

Rapporteuse



## Remerciements

---

Mes remerciements vont d'abord vers mes directeurs de thèse, merci à eux pour leur confiance, pour nos échanges, pour m'avoir permis de m'accomplir professionnellement et de réaliser ma thèse dans des conditions favorables.

Un grand merci aux rapporteurs de thèse, Céline Buchs et Marie-Christine Toczek ainsi qu'aux examinateurs Christine Jeoffrion et Olivier Desrichard pour avoir accepté de relire mon travail et de conclure ensemble cette aventure doctorale.

Je remercie également toute l'équipe de ProFAN, notamment Jean-Marc Monteil qui m'a permis de participer à ce projet de recherche très ambitieux. Sans tous les citer (sinon la liste serait bien trop grande), un grand merci à tous les membres du consortium pour nos échanges enrichissants. J'ai une pensée particulière pour Anne-Laure avec qui cela a été un plaisir de travailler ensemble.

Mes pensées vont également vers mes collègues du LaRAC. J'ai une pensée toute particulière pour Manon, mon accompagnatrice depuis le tout début, pour Ludivine qui m'accompagnait avant même le début, pour Marina, Séverine, Natacha, Fanny, Carole, Laurent, Sandrine, Nadia, Cécile, Irène... Merci à Fernando pour ses conseils. Je tiens également à remercier Sandrine Lescure pour son aide sans faille durant ces années.

Je remercie également ma famille et mes amis pour m'avoir relue, écoutée et conseillée. Je pense notamment à ma mère, mon père, mes grands-mères, à ma cousine Pauline, et aussi à Yasmin, Mariam, Sylvie, Robin... Merci à vous pour vos encouragements et vos attentions. J'ai une pensée émue pour mon moineau, Quentin et Adri, mes amis de longues dates, présents depuis la première année et encore aujourd'hui à me relire. Merci !

Ma dernière pensée va vers mon compagnon de route, mon co-pilote jour après jour, depuis le début. Merci pour m'avoir aidé, aussi bien personnellement que professionnellement. Tracer ce chemin n'aurait pas été si « facile » sans ta présence, c'est certain.

Je dédie cette thèse à ma sœur. Pour que tu n'oublies jamais qu'en dépit des difficultés rencontrées, il faut toujours croire en soi.

## Résumé

---

La motivation et l'autorégulation étant au cœur de la réussite scolaire (Dent & Koenka, 2016), il est essentiel de construire des environnements de classe propices à leur développement. Cette thèse évalue dans quelle mesure apprendre en classe puzzle (Aronson & Patnoe, 2011) impacte les trajectoires de motivation, d'autorégulation et les performances en mathématiques des élèves de lycée professionnel. Selon Slavin (2014), le travail coopératif qui structure fortement l'interdépendance positive et les responsabilités individuelles dans les groupes est profitable aux apprentissages des élèves. Dans cette lignée, nous avons examiné si la méthode en classe puzzle initialement conçue pour structurer la coopération *via* les ressources d'apprentissage pouvait être bénéfique. Bien que les preuves de l'efficacité de cette méthode sur les apprentissages soient inconsistantes, certains auteurs ont suggéré que la classe puzzle est plus efficace quand les élèves apprennent ainsi pendant plusieurs mois (Roseth et al., 2019). 5226 lycéens professionnels ont été suivis sur deux années scolaires. Ils étaient répartis dans trois conditions d'apprentissage : une condition coopération structurée (classe puzzle), une coopération peu structurée et une condition habituelle. Nos résultats montrent que si les élèves ne performant dans les mois qui ont suivi l'expérimentation, un an plus tard, ceux ayant appris en classe puzzle ont de meilleures performances que ceux de la condition habituelle. Les résultats révèlent aussi qu'une bonne fidélité d'implémentation de la classe puzzle modère son impact, cet effet étant de faible ampleur. Nous observons également que les attitudes coopératives ne modèrent pas les effets de la classe puzzle sur les performances en mathématiques. Si nos résultats ne montrent aucune différence de trajectoires de motivation et d'autorégulation entre les trois conditions, nous constatons que les trajectoires de motivation et d'autorégulation diffèrent selon les conditions et le niveau initial en mathématiques des élèves. Alors que chez les élèves faibles ayant appris en classe puzzle et en coopération peu structurée ces trajectoires diminuent au fil du temps, celles des élèves faibles qui ont travaillé de manière habituelle sont plutôt stables. En conclusion, le travail coopératif ne semble pas être bénéfique à la motivation et à l'autorégulation des élèves les plus faibles.

Mots-clés : apprentissage coopératif, classe puzzle, motivation, autorégulation, apprentissages en mathématiques, lycée professionnel

## Abstract

---

Because motivation and self-regulation are central to academic success (Dent & Koenka, 2016), it is essential to build classroom environments conducive to their development. This thesis assesses whether a Jigsaw classroom (Aronson & Patnoe, 2011) impacts the trajectories of motivation, self-regulation, and mathematics performance of vocational high school students. According to Slavin (2014), cooperative learning that strongly structures positive interdependence and individual responsibilities in groups is beneficial to student learning. Along these lines, we examined whether the Jigsaw method originally designed to structure cooperation via learning resources could be beneficial. Although the empirical evidence for this effectiveness on learning is inconsistent, some authors suggest Jigsaw classroom is most effective when students learn with this method over several months (Roseth et al., 2019). Over 5,226 vocational high school students were followed during two school years. They were divided into three learning conditions: a structured cooperative condition (Jigsaw classroom), a weakly structured cooperation condition and a teaching-as-usual condition. Our results show that whilst the students not perform better in the months following the experiment, one year later, those who learn with Jigsaw classroom perform better than those in the teaching-as-usual condition. The results also reveal that a good implementation fidelity of Jigsaw classroom moderates its impact, with this effect being small in magnitude. Moreover, we also observe that cooperative attitudes do not moderate the effects of the Jigsaw classroom on math performance. Whereas our results do not show any difference in motivational and self-regulatory trajectories across the three conditions, we do observe that the motivation and self-regulation trajectories do differ across the three conditions and also across the initial level in mathematics of the students. Among weak students who learned in Jigsaw classroom and in weakly structured cooperation, these trajectories decrease over time. The trajectories of weak students who worked in teaching-as-usual were stable. In conclusion, cooperative learning does not seem to be beneficial to the motivation and self-regulation of weakest students.

Keywords: cooperative learning, Jigsaw classroom, motivation, self-regulation, learning in mathematics, vocational school

# Sommaire

---

<b>Préambule .....</b>	<b>1</b>
<b>Introduction générale.....</b>	<b>2</b>
<b>Programme d'expérimentation ProFAN et fidélité d'implémentation du programme dans les établissements .....</b>	<b>5</b>
1. ProFAN selon les prescriptions de la recherche basée sur les preuves.....	5
2. Description des séquences d'apprentissage par condition .....	7
3. La fidélité d'implémentation des interventions en classe .....	12
<b>Partie théorique .....</b>	<b>14</b>
<b>Chapitre 1. De l'apprentissage coopératif à la méthode en classe puzzle pour améliorer les apprentissages académiques .....</b>	<b>15</b>
1. La coopération pour améliorer les apprentissages académiques .....	15
1.1. L'apprentissage coopératif, une question d'interdépendance positive.....	16
1.2. Les performances académiques améliorées grâce à l'apprentissage coopératif.....	17
2. <i>Jigsaw</i> ou la méthode en classe puzzle et les apprentissages académiques.....	24
2.1. Considérations empiriques de <i>Jigsaw</i> sur les performances académiques.....	27
2.2. Les mécanismes psychologiques à l'œuvre durant le travail en groupe puzzle .....	30
2.3. Le travail en groupe d'experts, un mécanisme de dépendance des ressources .....	32
2.4. <i>Jigsaw</i> : une méthode sans enseignement explicite et mené par l'enseignant.....	33
2.5. Quid de l'efficacité de <i>Jigsaw</i> sur les apprentissages académiques .....	33
<b>Chapitre 2. La méthode en classe puzzle pour promouvoir la motivation et l'autorégulation scolaires .....</b>	<b>36</b>
1. La réussite académique, une question de motivation et d'autorégulation .....	36
1.1. La motivation scolaire.....	37
1.2. L'autorégulation scolaire .....	43
2. Les apprentissages coopératifs, la motivation autodéterminée et l'autorégulation .....	48
2.1. Apprentissage coopératif et classe puzzle sur la motivation autodéterminée .....	49
2.2. Apprentissage coopératif et en classe puzzle sur l'autorégulation.....	52
2.1.1. Les effets des environnements d'apprentissage coopératif sur l'autorégulation des apprenants : une revue synthétique de la littérature.....	53
2.1.2. La méthode en classe puzzle et l'autorégulation des apprenants.....	58
3. Les modérateurs potentiels de l'efficacité de l'apprentissage coopératif et de <i>jigsaw</i> .....	60
3.1. Les facteurs liés à la coopération inter-élèves.....	60
3.2. Le rôle des compétences scolaires des élèves .....	63
<b>Objectifs et hypothèses.....</b>	<b>66</b>
<b>Partie empirique .....</b>	<b>68</b>
<b>Chapitre 3. Méthodologie .....</b>	<b>69</b>
1. Participants .....	69
2. Matériel.....	71
2.1. Motivation en mathématiques des élèves.....	73
2.2. Autorégulation scolaire des élèves.....	75
2.3. Compétences en mathématiques des élèves.....	76
2.4. Attitudes coopératives des élèves.....	77
2.5. Fidélité d'implémentation des conditions d'apprentissage .....	77
3. Procédure .....	78
4. Analyses statistiques.....	79

4.1. Analyses préliminaires : gestion des données manquantes .....	79
4.2. Analyses préliminaires : invariances longitudinales de la motivation et de l'autorégulation ....	83
4.3. Modèles statistiques .....	85
<b>Chapitre 4. Résultats</b> .....	<b>92</b>
1. Résultats descriptifs .....	92
1.1. Performances en mathématiques aux séquences 1 et 3 .....	92
1.2. Motivation en mathématiques et autorégulation scolaire.....	93
1.3. Niveau initial en mathématiques.....	94
1.4. Attitudes coopératives.....	95
1.5. Corrélations entre nos facteurs d'intérêts.....	96
1.6. Fidélité d'implémentation de l'intervention.....	97
2. Résultats des modèles multiniveaux et de croissance.....	98
2.1. Méthode Jigsaw et performances en mathématiques .....	98
2.1.1. Modèles vides et conditionnels aux variables contrôles à la performance S1 .....	98
2.1.2. Modèles vides et conditionnels aux variables contrôles à la performance S3 .....	100
2.1.3. Effet de <i>Jigsaw</i> sur la performance en mathématiques S1 .....	102
2.1.4. Effet de <i>Jigsaw</i> sur la performance en mathématiques S3 .....	102
2.2. Méthode Jigsaw et évolutions de la motivation et de l'autorégulation .....	104
2.2.1. Modèles inconditionnels de croissance .....	104
2.2.2. Modèles de croissance conditionnels aux variables contrôles.....	107
2.2.3. Effets de <i>Jigsaw</i> sur la motivation et l'autorégulation .....	108
2.3. Fidélité d'implémentation de la méthode Jigsaw comme modérateur.....	109
2.3.1. Performance en mathématiques S1 et fidélité d'implémentation .....	109
2.3.2. Performance en mathématiques S3 et fidélité d'implémentation .....	111
2.3.3. Evolutions de la motivation, de l'autorégulation et fidélité d'implémentation .....	112
2.4. Attitudes coopératives des élèves comme modérateur.....	113
2.4.1. Performances en mathématiques S1, S3 et attitudes coopératives .....	113
2.4.2. Evolution de la motivation, de l'autorégulation et attitudes coopératives.....	115
2.5. Niveau initial des élèves en mathématiques comme modérateur.....	116
2.5.1. Performances en mathématiques S1, S3 et niveau initial en maths.....	116
2.5.2. Evolution de la motivation et niveau initial en maths .....	118
2.5.3. Evolution de l'autorégulation et niveau initial en maths .....	119
<b>Chapitre 5. Discussion générale</b> .....	<b>122</b>
1. L'efficacité de la méthode puzzle sur les apprentissages en mathématiques : des résultats mitigés	122
2. L'effet de la méthode puzzle sur la motivation et l'autorégulation des élèves.....	123
3. Des facteurs susceptibles de modérer l'efficacité de la méthode en classe puzzle.....	126
4. Limites et perspectives .....	130
<b>Conclusion générale</b> .....	<b>134</b>
<b>Bibliographie</b> .....	<b>135</b>
<b>Table des tableaux</b> .....	<b>160</b>
<b>Table des figures</b> .....	<b>162</b>
<b>Annexes</b> .....	<b>163</b>



La mise en œuvre et le financement de cette thèse s'inscrivent dans une expérimentation du Ministère de l'Éducation nationale nommée ProFAN qui prend place dans l'action « Innovation numérique pour l'excellence éducative » du Programme d'investissements d'avenir. L'expérimentation ProFan est issue de la mission sur l'éducation numérique confiée par le Premier ministre au recteur Monteil. L'objectif de cette mission est de répondre à de nouveaux enjeux pour le système éducatif, en particulier la promotion de nouveaux contextes d'apprentissage et d'enseignement pour favoriser l'acquisition de compétences nécessaires aux métiers du futur. Cette expérimentation nationale qui a débuté à la rentrée 2017-2018 est coordonnée par le LAPSCO de l'université de Clermont-Ferrand. Elle implique également le travail de 7 autres laboratoires de recherche français et helvétiques spécialisés sur les questions d'éducation : le CRPCC et le LAUREPS de l'université de Rennes, le GRPS de l'université de Genève, le LPC de l'université de Aix-Marseille, le UNILaPS de l'université de Lausanne, le LaRAC de l'université de Grenoble. Le LIMOS de l'université de Clermont-Ferrand a été support des activités pédagogiques et du recueil des données.

Le programme d'expérimentation nationale ProFAN est né d'un besoin urgent de développer les compétences des élèves de lycée professionnel français pour les préparer au monde du travail de demain dans lequel le numérique sera omniprésent. En raison des progrès techniques et numériques qui s'opèrent aujourd'hui dans différents emplois (Conseil d'Orientation pour l'Emploi, 2017), certaines compétences (socio)cognitives transversales deviendront très vite indispensables. C'est le cas notamment du travail en équipe via les plateformes numériques (DiCerbo, 2014 ; Van Laar et al., 2017). L'expérimentation ProFAN s'est donc focalisée sur une des compétences comportementales et transversales les plus centrales dans le travail en équipe, à savoir le partage d'informations. Plus précisément, l'enjeu de cette expérimentation est d'évaluer à l'échelle nationale l'efficacité d'un apprentissage coopératif structuré sur les compétences (socio)cognitives des élèves de lycée professionnel.

Bien que les lycées professionnels souffrent moins de représentations négatives qu'auparavant (Jarty & Kergoat, 2017), les difficultés scolaires de ces élèves, notamment dans les matières fondamentales (français et mathématiques), sont plus marquées par rapport à celles des élèves de lycée général et technologique. En effet, seulement 40,5 % des élèves qui entrent en seconde professionnelle en 2019 avaient un niveau en mathématiques au moins satisfaisant (contre 82 % des élèves en seconde générale et technologique) et 34,2 % d'entre eux étaient en retard scolaire (DEPP, 2020). Les résultats étaient encore plus alarmants au début de l'année scolaire 2020 puisque 37 % des élèves en seconde professionnelle seulement avaient un niveau au moins satisfaisant en mathématiques (DEPP, 2021). Ces résultats font écho aux travaux qui ont montré que les élèves qui ont un niveau scolaire initial faible sont ceux qui réussissent le moins bien à l'École (Di Paola et al., 2016 ; Duncan et al., 2007 ; Hattie, 2008). Parmi les facteurs souvent évoqués pour déterminer les difficultés scolaires des élèves de lycée professionnel, le manque de motivation à apprendre et la difficulté à s'autoréguler sont souvent au premier plan (Desombre et al., 2017 ; de Stavenga et al., 2006 ; Pourcelot, 2017 ; Slaats et al., 1999).

L'environnement d'apprentissage coopératif peut être envisagé comme une voie possible pour améliorer les apprentissages scolaires de ces élèves, à condition que la méthode coopérative structure hautement la coopération au sein des groupes d'apprentissage. Parce qu'elle structure le partage d'informations durant le travail en groupe, la méthode *Jigsaw*,

appelée aussi méthode en classe puzzle, pourrait conduire ces élèves à mieux apprendre. Selon Aronson et Patnoe (2011), dans un contexte en classe puzzle, il est impératif que les élèves aient un minimum de compétences conceptuelles et en lecture pour savoir synthétiser des informations. C'est probablement l'une des raisons pour lesquelles les études sur la méthode en classe puzzle ont jusqu'ici été préférentiellement conduites auprès des élèves du secondaire et des étudiants à l'université. Peu d'entre elles se sont centrées sur des classes en difficultés ou auprès d'une population stigmatisée comme celles des lycées professionnels (pour une exception, voir Darnon et al., 2012).

L'objectif de cette thèse est triple. Premièrement, en comparaison à d'autres méthodes, il s'agit d'évaluer si un apprentissage coopératif structuré à partir de la méthode *Jigsaw* permet de maintenir voire d'améliorer les apprentissages des élèves de lycée professionnel. Deuxièmement, il vise à examiner ses effets sur l'évolution de deux facteurs psychosociaux déterminants pour la réussite scolaire, à savoir la motivation et l'autorégulation des élèves (Cerasoli et al., 2014 ; Dent & Koenka, 2016 ; Sitzmann & Ely, 2011 ; Taylor et al., 2014). Enfin, dans un dernier élan, l'objectif est d'évaluer des facteurs susceptibles de moduler les effets de la méthode *Jigsaw* sur la performance, la motivation et l'autorégulation.

Après avoir présenté le programme d'expérimentation ProFAN et les difficultés inhérentes à l'implémentation d'expérimentations à large échelle, le manuscrit se déclinera en deux parties : une première théorique et une deuxième empirique. Le premier chapitre de la partie théorique sera consacré à la définition de l'apprentissage coopératif et ses liens avec les apprentissages scolaires des élèves. Nous focaliserons notre attention sur l'apprentissage coopératif en classe puzzle et les preuves empiriques énoncées dans la littérature scientifique quant à son efficacité ou non sur les apprentissages académiques des apprenants. Le second chapitre de la partie théorique proposera un état de l'art sur l'importance de la motivation et de l'autorégulation à l'Ecole. Une section sera ensuite dédiée à l'importance du rôle de l'environnement de classe, notamment basé sur la coopération, dans le développement et le maintien de ces deux facteurs. A l'issue de cette réflexion, nous présenterons et décrirons comment un apprentissage coopératif en classe puzzle peut agir sur la motivation et l'autorégulation scolaires des élèves. Nous énoncerons également deux conditions susceptibles de jouer un rôle sur l'efficacité de la méthode *Jigsaw* : le rôle des attitudes coopératives des élèves et celui de leurs compétences scolaires. Cette partie théorique se terminera par une dernière section qui exposera les objectifs et les hypothèses de recherche de ce travail de thèse.

Le chapitre trois, premier chapitre de la partie empirique, décrira les différents choix méthodologiques et analyses statistiques utilisés pour atteindre nos objectifs. Le chapitre quatre sera consacré aux résultats. Une première section, descriptive, présentera les résultats des analyses descriptives, puis une seconde, inférentielle, annoncera les résultats répondant aux hypothèses de recherche. Enfin, dans un dernier chapitre, nous discuterons les résultats de cette thèse en revenant, d'une part, sur la méthodologie déployée dans le programme d'expérimentation ProFAN et d'autre part, sur le cadre théorique qui a initié cette recherche.

## **Programme d'expérimentation ProFAN et fidélité d'implémentation du programme dans les établissements**

---

La recherche basée sur les données probantes connaît depuis une quinzaine d'années un essor important dans l'éducation (*evidence-based education*) (Connolly et al., 2018). L'enjeu principal de ces recherches fondées sur les preuves est de faire évoluer la qualité scientifique des recherches en éducation et d'apporter des preuves scientifiques solides sur les connaissances et les pratiques relatives à l'éducation. En utilisant un protocole méthodologique rigoureux, ces recherches permettent, d'une part, d'extraire des conclusions suffisamment solides pour déclarer des relations causales entre plusieurs phénomènes et, d'autre part, de généraliser ces relations à la population ciblée (Nezu & Nezu, 2008). Le protocole préconisé dans les recherches fondées sur les preuves est celui des essais contrôlés et randomisés. Il consiste à évaluer l'efficacité d'une intervention en la comparant au moins à un autre groupe, en randomisant les participants dans ces groupes et en testant l'intervention sur une large échelle de participants. C'est à partir de ces éléments que nous décrivons dans un premier temps le programme d'expérimentation nationale ProFAN

### **1. ProFAN selon les prescriptions de la recherche basée sur les preuves**

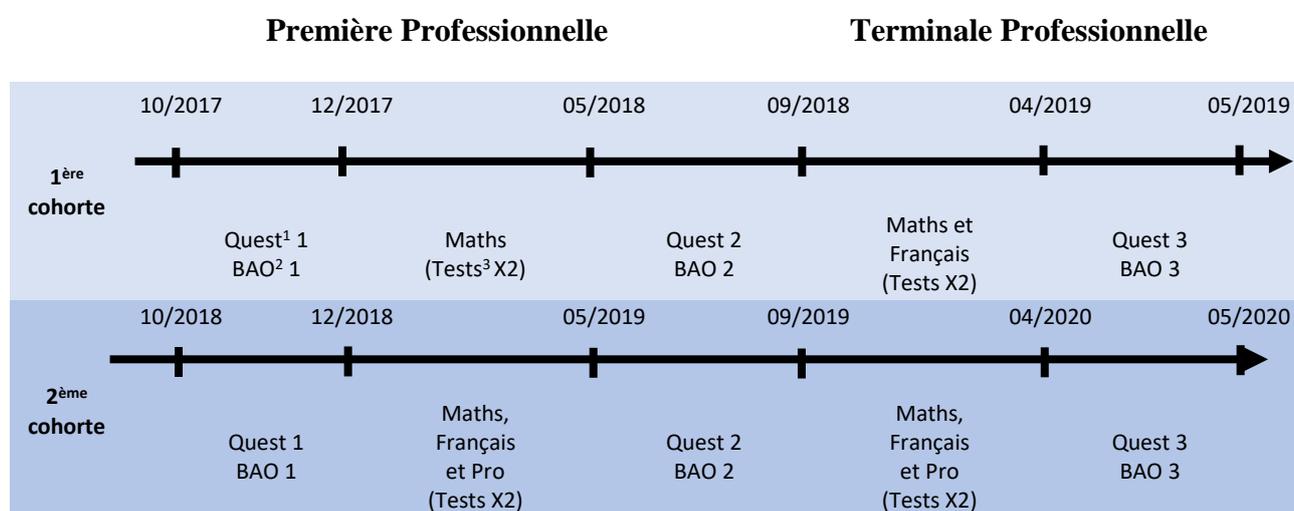
Dans le programme ProFAN, 108 lycées professionnels français provenant de 10 académies françaises<sup>1</sup> ont été impliqués dans l'expérimentation et ont été répartis dans trois conditions d'apprentissage : une condition d'apprentissage coopératif structuré (voir chapitre 2 pour une description de la méthode d'apprentissage coopératif utilisée), une condition dans laquelle des lycéens ont travaillé en coopération peu structurée (i.e., les élèves organisaient le travail en groupe comme ils le souhaitaient) et une condition dans laquelle les élèves ont appris de manière habituelle (i.e., sans intervention particulière). Selon Nock et al. (2008), la comparaison des groupes permet d'assurer que les changements potentiels survenus au cours du temps sont attribués à l'intervention et non pas à des sources externes. Elle renforce la validité interne de la recherche.

Dans la continuité de la première, une autre caractéristique importante de la recherche basée sur les preuves consiste à évaluer les participants au moins deux fois au fil du temps : au

---

<sup>1</sup> Bordeaux, Limoges, Montpellier, Nancy-Metz, Nantes, Poitiers, Reims, Rennes, Strasbourg et Toulouse.

moins une fois avant l'intervention éducative et une fois après. D'après Nock et al. (2008), évaluer les participants avant l'intervention garantit que les caractéristiques des élèves des différents groupes de comparaison sont équivalentes (e.g., leur niveau scolaire avant l'expérimentation) et n'interviennent pas comme biais lors de la comparaison des conditions. Ce protocole permet ainsi de pouvoir conclure de manière plus fiable sur les changements survenus au fil du temps. Dans l'expérimentation ProFAN, nous avons recueilli le niveau de compétences coopératives des élèves à trois reprises durant l'expérimentation grâce à une série d'activités coopératives en ligne. Un questionnaire en ligne a également été administré aux élèves trois fois pendant l'expérimentation : une première fois avant le début de l'intervention, une fois à la fin de la première année et une fois à la fin des deux années scolaires. Ce questionnaire a permis de mesurer plusieurs perceptions et compétences sociales, cognitives et conatives auto-rapportées. Enfin, plusieurs évaluations sous format papier ou en ligne ont permis de mesurer les performances scolaires des élèves durant l'expérimentation. Les élèves effectuaient des évaluations individuelles dans trois matières : en français, en mathématiques et en enseignement professionnel. La chronologie de la récolte des données durant l'expérimentation est résumée dans la figure 1.



<sup>1</sup>Questionnaire en ligne ; <sup>2</sup>Activités coopératives en ligne ; <sup>3</sup>Tests de performances individuelles

**Figure 1. Chronologie des événements de l'expérimentation ProFAN pour les deux cohortes durant les trois années scolaires**

Une troisième prescription majeure de la recherche fondée sur les preuves est d'expérimenter l'intervention sur un large échantillon de participants. Dans le programme

ProFAN, nous avons suivi 10 163 élèves durant trois années scolaires, de septembre 2017 à juin 2020. Ces participants faisaient partie de deux cohortes d'élèves de lycées professionnels et chacune était suivie durant deux années scolaires. Les élèves de chaque cohorte commençaient l'expérimentation au début de leur année scolaire de première et la terminaient en fin d'année de terminale. Durant la seconde année du programme, les élèves de la première cohorte entraient donc en terminale et les élèves de la seconde cohorte entraient en première (voir la figure 1). La première cohorte qui comprend 5226 élèves a débuté l'expérimentation en septembre 2017 et l'a terminée en juin 2019. La seconde cohorte qui comptabilise 4937 élèves a mené l'expérimentation de septembre 2018 à juin 2020.

Une dernière caractéristique propre aux recherches basées sur des données probantes est la randomisation des participants dans les conditions, ce qui n'a pas été le cas dans le l'expérimentation ProFAN. Chaque établissement professionnel a été affecté à l'une des trois conditions d'apprentissage de manière à équilibrer les filières de spécialisation des élèves dans les trois conditions : « soins à la personne » (Accompagnement, Soins et Services à la Personne), « électricité » (Métiers de l'Electricité et des Environnements Connectés) et « commerce » (Métiers du commerce et de la vente).

## **2. Description des séquences d'apprentissage par condition**

Dans les trois conditions d'apprentissage, les élèves ont mené quatre séquences d'apprentissage en mathématiques, quatre en français et quatre liées à leur spécialisation professionnelle. Ces dernières étaient construites en fonction des trois filières professionnelles des élèves. Au niveau national, les élèves orientés en filière « soins à la personne » étudient et mettent en pratique différentes thématiques liées aux soins et aux services de la personne telles que la nutrition, l'hygiène et l'éducation à la santé. Les élèves de la filière « électricité » développent des compétences d'électricien qu'ils mettent en œuvre et/ou simulent sur des installations électriques. Enfin, ceux qui étudient dans la filière « commerce » font l'apprentissage des compétences liées au conseil, au suivi des ventes ou à la fidélisation de la clientèle. Le programme de français et de mathématiques est globalement identique dans les trois filières professionnelles.

Dans cette thèse, nous avons focalisé notre travail de recherche sur les apprentissages en mathématiques, nous présentons donc uniquement les séquences d'apprentissage en mathématiques du programme ProFAN. Les séquences issues du programme représentent

environ 30 % de l'enseignement global des mathématiques des élèves en première et en terminale<sup>2</sup>. La première séquence d'apprentissage de l'expérimentation portait sur les statistiques à une variable et durait entre 7 et 9 heures. La deuxième séquence consistait à apprendre les équations du second degré et durait entre 8 et 10 heures. La troisième séquence portait sur l'extremum d'une fonction polynomiale et durait entre 6 et 8 heures. Enfin, la quatrième séquence référait à la fonction logarithme décimal et durait entre 5 et 7 heures. Le contenu de chaque séquence de mathématiques pour les 3 conditions d'apprentissage est détaillé dans l'annexe 1, p. 163.

Les séquences d'apprentissage ont été co-construites par l'équipe de chercheurs et de professionnels (i.e., inspecteurs généraux de l'éducation nationale, enseignants) engagés dans l'expérimentation ProFAN. Dans les trois conditions d'apprentissage mises en œuvre, les enseignants avaient accès, à partir d'une plateforme en ligne, aux thématiques des séquences d'apprentissage ainsi qu'aux évaluations de performances individuelles. Les enseignants des deux conditions d'apprentissage coopératif (i.e., coopération structurée et coopération peu structurée) téléchargeaient un guide détaillant l'organisation pédagogique des séquences. Ce guide expliquait les modalités de travail coopératif et présentait le matériel et les ressources mis à disposition pour réaliser les séquences (i.e., documents écrits et vidéos en ligne). Dans chaque établissement, des référents (e.g., enseignants, inspecteurs académiques) étaient chargés de suivre le bon déroulement de l'expérimentation, en particulier de l'implémentation des consignes des séquences dans les classes. Ils devaient accompagner les enseignants à mettre en œuvre les séquences. Les enseignants des lycées affectés à la condition d'apprentissage habituel, quant à eux, téléchargeaient un document leur indiquant la thématique de la séquence et le volume horaire à respecter. Il leur était précisé que les modalités de travail et les supports d'apprentissage étaient à établir en toute liberté. Les distinctions pédagogiques entre les trois conditions d'apprentissage testées sont décrites ci-dessous et résumées dans le tableau 1.

Au début de chaque séquence, dans les deux conditions d'apprentissage coopératif (i.e., structuré et peu structuré), les élèves étaient d'abord répartis aléatoirement dans des groupes de travail de trois à quatre élèves par l'intermédiaire d'une plateforme numérique. D'après Topping et al. (2017), l'affectation aléatoire dans les groupes d'apprentissage est généralement bien accueillie par les élèves et peut favoriser un climat de classe positif. Après que les élèves

---

<sup>2</sup> Dans les lycées professionnels, le nombre d'heures consacré à l'enseignement des mathématiques s'élève à 56 heures durant l'année de première et à 39 heures durant l'année de terminale. Dans l'expérimentation ProFAN, les enseignements en mathématiques couvraient entre 14 et 19 heures de l'année de première et entre 11 et 15 heures de l'année de terminale.

aient été mis par groupe, les enseignants introduisaient à l'oral le thème d'apprentissage et les concepts-clés associés au thème de la séquence en classe entière. Par exemple, dans la séquence 1 en mathématiques, les concepts-clés à connaître avant de travailler en groupe étaient les notions et les indicateurs d'obésité et de surpoids. Comme le thème de la séquence traitait des statistiques à une variable, quelques notions statistiques étaient aussi introduites. Par exemple, les élèves découvraient les seuils (i.e., minimum et maximum) et les valeurs (e.g., moyennes) de l'indice de masse corporelle ainsi que les courbes de développement pendant l'enfance. Une fois l'introduction terminée, dans les deux conditions d'apprentissage coopératif, les élèves commençaient le travail en groupe. A ce stade, les enseignants avaient pour rôle de les accompagner dans l'accomplissement des différentes étapes de la séquence et de les soutenir en cas de difficultés. Le travail dans ces deux conditions se différençait par le degré de structuration de la coopération dans les groupes, sachant que dans les deux, les groupes avaient pour objectif d'élaborer un diaporama autour de la prévention et de la lutte contre le surpoids et l'obésité.

Dans la condition d'apprentissage coopératif structuré, après que les élèves de la classe aient été répartis dans des groupes, nommés « groupe puzzle », les connaissances et les ressources nécessaires à la réalisation de la séquence étaient distribuées aléatoirement entre les membres de chaque groupe. Les élèves commençaient alors par travailler individuellement sur une ressource spécifique qui était complémentaire à celles des autres membres du groupe. Dans la séquence 1 des mathématiques, le premier élève du groupe devait calculer la médiane, les quartiles et les centiles de notes d'élèves en mathématiques et de tailles des filles collégiennes à l'aide d'un tableur. Le deuxième élève du groupe travaillait sur la détermination et l'interprétation de la médiane, des quartiles et d'une boîte à moustache sur la taille, le poids et l'âge de plusieurs publics (i.e., élèves, nourrissons, personnes âgées) à l'aide d'un rangement ordonné de manière croissante. Le troisième élève devait calculer des moyennes et des écarts-types sur des données d'élèves et de nourrissons à l'aide des formules d'un tableur. Enfin, le quatrième élève du groupe devait comprendre un algorithme donné sous forme d'organigramme qui suivait les acquisitions scolaires d'élèves. Après avoir travaillé individuellement (i.e., environ 2 heures), les élèves se regroupaient ensuite pour une nouvelle session de 2 heures avec les élèves de la classe qui avaient travaillé sur la même ressource de manière individuelle, constituant ainsi un nouveau groupe (i.e., le groupe d'experts). Les élèves de ce groupe devaient échanger leur compréhension du contenu de la ressource et synthétiser en groupe les informations comprises. Par exemple, tous les élèves de la classe ayant travaillé

individuellement sur les calculs de moyennes et d'écart-types avec le tableur se sont regroupés et ont résumé leur compréhension. Cette phase terminée, les élèves regagnaient leur groupe initial (i.e., groupe puzzle) pour articuler l'ensemble des ressources complémentaires et réaliser le diaporama sur le surpoids et l'obésité. Cette dernière phase durait aussi deux heures. Le travail s'achevait par une présentation en classe et les enseignants clôturaient la séquence en faisant un bilan sur le contenu appris.

Dans la condition d'apprentissage coopératif peu structuré, les élèves en groupe poursuivaient un objectif commun pendant la séquence d'apprentissage. A la différence de la condition d'apprentissage coopératif structuré, les élèves pouvaient organiser et échanger sur toutes les ressources nécessaires à la réalisation de la séquence comme ils le souhaitaient. Aucune consigne ne mentionnait ici de répartir les ressources dans le groupe. Dans la séquence 1 des mathématiques, les élèves travaillaient pendant six heures sur les quatre activités de manière successive et en groupe. Ce travail réalisé, les groupes devaient, comme précédemment, réaliser un diaporama sur la prévention et la lutte contre le surpoids et l'obésité. Ce travail était ensuite présenté en classe et les enseignants clôturaient, ici aussi, la séquence en faisant un bilan sur le contenu appris.

Dans la condition contrôle, les enseignants étaient libres de choisir les modalités pédagogiques qu'ils pensaient appropriées à l'enseignement des mathématiques. Ils devaient toutefois respecter le volume horaire indiqué et enseigner les mêmes notions que celles travaillées dans les deux conditions d'apprentissage coopératif. Par exemple, dans la séquence 1 en mathématiques, les enseignants devaient former pendant 7 à 9 heures leurs élèves à la détermination de médianes, de moyennes, d'écart-types, de quartiles, de centiles et de boîtes à moustaches, à l'aide d'un tableur et/ou à l'aide d'un rangement des données ordonnées de manière croissante. Ils devaient aussi leur enseigner comment utiliser et interpréter un algorithme sous forme d'organigramme. Comme les enseignants étaient libres de choisir la thématique pour enseigner les notions de la séquence, les élèves ne devaient pas créer de diaporama sur la prévention et la lutte contre le surpoids et l'obésité à la fin de la séquence.

**Tableau 1. Comparaison des modalités de travail d'une séquence ProFAN selon les trois conditions d'apprentissage.**

	<b>Apprentissage coopératif structuré</b>	<b>Apprentissage coopératif peu structuré</b>	<b>Groupe contrôle</b>
<i>Etape 1 : Préparation</i>	Les élèves sont affectés à des groupes (3 ou 4 élèves).		La préparation à la séquence d'apprentissage est conforme à ce qui se fait habituellement.
	L'enseignant introduit les connaissances et le thème abordé.		
<i>Etape 2 : Travail sur la séquence</i>	Chaque élève membre du groupe travaille individuellement sur une ressource d'apprentissage, complémentaire à celles des autres membres du groupe.	Les élèves travaillent en groupe sur toutes les ressources d'apprentissage et produisent un travail commun.	Le travail sur la séquence est conforme à ce qui se fait habituellement.
	Les élèves sont affectés à de nouveaux groupes dans lesquels se réunissent les élèves de la classe qui ont travaillé sur les mêmes ressources qu'eux individuellement. Ils échangent en groupe sur la ressource.		
	Les élèves retournent dans leur groupe initial et produisent un travail commun en articulant les ressources complémentaires (chaque élève = une ressource complémentaire).		
	Les groupes présentent leurs travaux à la classe et un bilan de la séquence est initié par l'enseignant.		
<i>Etape 4 : Evaluation</i>	Les élèves effectuent une évaluation individuelle sur les connaissances de la séquence.		

Si les séquences d'apprentissage du programme ProFAN ont été élaborés à partir d'un cadre rigoureux, la mise en œuvre de ces séquences dans les classes peut être difficile pour les enseignants. Pour cette raison, disposer d'une mesure de la fidélité d'implémentation du programme ProFAN nous est apparu nécessaire.

### 3. La fidélité d'implémentation des interventions en classe

Par leur rigueur méthodologique, les protocoles de recherche basés sur des données probantes permettent de réduire un certain nombre de biais dans les interprétations de l'efficacité des interventions éducatives. L'*Institute of Education Sciences* a révélé en 2013 que malgré l'énonciation de critères méthodologiques précis, sur 90 interventions éducatives, 11 d'entre elles ont montré des effets positifs sur la scolarité des élèves et 79 interventions n'ont pas eu d'effets, voire ont eu des effets négatifs (Coalition for Evidence-Based Policy, 2013). L'une des raisons conduisant à observer peu d'effets des interventions éducatives relèverait d'une mauvaise fidélité d'implémentation des interventions à large échelle. Lorsqu'un programme est mal implanté, les effets attendus des interventions éducatives et leur interprétation seront affectés et les résultats brouillés : ils peuvent être absents, négatifs, voire s'ils s'avèrent positifs, être tout simplement mal interprétés. Le degré de fidélité d'implémentation d'un programme est donc un facteur déterminant de la réussite et peut modérer ses effets (Carroll et al., 2007).

La science de l'implémentation se donne pour objectif de comprendre les processus qui permettent de mettre en œuvre des pratiques éducatives efficaces de manière systématique dans des contextes éducatifs réels (Kelly, 2012). Précisément, la fidélité d'implémentation correspond au degré du respect de la mise en œuvre des interventions (Carroll et al., 2007). Elle fait d'abord référence à la quantité de la mise en œuvre, qui correspond au respect de la fréquence et de la durée des activités de l'intervention (Déglise & Galand, 2020). Dans le programme ProFAN, la fidélité peut être considérée par le respect du nombre d'heures pour mettre en place les séquences d'apprentissage dans les classes et la mise en place correcte des conditions d'apprentissage dans chaque séquence. Elle fait également référence à la qualité de la mise en œuvre, c'est-à-dire à la façon dont les enseignants mettent en place l'intervention dans les classes (Carroll et al., 2007). Un climat positif ainsi que des conditions matérielles et humaines suffisantes peuvent être considérés comme des signes d'une bonne qualité de la mise en œuvre du programme.

Si les difficultés d'implémentation d'une intervention éducative peuvent être surmontées au fil du temps (voir par exemple l'efficacité du programme *Success For All* présenté dans Cheung et al., 2021 ou van Kuijk et al., 2021), il est primordial de se donner les moyens d'identifier dès le départ les difficultés d'implémentation. En d'autres termes, il faut définir les critères d'une plus ou moins bonne fidélité d'implémentation pour l'intervention dispensée. Parmi ces critères, le manque d'adhésion de la communauté éducative quant à l'efficacité de

l'intervention à mettre en place dans les écoles ou les classes est un critère de mauvaise fidélité d'implémentation (Bressoux, 2017, 2020). Durlak et DuPre (2008) ainsi que Forman et ses collaborateurs (2009) ont montré que les croyances des enseignants quant aux bénéfices de l'intervention éducative et les valeurs de l'école peuvent impacter la fidélité de l'implémentation. Par exemple, si les valeurs de l'école vont à l'encontre du dispositif éducatif à implanter, cela peut causer un manque d'adhésion de la part des membres de la communauté éducative et peu d'entrain à collaborer pour implanter efficacement l'intervention (Gagné et al., 2020). Un second critère conduisant à une mauvaise fidélité d'implémentation est le manque de compréhension du contenu de l'intervention par les enseignants. Durlak et DuPre (2008) ont montré que des facteurs similaires impactaient la fidélité d'implémentation d'interventions en éducation. Le fait que les enseignants ne maîtrisent pas suffisamment les compétences et connaissances nécessaires pour mettre en œuvre l'intervention, ou encore que le contenu ne soit pas suffisamment explicité aux enseignants, sont des éléments qui peuvent conduire à une mauvaise implémentation. Evaluer la fidélité d'implémentation de l'intervention ProFAN permettra donc d'apporter des informations précises et utiles quant au déploiement de l'intervention dans les classes (Blase et al., 2012).

## **PARTIE THEORIQUE**

## **Chapitre 1. De l'apprentissage coopératif à la méthode en classe puzzle pour améliorer les apprentissages académiques**

---

Le premier objectif de ce chapitre est de décrire l'apprentissage coopératif et de déterminer en quoi cet environnement peut améliorer les apprentissages scolaires des élèves. Nous commençons par décrire l'apprentissage coopératif en nous appuyant sur la théorie de l'interdépendance sociale, spécifiquement celle positive. Nous complétons cette description en argumentant les effets possibles de ce type d'apprentissage sur la réussite scolaire des élèves. Pour ce faire, nous nous appuyons sur les travaux effectués sur l'interdépendance positive ainsi que sur d'autres perspectives théoriques qui soutiennent l'intérêt des interactions sociales dans le développement cognitif. Pour présenter les différentes formes de structuration de l'interdépendance positive, un focus est fait sur les différentes méthodes d'apprentissage coopératif en vue d'établir leurs effets respectifs sur les performances académiques. Le deuxième objectif du chapitre est d'introduire la méthode en classe puzzle, l'apprentissage coopératif structuré qui a été implémenté dans l'expérimentation ProFAN et de terminer par un bilan concernant les résultats des recherches empiriques qui ont étudié l'impact de cette méthode sur les performances académiques.

### **1. La coopération pour améliorer les apprentissages académiques**

Considérer les interactions sociales comme favorables aux apprentissages scolaires des élèves n'est pas nouveau. Au début du XX<sup>e</sup> siècle, Vygotski, postulait déjà que les élèves apprenaient davantage lorsqu'ils interagissaient avec leurs enseignants que lorsqu'ils apprenaient de manière autonome (Vygotski, 2019). Plus tard, d'autres chercheurs vont affirmer que les interactions entre les élèves pendant leurs apprentissages peuvent être également favorables à leur développement cognitif lorsqu'elles arrivent au bon moment (i.e., les élèves doivent avoir des prérequis cognitifs et sociaux) (Mugny et al., 1976). En stipulant que les interactions sociales sont au cœur des apprentissages, l'apprentissage coopératif, qui correspond à une situation dans laquelle les élèves interagissent entre eux pour apprendre, arrive au centre des réflexions éducatives comme pédagogie alternative à l'apprentissage individuel.

En parallèle des réflexions de Vygotski sur l'intérêt des interactions sociales dans les apprentissages, la théorisation de l'apprentissage coopératif prend son essence notamment dans

les travaux de Koffka (1936) ainsi que ceux de Lewin (1948) qui concluaient que les interactions sont déterminées par un certain degré d'interdépendance. Un groupe est considéré alors comme un ensemble de membres interdépendants (Johnson & Johnson, 2009). Par la suite, en 1949, Deutsch va caractériser la coopération en affirmant que l'interdépendance dans ce contexte est positive. Dans une situation de coopération, plusieurs individus se réunissent en groupe et travaillent ensemble pour atteindre un but commun. Ici, les actions des membres du groupe sont positivement interreliées. En d'autres termes, les actions des uns ont des répercussions positives sur celles des autres. Ainsi, l'interdépendance positive devient un aspect majeur de l'apprentissage coopératif.

Aujourd'hui, un nombre conséquent de travaux sur ce sujet ont permis à Topping et al. (2017) de décrire l'apprentissage coopératif comme un apprentissage entre pairs qui est structuré et dans lequel les élèves ont des responsabilités individuelles mutuellement partagées. Ces auteurs ont souligné l'intérêt de ce type de structuration dans l'apprentissage entre pairs, notamment des responsabilités individuelles qui vont de pair avec l'interdépendance positive. Récemment, Slavin (2014) définissait quant à lui l'apprentissage coopératif comme une forme d'apprentissage faisant référence à plusieurs méthodes d'enseignement dans lesquelles les élèves travaillent en petits groupes pour apprendre. Le degré de structuration de l'interdépendance positive étant dynamique, plusieurs méthodes coopératives ont pu voir le jour.

Dans ce travail, nous considérons l'apprentissage coopératif comme une forme d'apprentissage regroupant un ensemble de méthodes qui permettent de faire interagir positivement des élèves dans des groupes et dans lesquels ils doivent atteindre un but commun. Dans ces groupes, l'apprentissage est structuré de façon à ce que les élèves soient hautement interdépendants de manière positive et que chaque élève ait une responsabilité individuelle visible et utile pour atteindre le but commun. Nous soutenons donc que l'interdépendance positive, qui est issue de la théorie de l'interdépendance sociale (Johnson & Johnson, 2009) est centrale pour décrire les apprentissages coopératifs.

### ***1.1. L'apprentissage coopératif, une question d'interdépendance positive***

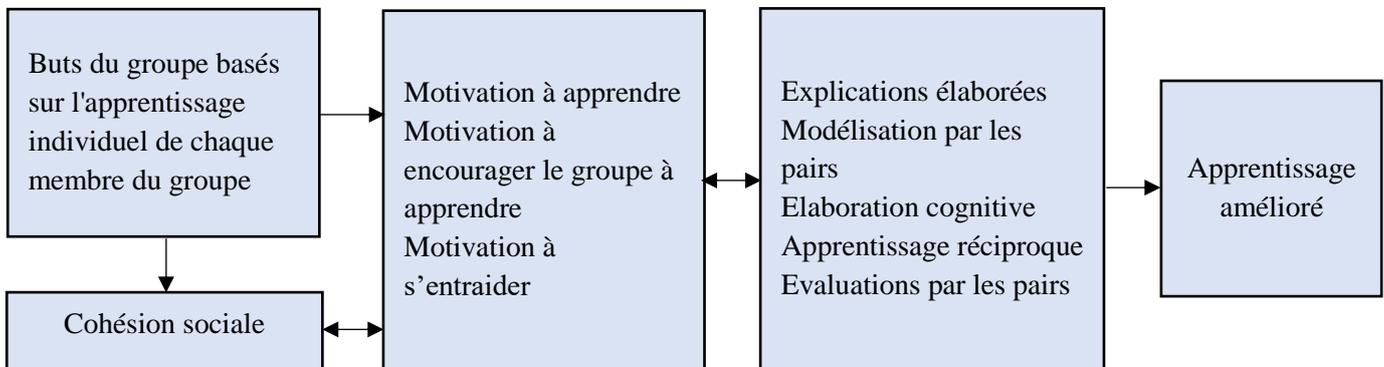
La théorie de l'interdépendance sociale est une théorie explicative des interactions positives entre les membres d'un groupe et distingue deux formes d'interaction : l'interdépendance négative et l'interdépendance positive (Johnson & Johnson, 2009). L'interdépendance négative

signifie que les élèves dans un groupe vont interagir en opposition les uns aux autres. La compétition est un cas prototypique d'une situation où l'interdépendance négative est élevée. L'interdépendance positive décrit, quant à elle, la coopération entre les pairs. Les élèves dépendent mutuellement les uns des autres pour atteindre un but commun. Les interactions positives entre les membres d'un groupe seraient ici favorables à la cohésion sociale et à l'entraide (Deutsch, 1949). Comme dans une situation d'interdépendance positive, les élèves peuvent aboutir à l'objectif commun uniquement si tous contribuent au travail collectif, cela faciliterait également les responsabilités individuelles dans le travail en groupe. L'intérêt des responsabilités individuelles dans un apprentissage coopératif est que chaque contribution ne peut se substituer aux autres, donc tous les membres du groupe deviennent indispensables pour accomplir le but commun (Slavin, 1980). Sans les responsabilités individuelles, la participation et la contribution des élèves dans le travail commun pourraient devenir inégales et le phénomène de paresse sociale pourrait s'installer dans le groupe, ou chez certains de ses membres (Butera & Buchs, 2019 ; Deutsch, 1949 ; Topping & al., 2017). En somme, une interdépendance positive élevée et les responsabilités individuelles rendraient la coopération plus optimale pour améliorer les apprentissages de tous les élèves. Un grand nombre de travaux empiriques ont permis de consolider cette théorie en prouvant l'efficacité de l'apprentissage coopératif sur les performances académiques des apprenants comparés à des apprentissages compétitifs et individuels. Les résultats d'une des premières méta-analyses ont révélé, dès les années 1980, qu'un apprentissage coopératif permettait aux apprenants d'être plus performants que lorsqu'ils étaient placés en situation de compétition ( $d = 0.78$ ) ou d'apprentissage individuel ( $d = 0.78$ ) (Johnson et al., 1981). Des effets similaires ont été constatés aussi bien chez les apprenants-adultes que chez les apprenants-adolescents (Johnson & Johnson, 1987 ; Roseth et al., 2008 ; Stanne et al., 1999). Fort de ces premiers résultats, les chercheurs se sont questionnés sur les processus à l'œuvre dans l'apprentissage coopératif, qui structure hautement l'interdépendance positive et favorise les apprentissages. Slavin (2014) a modélisé l'impact de l'apprentissage coopératif pouvant conduire à un meilleur apprentissage scolaire.

### ***1.2. Les performances académiques améliorées grâce à l'apprentissage coopératif***

Au cours des dernières années, plusieurs chercheurs ont étudié comment l'apprentissage coopératif peut agir sur les apprentissages individuels des élèves. Selon le modèle intégratif de Slavin (2014), c'est par l'accroissement de la cohésion sociale dans le groupe, l'augmentation

de la motivation et le développement cognitif des élèves que la coopération peut améliorer les apprentissages (voir figure 2).



**Figure 2. Modèle intégratif de l'efficacité de l'apprentissage coopératif de Slavin (2014).**

Le développement de la cohésion sociale est couramment mentionné dans la littérature scientifique pour expliquer les effets bénéfiques de l'apprentissage coopératif sur les acquisitions scolaires des élèves. Dans son modèle, Slavin (2014) postule qu'apprendre en coopérant va augmenter la cohésion sociale dans le groupe et motiver les élèves à se soucier des autres. La cohésion sociale renvoie au degré d'attraction mutuelle que les élèves ressentent au sein de leur groupe et leur envie de rester dans ce groupe (Roseth et al., 2008). Dans un contexte coopératif fortement structuré, c'est-à-dire dans lequel l'interdépendance positive est élevée et les responsabilités individuelles sont visibles, les élèves ont théoriquement des comportements plus propices à la cohésion sociale tels que s'entraider et s'encourager pour accomplir la tâche en groupe. Ils se sentiraient même responsables de la réussite de tous les membres du groupe, se soucieraient des autres et feraient attention à avoir des relations positives avec leurs coéquipiers (Johnson & Johnson, 2009 ; Topping et al., 2017). Parmi les travaux existants quant à l'impact de l'apprentissage coopératif sur la cohésion du groupe, les résultats de Stanne et al. (1999) ont révélé qu'un apprentissage coopératif permettait aux apprenants de se sentir davantage soutenus par leurs pairs comparés à ceux qui ont appris en compétition et de manière individuelle. Roseth et al. (2008) ainsi que Johnson et Johnson (2009) ont également soutenu cette hypothèse et indiqué que l'apprentissage coopératif avait des effets bénéfiques sur les relations interpersonnelles positives des élèves en comparaison à un travail

compétitif ou individuel. D'autre part, de bonnes relations interpersonnelles étaient aussi positivement associées à de meilleures performances scolaires (Roseth et al., 2008).

Selon Slavin (2014), lorsque les élèves travaillent en coopération, ils ont conscience que pour atteindre leur objectif personnel, le groupe doit réussir. Ainsi, ils devraient être davantage motivés à apprendre et à encourager les autres à faire leur travail. De plus, selon Johnson et al. (2014), s'accomplir par le travail commun pourrait permettre aux élèves de donner encore plus de sens à leurs apprentissages. Dans leur méta-analyse, en comparaison à un apprentissage individuel ou compétitif, Johnson et ses collaborateurs (2014) ont montré que travailler de manière coopérative permettait globalement d'augmenter la motivation individuelle des élèves dans leurs apprentissages. Toutefois, des résultats d'études comparant un apprentissage coopératif hautement structuré et l'autre faiblement structuré (i.e., interdépendance positive peu élevée et responsabilités individuelles moins visibles) se sont avérés inconsistants. Par exemple, Supanc et al. (2017) ont étudié l'impact d'un apprentissage coopératif hautement structuré à un faiblement structuré sur la motivation d'étudiants allemands en psychologie. Bien qu'ils aient observé des différences de performances individuelles en faveur du contexte coopératif hautement structuré, leurs résultats ont montré que la motivation des étudiants n'était pas différente après avoir appris dans un contexte coopératif hautement ou faiblement structuré. En revanche, Cecchini et al. (2020) ont récemment montré qu'un apprentissage coopératif hautement structuré était plus bénéfique à la motivation des étudiants qu'un apprentissage coopératif peu structuré.

Le modèle intégratif de Slavin (2014) soutient également que l'apprentissage coopératif peut agir positivement sur le développement cognitif des élèves. Interagir avec ses pairs pourrait inciter les élèves à mener plus d'activités cognitives bénéfiques à leurs apprentissages. Mugny et ses collaborateurs (1976) ont postulé que le développement cognitif des enfants se ferait grâce aux discussions avec d'autres enfants et à la confrontation de différents points de vue. Leur modèle, étant un prolongement de la pensée piagétienne (Piaget, 1975), la confrontation provoquerait alors un déséquilibre interne qui inciterait les enfants à traiter leurs connaissances initiales autrement et à échanger avec les autres pour résoudre ce déséquilibre. C'est ce qu'il est convenu d'appeler un conflit sociocognitif. Pour qu'il y ait conflit sociocognitif, les enfants doivent diverger dans leur réponse quant au problème soulevé, sans quoi, aucun conflit ne peut subvenir. Ce conflit est dit « social », car il ne peut être résolu que si les élèves échangent avec d'autres pairs (Butera et al., 2019). Il conduit l'élève à réorganiser ses raisonnements et à réaliser un effort d'ordre cognitif, ce qui en retour lui permet une nouvelle coordination des

connaissances antérieures. Pris dans leur ensemble, les travaux ont montré que le conflit sociocognitif pouvait déclencher des progrès cognitifs lorsqu'il est régulé de manière épistémique, c'est-à-dire lorsque les élèves cherchent à réguler le conflit en se concentrant sur la résolution du problème rencontré (Darnon et al., 2002).

Plus spécifiquement dans le travail coopératif, l'interdépendance positive permettrait de construire des idées nouvelles et d'utiliser davantage de stratégies cognitives de haut niveau (Johnson & Johnson, 2009). Ce postulat rejoint celui de Slavin (2014) qui soutient que permettre aux élèves de fournir des explications aux autres, leur enseigner des connaissances, en acquérir en retour de nouvelles peut entraîner une restructuration cognitive profonde : l'élève s'engage ainsi dans la modélisation de l'activité. Les résultats de la méta-analyse réalisée par Johnson et Johnson (2009) ont révélé que les élèves ont une qualité de raisonnement de plus haut niveau lorsqu'ils apprennent en coopérant plutôt qu'en situation de compétition ou d'apprentissage individuel. Des résultats d'autres méta-analyses ont aussi montré que certaines situations d'interactions comme le tutorat par les pairs peut améliorer les performances des apprenants. Par exemple, Bowman-Perrot et al. (2014) ont montré que les expériences de tutorat par les pairs ont augmenté de manière modérée l'engagement des élèves en comparaison à des situations d'apprentissage ordinaire. Les conclusions de Leung (2019) vont également dans ce sens : le tutorat a un impact positif sur les performances des apprenants en comparaison à d'autres situations d'apprentissage, notamment en mathématiques.

Finalement, les différentes études présentées ici ont soutenu que la coopération peut être bénéfique aux apprentissages des élèves. Toutefois, certains chercheurs ont constaté que l'efficacité de la coopération sur les apprentissages scolaires des apprenants est parfois moins évidente. L'efficacité de l'apprentissage coopératif dépendrait notamment de la manière dont est structurée l'interdépendance positive entre les élèves. En effet, dans un apprentissage coopératif, la structuration de l'interdépendance positive peut varier selon le contexte ou la méthode. D'après Deutsch (1949), pour promouvoir la coopération entre les élèves, la structuration de l'interdépendance positive minimale consiste à donner un ou plusieurs buts communs aux membres d'un groupe. De plus, pour accroître la structuration, d'autres stratégies peuvent s'ajouter à celle des buts (Johnson & Johnson, 2009, 2015). Topping et al. (2017) évoquent deux leviers supplémentaires susceptibles de participer à structurer l'interdépendance positive : les moyens et les récompenses. Au regard de ces différents types de structuration, plusieurs méthodes d'apprentissage coopératif ont successivement vu le jour depuis le dernier demi-siècle. Kagan et Kagan (2009), Sharan (2002) ou encore Slavin (2012) ont recensé un

certain nombre de méthodes qui varient selon le type de structuration d'interdépendance positive. Nous présentons leur impact (i.e., tailles d'effet) sur les performances des apprenants (pour un résumé, voir le tableau 2).<sup>3</sup>

**Tableau 2. Récapitulatif des effets des apprentissages coopératifs sur les performances académiques.**

Méthodes	Auteur(s) de la méta-analyse (année)	Tailles d'effet
<b>INTERDEPENDANCE POSITIVE PAR LES RECOMPENSES</b>		
Cooperative Integrated Reading & Composition	Johnson et al. (2000) Slavin (2012)	$d = 0.18$ $d = 0.27$
Teams-Games-Tournaments	Johnson et al. (2000)	$0.48 \leq d \leq 0.58$
Student Teams-Achievement Divisions	Johnson et al. (2000) Slavin (2012)	$0.29 \leq d \leq 0.51$ $d = 0.43$
Teams-Assisted Individualization	Johnson et al. (2000) Slavin (2012)	$0.25 \leq d \leq 0.33$ $d = 0.19$
<b>INTERDEPENDANCE POSITIVE PAR LES RÔLES</b>		
Constructive Controversy	Johnson et al. (2000) Johnson & Johnson (2002)	$0.59 \leq d \leq 0.91$ $0.61 \leq d \leq 0.86$
<b>INTERDEPENDANCE POSITIVE PAR LES TACHES</b>		
Group Investigation	Johnson et al. (2000)	$0.37 \leq d \leq 0.62$
<b>INTERDEPENDANCE POSITIVE PAR LES RESSOURCES</b>		
<i>Jigsaw</i>	Johnson et al. (2000) Stanczak (2020) Stanczak et al. (2022)	$0.13 \leq d \leq 0.29$ $g = 0.88$ $z = 0.10$

Le premier levier supplémentaire qui suggère de structurer l'interdépendance positive par les récompenses consiste à rendre les élèves interdépendants de manière positive à partir des résultats attendus à l'issue de la tâche. Dans ce cas-ci, les récompenses individuelles dépendent de celle du groupe et, inversement la récompense du groupe dépend de celles des élèves à un niveau individuel. Selon Johnson et Johnson (2009), l'interdépendance positive structurée par

<sup>3</sup> Les méthodes dont l'efficacité n'est pas soutenue par des preuves empiriques ne sont pas présentées (e.g., *Complex Instruction* de Cohen, 1998).

les récompenses est susceptible d'agir de manière positive sur les apprentissages des élèves, mais cela dépend aussi de la méthode d'apprentissage coopératif. Les méthodes d'apprentissage coopératif qui structurent l'interdépendance positive par les récompenses sont particulièrement nombreuses et ont surtout été conçues par Slavin et ses collaborateurs. La méthode Equipes-Jeux-Tournois (*Teams-Games-Tournaments*) semble être la méthode la plus efficace pour accroître les performances des élèves. Il s'agit de mettre en place des tournois dans lesquels chaque membre du groupe représente, tour à tour, son équipe. Les points remportés par chaque membre permettent de calculer un score de groupe. A suivre les résultats de la méta-analyse de Johnson et al. (2000), ici l'interdépendance positive par les récompenses est bénéfique aux élèves : les performances des apprenants étaient meilleures lorsqu'ils apprenaient avec cette méthode plutôt qu'individuellement ( $d = 0.91$ ) ou en compétition ( $d = 0.48$ ). D'autres méthodes comme Lecture-Ecriture Coopérative (*Cooperative Integrated Reading and Composition*), Individualisation Assistée par des Equipes (*Teams-Assisted Individualization*) ou encore Équipes d'élèves - Divisions des Réalisations (*Student Teams-Achievement Divisions*) ont des impacts plus modérés sur les performances des élèves. Par exemple la méthode Individualisation Assistée par des Equipes, qui a été conçue spécifiquement pour les enseignements en mathématiques d'élèves en primaire, consiste à faire travailler les élèves individuellement dans de petits groupes. Les membres du groupe ont pour responsabilité de vérifier le travail des autres en fonction des réponses et de s'entraider si besoin. Un score de groupe est calculé à partir du niveau individuel de chaque membre du groupe. Dans leur méta-analyse, Johnson et al. (2000) ont montré que cette méthode avait des effets modérés voire faibles sur les performances des apprenants comparée à ceux observés dans une situation d'apprentissage individuel ( $d = 0.33$ ) ou de compétition ( $d = 0.25$ ). Cela a ensuite été confirmé par Slavin (2012) en comparaison à des apprentissages habituels où la taille d'effet reportée était très faible.

Le second levier supplémentaire pour structurer l'interdépendance positive consiste à la structurer par les moyens. Pour ce faire, trois moyens peuvent être ciblés : les rôles, les tâches ou les ressources de la tâche. (1) *La structuration par les rôles* consiste à donner un rôle à chaque élève qui est utile au déroulement de la tâche scolaire. Une méthode bien répandue met l'accent sur l'interdépendance positive par les rôles : la Controverse Constructive (*Constructive Controversy*). Cette méthode consiste à faire interagir deux élèves qui ont des points de vue incompatibles. Elle les invite à débattre en adoptant une posture d'ouverture (i.e., écouter les arguments de l'autre) pour arriver à une position commune. Dans ce contexte, les élèves doivent

faire face à des conflits intellectuels importants qu'ils doivent résoudre de manière coopérative. Deux méta-analyses (Johnson et al., 2000 ; Johnson & Johnson, 2002) ont rapporté que cette méthode était efficace en comparaison à un apprentissage individuel ou compétitif (globalement  $0.59 \leq d \leq 0.91$ ). D'autres travaux ont aussi montré que cette méthode avait des effets bénéfiques sur le soutien social, la motivation et le raisonnement cognitif des apprenants (globalement  $0.32 \leq d \leq 1.52$ ) (Johnson et al., 2006). (2) *La structuration de l'interdépendance positive par les tâches* consiste à donner une tâche spécifique à chaque membre du groupe qui est essentielle pour accomplir l'activité commune. Une méthode connue pour structurer la coopération à l'aide des tâches scolaires est la méthode Groupe d'Enquête (*Group Investigation*) élaborée par Sharan et Sharan (1990). Elle consiste à placer les élèves d'un petit groupe dans des rôles d'enquêteurs sur un sujet spécifique et qu'ils ont de préférence choisi. Les élèves doivent se répartir les tâches pour résoudre l'enquête. Chacun recueille des informations, mais auprès de sources différentes (i.e., dans des lectures, auprès d'enseignants, etc.). Les élèves doivent ensuite les rassembler et travailler sur leur complémentarité pour atteindre le but commun. Selon le travail de Johnson et al. (2000), cette méthode a également montré des effets bénéfiques sur les apprentissages par comparaison à un apprentissage individuel ( $d = 0.62$ ) ou à un apprentissage compétitif ( $d = 0.37$ ).

De ce tour d'horizon sur les méthodes d'apprentissage coopératif, nous pouvons retenir, avec quelques certitudes, que les méthodes qui structurent l'interdépendance positive par les récompenses, par les rôles ou les tâches apparaissent globalement efficaces. La question qu'il faut maintenant aborder est celle d'un autre mode d'interdépendance positive largement étudié : (3) *l'interdépendance positive par les ressources*. Ce type de structuration est assez similaire à l'interdépendance positive par les tâches, car elle nécessite également de mettre en commun des informations pour mener l'activité commune. Toutefois dans cette situation, les élèves du groupe n'ont pas accès aux mêmes informations pendant leur travail individuel. L'objectif poursuivi ici est de faire en sorte que les élèves s'enseignent mutuellement les informations apprises individuellement et qu'ils les mettent en commun. Parmi les méthodes d'apprentissage coopératif qui utilisent ce mode d'interdépendance positive, la méthode en classe puzzle est sans doute la plus populaire (Aronson & Patnoe, 2011 ; Aronson et al., 1978) et c'est cette méthode qui a été implémentée dans les classes de lycée professionnel dans le programme ProFAN.

## **2. *Jigsaw* ou la méthode en classe puzzle et les apprentissages académiques**

La méthode *Jigsaw* ou en classe puzzle est une méthode d'apprentissage coopératif qui a été développée dans les années 1970 par Elliott Aronson (Aronson et al., 1978). Elle a été créée dans le but de résoudre les problèmes de ségrégation dans les classes et contrecarrer les inégalités sociales entre les élèves. Selon Aronson et ses collaborateurs, une telle méthode devrait améliorer l'estime de soi et les compétences des groupes minoritaires en classe en minimisant la compétition et en favorisant la coopération (Aronson & Patnoe, 2011). Au départ, cette méthode n'est donc pas conçue pour améliorer les performances des élèves.

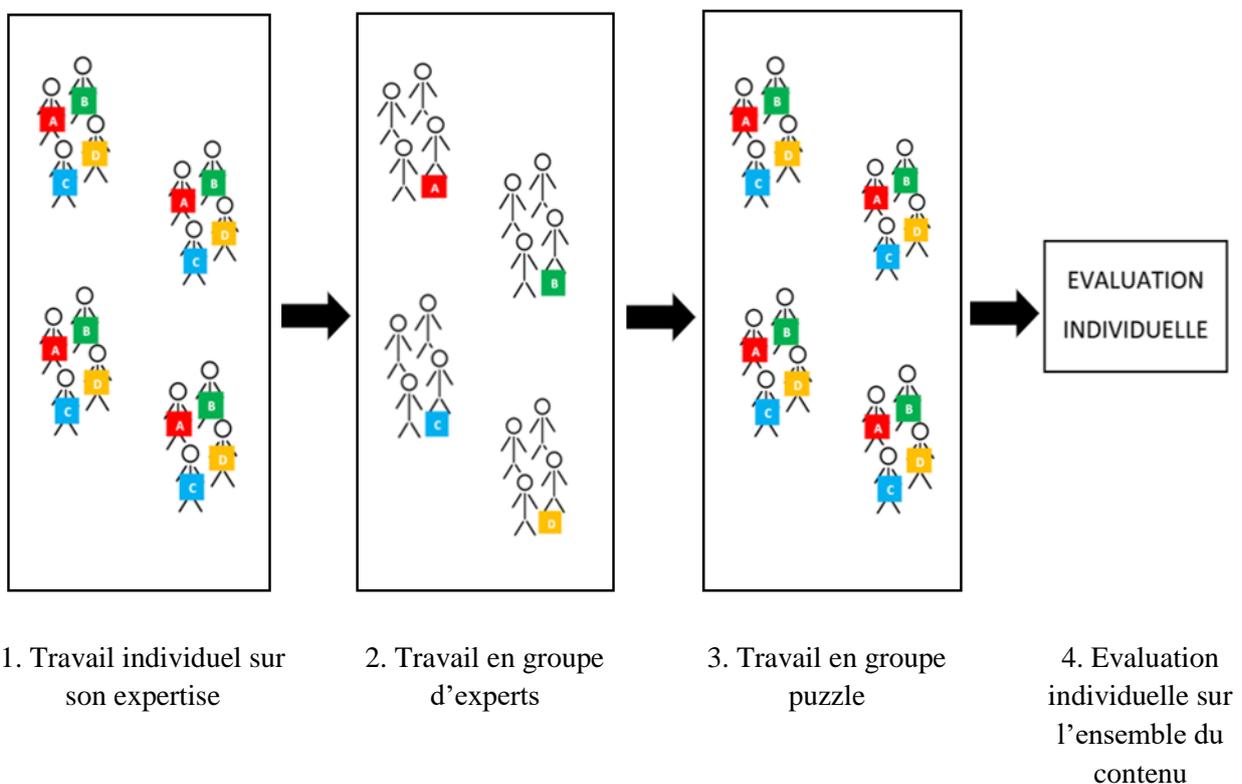
Dans une séquence d'apprentissage avec la méthode en classe puzzle, l'enseignant n'est plus l'unique ressource d'apprentissage pour les élèves de la classe et ce sont les élèves du groupe qui deviennent à leur tour des ressources d'apprentissage utiles et nécessaires au groupe. Pour ce faire, les ressources nécessaires à l'accomplissement du but commun sont réparties entre les membres d'un groupe. Par cette répartition, chaque membre devient expert d'une ressource qu'il doit enseigner aux autres membres du groupe. Ces ressources sont ensuite regroupées pour atteindre l'objectif commun. Sur un plan pragmatique, une telle méthode comprend quatre étapes. Avant de mener l'activité coopérative, les élèves sont regroupés en petits groupes de trois à sept élèves appelés « groupe puzzle ». Une fois les groupes constitués, les élèves passent par les quatre étapes représentées dans la figure 3. Pour une illustration plus détaillée, vous pouvez vous référer à la description d'une séquence d'apprentissage en mathématiques avec cette méthode dans le programme ProFAN à la page 4 de cette thèse.

Habituellement, dans la première étape en classe puzzle, les élèves débutent l'activité par un travail individuel. Ce travail individuel peut porter sur une ou plusieurs ressources ; ce qui est important à ce stade c'est que les élèves travaillent sur des informations qui sont différentes, mais complémentaires à celles des autres élèves du groupe (cf. figure 3, point 1). Ces informations lui permettent de comprendre et de résumer une ou des connaissances qui forment son expertise. Après avoir travaillé individuellement sur leurs ressources respectives, les élèves de la classe travaillent en groupes d'experts.

Dans cette deuxième étape, ceux qui ont travaillé individuellement sur la même ressource se réunissent et échangent sur le contenu (cf. figure 3, point 2). Cette étape a pour objectif de préparer les élèves à enseigner efficacement leurs connaissances respectives durant une troisième étape : le travail en groupe puzzle.

Lors de cette troisième étape, les membres du groupe puzzle se retrouvent, s'enseignent mutuellement leurs ressources et les regroupent pour atteindre l'objectif du groupe (cf. figure 3, point 3).

La dernière étape consiste à évaluer les élèves de manière individuelle sur l'ensemble du contenu appris. L'évaluation peut prendre diverses formes. Dans certaines versions de la méthode en classe puzzle, les évaluations individuelles des élèves permettent d'avoir une note collective (voir encadré 1). Dans la version originale d'Aronson, les élèves ont uniquement une note individuelle à la fin d'une séquence d'apprentissage *Jigsaw*. Si l'efficacité des versions modifiées sur les apprentissages scolaires a été peu étudiée, l'efficacité de la méthode originale d'Aronson l'a, en revanche, été à plusieurs reprises.



**Figure 3. Etapes de la méthode en classe puzzle**

### **Encadré 1. Les versions modifiées de la méthode *Jigsaw***

Dans les années qui suivirent la conception de la méthode en classe puzzle, plusieurs modifications de la méthode ont vu le jour. Certaines ont ajouté des formes d'interdépendance positive à celles des ressources alors que d'autres ont intégré des étapes supplémentaires. Une première modification de la méthode en classe puzzle (*Jigsaw II*) est apparue dans les années 1980 et a été conçue par Slavin (1980). Dans cette version modifiée, l'interdépendance positive est renforcée par les récompenses. Comme dans la méthode originale, les élèves répondent à des évaluations individuelles, puis ces évaluations sont agrégées pour créer un score de progression du groupe. Une deuxième modification (*Jigsaw III*) ajoute, quant à elle, une étape supplémentaire à la méthode originale. Avant de faire les évaluations individuelles, les élèves réalisent une évaluation collective et comme pour *Jigsaw II*, un score d'équipe est ensuite constitué sur la base des évaluations individuelles. Une troisième modification de la méthode en classe puzzle (*Jigsaw IV*) a été conçue par Holliday (2000). Dans cette version, les élèves réalisent des évaluations individuelles entre chaque étape pour vérifier leurs connaissances. Comme dans la version III, les élèves réalisent une évaluation collective pour vérifier leurs connaissances après le travail en groupe puzzle, puis comme dans les versions II et III, les évaluations individuelles finales permettent d'élaborer un score d'équipe. En 2003, Hedeem construit une nouvelle version nommée *Reverse Jigsaw* qui consiste à inverser les étapes de la méthode. D'abord, les élèves travaillent en groupe puzzle. Chaque élève du groupe reçoit une ressource qu'il doit présenter aux autres élèves du groupe puzzle, puis les élèves se dirigent dans les groupes d'experts et conçoivent une fiche récapitulative de leur expertise en groupe. Un rapporteur par groupe d'experts clôture la séquence d'apprentissage en présentant l'expertise travaillée à l'ensemble de la classe. Une dernière version a été élaborée par Doymus (2008) : *Subject Jigsaw*. Cette version s'attache à faire travailler les élèves sur des notions de chimie. Les élèves vont commencer par travailler en groupe sur un thème et en dehors des temps de classe (i.e., *home groups*). Après avoir présenté leur travail à la classe, les élèves sont séparés dans de nouveaux groupes durant les temps de classe et doivent travailler sur un sous-thème de l'activité menée en *home groups*. Ce travail en groupe est aussi présenté à l'ensemble de la classe.

## ***2.1. Considérations empiriques de Jigsaw sur les performances académiques***

Nous présentons ici quelques résultats sur l'efficacité de la méthode en classe puzzle sur les performances académiques des apprenants. Grâce au nombre conséquent de travaux empiriques sur le sujet, trois méta-analyses ont déjà été réalisées (voir tableau 2). La première menée par Johnson et al. (2000) a globalement montré des effets faiblement positifs de la méthode en classe puzzle sur les performances des apprenants en comparaison à des apprentissages compétitifs ( $d = 0.29$ ). Cependant, aucune différence n'est constatée en comparaison à des apprentissages individuels. Une seconde méta-analyse récemment publiée dans la thèse de Stanczak (2020) indique des résultats plus optimistes ( $g = 0.88$ ), mais la forte hétérogénéité des résultats a révélé que cette taille d'effet était modérée par la localisation des études. L'effet de la méthode en classe puzzle sur les performances des apprenants était globalement nul dans les études provenant de pays occidentaux ( $g = -0.03$ ). Cette taille d'effet a été confirmée dans une dernière méta-analyse opérée par Stanczak et al. (2022) qui révélait un score  $z$  de 0.10 à partir de cinq expérimentations menées dans des classes en France.

Pour mieux rendre compte les effets de la méthode en classe puzzle, nous allons détailler des résultats de travaux issus d'expérimentations ayant suivi un protocole méthodologique rigoureux et détaillé dans les publications. Aussi, ne seront pas exposées certaines études car elles présentent des limites importantes et nous en énonçons trois principales ici : (1) la méthode en classe puzzle était comparée à un autre groupe dans lequel l'intervention a été conduite sur une période temporelle très éloignée (e.g., années scolaires différentes) et un cadre différent (e.g., Persky & Pollack, 2009 ; Walker & Crogan, 1998) ; (2) les interventions mises en place dans les classes étaient peu informatives sur les phases de la méthode en classe puzzle mobilisées (e.g., Zakaria & al., 2013) ; (3) les résultats statistiques faisaient défaut pour conclure quant à l'efficacité de la méthode en classe puzzle (e.g., Adams, 2013 ; Dollard & Mahoney, 2010). Les études et les résultats que nous choisissons de décrire ci-dessous sont présentés en fonction de la durée de l'implémentation de la méthode en classe puzzle dans les classes (voir un résumé dans le tableau 3).

**Tableau 3. Récapitulatif des effets de *Jigsaw* sur les performances académiques.**

Auteurs (date)	Participants (pays)	Durée	Comparaison sur les performances
<b><u>Interventions de courte durée</u></b>			
Berger & Hänze (2009)	286 lycéens (Allemagne)	2 séances de 45 min	<u>Connaissances</u> Puzzle = Apprentissage en groupe
Hänze & Berger (2007)	137 lycéens (Allemagne)	2 séances de 45 min	<u>Connaissances</u> Puzzle = Enseignement direct
Law (2011)	269 élèves du primaire (Chine)	5 séances de 1h	<u>Compréhension</u> Puzzle > Enseignement direct
Moreno (2009)	87 étudiants (Etats-Unis)	1 séance de 1h	<u>Connaissances</u> Puzzle = Apprentissage en groupe Puzzle = Apprentissage individuel <u>Transfert</u> Puzzle < Apprentissage en groupe Puzzle < Apprentissage individuel
Stanczak et al. (2022) – étude 1	252 collégiens (France)	1 séance de 2h	<u>Connaissances</u> Puzzle = Apprentissage individuel
Stanczak et al. (2022) – étude 2	313 collégiens (France)	1 séance de 2h	<u>Connaissances</u> Puzzle = Apprentissage individuel
<b><u>Interventions de longue durée</u></b>			
Basyah et al. (2018)	60 lycéens (Indonésie)	28 séances de 1h	<u>Connaissances</u> <i>Jigsaw &gt; Business As Usual</i>
Souvignier & Kronenberger (2007)	208 élèves du primaire (Allemagne)	24 séances de 45 min	<u>Connaissances et compréhension</u> Puzzle = Enseignement direct
Roseth et al. (2019)	286 étudiants (Etats-Unis)	14 séances de 1h15	<u>Connaissances</u> Puzzle > <i>Business As Usual</i> <u>Examens</u> Puzzle > <i>Business As Usual</i>
Stanczak et al. (2022) – étude 3A	110 collégiens (France)	16 séances de 1h	<u>Connaissances</u> Puzzle = <i>Teaching As Usual</i>
Stanczak et al. (2022) – étude 3B	74 collégiens (France)	12 séances de 1h30	<u>Connaissances</u> Puzzle = <i>Teaching As Usual</i>
Stanczak et al. (2022) – étude 3C	101 collégiens (France)	12 séances de 1h30	<u>Connaissances</u> Puzzle = <i>Teaching As Usual</i>

Parmi les études ayant analysé l'efficacité de la méthode en classe puzzle sur une courte durée d'intervention (i.e., 1 à 2 séances d'apprentissage sur deux semaines maximum), celle de Moreno (2009) a étudié les effets de la méthode après une intervention d'une heure en laboratoire. L'objectif était d'examiner si des étudiants en psychologie de l'éducation travaillant avec la méthode en classe puzzle avaient de meilleures performances que ceux qui travaillaient

en coopération peu structurée<sup>4</sup> ou de manière individuelle. Dans cette intervention, le travail était assisté par ordinateur et portait sur un sujet de botanique, qui n'était pas lié à la spécialité des étudiants. Les groupes dans les conditions d'apprentissage coopératif étaient composés de trois étudiants. Dans le groupe puzzle, les étudiants apprenaient moins de 15 minutes de manière individuelle sur une ressource avant d'échanger avec les membres du groupe puzzle sur les différentes ressources pendant 30 minutes. Les étudiants ne passaient donc pas par l'étape de travail en groupe d'experts. Après une heure d'intervention, les résultats ont montré que les étudiants qui ont travaillé en classe puzzle n'ont pas acquis davantage de connaissances que ceux qui ont appris en groupe ou de manière individuelle. Ils ont même moins bien réussi à transférer leurs connaissances.

D'autres études portant sur une courte intervention ont été menées par Berger et Hänze (2007, 2009) dans des classes en physique-chimie. Dans ces expérimentations, les lycéens menaient deux séquences d'apprentissage de trois à quatre heures chacune. Dans leur étude en 2007, ils ont comparé des lycéens qui ont travaillé avec *Jigsaw* à un groupe de lycéens ayant suivi un enseignement direct alors que dans celle en 2009, ils les ont comparés à des lycéens ayant appris en coopération, mais de manière peu structurée. Les résultats de ces deux études ont révélé que la méthode en classe puzzle n'impactait pas directement les performances des élèves après les deux séquences d'apprentissage. Deux récentes études de Stanczak et al. (2022) ont révélé que des élèves collégiens français n'ont également pas été plus performants en sciences de la vie et de la terre et en mathématiques après une séance d'apprentissage de 2 heures que ceux placés en situation de travail individuel. Seul Law (2011) montrait que des élèves du primaire ont mieux appris en classe puzzle que de manière individuelle après cinq heures d'expérimentation. En somme, ces résultats suggèrent globalement que la méthode en classe puzzle est peu efficace pour accroître les performances des apprenants lorsqu'ils sont peu familiarisés à cette méthode coopérative.

A notre connaissance, l'implémentation de la méthode en classe puzzle sur une plus longue durée est plus rare (i.e., au minimum 12 séances d'apprentissages réalisées sur plusieurs semaines). Nous rapportons ici six études portant sur l'amélioration des apprentissages et qui se sont déroulées dans des établissements académiques durant plusieurs semaines. Souvignier et Kronenberger (2007) ont étudié l'impact de la méthode en classe puzzle sur les performances d'élèves du primaire en mathématiques et en sciences. Les élèves ont suivi 24 séances

---

<sup>4</sup> Un travail en coopération peu structurée signifie que les apprenants travaillaient en équipe, mais l'interdépendance positive était faiblement structurée. Les apprenants avaient un but commun uniquement.

d'apprentissage de 45 minutes dans une des trois conditions suivantes : dans la première, les élèves travaillaient avec la méthode en classe puzzle ; dans la seconde, les élèves travaillaient avec la même méthode et ils étaient formés à poser des questions adaptées à leurs camarades ; enfin, dans la troisième condition, les élèves travaillaient de manière habituelle. A l'instar des résultats obtenus par Moreno (2009), de Hänze et Berger (2007, 2009) et de Stanczak et al. (2022), aucune différence de performances scolaires n'est observée entre les trois groupes. Similairement, les résultats des trois études menées sur 12 à 16 semaines par Stanczak et ses collaborateurs (2022) n'ont révélé aucune différence de performances entre un apprentissage en classe puzzle et un apprentissage habituel. Toutefois, deux autres études, dont la durée d'intervention était particulièrement longue, viennent récuser ces conclusions et ont révélé des résultats plus encourageants. Dans l'étude de Basyah et al. (2018), les résultats ont montré qu'après avoir travaillé pendant quatorze semaines avec la méthode en classe puzzle, les élèves de lycée ont eu de meilleures connaissances en économie que ceux qui apprenaient de manière habituelle. De manière similaire, les résultats de Roseth et al. (2019), qui ont étudié l'impact de la méthode en classe puzzle implantée durant un semestre sur la réussite d'étudiants en santé, ont révélé que ces derniers performaient mieux que ceux du groupe contrôle. Travailler avec la méthode classe puzzle a amélioré l'évolution des performances académiques des étudiants tout au long du semestre.

En somme, les résultats annoncés dans cette section ont montré que lorsque les interventions en laboratoire et dans les classes sont d'une courte durée, la méthode en classe puzzle ne permet globalement pas d'améliorer les apprentissages des apprenants en comparaison à des apprentissages coopératif peu structuré, individuel ou habituel. Lorsque les apprenants s'habituent à apprendre avec la méthode en classe puzzle (i.e., interventions plus longue durée), les conclusions sont moins tranchées, la méthode *Jigsaw* pouvant parfois et dans certaines conditions affecter positivement les performances académiques. A ce stade, nous pouvons donc nous demander les raisons pour lesquelles les conclusions sont ambivalentes. Pour ce faire, nous allons examiner les mécanismes psychologiques à l'œuvre dans les étapes de la classe puzzle.

## ***2.2. Les mécanismes psychologiques à l'œuvre durant le travail en groupe puzzle***

La première et la troisième étape de la méthode en classe puzzle, durant laquelle les élèves travaillent de manière individuelle sur une ressource complémentaire à celles des autres, puis en groupe puzzle sur les différentes ressources, représentent théoriquement un travail coopératif

hautement structuré : les élèves sont placés en situation d'interdépendance positive. Chacun doit contribuer à l'objectif commun par l'intermédiaire des ressources d'apprentissage.

A ce jour, de nombreux travaux ont soutenu que l'interdépendance positive par les ressources peut conduire les élèves à mieux apprendre. Elle permettrait d'une part de réduire la compétition et la comparaison sociale entre les élèves, bien qu'à certains égards, la comparaison sociale puisse avoir des effets bénéfiques, par exemple sur les perceptions de soi scolaires des élèves (Dumas & Huguet, 2011). Dans un travail coopératif, par contre elle peut-avoir des conséquences négatives sur les capacités des élèves (Buchs et al., 2004). Darnon et al. (2002) ont montré que les étudiants percevaient les échanges moins centrés sur la comparaison sociale et la compétition en travaillant dans un groupe dans lequel l'interdépendance positive était structurée par les ressources que lorsqu'ils travaillaient en binôme sur des ressources identiques. Par exemple, les étudiants qui travaillaient sur des informations complémentaires ont rapporté qu'ils ne cherchaient pas à imposer leur point de vue ni évaluaient leur compétence en comparaison aux autres. Buchs et al. (2004) ont même montré que le travail en coopération sur des ressources complémentaires augmentait les réactions positives entre les pairs : les étudiants exprimaient plus d'encouragements envers leur binôme. Dans une telle situation, comme le suggère le modèle de Slavin (2014), la cohésion sociale devrait être valorisée. L'interdépendance positive par les ressources semble également avoir des effets bénéfiques sur le travail cognitif des apprenants. Buchs et al. (2004) ont constaté que l'implication des étudiants qui travaillaient sur des ressources complémentaires était supérieure à celle des étudiants qui travaillaient en binôme sur des ressources identiques. Dans ce contexte, ils consacraient plus de temps à donner des explications et à poser des questions pour comprendre les informations transmises par leur camarade. En congruence avec les propos Slavin (2014) sur l'élaboration cognitive dans un travail coopératif, les explications échangées dans ce type d'apprentissage seraient donc plus importantes et pourraient être favorables aux apprentissages des apprenants.

A cet égard, une situation d'apprentissage en classe puzzle devrait à priori permettre aux élèves de mieux apprendre qu'en situation d'apprentissage individuel ou de coopération faiblement structurée. Toutefois, nous pensons que deux éléments peuvent conduire la méthode en classe puzzle à avoir peu d'effets sur les apprentissages scolaires des élèves en comparaison à un apprentissage dirigé par l'enseignant ou d'autres apprentissages coopératifs : (1) le travail en groupe d'experts pourrait ralentir l'interdépendance positive et ses effets, car dans cette étape, les élèves sont dépendants par les ressources et probablement plus sujets à la compétition

(Roseth et al., 2019). (2) le manque d'enseignement explicite des connaissances par l'enseignant peut conduire à moins d'effets positifs de la méthode *Jigsaw* sur les apprentissages scolaires.

### ***2.3. Le travail en groupe d'experts, un mécanisme de dépendance des ressources***

Pendant un travail en groupe d'experts (i.e., 2<sup>e</sup> étape de la classe puzzle), les élèves se réunissent dans de nouveaux groupes et travaillent durant un certain un temps sur une même ressource. Dans cette étape, les interactions sociales sont centrales dans l'apprentissage et peuvent conduire à des conflits sociocognitifs pouvant être sources de développement cognitif s'ils sont régulés de manière épistémique (Darnon et al., 2002). Dans ce cas, les élèves du groupe d'experts se mettent alors d'accord sur les connaissances regroupant cette expertise. En même temps, durant ce travail en groupe, les élèves sont confrontés à ceux qui ont travaillé individuellement sur une ressource identique ; alors dans ce cas précis, la comparaison sociale de leur compétence peut être élevée. Cette situation peut conduire à une régulation des conflits dite relationnelle : les élèves du groupe vont vouloir prouver leur compétence aux autres plutôt que résoudre les problèmes rencontrés durant leur échange. Des résultats ont d'ailleurs montré que travailler dans une situation de dépendance par les ressources avec des pairs compétents ou perçus comme tels est défavorable aux apprentissages des étudiants ; ces derniers pouvant se sentir menacés (Buchs et al., 2004 ; Buchs & Butera, 2009). En somme, lorsque les membres du groupe sont compétents ou perçus comme tels, la dépendance des ressources dans le travail en groupe d'experts pourrait activer des comparaisons sociales menaçantes pour les élèves, ce qui pourrait saper les bénéfices de l'interdépendance positive durant le travail en groupe puzzle.

Pour éviter ces effets, il est donc crucial que les élèves comprennent le sens et l'importance du travail en groupe d'experts en leur rappelant que ce travail n'est qu'une étape intermédiaire au travail final et vise à renforcer l'expertise individuelle des élèves du groupe puzzle. Une bonne compréhension de cette étape semble indispensable pour avoir les effets escomptés, y compris chez les élèves pour qui leur compétence est menacée dans un travail en groupe. Cette étape doit leur permettre de gagner en confiance, de vérifier la bonne compréhension du contenu qu'ils devront ensuite transmettre et enseigner aux membres de leur groupe puzzle.

#### ***2.4. Jigsaw : une méthode sans enseignement explicite et mené par l'enseignant***

Dans un contexte d'apprentissage *Jigsaw*, les interventions des enseignants en classe sont considérées comme indirectes. En effet, les enseignants ont plutôt pour rôle d'organiser pédagogiquement l'environnement de classe (i.e., le contenu, les tâches et la méthode d'apprentissage) et d'orienter les élèves lorsqu'ils rencontrent des difficultés d'apprentissage (Kistner et al., 2010). Si certains environnements d'apprentissage ont déjà montré leur efficacité (Hattie, 2008), certains chercheurs émettent des critiques quant à l'efficacité de ce type d'intervention. En effet, laisser les élèves découvrir par eux-mêmes de nouvelles connaissances alors qu'ils sont novices pourrait surcharger leur mémoire de travail et être défavorable à leur réussite scolaire (Kirschner et al., 2006). Les apprentissages scolaires nécessiteraient plus d'explicitations, de guidage par les enseignants et moins de construction autonome (Sweller, 2009). Plusieurs études ont d'ailleurs montré que pour apprendre de manière efficace, l'enseignement explicite est plus approprié que les apprentissages basés sur des principes socio-constructivistes, particulièrement pour les élèves en difficulté (Guilmois & Popa-Roch, 2021). De par leur rôle dans l'institution scolaire, les enseignants devraient être les plus à même par leur compétence à enseigner chaque ressource aux élèves plutôt que les élèves « experts ». En somme, selon ces chercheurs le manque d'explicitation par l'enseignant dans un contexte d'apprentissage *Jigsaw* pourrait conduire à moins d'acquisitions scolaires, *a fortiori* chez les élèves les plus faibles.

#### ***2.5. Quid de l'efficacité de Jigsaw sur les apprentissages académiques***

Jusqu'à présent nous avons vu que l'organisation de la méthode en classe puzzle peut induire différents mécanismes psychologiques qui peuvent avoir des effets paradoxaux sur les apprentissages des élèves. L'une des solutions pour résoudre cette difficulté tient probablement dans la durée de l'implémentation de la méthode. A ce jour, l'implémentation de la méthode en classe puzzle dans les études scientifiques n'a pas dépassé un semestre (Basyah et al., 2018 ; Roseth & al., 2019 ; Souvignier & Kronenberger, 2007). Pourtant, selon plusieurs auteurs tels que Moreno (2009) ou Roseth et al. (2019), familiariser les élèves à la méthode *Jigsaw* à long terme est important afin qu'ils comprennent l'intérêt de chaque étape et leur permettre d'être dans de meilleures conditions pour apprendre plus efficacement. De plus, travailler en coopération nécessite de faire appel à des compétences sociales qui ne s'acquièrent pas toujours aisément, comme par exemple adopter une posture d'ouverture dans le cadre d'un travail en groupe (e.g., communiquer précisément, résoudre les conflits de manière constructive)

(Johnson & Johnson, 2009). Bien qu'une formation explicite des comportements attendus pendant la classe pourrait être une voie possible pour favoriser l'acquisition de telles compétences (Buchs et al., 2016 ; Bissonnette et al., 2021), un temps de familiarisation suffisamment élevé avec la méthode pourrait aussi faciliter leur acquisition (Roseth et al., 2019).

Un deuxième élément d'ordre méthodologique questionne la fiabilité des résultats des précédentes études. A ce jour, très peu d'interventions ont comparé la méthode en classe puzzle à un apprentissage coopératif peu structuré. Cela semble pourtant nécessaire si l'on veut vérifier que l'impact de la méthode en classe puzzle est bien dû à une forte interdépendance positive entre les élèves. En comparant uniquement la méthode en classe puzzle à un apprentissage habituel, il est difficile d'affirmer que les effets proviennent plus de la structuration de la méthode que du simple fait de travailler en situation de coopération, quand bien même cette dernière serait peu structurée. Comparer la méthode en classe puzzle à un apprentissage coopératif peu structuré permettrait donc de contrôler l'effet propre du travail en groupe sans forte interdépendance positive entre les élèves. Si dans la littérature scientifique, la plupart des études ont comparé la méthode en classe puzzle à un apprentissage habituel (e.g., Roseth et al., 2019), seules quelques rares études se sont attardées à comparer la méthode en classe puzzle à une condition d'apprentissage coopératif peu structuré (e.g., Berger & Hänze, 2009). A notre connaissance, seule l'étude de Moreno (2009) a comparé la méthode en classe puzzle aux deux contextes d'apprentissage qui sont d'une part, le travail coopératif peu structuré et d'autre part, une situation de travail individuel.

De plus, nous comptons un troisième élément qui augmente la difficulté à conclure quant à l'efficacité de *Jigsaw* et réfère aux tailles d'échantillon dans les précédentes études. Selon Stanczak (2020), de nombreuses études à partir de l'année 2000 ont été menées en sous-puissance statistique, ce qui affecte la fiabilité des résultats rapportés quant à l'effet de la méthode en classe puzzle sur les apprentissages. En effet, une majorité d'entre elles a été menée sur des échantillons de petite taille et des fluctuations d'échantillonnage ont probablement pu affecter les résultats. Si quelques rares études comme celles de Roseth et al. (2019), de Souvignier et Kronenberger (2007) ou encore celles de Berger et Hänze (2007, 2009) ont été réalisées sur des échantillons plus larges pour réaliser des tests avec suffisamment de puissance, la majeure partie des études l'ont été à partir d'échantillons plus restreints (e.g., Basyah et al., 2018). L'autre point rarement soulevé dans les études et pouvant aussi affecter la puissance de test est le nombre de classes ou d'établissements impliquées dans les expérimentations. Lorsque

les conditions d'expérimentation sont affectées au niveau des classes, comme c'est le cas dans les études énoncées dans cette section, un nombre suffisamment élevé de classes est nécessaire pour avoir un niveau de confiance important dans les conclusions et pour tendre vers une généralisation sur la population ciblée (Maas & Hox, 2005). Or, les études ayant analysé l'efficacité de la méthode *Jigsaw* sur les apprentissages des apprentissages impliquent rarement un large échantillon de classes ( $4 \leq N_{\text{classes}} \leq 20$ ).

Tout bien considéré, il est difficile de tirer des conclusions sur l'efficacité ou non de la méthode en classe puzzle sur les apprentissages académiques des apprenants uniquement à partir des études présentées. De plus, son impact sur les déterminants présentés par Slavin (2014) dans son modèle intégratif (pour rappel, voir la figure 2, p.18) demeure peu questionné dans la littérature scientifique. Quelques résultats dont ceux de Hänze et Berger (2007) ont apporté quelques éléments concernant la nature de ces liens en montrant par exemple que le sentiment de compétence des élèves, qui est déterminant dans la motivation des élèves à apprendre (Ryan & Deci, 2000), médiatisait positivement l'impact de la méthode en classe puzzle sur leurs performances. Dans cette continuité, nous questionnons dans le prochain chapitre, les effets possibles de la méthode *Jigsaw* comme environnement d'apprentissage propice au développement de la motivation des élèves et également de leur autorégulation, facteur déterminant dans la réussite scolaire des élèves.

## **Chapitre 2. La méthode en classe puzzle pour promouvoir la motivation et l'autorégulation scolaires**

---

Dans ce chapitre, nous proposons un état de l'art sur la motivation et l'autorégulation scolaires des élèves. Après avoir examiné l'importance de ces deux facteurs dans la réussite scolaire, nous discuterons de la pertinence de certains environnements d'apprentissage en classe pour les développer. Nous terminerons ce chapitre en présentant les travaux associés aux environnements d'apprentissage coopératif et en évoquant les résultats de la méthode en classe puzzle sur la motivation et l'autorégulation des apprenants. Une revue de littérature a été spécifiquement menée sur les effets des apprentissages coopératifs sur l'autorégulation académique des apprenants. Nous présenterons en dernier temps deux modérateurs – les attitudes coopératives et le niveau scolaire des élèves - pouvant affecter l'efficacité de la méthode en classe puzzle.

### **1. La réussite académique, une question de motivation et d'autorégulation**

La motivation à apprendre est décisive dans la scolarité des élèves puisqu'elle détermine fortement les attitudes et les comportements des élèves face aux tâches scolaires (Schunk & DiBenedetto, 2019). Elle est moteur et leur permet de porter leur attention sur les activités et de soutenir leur intention de participer. Très récemment, les résultats de la méta-analyse de Howard et collaborateurs (2021) apportaient de nouvelles données montrant combien la motivation est déterminante pour la réussite scolaire. Lorsque les élèves sont motivés à mener des activités, notamment par plaisir ou parce qu'elles sont importantes pour eux, ils rapportent et ont effectivement de meilleures notes à l'École.

L'une des raisons pour lesquelles la motivation est indissociable de la réussite scolaire est que les élèves motivés sont plus enclins que d'autres à s'engager dans les tâches et à mettre en place des stratégies d'apprentissage efficaces (Cleary & Chen, 2009 ; Cleary & Kitsantas, 2017 ; Howard et al., 2021 ; Pintrich & de Groot, 1990). Ces stratégies d'apprentissage, comme la quantité d'efforts à fournir dans une tâche scolaire, font directement référence à la capacité d'autorégulation, qui agit comme médiateur entre la motivation et la réussite scolaire (Lee et al., 2014). Zimmerman (2000) ainsi que Pintrich (2000) ont relevé que la motivation est l'un des moteurs qui conduit les élèves à s'autoréguler durant leurs apprentissages. C'est dans ces

termes que nous considérons que la motivation tient une place centrale dans le processus d'autorégulation.

Parmi les premiers auteurs à s'intéresser au lien entre la réussite scolaire et les capacités d'autorégulation, Zimmerman et Martinez-Pons (1986) ont étudié la relation entre différentes stratégies d'autorégulation utilisées par les élèves du secondaire et leurs capacités scolaires. Dans leur étude, les chercheurs se sont entretenus avec 80 élèves en leur demandant d'énoncer quelles stratégies ils utilisaient pour apprendre dans différents contextes d'apprentissage (i.e., en français, en mathématiques, à l'école, à la maison). Leurs résultats ont révélé que les élèves ayant un niveau scolaire élevé rapportaient utiliser davantage de stratégies d'autorégulation que ceux ayant un niveau faible. Ces élèves relataient organiser leur travail, faire des efforts pour trouver des informations supplémentaires en lien avec leurs apprentissages, chercher de l'aide auprès de leurs pairs et surveiller leur compréhension du contenu scolaire. Plus récemment, Schuitema et ses collaborateurs (2016) ont soutenu ces conclusions en montrant qu'utiliser des stratégies d'autorégulation et retarder les récompenses étaient bénéfiques aux performances des élèves. Caprara et ses collègues (2008) ont même observé que le sentiment d'efficacité à s'autoréguler des élèves au début du secondaire permettait de prédire leurs notes scolaires au cours du secondaire, leur obtention du diplôme en fin de secondaire et leur probabilité de décrocher à l'École. Plus les élèves avaient un fort sentiment d'efficacité à s'autoréguler au début du secondaire, plus ils obtenaient leur diplôme en fin de scolarité et moins ils décrochaient durant le secondaire.

### ***1.1. La motivation scolaire***

En raison de l'importance de la motivation dans les apprentissages scolaires, la motivation scolaire a fait l'objet d'un grand nombre de travaux, qui ont conduit à l'opérationnaliser de manières distinctes. Ces nombreuses modélisations ont même mené Murphy et Alexander (2000), puis Hattie et ses collaborateurs (2020) à résumer l'ensemble des termes associés à la motivation. Pour eux, quatre éléments majeurs de la motivation scolaire sont considérés dans la littérature scientifique : les buts des élèves, la valeur et l'intérêt pour les tâches, le soi et l'autodétermination. Ils proposent de s'en tenir à une description de la motivation selon ces quatre éléments.

Dans son acception la plus commune, la motivation scolaire réfère à l'intention des élèves de mener des activités pour atteindre ce qu'ils veulent réaliser à l'École. Parmi les

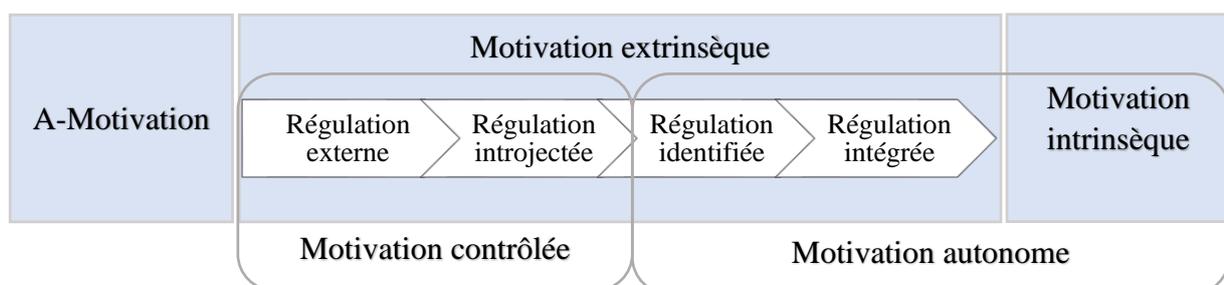
théories de la motivation, celle de l'accomplissement des buts réfère directement à cette définition. Cette théorie, récemment détaillée par Urdan et Kaplan (2020), décrit que les élèves peuvent être motivés à accomplir deux formes de buts scolaires. La première forme relève des buts centrés sur la maîtrise de ses apprentissages (e.g., comprendre et connaître un concept de mathématiques) alors que la seconde renvoie à des buts centrés sur les performances. Les buts axés sur les performances peuvent avoir deux orientations différentes. La première consiste à se rapprocher d'un objectif, c'est le but de performance-approche (e.g., avoir la meilleure note) et la seconde à éviter un objectif, c'est le but de performance-évitement (e.g., ne pas avoir une mauvaise note). Selon Reeve (2017), les buts de performance-approche et de maîtrise sont adaptés pour accroître la réussite scolaire des élèves alors que les buts d'évitement ont des effets négatifs. Quand les élèves ont des buts de maîtrise ou de performance-approche, ils vont porter un plus fort intérêt pour les tâches qui les rapprochent de leur but et vont s'engager plus durablement dans celles-ci, par exemple en mobilisant plus de stratégies d'apprentissage profondes (Senko, 2019). Ces élèves vont se focaliser sur des résultats positifs alors que ceux qui s'appuient sur des buts d'évitement vont plutôt se centrer sur de possibles résultats négatifs (Fenouillet, 2008). Il est à noter que les effets des différents types de buts sur la réussite des élèves dépendent du contexte dans lequel la tâche scolaire est menée ou encore des attentes perçues dans l'environnement social (e.g., format des évaluations, clarté des enseignants sur les consignes, valeur sociale des buts) (Senko, 2019 ; Smeding et al., 2015, 2021).

Pour Wigfield et Eccles (2020), la motivation scolaire renvoie davantage à l'intention des élèves de mener des activités pour l'intérêt ou la valeur qu'ils portent à ces activités. Selon le modèle de l'expectation-valeur, la valeur des élèves pour la tâche est une perception subjective qui prend en considération le degré de valeur intrinsèque pour la tâche, la valeur de sa réalisation, son utilité et son coût. La valeur intrinsèque est élevée quand la tâche éveille la curiosité et l'envie de développer des connaissances ou des compétences. Par exemple, des élèves de lycées professionnels peuvent être motivés à réaliser une activité en classe parce qu'elle les prépare à être plus compétents durant leur stage en milieu professionnel. Alors que certains travaux ont montré que globalement une forte valeur pour la tâche pouvait conduire les élèves à fournir plus d'efforts et à mieux réussir (Cole et al., 2008), d'autres ne trouvaient pas de lien entre une forte valeur pour la tâche et les performances des apprenants (Guo et al., 2015 ; Perez et al., 2019). C'est pourquoi, il est important de rappeler que le modèle de l'expectation-valeur considère que la valeur de la tâche impacte la scolarité des élèves, surtout lorsqu'elle est

associée à des attentes élevées de réussite (Meyer et al., 2019). Ce dernier aspect fait davantage référence au soi des élèves.

Les attentes de réussite peuvent être liées au soi des élèves, c'est-à-dire à l'ensemble des connaissances que les élèves ont sur eux-mêmes. Dans le domaine scolaire, ces attentes correspondent à des perceptions, positives ou négatives, qu'ils ont de leurs capacités à mener une ou plusieurs tâches scolaires. Ici, la motivation scolaire représente « les croyances des élèves quant à leur réussite dans une tâche à venir » (p. 3, Eccles & Wigfield, 2020). Les attentes de réussite qui sont définies dans le modèle de l'expectation-valeur sont assez proches du concept d'auto-efficacité. D'ailleurs, dans sa théorie socio-cognitive, Bandura (1991) décrit l'auto-efficacité comme des auto-évaluations déterminantes pour la réussite des élèves et un élément clé de la motivation. Plusieurs travaux ont montré qu'un fort sentiment d'auto-efficacité affectait positivement les performances des élèves (e.g., Lee et al., 2014 ; Pintrich & de Groot, 1990).

Selon Ryan et Deci (2000, 2020), la motivation scolaire fait référence à l'autodétermination des élèves dans les activités scolaires, c'est-à-dire au fait d'être à l'origine de l'accomplissement des activités. Leur grande théorie de l'autodétermination a été conceptualisée dans les années 1980 (Deci & Ryan, 1985) et, aujourd'hui, elle est mobilisée dans différents contextes (e.g., travail, sport, scolaire), si bien qu'elle est dotée d'une grande validité écologique et d'atouts incontournables pour mettre en place des interventions pour accroître la motivation des individus (Vallerand et al., 2016). Cette théorie décrit la motivation sur un continuum d'autodétermination qui distingue différents motifs plus ou moins autodéterminés pour lesquels les élèves sont motivés à réaliser les activités scolaires (cf. figure 4). Deux grandes facettes de la motivation scolaire sont différenciées sur ce continuum : la motivation intrinsèque et la motivation extrinsèque.



**Figure 4. Continuum d'autodétermination de la motivation scolaire (Ryan & Deci, 2020).**

Bien qu'elles proviennent de traditions théoriques différentes, la motivation intrinsèque est sensiblement identique au concept de valeur intrinsèque de la tâche décrit par Eccles et Wigfield (2020). Cet alignement nous conforte donc quant à l'importance de ce type de motivation dans les apprentissages. Une motivation intrinsèque élevée intervient lorsque les élèves ont l'intention de mener et mènent des activités pour la satisfaction, le plaisir de pratiquer l'activité. Ici, les raisons mobilisées pour mener les activités sont internes au soi, aucun motif extérieur n'intervient. A l'opposé, quand la motivation est de nature extrinsèque, l'intention des élèves à mener des activités scolaires est détachable de la satisfaction liée à la pratique de ces activités. Elle correspond donc à une intention d'agir pour des raisons extérieures à soi-même.

A l'École, les élèves peuvent mener les tâches scolaires pour des raisons intrinsèques et extrinsèques, et, souvent, les dernières sont valorisées par les élèves (Ryan & Deci, 2000). Mais, même lorsque les tâches sont menées pour des raisons extrinsèques, elles peuvent être menées par choix. Dans ce cas-ci, la motivation est dite autonome. Sur le continuum d'autodétermination, la motivation intrinsèque est autonome et la régulation identifiée ainsi que la régulation intégrée sont de nature extrinsèque et autonome. La régulation identifiée correspond au fait que les élèves vont mener les tâches scolaires parce qu'ils s'identifient fortement à ces dernières. Bien qu'ils n'apprécient pas nécessairement faire ces tâches, ils les trouvent importantes pour atteindre leurs objectifs personnels. Par exemple, un élève de terminale peut vouloir réussir son examen en mathématiques parce que les connaissances qu'il aura apprises lui permettront d'étudier dans l'université qu'il souhaite intégrer. La seconde forme de régulation autonome est la régulation intégrée. Elle se produit lorsque les individus ont assimilé les tâches qui sont importantes pour eux et qui deviendront une caractéristique de leur concept de soi. Ils sont capables de s'identifier aux tâches et de les associer à d'autres valeurs ou intérêts personnels. Cette orientation motivationnelle est peu étudiée chez les enfants et les adolescents (Guay & Bruneau, 2018 ; Ryan & Deci, 2020). Aujourd'hui, un large courant de recherche a montré que la motivation autonome favorise la réussite des élèves. De nombreux travaux ont observé que plus la motivation autonome des élèves est élevée, plus ils sont susceptibles de s'engager dans leur scolarité, de mettre en place de stratégies d'apprentissage adaptées, d'avoir des émotions positives envers l'école (Cleary & Kitsantas, 2017 ; Howard et al., 2021 ; Michou & al., 2014 ; Pintrich & de Groot, 1990) et de mieux réussir à l'École (Cerasoli et al., 2014 ; Howard et al., 2021 ; Taylor et al., 2014). Une motivation autonome élevée est aussi liée négativement à l'absentéisme et les élèves sont moins enclins à décrocher de l'École (Howard et al., 2021).

Les autres formes de motivation extrinsèque décrites sur le continuum d'autodétermination sont associées à la pression ou l'obligation. L'intention d'agir et de mener les activités se fait alors sous la contrainte, on parle alors de motivation contrôlée. La régulation externe, qui correspond à la forme de régulation la plus contrôlée, signifie que les élèves sont motivés à agir pour des raisons externes. Par exemple, les élèves peuvent faire leurs exercices de mathématiques pour éviter d'être punis ou pour faire plaisir. Cette orientation motivationnelle est corrélée à une autre forme de régulation extrinsèque et contrôlée : la régulation introjectée. Celle-ci apparaît quand les élèves ont l'intention de mener une activité en raison d'un contrôle interne. Par exemple, les élèves vont faire leurs exercices de mathématiques pour éviter de se sentir coupable de ne pas les avoir faits. La motivation des élèves contrôlée est généralement considérée comme moins adaptative sur le plan scolaire. En effet, plusieurs travaux ont montré qu'une forte motivation contrôlée conduisait à plus de sentiments négatifs, tels que l'irritabilité, la nervosité, ou l'anxiété ainsi qu'à peu d'efforts, d'engagement et de réussite scolaire (Guay & Bureau, 2018 ; Howard et al., 2021 ; Michou et al., 2014 ; Taylor et al., 2014).

Selon la théorie de l'autodétermination (Ryan & Deci, 2000), ces différentes formes de motivation sont à distinguer de l'a-motivation qui est à part. Celle-ci fait référence à une absence de motivation. Lorsque les élèves sont a-motivés, ils sont passifs ou n'ont pas l'intention de mener les activités. Cette non-intention est ce qui distingue la motivation (i.e., intrinsèque ou extrinsèque) de l'a-motivation. Les deux raisons principales pouvant conduire les élèves à être a-motivés sont, soit qu'ils se perçoivent incompetents pour mener l'activité (e.g., je ne suis pas capable de résoudre des problèmes en mathématiques), soit qu'ils perçoivent l'activité comme peu utile (e.g., résoudre ce problème de mathématiques ne me servira jamais) (Ryan & Deci, 2020). L'a-motivation est particulièrement reconnue pour être délétère à la réussite scolaire. Des travaux ont montré qu'une a-motivation élevée est négativement associée à la satisfaction scolaire, à l'engagement, aux efforts et à de bonnes notes et, au contraire, qu'elle est positivement associée à l'absentéisme, l'intention de décrocher et l'anxiété scolaire (Howard et al., 2021 ; Taylor et al., 2014).

La raison majeure invoquée par Ryan et Deci (2000) pour laquelle la motivation intrinsèque peut être élevée est que les élèves sont plus enclins à mener de leur propre gré des activités qui leur permettent d'exprimer trois besoins psychologiques fondamentaux. Ces trois besoins de base sont le besoin de compétence, le besoin d'autonomie et le besoin d'appartenance sociale. S'il a été observé à maintes reprises que la motivation intrinsèque et la

motivation extrinsèque des élèves ont tendance à décroître durant la scolarité alors que le niveau d'a-motivation augmente (Gnambs & Hanfstingl, 2016 ; Lepper et al., 2005 ; Leroy & Bressoux, 2016 ; Scherrer & Preckel, 2019), Gnambs et Hanstingl (2016) ont aussi appuyé les propos de Ryan et Deci en montrant que le développement de la motivation intrinsèque dépend de ces besoins. Selon leur étude, lorsque les élèves se sentaient proches de leurs pairs et qu'ils ressentaient de l'autonomie dans leurs apprentissages, le niveau de motivation intrinsèque des élèves se stabilisait dans le temps. De plus, lorsque leur sentiment de compétence était élevé, leur motivation intrinsèque scolaire augmentait au cours du temps. Les trajectoires motivationnelles des élèves dépendent donc des perceptions des élèves de la proximité sociale avec leurs pairs, de leur autonomie dans leurs apprentissages et de leur sentiment de compétence.

Le besoin de compétence correspond à la nécessité de se sentir efficace et capable d'effectuer des tâches, donc de maîtriser et de ressentir sa capacité dans les actions menées (Ryan & Deci, 2017). De nombreuses études ont montré que lorsque les élèves ressentent de la compétence, ils rapportent davantage de motivation autonome, ont un sentiment de bien-être plus important, sont plus enclins à ressentir des émotions positives et moins d'émotions négatives et sont plus performants à l'Ecole (Marshik et al., 2016 ; McDonough & Crocker, 2007 ; Wang et al., 2019). Le besoin d'autonomie correspond, quant à lui, à la nécessité d'avoir la possibilité d'agir et de pouvoir mener ses activités librement (Ryan & Deci, 2017). Il a été observé que les élèves qui rapportaient une satisfaction élevée du besoin d'autonomie s'engageaient plus facilement dans les tâches scolaires (Jang et al., 2012) et rapportaient moins de motivation contrôlée que les autres (Wang et al., 2019). Enfin, le besoin d'appartenance sociale réfère au besoin de se sentir appartenir à des groupes sociaux et de se sentir connecté aux autres (Ryan & Deci, 2017). Dans l'étude de Wang (2019), la satisfaction de ce besoin était déterminant dans l'augmentation de la motivation autonome des élèves du secondaire et dans la réduction de leur motivation contrôlée. Les effets de l'appartenance sociale sur la réussite des élèves sont toutefois moins congruents. Marshik et al. (2016) ont révélé que la satisfaction de ce besoin n'avait pas d'effets sur les performances en lecture des élèves, voire un effet négatif.

En somme, selon la théorie de l'autodétermination, la motivation scolaire peut agir positivement sur la réussite scolaire des élèves si les raisons pour lesquelles ils mènent les activités scolaires sont propres à leur choix. Une motivation autonome élevée les pousse à plus persévérer et à faire plus des efforts pour atteindre leur objectif scolaire. Quand ils sont motivés

de manière autonome, les élèves sont plus propices à être autorégulés (Cleary & Kitsantas, 2017 ; Pintrich & de Groot, 1990).

### *1.2. L'autorégulation scolaire*

Si l'autorégulation scolaire est une capacité individuelle importante pour réussir, sa description est complexe et implique plusieurs dimensions psychologiques. Selon Puustinen et Pulkkinen (2001), voire encore plus récemment Panadero (2017), l'autorégulation a fait l'objet de plusieurs modélisations théoriques ces dernières années et malgré quelques subtilités conceptuelles dans ces modélisations, quatre éléments reviennent dans la description de l'autorégulation scolaire : c'est un processus en trois phases, qui est récursif, qui dépend de la poursuite d'un objectif et qui est multi-dimensionnel (Dent & Koenka, 2016).

L'autorégulation n'est pas considérée comme un événement stable, mais plutôt comme un processus qui a lieu avant, pendant et après un apprentissage et qui nécessite une importante gestion de soi à long terme (Reeve, 2017). Une majorité des modèles théoriques conçoit l'autorégulation en trois grandes phases et sont récapitulées dans le tableau 4. La planification est la première phase du processus. Avant l'apprentissage, les élèves analysent et se représentent la tâche d'apprentissage en se demandant si elle est conforme à leurs objectifs personnels, s'ils se sentent capables de la réaliser et si la tâche est motivante. A partir de leurs perceptions, les élèves organisent et définissent leurs propres objectifs, les stratégies et les comportements qu'ils veulent mettre en place pour l'accomplir. Une fois cette phase de planification terminée, les élèves débutent l'activité d'apprentissage et une deuxième phase s'opère alors : la phase de surveillance et de contrôle. Pendant la tâche d'apprentissage, les élèves surveillent et contrôlent l'efficacité des stratégies et des comportements mis en place, s'assurent que leur motivation est suffisamment élevée et si leur environnement est propice pour apprendre. Savoir surveiller son apprentissage consiste donc à juger soi-même si ses stratégies et ses comportements sont propices pour apprendre efficacement. Ainsi, les élèves autorégulés peuvent se poser les questions suivantes : « Ma gestion du temps est-elle adaptée ? », « Ai-je bien compris la consigne de l'exercice ? » ou « Mon plan pour résoudre le problème de l'exercice est-il bon ? ». Cette surveillance continue génère un certain nombre de feed-back internes qui permettent ainsi aux élèves de contrôler leurs stratégies ou leurs comportements, c'est-à-dire de les réadapter pour répondre davantage à leurs besoins. Enfin, une fois la tâche d'apprentissage terminée, les élèves peuvent entrer dans une phase de réflexion

et d'évaluation globale de leur apprentissage. En général, cette phase s'active par l'intermédiaire d'un ou plusieurs feed-back externes comme une note, une appréciation, (cf. pour une revue Georges & Pansu, 2011). Les élèves réfléchissent si les stratégies et les comportements mis en place durant l'apprentissage ont été efficaces et si l'environnement d'apprentissage était propice à l'atteinte de leur objectif.

**Tableau 4. Définition des 3 phases d'autorégulation par modèle selon les travaux de Puustinen et Pulkkinen (2001) et Panadero (2017).**

<b>Phases du processus d'autorégulation des apprentissages</b>			
<b>Auteurs</b>	<b>Phase 1 : Planifier</b>	<b>Phase 2 : Surveiller et contrôler</b>	<b>Phase 3 : Réfléchir/évaluer</b>
Boekaerts (2011)	Identifier, interpréter, évaluer les affects et fixer un objectif	Poursuivre l'objectif	Evaluer la performance
Borkowski (1996)	Analyser les tâches et sélectionner des stratégies	Utiliser, surveiller et contrôler les stratégies	Evaluer la performance
Efklides (2011)	Représenter les tâches	Performer (processus cognitifs)	Réguler
Pintrich (2000)	Prévoir, planifier et activer	Surveiller et contrôler	Réagir et réfléchir
Winne et Hadwin (1998)	Définir la tâche, fixer un objectif et planifier	Appliquer des tactiques et des stratégies	S'adapter méta-cognitivement
Zimmerman (2000)	Prévoir (analyser la tâche et ses croyances motivationnelles)	Performer (maîtrise de soi, observation)	Réfléchir (jugement, réaction)

L'objectif fixé est la valeur de référence des élèves pour surveiller et contrôler leurs stratégies pendant l'apprentissage (Carver & Scheier, 2000 ; Pintrich et al., 2000). Les élèves capables d'autorégulation anticipent leurs actions, se projettent dans l'accomplissement des tâches scolaires et les accomplissent au regard de cet objectif. Celui-ci devient donc une source motivationnelle importante pour que les élèves soient engagés dans les tâches, surtout lorsqu'ils font face à des situations qui peuvent entraver cet engagement. C'est par exemple le cas lorsque les élèves perçoivent trop souvent des écarts importants entre leur état actuel et leur objectif à atteindre ou quand l'environnement d'apprentissage n'est pas optimal, e.g., du bruit dans la classe (Corno, 1989). Pour atteindre l'objectif visé, le processus d'autorégulation peut se répéter plusieurs fois, et ce tant que l'objectif des élèves n'est pas atteint. C'est la raison pour laquelle

on le qualifie de récursif. Carver et Scheier (2000) décrivent la récursivité du processus d'autorégulation comme une boucle rétroactive dans laquelle les élèves comparent systématiquement leur état actuel à leur état souhaité, c'est-à-dire, à l'objectif qu'ils visent. Cette comparaison s'opère grâce aux feed-back internes et à ceux fournis par leur environnement. Durant et à la fin d'une tâche d'apprentissage, les élèves capables d'autorégulation évaluent si l'écart entre leur objectif à atteindre et leur niveau actuel est grand, petit ou inexistant. Si l'écart est nul, les élèves n'ont pas besoin d'ajuster leurs stratégies ou leurs comportements : les objectifs fixés sont atteignables ou atteints. Si l'écart se creuse, les conclusions tirées à l'issue de cette surveillance leur permettent de se réadapter immédiatement et, à l'issue de leur évaluation, d'assimiler les connaissances nécessaires pour pouvoir réadapter ou planifier de nouvelles stratégies et comportements plus propices à l'atteinte de leur objectif.

Jusqu'ici, nous avons décrit l'autorégulation comme un processus qui permet notamment aux élèves de surveiller et de contrôler leurs stratégies cognitives et leurs comportements d'apprentissage. Si l'ensemble des modélisations reconnaît l'autorégulation dans sa dimension cognitive et comportementale, un chevauchement conceptuel entre l'autorégulation et la métacognition a fait émerger des modélisations de l'autorégulation bien spécifiques qui rendent saillantes la métacognition (Dinsmore et al., 2008) au détriment d'autres dimensions que nous considérons tout aussi importantes que cette dernière. Certains modèles, comme ceux de Zimmerman (2000) ou Pintrich (2000), mettent en évidence l'importance de la motivation et du contexte dans le processus d'autorégulation. Ils font davantage référence au modèle d'autorégulation triadique issu de la théorie socio-cognitive de Bandura (1991) qui définit l'autorégulation selon trois dimensions : le soi, les comportements et l'environnement. Le tableau 5 présente le modèle de l'autorégulation scolaire décrit par Pintrich (2000) à partir de quatre domaines : la (méta)cognition, la motivation/les affects, les comportements et le contexte.

**Tableau 5. Modèle multi-dimensionnel de l'autorégulation scolaire (Pintrich, 2000).**

	<b>Préparation</b>	<b>Surveillance</b>	<b>Contrôle</b>	<b>Réflexion et réaction</b>
<b>Métacognition</b>	Fixation des buts, Activation des connaissances précédentes et des connaissances métacognitives	Réfléchir et surveiller sa cognition	Sélectionner et adapter les stratégies cognitives d'apprentissage et de réflexion	Jugement de ses choix cognitifs et attributions
<b>Comportement</b>	Planification des efforts et du temps, Planification de l'observation de ses comportements	Réfléchir et surveiller ses efforts, le temps utilisé, les besoins d'aide	Augmenter ou diminuer l'effort, Persister ou abandonner et Rechercher de l'aide	Choix des comportements
<b>Motivation-affects</b>	Orientation des buts, Jugement d'efficacité, Perception de la difficulté de la tâche, Valeur de la tâche	Réfléchir et surveiller sa motivation et ses affects	Sélectionner et adapter les stratégies de régulation de la motivation et des affects	Réaction affective et attributions
<b>Contexte</b>	Perception de la tâche, Perception du contexte	Surveiller les changements de conditions et du contexte	Changer ou renégocier la tâche, Changer ou conserver le contexte d'apprentissage	Evaluer la tâche et le contexte

D'après les travaux de Flavell (1979), de Schraw et Moschman (1995) et de Nelson (1996), la capacité d'autorégulation dépend en majorité des connaissances et d'expériences métacognitives des élèves, c'est-à-dire des expériences et des informations que les élèves possèdent en mémoire sur eux-mêmes, sur la tâche et sur l'efficacité de certaines stratégies cognitives. C'est sur la base de l'ensemble de ces connaissances et expériences que les élèves planifient leurs objectifs et leurs stratégies cognitives. L'autorégulation métacognitive fait donc référence à la planification, la surveillance, le contrôle et l'évaluation de sa propre cognition. L'autorégulation métacognitive et les stratégies cognitives sont alors étroitement associées. Les stratégies cognitives correspondent à l'ensemble des stratégies que les élèves savent mettre en place pour apprendre. Ce sont les outils indispensables pour exécuter la tâche et permettent aux élèves de mémoriser, de comprendre, de réciter le contenu d'apprentissage, etc. (Dent & Koenka, 2016 ; Pintrich & de Groot, 1990).

Durant les apprentissages, les élèves autorégulés ne planifient, surveillent, contrôlent et n'évaluent pas uniquement leur cognition, ils cherchent également à réguler leurs

comportements. L'autorégulation comportementale des élèves réfère particulièrement à l'ensemble de stratégies liées à la gestion du temps, des ressources et aux efforts que les élèves vont fournir pendant leur apprentissage (Pintrich & de Groot, 1990 ; Pintrich, 2000). Avant un apprentissage, les élèves qui savent s'autoréguler vont planifier le temps nécessaire pour mener efficacement les activités, le réguler pendant l'apprentissage, et une fois la tâche terminée, ils vont évaluer si le temps était suffisant pour atteindre l'objectif. Une bonne gestion des efforts pendant les apprentissages est également importante pour bien apprendre. Par exemple, lorsque la tâche est difficile, les élèves doivent fournir des efforts pour atteindre l'objectif. La recherche d'aide auprès des pairs est également une stratégie comportementale importante et propice à un bon apprentissage (Zimmerman & Martinez-Pons, 1986).

Réguler sa motivation tient également une place centrale dans le processus décrit par Pintrich (2000) (voir tableau 5). Nous avons déjà mentionné en début de chapitre que les croyances motivationnelles des élèves à mener efficacement les tâches d'apprentissage, telles que la valeur pour la tâche ou le degré de motivation intrinsèque, orientent fortement les efforts des élèves dans leurs apprentissages. Avant de s'engager dans une tâche, le niveau de motivation des élèves va orienter leur planification des stratégies d'apprentissage. L'aspect motivationnel de l'autorégulation apparaît également pendant que les élèves mènent les tâches scolaires puisqu'ils surveillent aussi leur niveau de motivation et le régulent s'il n'est pas suffisant pour atteindre leur objectif. La motivation et les émotions étant au cœur des tendances à l'action, les émotions des élèves peuvent aussi jouer un rôle prépondérant dans le processus d'autorégulation dans les apprentissages. D'après le modèle de Boekaerts (2011), l'intérêt à s'autoréguler pendant une tâche scolaire consiste à développer des connaissances pour se rapprocher de son but et à veiller si les tâches ne menacent ni l'accomplissement de son but ni son bien-être. Si la tâche est perçue de manière menaçante, les élèves vont ressentir des émotions négatives qu'ils vont devoir contrôler. Si les élèves éprouvent, par exemple un stress important pendant une tâche parce qu'elle est trop difficile, ils peuvent se centrer sur le problème à résoudre, c'est-à-dire sur ce qui a provoqué l'émotion. Ils peuvent chercher à modifier la situation en demandant par exemple du soutien à leurs camarades ou à leur enseignant. Cette stratégie leur permettra de réduire le stress éprouvé et de rétablir un équilibre émotionnel. Un autre type de stratégies possible, mais mal adapté, est de focaliser son attention, soit sur le problème qui a causé l'émotion, soit sur autre chose que le problème en question. Qu'il s'agisse de stratégies de rumination ou de distraction, les élèves se détournent alors de leur objectif d'apprentissage au profit de la gestion du soi (Reeve, 2017).

L'autorégulation est donc un processus qui a lieu avant, pendant et après l'apprentissage et qui permet aux élèves de planifier, surveiller et contrôler leurs cognitions, comportement, motivation et émotions. A la fin d'une tâche, les élèves qui savent s'autoréguler s'engagent dans une réflexion quant à l'efficacité des stratégies mises en place et cherchent à les ajuster lors des tâches ultérieures. Cependant, même si les élèves connaissent certaines stratégies d'autorégulation, deux points importants sont à mentionner. D'abord, les bonnes stratégies d'autorégulation à mobiliser peuvent différer selon les contextes d'apprentissage. Comme le processus d'autorégulation est socialement situé (Hadwin et al., 2017), les élèves doivent adapter leurs stratégies et leurs comportements en fonction de la tâche et de l'environnement dans lequel ils doivent la mener. Par exemple, la difficulté de la tâche ou le fait de pouvoir échanger avec ses pairs peuvent conduire à mettre en place des stratégies différentes pour atteindre son objectif. De plus, les élèves ne sont pas tous et toujours capables d'autorégulation. En effet, Zimmerman révélait dans ses premiers travaux avec Martinez-Pons (1986) que les élèves qui avaient un faible niveau scolaire mettaient en place certaines stratégies d'autorégulation, par exemple ils disaient structurer leur environnement d'apprentissage ou prendre des notes, mais moins régulièrement que les élèves ayant un haut niveau scolaire.

Si l'autorégulation est déterminante pour la réussite scolaire (Dent & Koenka, 2016), plusieurs études ont montré que cette compétence est moins mobilisée par les élèves au fur et à mesure de leur scolarité. L'étude de Caprara et al. (2008) a analysé l'évolution du sentiment d'efficacité à s'autoréguler des élèves durant 8 ans (i.e., de leurs 9 ans à leurs 17 ans) et a révélé que leur auto-efficacité à s'autoréguler décroissait dans le temps, mais se stabilisait au cours du secondaire. Les résultats de Ahmed et al. (2013) concernant l'évolution de l'autorégulation des élèves de leurs 12 à 13 ans ont appuyé les conclusions de Caprara et al. (2008) et montraient que les trajectoires d'autorégulation de ces élèves décroissaient aussi dans le temps.

## **2. Les apprentissages coopératifs, la motivation autodéterminée et l'autorégulation**

De manière générale, l'impact des environnements d'apprentissage coopératif est peu étudié dans le développement de la motivation autodéterminée (Herman & Gomez, 2009) et de l'autorégulation académique (Dignath & Veenman, 2020). Pourtant, certaines théories, comme la théorie de l'autodétermination (Ryan & Deci, 2000 ; 2020) postulent que certaines caractéristiques-clés peuvent aider à organiser les environnements d'apprentissage pour

développer la motivation autodéterminée des élèves. Au regard de ces caractéristiques, nous présenterons d'abord le rôle des apprentissages coopératifs et de la méthode en classe puzzle dans le développement et le maintien de la motivation autodéterminée des élèves avant de discuter leur rôle dans le développement de l'autorégulation.

### *2.1. Apprentissage coopératif et classe puzzle sur la motivation autodéterminée*

Dans la classe, il est possible de soutenir les besoins psychologiques de base des élèves en créant un environnement d'apprentissage adapté. Par exemple, pour soutenir l'autonomie, il semble important de prendre en considération les points de vue des élèves durant les tâches et de leur proposer des activités signifiantes et attrayantes (Jang et al., 2010). Il est aussi préconisé de leur donner des occasions d'échanger avec leurs pairs (Reeve & Jang, 2006). Les environnements de classe qui ont fortement soutenus l'autonomie des élèves dans les apprentissages sont généralement positivement associés à la motivation autonome et à l'engagement scolaire des élèves (Stroet et al., 2013). Récemment, Flunger et al. (2019) ont analysé si former les enseignants à soutenir les apprentissages autonomes des élèves était bénéfique à la motivation des élèves. Leurs résultats ont montré qu'en comparaison à un apprentissage dans lequel l'autonomie des élèves n'était pas soutenue, un environnement soutenant l'autonomie permettait aux élèves de rapporter plus de proximité avec leurs enseignants et leurs camarades ainsi que des sentiments d'autonomie et de compétence plus élevés. Ces élèves restituaient aussi davantage d'intérêt pour les activités scolaires dans la discipline étudiée.

Pour soutenir le besoin de compétence des élèves, il est préconisé de structurer les tâches scolaires de façon à orienter les élèves dans leurs apprentissages (Ryan & Deci, 2020). Une forte structuration nécessite notamment de fournir aux élèves des attentes, des objectifs clairs et des feed-back constructifs (Ryan & Deci, 2020). De récents résultats ont montré que des contextes d'apprentissage qui structuraient fortement les activités scolaires permettaient aux élèves d'être plus engagés dans leur travail (Guay et al., 2017 ; Hospel & Galand, 2016 ; Jang et al., 2010). Les élèves participaient davantage en classe, géraient mieux leurs efforts et étaient même davantage motivés de manière intrinsèque. Dans les environnements d'apprentissage coopératifs, il est également possible que les expériences d'apprentissage vécues par les élèves soient favorables à leur sentiment de compétence. Plusieurs résultats ont montré que l'intérêt des élèves pour les tâches scolaires et un fort sentiment de compétence étaient positivement

associés au fait de travailler en coopération (Fernandez-Rio et al., 2017 ; Pintrich et al., 1994). A suivre les résultats de Supanc et al. (2017), en comparaison à un apprentissage ordinaire, un environnement d'apprentissage coopératif améliore le sentiment de compétence et la motivation intrinsèque d'étudiants.

Pour soutenir pleinement le sentiment de proximité sociale des élèves, les enseignants ont la possibilité de créer des environnements dans lesquels les élèves trouvent facilement de l'aide, des conseils et un soutien émotionnel important (Wentzel & Wigfield, 2007). Des résultats ont montré que ce type d'environnement favorise le développement de la motivation intrinsèque des élèves pour les tâches scolaires (Wang et Eccles, 2013 ; Wentzel et al., 2010). Pour ces raisons, l'environnement d'apprentissage coopératif a retenu notre attention. Percevoir beaucoup de coopération dans les apprentissages conduit les élèves à plus apprécier le travail avec leurs camarades de classe, à se sentir soutenus par leurs enseignants et à avoir le sentiment que ces derniers se soucient d'eux et les aident à apprendre (Johnson et al., 1985).

Un environnement d'apprentissage coopératif structuré, tel qu'il est conçu dans la méthode en classe puzzle pourrait aussi rendre les apprentissages des élèves plus motivants. En permettant aux élèves de contribuer au travail commun, tous devraient ressentir qu'ils peuvent jouer un rôle dans l'accomplissement de la tâche commune, y compris ceux qui se perçoivent comme peu compétents dans les situations ordinaires de classe ou d'apprentissage coopératif peu structuré. Dans cette situation, l'intérêt des élèves pour les tâches individuelle et commune devrait être plus importante. Pourtant, les preuves empiriques quant à l'impact de la méthode en classe puzzle sur la motivation des apprenants, que nous résumons dans le tableau 6, sont peu concluantes. Ces quelques études présentées, dont les interventions sont très souvent courtes, ne montraient pas d'effets bénéfiques de la méthode en classe puzzle. Hänze et Berger (2007, 2009) ont montré qu'en comparaison à un apprentissage direct ou un apprentissage coopératif peu structuré, l'application de la méthode *Jigsaw* n'a pas permis d'améliorer la motivation intrinsèque des élèves du secondaire. Law (2011), qui a examiné si la méthode en classe puzzle améliorerait le degré d'autonomie des élèves calculé à partir des différents types de la motivation autodéterminée d'élèves en primaire (i.e., externe, introjectée, identifiée, intrinsèque), n'a également pas révélé d'effets bénéfiques de *Jigsaw* sur leur motivation autodéterminée. D'autres études conduites, cette fois, sur des temporalités plus longues (i.e., un semestre d'enseignement) ont révélé des résultats contradictoires sur la motivation académique d'étudiants. Par exemple, Roseth et al. (2019) ont montré que bien que les étudiants soient plus performants après avoir travaillé pendant un semestre avec la méthode *Jigsaw*, l'évolution de

leur motivation n'était pas différente de celle de leurs camarades ayant travaillé de manière habituelle. L'étude de Sanaie et al. (2019) a, quant à elle, révélé des résultats plus encourageants. En effet, dans cette étude, des étudiants infirmiers ayant travaillé avec la méthode en classe puzzle pendant un semestre rapportaient plus de motivation intrinsèque, mais aussi plus de motivation extrinsèque que ceux ayant appris de manière ordinaire.

En se basant sur les trois besoins psychologiques nécessaires au développement de la motivation autonome des élèves, les résultats qui attestent que la méthode *Jigsaw* n'est pas efficace pourraient être expliqués par le fait que cette méthode est moins propice à la satisfaction du besoin d'autonomie. En effet, comparativement à un apprentissage coopératif peu structuré, dans la méthode *Jigsaw*, les élèves ont moins la possibilité d'organiser les activités comme ils le souhaitent et peuvent donc moins bien combler leur besoin d'autonomie. A ce propos, Hänze et Berger (2007) ont montré, en comparaison à un enseignement direct, que la méthode *Jigsaw* était bénéfique au sentiment d'autonomie et d'affiliation des élèves du secondaire, mais les résultats n'allaient pas dans ce sens lorsque la méthode *Jigsaw* était comparée à un apprentissage coopératif peu structuré (Hänze & Berger, 2009). D'abord, la perception de l'appartenance sociale des élèves ne différait pas entre les deux situations d'apprentissage coopératif, et leur expérience d'autonomie dans leurs apprentissages était moins importante après un apprentissage coopératif en classe puzzle qu'après un apprentissage coopératif peu structuré.

En revanche, d'autres résultats soutiennent l'idée que la méthode *Jigsaw* peut conduire à satisfaire le besoin de compétence des élèves. Si une étude récente a révélé que le sentiment de compétence des étudiants n'était pas impacté par la méthode en classe puzzle (Roseth et al., 2019), d'autres ont montré que travailler avec cette méthode augmentait la perception de compétence des élèves de lycée professionnel et des étudiants (Crone & Portillo, 2013 ; Darnon et al., 2012). Dans cette lignée, Hänze et Berger (2007 ; 2009) ont montré que la méthode en classe puzzle augmentait le sentiment de compétence des élèves et que ce sentiment de compétence médiatisait de manière positive l'impact de la méthode en classe puzzle sur la motivation intrinsèque des élèves. En agissant de manière bénéfique sur le sentiment de compétence des élèves, la méthode *Jigsaw* semble avoir un effet favorable sur la motivation intrinsèque des élèves. Ces preuves appuient l'hypothèse selon laquelle la responsabilité d'une ressource indispensable à la tâche peut conduire les élèves à vivre une expérience de maîtrise. Cette expérience leur permettrait de se sentir plus légitimes pour apporter leur compétence au groupe et, de ce fait, de prendre plus de plaisir à réaliser les tâches scolaires.

**Tableau 6. Récapitulatif d'études ayant analysé les effets de la méthode en classe puzzle sur la motivation académique des apprenants.**

<b>Auteurs (date)</b>	<b>Participants (pays)</b>	<b>Durée</b>	<b>Comparaison sur la motivation académique</b>
Berger & Hänze (2009)	286 lycéens (Allemagne)	2 séances de 3/4h	<u>Motivation intrinsèque</u> Puzzle = Apprentissage en groupe
Hänze & Berger (2007)	137 lycéens (Allemagne)	2 séances de 3/4h	<u>Motivation intrinsèque</u> Puzzle = Enseignement direct
Law (2011)	269 élèves du primaire (Chine)	5 séances d'1h	<u>Motivation autonome</u> Puzzle = Enseignement direct
Moreno (2009)	87 étudiants (Etats-Unis)	1 séance d'1h	<u>Intérêt perçu pour l'environnement</u> Puzzle < Apprentissage en groupe Puzzle = Apprentissage individuel
Roseth et al., (2019)	286 étudiants (Etats-Unis)	14 séances de 75 min	<u>Valeur intrinsèque</u> Puzzle = <i>Business As Usual</i>
Sanaie et al., (2019)	102 étudiants (Australie)	7 séances de 2h	<u>Motivation intrinsèque</u> Puzzle > <i>Business As Usual</i> <u>Motivation extrinsèque</u> Puzzle > <i>Business As Usual</i>

## **2.2. Apprentissage coopératif et en classe puzzle sur l'autorégulation**

Alors que les enseignements directs de stratégies d'autorégulation sont largement reconnus pour augmenter l'autorégulation des apprenants (e.g., Dignath et al., 2008 ; Dignath & Büttner, 2008 ; de Boer et al., 2018 ; Jansen et al., 2019), les environnements d'apprentissage pour maintenir et promouvoir l'autorégulation semblent avoir été moins étudiés (Dignath & Veenman, 2020). Pourtant, selon Hadwin et ses collaborateurs (2017), l'apprentissage coopératif peut être un environnement intéressant pour soutenir l'autorégulation des élèves. D'après le modèle de Hadwin et al. (2017) qui décrit le processus de régulation dans les apprentissages coopératifs, l'autorégulation de chaque membre du groupe est nécessaire dans la coopération, car la régulation du groupe dépend des capacités d'autorégulation de chacun de ses membres. Plus largement, de Corte et al. (2004) ou plus récemment Rieser et al. (2016) ont postulé que, pour développer l'autorégulation des apprenants, il est important de créer des environnements d'apprentissage dans lesquels les élèves sont actifs et qui les pousse à coopérer tout en leur permettant de contrôler la construction de leurs connaissances en autonomie. Paris et Winograd (1999) énonçaient à ce propos que l'autorégulation des apprenants est soutenue quand les enseignants créent des occasions de discussions et de coopération entre les élèves pour les aider à construire activement leurs idées et leur réflexion. C'est ce qu'ont montré

Patrick et al. (2007) : plus les élèves percevaient un soutien mutuel et des interactions positives durant la situation d'apprentissage, plus ils rapportaient s'autoréguler. En permettant aux élèves d'être actifs et de construire mutuellement leurs connaissances, la coopération pourrait donc s'avérer pertinente pour développer l'autorégulation de chaque membre du groupe. Afin d'avoir une meilleure visibilité de la littérature sur le lien entre les apprentissages coopératifs et l'autorégulation, nous avons mené une revue de la littérature concernant les effets des environnements d'apprentissage implantés en classe pour améliorer l'autorégulation des apprenants (de Place et al., *en préparation*). Un complément d'information concernant les autres études de la revue qui ne traitaient pas directement d'environnements coopératifs, mais qui utilisaient d'autres types d'environnements est retranscrit dans l'annexe 2, p. 181.

### 2.1.1. Les effets des environnements d'apprentissage coopératif sur l'autorégulation des apprenants : une revue synthétique de la littérature

Dans cette revue de la littérature, nous avons extrait les études ayant évalué l'efficacité des apprentissages coopératifs. Sur les 2175 publications recensées initialement à partir des bases de données ERIC, PsycInfo et PsychArticles (EBSCOhost), seulement huit ont étudié l'impact d'un contexte coopératif en classe sur l'autorégulation des apprenants et incluaient un groupe de comparaison. Un arbre de sélection des articles est représenté dans la figure 5.

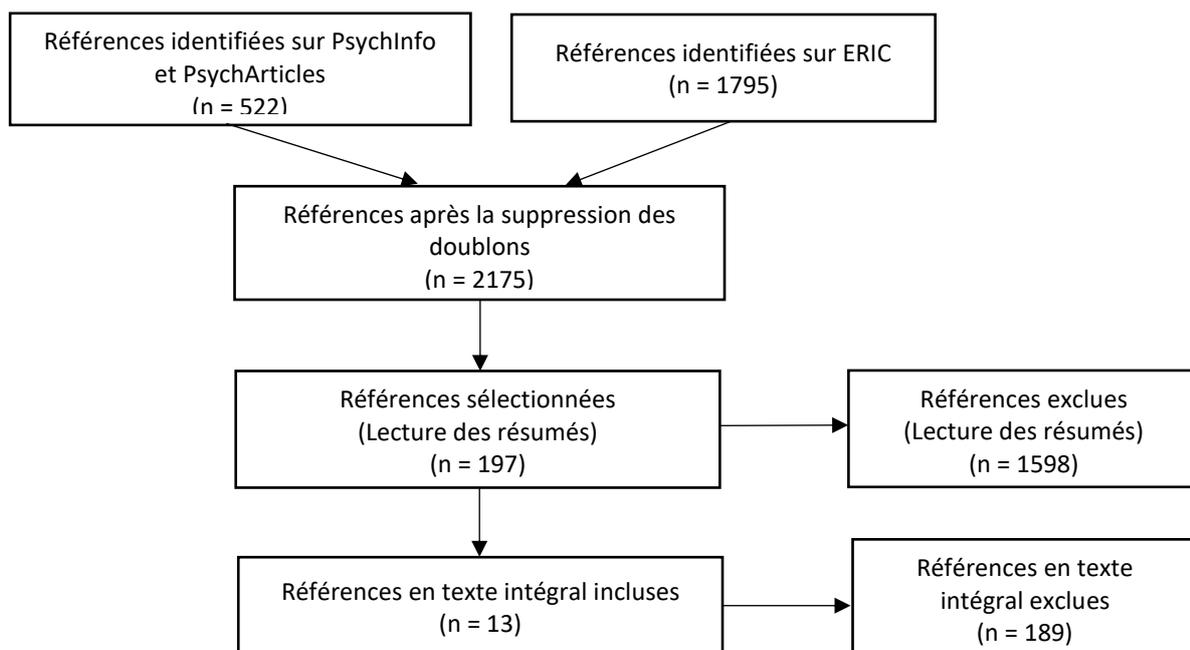


Figure 5. Arbre de sélection et de catégorisation des articles pour la revue de littérature.

Parmi les publications retenues, cinq d'entre-elles ont étudié l'impact d'un contexte coopératif dans des classes de collège ou de lycée et trois ont été réalisées auprès d'étudiants à l'université. Les études ont été menées sur cinq continents : une au Moyen-Orient, trois en Asie de l'est, quatre en Europe et une en Amérique du nord. Les disciplines ciblées étaient principalement scientifiques : cinq études s'intéressaient aux mathématiques, à la physique, à la chimie et aux études en santé et trois étudiaient des environnements d'apprentissage en informatique. Les articles sélectionnés comparaient tous leurs interventions à au moins un groupe dans lequel les apprenants ont appris de manière différente. Dans quatre d'entre-elles, les apprenants ont été affectés de manière aléatoire dans les conditions expérimentales, une précisait qu'il n'y avait pas eu de randomisation et trois d'entre-elles ne fournissaient aucune information à ce sujet. Ce dernier élément (i.e., randomisation des participants dans les conditions) et d'autres critères du protocole de recherche basé sur les données probantes ont permis d'évaluer la qualité des études à partir de 11 indicateurs extraits de Buckley et al. (2009). Il s'agissait d'évaluer, entre autres, si la question de recherche, la sélection des participants et la méthode pour collecter les données des études étaient pertinentes et cohérentes. Pour chaque étude, un score de qualité allant de 0 à 11 points a été calculé. Les études ayant un score inférieur à sept ont été considérées de qualité insuffisante (Buckley et al., 2009). A partir de cette méthode, deux chercheurs ont examiné la qualité des huit études : deux études ont été classées de qualité médiocre avec un score inférieur à sept points et trois de qualité satisfaisante avec un score égal ou supérieur à neuf points. Parmi les critères de qualité les plus rares dans les études figuraient notamment le nombre d'informations suffisantes dans la publication pour reproduire l'étude et la multiplicité des sources pour les analyses. Les caractéristiques et les résultats de ces études sont résumés dans le tableau 7.

**Tableau 7. Récapitulatif des effets des apprentissages coopératifs sur l'autorégulation.**

Auteurs (année)	Groupe expé	Participants	Résultats sur l'autorégulation
Lin (2018)	Coopération avec outil de surveillance en ligne et évaluation par les pairs	84 étudiants	Groupe expé > Groupe coopération sans surveillance
Lin et al. (2016)	Coopération avec outil de surveillance en ligne et évaluation par les pairs	113 étudiants	Groupe expé > Groupe coopération sans surveillance
Michailidis et al. (2018)	Coopération avec outil de surveillance en ligne	52 élèves du secondaire	Groupe expé > Groupe coopération sans surveillance
Moote et al. (2013)	Coopération avec auto-évaluation et soutien à l'autonomie	80 élèves du secondaire	Groupe expé > Groupe contrôle
Moote (2019)	Coopération avec auto-évaluation et soutien à l'autonomie	188 élèves du secondaire	Groupe expé > = Groupe contrôle
Laureano et al. (2015)	Coopération non structurée	70 élèves du secondaire	Groupe expé > Groupe apprentissage individuel
Sungur & Takkaya (2006)	Coopération avec résolution de problème	61 élèves du secondaire	Groupe expé > Groupe enseignement direct
Yoon et al. (2014)	Coopération avec résolution de problème	46 étudiants	Groupe expé > Groupe enseignement direct

Dans cette revue de littérature, trois études ont apporté des preuves empiriques quant aux effets des apprentissages coopératifs sur l'autorégulation des apprenants. C'est le cas de celle de Laureano et al. (2015) qui ont étudié les effets d'un apprentissage coopératif peu structuré<sup>5</sup> sur l'autorégulation des élèves. Après que les enseignants aient placés les élèves dans les groupes, ils laissaient les élèves mener les activités comme ils le souhaitaient. Leurs résultats ont montré qu'en comparaison à un travail individuel, la coopération était bénéfique à l'autorégulation des élèves, en particulier sur les efforts menés durant les apprentissages, la planification des tâches scolaires et la recherche des informations sur le contenu des tâches. Dans l'étude de Sungur et Takkaya (2006), des élèves du secondaire travaillaient en coopération et devaient diagnostiquer et résoudre un problème de santé chez un patient fictif. Dans les groupes, chaque élève avait un rôle spécifique (e.g., patient, médecin, lecteur des informations) et les élèves étaient évalués de manière individuelle et en groupe. Dans le groupe de comparaison, les élèves ne résolvaient pas

---

<sup>5</sup> Nous considérons dans cette revue l'apprentissage coopératif peu structuré comme étant similaire à ce qu'ils ont couramment nommé « apprentissage collaboratif ». L'apprentissage collaboratif est généralement considéré comme un apprentissage en groupe avec une organisation plus libre et moins structuré (Alipour, 2016 ; Oxford, 1997 ; Panitz, 1999 ; Topping et al., 2017).

de problème et les connaissances à apprendre étaient directement enseignées par les professeurs. Après plusieurs séances d'apprentissage, les élèves ayant appris en coopération ont rapporté utiliser davantage de stratégies métacognitives, faire des efforts pour apprendre et ne pas hésiter à demander de l'aide à leurs pairs pour apprendre. Ils rapportaient même davantage de motivation intrinsèque pour les tâches scolaires que ceux ayant suivi un enseignement direct. Yoon et ses collaborateurs (2014) ont conduit une étude similaire auprès d'étudiants durant un semestre. Leurs résultats ont montré que ces derniers rapportaient en majorité plus utiliser de stratégies cognitives et métacognitives telles que la recherche d'informations, la planification, ou l'auto-évaluation que ceux du groupe de comparaison. Toutefois, dans le groupe de comparaison (i.e., travail dirigé par l'enseignant), les étudiants rapportaient parfois plus utiliser certaines stratégies (e.g., demander de l'aide) que ceux du groupe expérimental. Les résultats de ces trois études ont montré que l'apprentissage coopératif, même peu structuré, peut permettre aux élèves de développer certaines stratégies d'autorégulation.

Si l'on se réfère à la théorie de l'interdépendance sociale (Johnson & Johnson, 2009) pour créer des apprentissages coopératifs efficaces, l'interdépendance positive devrait rendre les élèves encore plus actifs, puisque la responsabilité individuelle de chacun pousserait les élèves à réfléchir et à surveiller leurs apprentissages respectifs. De plus, Hadwin et ses collaborateurs (2017) ont précisé que pour que le processus de régulation de groupe soit optimal, cela nécessite que chaque membre du groupe ait une responsabilité individuelle et contribue à la régulation du groupe. Trois études recensées dans cette revue de littérature ont cherché à questionner les éléments de structuration des apprentissages coopératifs susceptibles d'améliorer l'autorégulation des apprenants. Lin (2018), quant à lui, a étudié l'autorégulation d'étudiants après qu'ils aient travaillé dans un environnement coopératif en ligne et dans lequel ils disposaient d'un outil pour suivre les avancées de leur groupe et s'entraider à distance. Les étudiants devaient aussi évaluer les comportements sociaux (e.g., convivialité, coopération) et les activités cognitives (e.g., productivité, contribution) des membres du groupe et les leurs. Les résultats plaident en faveur de ce genre de structuration par rapport à un apprentissage coopératif en ligne dans lequel les étudiants n'avaient ni accès à l'outil, ni aux évaluations par les pairs. Globalement, les étudiants rapportaient plus d'autorégulation après un apprentissage coopératif dans lequel ils pouvaient suivre et évaluer leurs apprentissages. Dans une autre étude de Lin et al. (2016), où le travail coopératif était identique à celui de l'étude précédente, les élèves devaient travailler à l'aide d'un outil en ligne qui les aidait à suivre les avancées du groupe et à s'entraider, mais ils n'évaluaient ni leurs comportements ni leurs activités dans le travail en

groupe. Les résultats ont montré que suivre les avancés du groupe et l'entraide à distance a aussi permis aux élèves de rapporter plus d'autorégulation que lorsqu'ils travaillaient en coopération sans l'aide de l'outil en ligne. Grâce à la surveillance et aux évaluations, l'outil a sans doute facilité la réflexion des élèves sur le fonctionnement du groupe – caractéristique reconnue pour aider à structurer l'interdépendance positive et la responsabilité individuelle des élèves dans le travail coopératif (Johnson & Johnson, 2009). Dans l'étude de Michailidis et al. (2018), des élèves collégiens travaillaient également en coopération en ligne et étaient aidés d'un outil numérique qui mesurait la participation des élèves dans le groupe. Cet outil permettait aux enseignants de vérifier la participation des élèves et de les soutenir de manière plus adaptée durant les activités. Dans le groupe de comparaison, les élèves travaillaient aussi en coopération, mais les enseignants n'avaient pas à disposition l'outil de surveillance. Les résultats de cette étude ont montré que la surveillance de la participation des élèves dans le groupe a permis aux élèves de rapporter davantage de capacités d'autorégulation que l'autre condition. En pouvant surveiller la contribution individuelle de chaque membre du groupe, la paresse sociale a été limitée dans les apprentissages pour laisser place à plus de responsabilités individuelles et mutuelles (Topping et al., 2017).

Les deux dernières études (Moote, 2019 ; Moote et al., 2013) ont évalué l'efficacité d'un programme nommé CREST. Celui-ci porte à la fois sur le travail en coopération, le soutien à l'autonomie des élèves et les auto-évaluations en fin d'apprentissage. Ce programme a été implanté dans des classes de collégiens durant plusieurs semaines (i.e., environ 10 heures de programme sur 5 à 12 semaines). Les élèves formaient des groupes de 3-4 élèves et les enseignants veillaient à soutenir l'autonomie des élèves en les laissant se fixer des objectifs personnels et s'assuraient que les élèves surveillaient leurs apprentissages pendant les tâches. A la fin de chaque séance, les élèves présentaient leur projet à la classe et les évaluations des élèves étaient basés sur les auto-évaluations et les réflexions des élèves. Les résultats de ces deux études étaient globalement positifs. Dans les deux études, le programme CREST a eu un impact bénéfique sur l'autorégulation des élèves en comparaison à des élèves qui n'ont pas expérimenté ce programme, mais les résultats de Moote (2019) ont indiqué que le programme CREST n'a pas eu un effet positif sur toutes les mesures de l'autorégulation. Les élèves rapportaient plus de stratégies métacognitives et mieux gérer leurs efforts, mais ils ne rapportaient pas plus utiliser de stratégies cognitives durant leurs apprentissages que ceux de la condition d'apprentissage habituel.

Bien que l'apprentissage coopératif semble être un environnement d'apprentissage souvent mobilisé pour développer l'autorégulation des apprenants, la diversité des mesures d'autorégulation et des conditions d'apprentissage dans ces études rend difficile leur comparaison pour évaluer son impact. Nous pouvons toutefois retenir ici que les apprentissages coopératifs, même peu structurés (Laureano et al., 2015 ; Sungur & Tekkaya, 2006 ; Yoon et al., 2014) semblent plutôt efficaces pour accroître l'autorégulation des apprenants, en comparaison à un apprentissage individuel ou dirigé par l'enseignant. Les études qui ont cherché à structurer cette modalité d'apprentissage pour augmenter la surveillance des élèves durant l'apprentissage et multiplier les occasions d'auto-évaluations après les apprentissages semblent avoir des effets globalement positifs (Moote et al., 2013 ; Moote, 2019 ; Lin, 2018 ; Lin et al., 2016 ; Michailidis et al., 2018). Cependant, étant donné le faible nombre d'études recensées, il est difficile de conclure de manière arrêtée sur l'efficacité de ce type d'environnement – et donc des conditions optimales pour accroître l'efficacité de l'apprentissage coopératif sur l'autorégulation des apprenants. Etonnement, aucune de ces études ne s'est directement intéressée aux effets de l'interdépendance positive sur l'autorégulation des apprenants, point sur lequel le programme ProFAN a précisément mis l'accent.

### **2.1.2. La méthode en classe puzzle et l'autorégulation des apprenants**

Etant donné que la structuration de l'interdépendance positive dans la méthode *Jigsaw* est axée sur les ressources d'apprentissage, cette méthode pourrait pousser chaque élève à être plus attentif et à surveiller davantage sa compréhension des informations qu'il doit transmettre aux autres élèves. Devoir enseigner une connaissance spécifique aux autres membres du groupe pourrait donc agir sur leurs capacités à s'autoréguler. De plus, les échanges entre les élèves dans les groupes puzzle pourraient les aider à développer de nouvelles stratégies. Moreno (2009) a apporté des observations empiriques pertinentes de l'efficacité de la méthode en classe puzzle sur les activités métacognitives des apprenants pendant le travail en groupe puzzle. Précisément, il a observé le nombre et le type d'activités réflexives durant le travail en groupe. D'après ses observations, les étudiants qui travaillaient dans un groupe puzzle ont plus fréquemment mené des activités métacognitives que lorsqu'ils apprenaient en coopération sur des informations identiques.

Dans des bases de données complémentaires, nous avons trouvé quelques études ayant analysé l'efficacité de la méthode en classe puzzle sur l'autorégulation ou sur des facteurs relativement proches qui ciblent plus largement la cognition ou la métacognition des apprenants (e.g., utilisation de stratégies d'apprentissage profondes). Toutefois, ces études sont peu nombreuses et leurs résultats manquent de consistance. Par exemple, l'étude Hänze et Berger (2007) visait à étudier si la méthode *Jigsaw* pouvait augmenter le traitement en profondeur des élèves des connaissances apprises. Leurs résultats sont peu concluants, aucun effet direct n'est observé. L'unique étude ayant analysé l'effet de la méthode en classe puzzle sur l'autorégulation des apprenants est celle de Sanaie et al. (2019). Après avoir implanté la méthode en classe puzzle durant un semestre, leurs résultats ont révélé que la méthode en classe puzzle avait positivement affecté l'autorégulation des étudiants. Les étudiants qui ont travaillé en classe puzzle ont plus rapporté de stratégies cognitives, métacognitives et motivationnelles que ceux qui ont travaillé de manière habituelle.

Au terme de cette section, deux conclusions s'imposent. La première est que nous disposons aujourd'hui de peu de preuves empiriques quant à l'efficacité de la méthode en classe puzzle, voire de l'apprentissage coopératif sur la motivation autonome et l'autorégulation académiques des apprenants. Il semble donc important de réexaminer l'efficacité ou non de la méthode *Jigsaw* sur ces deux facteurs. Bien que Roseth et al. (2019) aient déjà évalué l'impact de la méthode en classe puzzle sur les trajectoires motivationnelles des étudiants, analyser les trajectoires de motivation et d'autorégulation sur une période de deux années serait utile pour comprendre leur dynamique. En effet, nous avons vu que ce sont la motivation et l'autorégulation peuvent varier dans le temps (e.g., Caprara et al., 2008 ; Gnambs & Hanfstingl, 2016). Au-delà de leur valeur en post-test, le rythme de croissance est donc important à considérer (Bressoux, 2010). La seconde conclusion est que certains facteurs peuvent booster le développement de la motivation et l'autorégulation dans un contexte d'apprentissage normal (e.g., le sentiment de compétence d'après Ryan & Deci, 2000, 2020) et dans un contexte d'apprentissage coopératif (e.g., suivre les avancés du groupe, d'après Lin et al., 2016). Au regard de ces informations, nous suggérons que certains facteurs individuels peuvent modérer l'efficacité de la méthode en classe puzzle.

### **3. Les modérateurs potentiels de l'efficacité de l'apprentissage coopératif et de *Jigsaw***

Dans certaines recherches, deux grands types de facteurs semblent jouer un rôle particulièrement important sur les bénéfices d'un environnement d'apprentissage coopératif : l'un renvoie à la coopération inter-élèves, l'autre a trait aux compétences scolaires des élèves.

#### ***3.1. Les facteurs liés à la coopération inter-élèves***

Pour rendre l'apprentissage coopératif efficace, d'autres facteurs complémentaires à l'interdépendance positive et aux responsabilités individuelles peuvent être instaurés dans les classes. Johnson et Johnson (2009) rapportent trois facteurs à prendre en compte pour garantir une certaine efficacité de la coopération entre les élèves : (1) encourager les interactions facilitatrices et positives entre les élèves, (2) développer les compétences coopératives des élèves et (3) promouvoir la réflexion des élèves sur le fonctionnement du groupe. *Promouvoir des interactions facilitatrices et positives* entre les élèves correspond aux encouragements que l'enseignant donne pour que les actions des élèves soient basées sur la confiance, l'échange d'informations, l'entraide et les efforts à travailler en groupe. Les enseignants peuvent donner aux élèves des *feed-back* sur la manière d'améliorer la coopération entre les élèves et la prise en compte des avis de chacun. Par exemple, durant le travail coopératif, ils doivent veiller à ce que le point de vue de chaque membre du groupe soit considéré. *Les compétences coopératives des élèves* sont également importantes pour favoriser la coopération. Parmi celles-ci, Johnson et Johnson (2009) énumèrent quatre compétences essentielles dans un travail en groupe : (1) connaître les autres membres du groupe et leur faire confiance, (2) communiquer précisément, (3) accepter de soutenir les autres élèves et (4) résoudre les conflits de manière constructive. S'attachant à comprendre les facteurs susceptibles de promouvoir le rôle des compétences coopératives des apprenants dans une situation d'apprentissage coopératif, Buchs et al. (2016) ont examiné l'effet d'une information préalable traitant des compétences coopératives nécessaires pour mener à bien une tâche en groupe sur les performances individuelles des étudiants. Les auteurs ont comparé un travail coopératif dans lequel les étudiants ont eu un but commun, des responsabilités individuelles et une préparation aux compétences coopératives, à deux autres conditions de travail : une première dans laquelle le travail était coopératif avec un but commun à atteindre et des responsabilités individuelles ; une deuxième dans laquelle les étudiants travaillaient individuellement. Conformément à leur hypothèse, les résultats ont montré que lorsque des compétences coopératives ont été introduites avant le travail coopératif, non seulement, les étudiants percevaient plus de coopération entre les pairs, mais ils étaient aussi plus performants. *La réflexion des élèves sur le fonctionnement du groupe*, qui consiste à

réfléchir à leurs actions et aux conséquences dans le groupe, ainsi qu'à prendre des décisions sur le maintien des comportements ou leur modification pour atteindre leur but commun, peut être un facteur déterminant pour la réussite du groupe. Johnson et ses collaborateurs (1990) ont montré par ailleurs que les étudiants qui travaillaient en coopération et qui avaient des occasions de réflexion en groupe sur leur propre fonctionnement avaient globalement de meilleures performances. Bertucci et al. (2012) ont révélé des résultats similaires auprès d'élèves scolarisés en primaire : au fil du temps, leurs performances s'amélioraient lorsque l'apprentissage coopératif était accompagné de réflexions autour du fonctionnement du groupe.

Au-delà de promouvoir la coopération ou former les élèves à davantage coopérer efficacement, les prédispositions à la coopération des élèves peuvent également agir sur l'efficacité de l'apprentissage coopératif, et même si celui-ci est fortement structuré. Ces prédispositions correspondent aux attitudes des élèves à préférer la coopération pour apprendre, à valoriser leur travail et celui des autres (Johnson et al., 2009). Dans un contexte coopératif, les attitudes coopératives des élèves sont importantes puisqu'elles peuvent faciliter les relations entre les pairs et soutenir la cohésion sociale dans le groupe. Les résultats de plusieurs études ont montré que les élèves ayant rapporté des attitudes positives envers la coopération et le travail en équipe se sentaient plus proches de leurs pairs, plus soutenus (Johnson & Ahlgren, 1976), émettaient plus de comportements prosociaux envers leurs camarades de classes (Johnson et al, 2009) et étaient plus motivés à apprendre (Supanc et al., 2017). Roseth et ses collaborateurs (2019) ont également étudié si les attitudes des étudiants envers la coopération, la compétition et le travail individuel modéraient l'impact de la méthode en classe puzzle sur la motivation et les performances des étudiants. Leurs résultats ont révélé que si les étudiants ayant de fortes attitudes coopératives n'ont pas rapporté plus de motivation intrinsèque, ils ont eu de meilleurs résultats académiques que leurs pairs. Les résultats de cette étude ont aussi montré que les attitudes individualistes et compétitives des étudiants n'affectaient pas l'impact de la méthode en classe puzzle. Le tableau 8 récapitule les facteurs qui peuvent affecter l'efficacité de la méthode en classe puzzle.

**Tableau 8. Effets de modérateurs dans un contexte en classe puzzle.**

<b>Auteurs (date)</b>	<b>Participants</b>	<b>Résultats</b>
<b>Modération 1 : Degré d'interdépendance positive</b>		
Deiglmayr & Schalk (2015)	87 étudiants	<u>VD = Transfert des connaissances</u> Interdépendance faible en puzzle > Interdépendance élevée en puzzle
<b>Modération 2 : Degré d'interdépendance positive*Niveau scolaire</b>		
Deiglmayr & Schalk (2015)	87 étudiants	<u>VD = Transfert des connaissances</u> - Elèves faibles avec interdépendance faible = Elèves forts avec interdépendance faible - Elèves faibles avec interdépendance élevée < Elèves forts avec interdépendance élevée - Elèves faibles avec interdépendance faible > Elèves faibles avec interdépendance élevée
<b>Modération 3 : Difficulté de la tâche*Niveau scolaire</b>		
Hänze & Berger (2015)	129 lycéens	<u>VD = Performances</u> - Elèves faibles en puzzle avec tâche difficile < Elèves forts en puzzle avec tâche difficile - Elèves faibles en puzzle avec tâche facile < Elèves forts en puzzle avec tâche facile
<b>Modération 4 : Concept de soi scolaire</b>		
Hänze & Berger (2007)	137 lycéens	<u>VD = Sentiment de compétence</u> - Concept de soi élevé : Puzzle = Enseignement direct - Concept de soi faible : Puzzle > Enseignement direct
<b>Modération 5 : But de maîtrise</b>		
Hänze & Berger (2007)	137 lycéens	<u>VD = Sentiment de compétence</u> - But de maîtrise élevé : Puzzle = Enseignement direct - But de maîtrise faible : Puzzle = Enseignement direct
<b>Modération 6 : Attitudes coopératives</b>		
Roseth et al. (2019)	286 étudiants	<u>VD = Valeur intrinsèque</u> Attitudes coopératives élevées : Puzzle = <i>Business As Usual</i> <u>VD = Performances (quiz)</u> Attitudes coopératives élevées : Puzzle > <i>Business As Usual</i>
<b>Modération 7 : Attitudes compétitives</b>		
Roseth et al. (2019)	286 étudiants	<u>VDs = Valeur intrinsèque et performances (quiz)</u> Attitudes compétitives élevées : Puzzle = <i>Business As Usual</i>
<b>Modération 8 : Attitudes individualistes</b>		
Roseth et al. (2019)	286 étudiants	<u>VDs = Valeur intrinsèque et performances (quiz)</u> Attitudes individualistes élevées : Puzzle = <i>Business As Usual</i>

A notre connaissance, seule une étude conduite par Buchs et ses collaborateurs (2004) a révélé que les comportements individualistes des étudiants dans un travail coopératif où l'interdépendance positive était structurée par les ressources pouvaient affecter la réussite des étudiants. Les étudiants qui privilégiaient des positions individualistes, comme prendre plus de temps pour sa prise de notes personnelles ou lire pour soi-même plutôt qu'expliquer aux autres les informations qu'ils ont apprises conduisaient les autres étudiants à être moins performants. Contrairement aux attitudes ou aux comportements individualistes, les attitudes propices à la

coopération peuvent booster l'efficacité de l'apprentissage coopératif sur les comportements sociaux des apprenants et leur réussite. L'une des raisons pouvant expliquer les bénéfices des attitudes coopératives des élèves sur leur réussite est que lorsque les élèves ont des prédispositions coopératives, ils cherchent plutôt à résoudre les conflits sociocognitifs dans le groupe de manière épistémique, plutôt que de manière relationnelle. Roseth et al. (2019) ont non seulement montré que les étudiants qui avaient des attitudes coopératives élevées préféreraient réguler les conflits en groupe de manière épistémique, mais aussi que ceux ayant travaillé avec la méthode en classe puzzle étaient plus performants dans les travaux en groupe quand ils rapportaient un degré de régulation épistémique élevé. Au contraire, les attitudes compétitives élevées des étudiants étaient davantage liées à une régulation relationnelle des conflits dans les travaux en groupe. Et dans un contexte en classe puzzle, ceux qui régulaient les conflits de manière relationnelle étaient moins performants que les autres. Darnon et ses collaborateurs (2002) ont obtenus des résultats de même portée. Ils ont montré que lorsque les étudiants étaient interdépendants de manière positive par les ressources et que la régulation des conflits était davantage relationnelle, ils étaient aussi moins performants. Au contraire, lorsqu'ils régulaient leurs conflits de manière épistémique, les étudiants ayant travaillé en groupe sur des ressources complémentaires avaient de meilleures performances que ceux qui travaillaient sur des ressources identiques. En somme, ces différentes preuves empiriques nous amènent à penser que les attitudes coopératives des élèves peuvent améliorer l'efficacité de l'apprentissage coopératif et même celui de l'apprentissage avec *Jigsaw*.

### ***3.2. Le rôle des compétences scolaires des élèves***

En classe puzzle, certaines compétences (socio)cognitives sont indispensables pour que les élèves puissent transmettre correctement des informations transmises aux autres membres du groupe et bénéficier des apports des autres (e.g., posture d'ouverture, écoute, remise en cause). Des travaux ont montré que la compétence perçue et réelle de celui qui transmettait les informations aux autres étudiants affecte l'impact positif de l'interdépendance positive par les ressources sur les performances des étudiants (Buchs et al., 2004 ; Buchs & Butera, 2009). Mais, si ceux qui transmettent les informations n'ont pas un discours suffisamment clair et structuré, l'interdépendance positive par les ressources n'est pas plus efficace qu'une situation dans laquelle les étudiants travaillent sur les mêmes ressources (Buchs et al., 2004 ; Buchs & Butera, 2009). D'autres travaux spécifiques à l'efficacité de la méthode en classe puzzle vont dans cette continuité et ont révélé que ce contexte peut être défavorable aux apprentissages des

élèves avec un niveau scolaire faible. Deiglmayr et Schalk (2015) ont cherché si faire varier le degré d'interdépendance positive par les ressources dans *Jigsaw* pouvait affecter la réussite des étudiants. Dans une première condition, les étudiants travaillaient avec la méthode en classe puzzle de manière traditionnelle ; les expertises consistaient à apprendre des nouvelles connaissances en mathématiques (i.e., interdépendance positive élevée). Dans la seconde condition, les étudiants travaillaient avec la méthode en classe puzzle et cette fois les expertises différaient par le contexte et non par les connaissances à apprendre. Les trois étudiants du groupe apprenaient les trois connaissances utiles pour résoudre l'objectif du groupe, mais le contexte pour illustrer ces connaissances était différent pour chacun. L'interdépendance positive étant moins élevée, les conditions de travail avec *Jigsaw* étaient considérées moins difficiles. Les résultats de cette étude ont révélé que si les étudiants des deux conditions avaient des notes similaires, leur réussite à la tâche de transfert des connaissances était différente. Les étudiants ayant travaillé avec une faible interdépendance positive des ressources ont été plus performants dans la tâche de transfert des connaissances que ceux de la première condition. Il a été également observé que les étudiants ayant un faible niveau scolaire et ayant travaillé dans une condition *Jigsaw* plus difficile (i.e., interdépendance positive élevée) ont moins bien réussi l'exercice de transfert de connaissances que leurs pairs plus compétents. Lorsque les étudiants travaillaient dans un contexte coopératif avec une faible interdépendance positive, la différence de réussite à la tâche de transfert de connaissances entre les étudiants de faible et fort niveau académique s'était considérablement réduite. En somme, apprendre dans un contexte en classe puzzle où l'interdépendance positive est moins élevée apparaît particulièrement favorable aux étudiants qui ont initialement un niveau académique faible. Hänze et Berger (2015) ont apporté des résultats complémentaires en examinant la réussite des élèves quant à leurs connaissances sur les ressources pour lesquelles ils n'étaient pas experts. Dans leur étude, les auteurs ont séparé les tâches scolaires qui nécessitaient une forte charge cognitive et celles qui en nécessitaient moins. Les résultats ont montré que, quel que soit le degré d'exigence cognitive dans les tâches, les élèves qui avaient initialement un faible niveau scolaire ont moins bien réussi le test de connaissances que ceux ayant un niveau plus élevé. Les écarts étaient plus importants lorsque la tâche nécessitait une charge cognitive plus importante.

Le niveau scolaire initial des élèves est un facteur qui semble donc jouer un rôle important dans l'efficacité de la méthode en classe puzzle sur les apprentissages. Selon Deiglmayr et Schalk (2015) ainsi que Hänze et Berger (2015), les élèves qui ont un niveau initial faible sont désavantagés dans un contexte d'apprentissage avec la méthode en classe

puzzle. Toutefois, d'autres résultats ont montré que les élèves qui ont un profil peu favorable à la réussite scolaire, par exemple ceux rapportant un concept de soi scolaire faible, tendent s'estimer plus compétents après avoir appris avec la méthode en classe puzzle. En effet, Hänze et Berger (2007) ont montré que les élèves de secondaire qui rapportaient un concept de soi faible en physique-chimie ont rapporté un plus fort sentiment de compétence après avoir appris avec *Jigsaw* que suite à un enseignement direct. Pour les élèves ayant un concept de soi élevé, ils ont rapporté un sentiment de compétence similaire avec les deux méthodes d'enseignement. Si le niveau de compétence scolaire explique en partie l'efficacité de la méthode en classe puzzle, trop peu d'études aujourd'hui se sont réellement penchées sur la question pour tirer une conclusion éclairée sur l'utilité de cette méthode pour favoriser les apprentissages des élèves, quel que soit leur niveau scolaire.

## Objectifs et hypothèses

---

L'objectif de ce travail de thèse est d'apporter des résultats complémentaires quant à l'efficacité de la méthode en classe puzzle sur les apprentissages en mathématiques en examinant notamment son impact sur les trajectoires de motivation et d'autorégulation des élèves de lycée professionnel. Pour rendre compte des bénéfices supposés de la classe puzzle, nous avons comparé les trajectoires développementales à celles obtenus dans deux autres situations d'apprentissage : une situation d'apprentissage coopératif peu structuré et une situation d'apprentissage habituel (i.e., un groupe dans lequel aucune consigne pédagogique n'a été indiquée). Nous poursuivons trois objectifs opérationnels.

Notre premier objectif est d'évaluer les effets de la méthode en classe puzzle sur les performances en mathématiques des élèves. Au regard de la littérature sur l'apprentissage coopératif, nous formulons deux hypothèses. Nous attendons que les performances en mathématiques soient meilleures lorsque les élèves ont appris les notions du programme de mathématiques avec la méthode en classe puzzle, que lorsqu'ils les ont appris en situation de coopération peu structurée ou de manière habituelle (1a). Nous supposons également que la familiarisation avec la méthode en classe puzzle permettra aux élèves, au fil du temps, d'être de plus en plus performants en mathématiques par rapport aux élèves des deux autres conditions (1b).

Notre deuxième objectif est d'évaluer si la méthode en classe puzzle a un impact bénéfique sur les trajectoires de motivation en mathématiques et d'autorégulation scolaire des élèves. Plus précisément, nous attendons que la méthode en classe puzzle impacte positivement l'évolution de la motivation autonome en mathématiques des élèves, en comparaison à des situations d'apprentissage coopératif peu structurée ou d'apprentissage habituel (2a). De manière similaire, nous prévoyons que les trajectoires d'autorégulation scolaire des élèves soient positivement impactées par un travail coopératif en classe puzzle en comparaison aux deux autres conditions (2b).

Notre troisième objectif est d'examiner l'impact de facteurs modérateurs supposés jouer un rôle important sur l'efficacité de la méthode en classe puzzle : la fidélité d'implémentation de la méthode puzzle dans les classes, le niveau initial en mathématiques des élèves et leur niveau d'attitudes coopératives. Aussi, nous supposons que la fidélité d'implémentation du dispositif modèrera l'impact de la méthode en classe puzzle sur les trajectoires de motivation et d'autorégulation des élèves et, *in fine*, sur leurs performances : alors qu'une bonne fidélité peut améliorer l'efficacité de l'intervention, une mauvaise fidélité peut la réduire (3a). Le second modérateur a trait aux attitudes coopératives des élèves. Nous attendons que les élèves qui profitent le plus de la méthode en classe puzzle soient ceux qui rapportent les plus fortes attitudes coopératives : les effets de la méthode en classe puzzle sur les trajectoires de motivation, d'autorégulation et les performances seraient d'autant plus positifs que les attitudes coopératives des élèves sont élevées (3b). Enfin, le troisième et dernier modérateur envisagé correspond au niveau initial de compétence scolaire des élèves. Les élèves les plus faibles tirent-ils aussi des bénéfices à travailler avec la méthode en classe puzzle ? Ici, notre questionnement est davantage exploratoire et deux hypothèses alternatives s'opposent. Une première hypothèse dite « optimiste » (i.e., réduction des inégalités scolaires), nous conduit à penser que la méthode en classe puzzle pourrait être surtout bénéfique aux élèves les plus faibles, car en apportant leur propre contribution au travail en groupe, les élèves faibles seraient plus motivés et prêts à fournir les efforts nécessaires pour accomplir les tâches scolaires (3c). Une deuxième hypothèse plus « pessimiste » (i.e., accentuation des inégalités scolaires) nous conduit, au contraire, à penser que lorsque les contenus d'apprentissage sont nouveaux et complexes, les élèves les plus faibles seraient ceux qui auraient le plus de difficultés à assumer leur responsabilité individuelle et à participer efficacement à la co-construction des apprentissages dans le groupe (3d).

## **PARTIE EMPIRIQUE**

L'objectif premier de ce chapitre est de décrire l'échantillon sélectionné dans l'expérimentation ProFAN. Le second est de présenter le matériel choisi pour répondre aux objectifs de recherche, à savoir nos échelles de mesure et la procédure de recueil des mesures spécifiques. Un troisième objectif est d'introduire la stratégie d'analyse sélectionnée pour traiter les données. Nous présenterons, à cet effet, des analyses préliminaires, comme celles mobilisées pour gérer les données manquantes. Nous concluons ce chapitre en présentant les modélisations statistiques qui permettront de répondre à nos hypothèses de recherche.

### 1. Participants

Dans le cadre de cette thèse, nous avons mené nos analyses sur la première cohorte de participants ayant participé à l'expérimentation ProFAN, soit sur 5226 lycéens professionnels français<sup>6</sup>. Pour rappel, les élèves de cette cohorte ont débuté l'expérimentation en septembre 2017 alors qu'ils entraient en première professionnelle et la terminaient en juin 2019, à la fin de leur année de terminale professionnelle. Au début de l'expérimentation, la majorité des élèves étaient âgés entre 16 et 17 ans et de sexe féminin (55,7 % de filles). Quant au statut social des élèves de lycée professionnel, la représentation sociale de cet échantillon est conforme à celle généralement observée auprès de ce public d'élèves : la plupart des responsables légaux des élèves relèvent de la catégorie socioprofessionnelle basse (DEPP, 2020, 2021). Selon la nomenclature de l'INSEE, les responsables légaux 1 des élèves sont 31,34 % à appartenir à la catégorie « ouvriers » et 30,88 % des responsables légaux 2 appartiennent à la catégorie socioprofessionnelle « employés ». Le tableau 9 résume la répartition des élèves selon les catégories socioprofessionnelles de leurs responsables légaux.

---

<sup>6</sup> Nous avons exclu la deuxième cohorte de participants car en raison du premier confinement lié à la COVID-19, ces élèves ont répondu à certains questionnaires dans ce contexte particulier. Les deux cohortes n'étaient pas similaires sur ce point.

**Tableau 9. Catégories socioprofessionnelles des responsables légaux des élèves (N = 5226)**

Catégorie socio-professionnelle	Responsable légal 1	Responsable légal 2
Agriculteurs exploitants	60 (1,15 %)	19 (0,40 %)
Artisans, commerçants et chefs d'entreprise	388 (7,42 %)	157 (0,30 %)
Cadres et professions intellectuelles supérieures	253 (4,84 %)	148 (0,28 %)
Professions intermédiaires	321 (6,14 %)	531 (10,16 %)
Employés	609 (11,65 %)	1614 (30,88 %)
Ouvriers	1638 (31,34 %)	632 (12,09 %)
Autres personnes sans activité professionnelle	299 (5,72 %)	975 (18,66 %)
Non connue	1658 (31,73 %)	1150 (22,01 %)

La répartition de notre échantillon entre les trois filières professionnelles est la suivante : 1767 élèves appartiennent à la filière « soins à la personne », 1262 élèves à la filière « électricité » et 2197 élèves à la filière « commerce ». L'une des particularités des filières professionnelles est qu'elles se distinguent en fonction du sexe des élèves (voir tableau 10). Parmi les élèves en « soins à la personne », une très grande majorité des élèves sont des filles (94 % ;  $n = 1638$ ) et inversement en « électricité », une très grande majorité sont des garçons (98 % ;  $n = 1216$ ). Dans la filière « commerce », la répartition du nombre d'élèves selon le sexe est plus équilibrée soit 53,76 % de filles et 46,24 % de garçons ( $n_{filles} = 1157$  ;  $n_{garçons} = 995$ ).

**Tableau 10. Répartition des élèves dans les filières professionnelles en fonction du sexe.**

Filières	n (%)
<b>Soins à la personne (n = 1743)</b>	
Filles	1638 (93,76 %)
Garçons	105 (6,24 %)
<b>Electricité (n = 1242)</b>	
Filles	26 (2,09 %)
Garçons	1216 (97,91 %)
<b>Commerce (n = 2152)</b>	
Filles	1157 (53,76 %)
Garçons	995 (46,24 %)
<b>TOTAL (N = 5137)*</b>	
Filles	2821 (54,92 %)
Garçons	2316 (45,08 %)

\*89 données manquantes

La répartition des élèves de l'expérimentation ProFAN dans les trois conditions d'apprentissage est également équilibrée. Ils sont 1641 élèves dans la condition d'apprentissage coopératif en classe puzzle (34,31 %), 1604 dans la condition d'apprentissage en coopération peu structurée (33,83 %) et 1455 dans la condition d'apprentissage habituel (31,86 %). La répartition des conditions d'apprentissage dans les établissements est également assez équilibrée, 38 établissements sont affectés à la condition d'apprentissage coopératif *Jigsaw*, 36 à la condition d'apprentissage coopératif peu structuré et 34 à la condition d'apprentissage habituel.

Les différences d'effectifs entre les conditions d'apprentissage et selon les filières professionnelles apparaissent statistiquement significatives,  $\chi^2(2, N = 5226) = 78,97, p < .001$ , mais sont peu importantes entre les conditions d'apprentissage coopératif *Jigsaw* et de coopération peu structurée. Les différences s'observent surtout entre les deux conditions d'apprentissage coopératif et la condition d'apprentissage habituel (voir tableau 11). Les élèves en électricité sont plus nombreux dans la condition en classe puzzle ( $n = 526, 10,07\%$ ) et dans la condition d'apprentissage coopératif peu structuré ( $n = 449, 8,60\%$ ) que dans la condition d'apprentissage habituel ( $n = 289, 5,53\%$ ).

**Tableau 11. Répartition des élèves dans les conditions d'apprentissage en fonction des filières professionnelles.**

	<b>Classe puzzle</b>	<b>Coopération</b>	<b>Habituel</b>	<b>Total</b>
<b>Soins à la personne</b>	552 (10,56 %)	628 (12,02 %)	587 (11,23 %)	1767 (33,81 %)
<b>Commerce</b>	715 (13,68 %)	691 (13,22 %)	791 (15,13 %)	2197 (41,70 %)
<b>Electricité</b>	526 (10,07 %)	449 (8,60 %)	289 (5,53 %)	1262 (24,15 %)
<b>Total</b>	1793 (34,31 %)	1768 (33,83 %)	1665 (31,86 %)	5226

## 2. Matériel

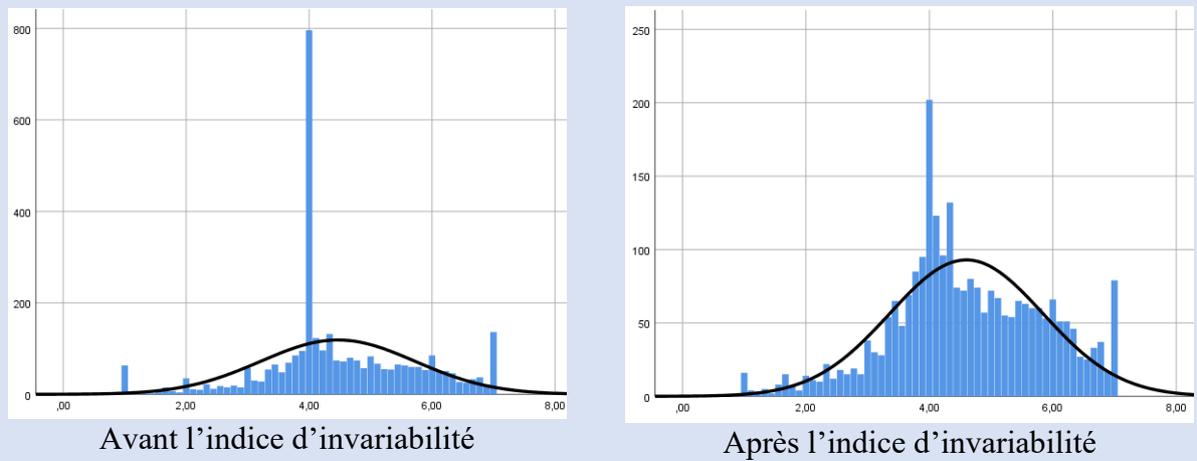
Dans un premier temps, nous décrirons succinctement les mesures-élèves que nous avons mobilisées dans nos analyses. Toutes sont issues du questionnaire et des évaluations individuelles réalisées en fin de séquences d'apprentissage en mathématiques : la motivation en mathématiques, l'autorégulation scolaire, les compétences en mathématiques et les attitudes coopératives des élèves (pour connaître la distribution des mesures de motivation et d'autorégulation, voir l'encadré 2). Les échelles de mesure issues des questionnaires et les évaluations individuelles en mathématiques sont détaillées dans l'annexe 3, p. 183 et l'annexe

4, p. 188. Dans un second temps, nous décrivons la mesure de fidélité d'implémentation des conditions d'apprentissage coopératif. Celle-ci a été construite à partir d'entretiens menés avec les référents des lycées professionnels. Le guide des entretiens est présenté dans l'annexe 5, p. 194.

### **Encadré 2. Distribution des données de motivation en mathématiques et d'autorégulation auto-rapportées par les élèves**

En analysant la distribution des données des mesures de motivation en mathématiques et d'autorégulation scolaire issues du questionnaire en ligne, nous avons observé que les données de ces deux mesures ne suivaient pas une distribution normale. Nous avons constaté trois pics anormaux dans la distribution des deux variables, deux au niveau des modalités minimales et un au niveau de la modalité centrale des échelles. Ces distributions anormales s'expliquent notamment en raison d'une non-variabilité dans les réponses des élèves aux échelles. En effet, après avoir analysé la variabilité inter-énoncés dans chaque échelle en calculant un indice d'invariabilité (Marjanovic et al., 2015), nous avons constaté qu'une partie des élèves ont coché systématiquement la même réponse aux énoncés, même lorsqu'il y avait des énoncés inversés dans les échelles. Pour contrecarrer les problèmes de distribution des réponses aux échelles, nous avons remplacé les scores moyens des échelles en valeur manquante lorsqu'il n'y avait aucune variabilité dans les réponses des élèves sur l'échelle. En règle générale, si l'échelle est composée d'énoncé(s) inversé(s), l'indice d'invariabilité est calculé uniquement à partir des énoncés de cette échelle. Si les échelles de motivation en mathématiques et d'autorégulation n'ont pas d'énoncés inversés, l'échelle précédant chacune de ces mesures dispose d'un ou plusieurs énoncés inversés. Nous avons donc sélectionné l'échelle qui précède l'échelle de motivation en mathématiques et celle qui précède l'échelle d'autorégulation et, à partir de la moyenne des indices d'invariabilité des deux échelles, nous avons remplacé les scores des élèves sans variabilité en données manquantes. Nous avons combiné ensuite l'indice d'invariabilité de la motivation en mathématiques et celui de l'autorégulation scolaire afin de conduire nos analyses à partir d'un échantillon unique. Après avoir remplacé les valeurs sans variabilité par des données manquantes, la distribution des données des deux échelles était beaucoup plus satisfaisante. Les pics problématiques de la distribution, notamment le pic de la modalité centrale de l'échelle, ont été considérablement réduits. La figure 6 donne un aperçu de la comparaison entre les deux distributions, avant

inclusion de l'indice d'invariabilité et après son inclusion pour l'échelle d'autorégulation scolaire au troisième temps de mesure.



**Figure 6. Distribution de l'échelle d'autorégulation au temps 3 avant et après avoir considéré l'indice d'invariabilité inter-énoncés.**

### ***2.1. Motivation en mathématiques des élèves***

Nous avons mesuré la motivation en mathématiques des élèves à trois reprises : avant, pendant et après l'expérimentation. Celle-ci a été réalisée à partir d'une traduction française de l'*Academic Self-Regulation Questionnaire* (Ryan & Connell, 1989). Quatre énoncés issus des sous-échelles de régulation identifiée et de motivation intrinsèque ont été extraits pour mesurer la motivation autonome des élèves en mathématiques. Pour chaque énoncé les élèves devaient répondre à l'intitulé suivant : « Quand on fait des mathématiques en classe, je travaille parce que j'aime bien ce qui m'est demandé [1], je veux apprendre de nouvelles choses [2], c'est agréable ce que l'on fait [3], c'est important pour moi de travailler en mathématiques [4] ». Pour mesurer la motivation contrôlée, la sous-échelle de régulation externe et celle de régulation introjectée sont combinées. Les élèves répondaient aux énoncés suivants : « je n'ai pas envie que mon enseignant(e) me dispute [1], je veux que mon enseignant(e) pense que je suis un bon élève [2], j'aurais honte de moi si je ne travaillais pas [3], on n'a pas le choix [4] ». Pour chaque énoncé, les élèves donnaient leur degré d'accord sur une échelle de Likert allant de 1 « pas du tout d'accord » à 7 « tout à fait d'accord ». Plus les élèves étaient en accord avec les énoncés, plus ils rapportaient de la motivation autonome et de la motivation contrôlée. Pour vérifier les propriétés psychométriques des deux sous-échelles de motivation en mathématiques, nous avons conduit une analyse factorielle exploratoire sur chaque temps de mesure de manière

séparée. Les résultats de l'analyse factorielle et la matrice de corrélations inter-énoncés indiquent que les quatre énoncés de motivation autonome en mathématiques constituent un seul construit et que l'adéquation de l'échantillonnage est satisfaisante (T1 :  $KMO^7 = 0.751$  ; T2 :  $KMO = 0.919$  ; T3 :  $KMO = 0.922$ ). La consistance interne de l'échelle est élevée ( $.87 \leq \alpha \leq .88$ ). Concernant l'échelle de motivation contrôlée, les propriétés psychométriques sont de moindre qualité. La consistance interne de cette échelle est peu élevée aux trois temps de mesure ( $.54 \leq \alpha \leq .60$ ). De plus, la matrice de structure de l'analyse factorielle montre que les énoncés évaluant la régulation introjectée des élèves en mathématiques ont des poids factoriels importants tant pour les énoncés mesurant la motivation autonome que pour ceux mesurant la motivation contrôlée (e.g. « j'aurais honte de moi si je ne travaillais pas »). Les poids factoriels des énoncés sont regroupés dans le tableau 12. La qualité psychométrique de la motivation contrôlée en mathématiques étant faible, nous avons exclu cette échelle des analyses et nous avons considéré uniquement l'échelle de motivation autonome en mathématiques ultérieurement.

**Tableau 12. Poids factoriels des énoncés de l'échelle de motivation en mathématiques.**

Énoncés	Temps 1		Temps 2		Temps 3	
	Facteur 1 (motivation autonome)	Facteur 2 (motivation contrôlée)	Facteur 1 (motivation autonome)	Facteur 2 (motivation contrôlée)	Facteur 1 (motivation autonome)	Facteur 2 (motivation contrôlée)
Je n'ai pas envie que mon enseignant(e) me dispute.	.097	<b>.813</b>	.245	<b>.804</b>	.221	<b>.808</b>
Je veux que mon enseignant(e) pense que je suis un bon élève.	<b>.468</b>	<b>.704</b>	<b>.532</b>	<b>.701</b>	<b>.506</b>	<b>.731</b>
Je veux apprendre de nouvelles choses.	<b>.794</b>	.208	<b>.802</b>	.257	<b>.784</b>	.300
J'aurais honte de moi si je ne travaillais pas.	<b>.542</b>	<b>.507</b>	<b>.608</b>	<b>.480</b>	<b>.578</b>	<b>.512</b>
C'est agréable ce que l'on fait.	<b>.880</b>	.033	<b>.872</b>	-.004	<b>.885</b>	.031
On n'a pas le choix.	-.346	<b>.494</b>	-.270	<b>.579</b>	-.267	<b>.509</b>
J'aime bien ce qui m'est demandé.	<b>.860</b>	-.003	<b>.854</b>	-.033	<b>.867</b>	.015
C'est important pour moi de travailler en mathématiques.	<b>.797</b>	.113	<b>.799</b>	.148	<b>.830</b>	.137

<sup>7</sup> L'indice Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) peut varier entre 0 et 1. Plus il est proche de 1, plus la matrice factorielle apparaît satisfaisante.

## 2.2. Autorégulation scolaire des élèves

L'autorégulation a été mesurée à partir d'une mesure d'autorégulation réduite et inspirée du questionnaire *Motivated Strategies for Learning Questionnaire* (Pintrich et al., 1991). L'échelle comprend neuf énoncés qui ont été inclus dans le questionnaire en ligne aux trois mêmes temps de mesure que l'échelle de motivation en mathématiques. Ces énoncés font référence à l'autonomie des élèves dans le travail, au contrôle de leurs efforts pour apprendre et aux stratégies d'organisation utilisées pour apprendre (e.g., « je me concentre quand je fais un exercice à l'école », « je m'organise pour finir mon travail à temps », « j'évite le plus souvent de me laisser distraire par les autres »). L'ensemble des énoncés sont présentés dans le tableau 13. Pour chaque énoncé, les élèves devaient rapporter leur degré d'accord sur une échelle de Likert allant de 1 « pas du tout d'accord » à 7 « tout à fait d'accord ». Plus les élèves sont d'accord avec les énoncés, plus ils rapportent s'autoréguler. Cette échelle n'ayant pas fait l'objet d'une validation psychométrique dans la littérature, nous avons conduit des analyses factorielles exploratoires sur l'échelle d'autorégulation aux trois de temps de manière séparée. Les résultats des analyses factorielles montrent que chaque énoncé de l'échelle a un poids factoriel important sur un seul et même facteur (voir tableau 13). Les indices KMO sont très satisfaisants (T1 : KMO = 0.922 ; T2 : KMO = 0.919 ; T3 : KMO = 0.922) et la consistance interne de l'échelle pour chaque temps de mesure est aussi très satisfaisante ( $.87 \leq \alpha \leq .90$ ).

**Tableau 13. Poids factoriels des énoncés de l'échelle d'autorégulation scolaire.**

Enoncés	Facteur 1 Temps 1	Facteur 1 Temps 2	Facteur 1 Temps 3
Je fais mon travail et mes devoirs sans que mes parents soient derrière moi.	.473	.513	.549
Je me concentre quand je fais un exercice à l'école.	.794	.786	.797
Je suis capable de me motiver moi-même pour faire mon travail scolaire.	.723	.744	.765
J'écoute avec attention mon enseignant(e).	.794	.778	.797
Je m'organise pour finir mon travail à temps.	.807	.803	.802
Je fais des efforts pour essayer de terminer les exercices difficiles.	.785	.802	.817
J'évite le plus souvent de me laisser distraire par les autres.	.685	.715	.707
Je suis autonome dans mon travail.	.724	.743	.727
Je me prépare bien avant un contrôle.	.685	.644	.687

### *2.3. Compétences en mathématiques des élèves*

Le niveau initial en mathématiques des élèves a été recueilli au premier temps de mesure par questionnaire. Les élèves devaient rapporter leur moyenne obtenue en mathématiques l'année précédente. Plus précisément, ils devaient situer leur moyenne dans une des cinq catégories suivantes : 0 indique une moyenne très faible (de 0 à 4,9 sur 20), 1 correspond à une moyenne faible (de 5 à 8,9 sur 20) ; 2 renvoie à la moyenne (de 9 à 12,9 sur 20) ; 3 indique une moyenne élevée (de 13 à 15,9 sur 20) et enfin, un score de 4 correspond à une moyenne très élevée allant de 16 à 20.

Nous avons également considéré les performances individuelles des élèves après deux séquences d'apprentissage en mathématiques. Ces performances ont été mesurées une fois lors de la première séquence d'apprentissage en mathématiques, au début de l'année 2018 et une fois après la troisième séquence d'apprentissage en mathématiques – soit un an après la première séquence. Le contenu de l'évaluation individuelle pour chaque séquence traitait de l'ensemble des connaissances apprises durant la séquence d'apprentissage en mathématiques. L'évaluation individuelle de la séquence 1 portait sur les statistiques à une variable. Les élèves devaient répondre à neuf questions ouvertes portant sur les statistiques à une variable. Par exemple, on demandait aux élèves de calculer à l'aide d'un tableur, les moyennes, les écarts-types, les médianes et les quartiles de notes en mathématiques des élèves de deux classes et de les comparer. La séquence 3 et son évaluation portaient sur l'extremum d'une fonction polynomiale de degrés 1 et 2 et son sens de variation. On demandait aux élèves de répondre à huit questions qui consistaient à évaluer l'évolution de l'altitude d'une montgolfière en fonction du temps et son altitude maximale atteinte durant un vol d'essai. Les élèves devaient se servir de leurs connaissances quant à la fonction polynomiale, sa dérivée et son sens de variation pour répondre aux questions.

Ces évaluations ont été corrigées en aveugle par des enseignants rémunérés qui n'étaient pas impliqués dans l'expérimentation. Les enseignants se référaient à une grille d'évaluation et de correction (Les grilles sont à disposition dans l'annexe 3, p. 183). Dans les évaluations individuelles, chaque question évaluait l'acquisition d'une ou plusieurs compétences transversales, notamment leurs capacités à rechercher, extraire ou organiser les informations, à analyser et raisonner à l'aide d'une méthode de résolution, à exécuter des méthodes de résolution, à critiquer un résultat ou encore à communiquer un résultat à l'écrit. A la fin de la correction, chaque niveau de compétence a été traduit en une note afin de créer un score sur 10 points. Dans les séquences d'apprentissage 1 et 3 en mathématiques, les évaluations

individuelles portaient sur l'évaluation des mêmes compétences et chaque niveau de compétence avait un poids similaire sur la note globale.

#### ***2.4. Attitudes coopératives des élèves***

Les attitudes coopératives des élèves ont également été mesurées aux trois temps de mesure. Dix énoncés traduits de la sous-échelle « affiliation à la coopération » de l'échelle d'orientation collective de Driskell et al. (2010) ont été sélectionnées pour les mesurer. Par exemple, les élèves pouvaient lire des énoncés comme « je préfère accomplir une tâche du début à la fin sans l'aide des autres », « je préférerais faire les choses par moi-même plutôt que d'attendre la contribution des autres », « je réussis généralement mieux lorsque je travaille seul(e) ». Les élèves devaient apporter leur degré de désaccord avec chaque énoncé sur une échelle de Likert allant de 0 (totalement d'accord) à 4 (totalement en désaccord). Plus les élèves étaient en désaccord avec les énoncés, plus ils rapportaient des attitudes coopératives. La consistance interne de l'échelle aux trois temps était satisfaisante ( $.75 \leq \alpha \leq .80$ ).

#### ***2.5. Fidélité d'implémentation des conditions d'apprentissage***

L'indicateur de fidélité d'implémentation des conditions d'apprentissage coopératif en mathématiques est construit à partir des réponses données aux entretiens téléphoniques menés auprès des référents des établissements. Nous avons construit un score de fidélité d'implémentation pour l'année de première et un pour l'année de terminale. Pour chaque année scolaire, nous avons considéré six critères d'implémentation de la méthode en classe puzzle. Le premier critère renvoyait à la qualité globale : les référents devaient rapporter globalement comment s'était déroulée l'intervention dans les classes de mathématiques. Suivaient ensuite cinq autres critères spécifiques à la fidélité de la méthode *Jigsaw* : (1) le respect du travail en groupe, (2) la non remise du matériel avant la séance, (3) le respect de la répartition des activités dans le groupe, (4) le respect du travail en groupe d'expert et (5) le respect de la participation de tous les élèves dans les groupes puzzle. Pour l'apprentissage coopératif peu structuré, nous avons considéré quatre critères pour établir la fidélité d'implémentation. Trois étaient similaires à ceux de la condition en classe puzzle (i.e., le déroulement global de l'intervention durant l'année scolaire, le respect du travail en groupe dans les séquences et la non remise du matériel avant les séances). Le quatrième critère visait à vérifier qu'il n'y avait pas eu de répartition des activités dans les groupes durant les séquences d'apprentissage.

Si les référents indiquaient qu'un des critères d'implémentation n'avait pas été respecté (e.g., « pas de travail en groupe » ou « une intervention globalement mal passée »), alors la fidélité d'implémentation pour ces établissements était estimée mauvaise. Au contraire, lorsque l'organisation pédagogique en mathématiques s'était bien déroulée et que les enseignants avaient respecté toutes les consignes, la fidélité d'implémentation pour l'année scolaire était considérée correcte. Nous avons créé un score de fidélité d'implémentation moyenne lorsque les référents rapportaient que l'implémentation de l'intervention en mathématiques s'était moyennement bien déroulée durant l'année et lorsque qu'ils n'étaient pas en mesure de répondre à certaines questions concernant les autres critères de fidélité d'implémentation. Lorsque les référents n'ont pas répondu à l'entretien, la fidélité d'implémentation a été considérée inconnue.

Le calcul de l'indicateur de fidélité d'implémentation des conditions d'apprentissage coopératif en mathématiques diffère pour les analyses sur les performances en mathématiques et celles sur la motivation et l'autorégulation. Pour évaluer les performances en mathématiques de séquence 1, nous avons inclus l'indicateur de fidélité spécifique à l'année de première professionnelle et nous avons inclus l'indicateur de fidélité spécifique à l'année de terminale dans les analyses de performances en mathématiques de séquence 3. Pour les modèles sur la motivation et l'autorégulation, nous avons fait une moyenne globale sur les deux années scolaires à partir des deux indicateurs de fidélité d'implémentation. Lorsque les référents rapportaient sur les deux années scolaires une bonne fidélité d'implémentation ou une année bonne et pour l'autre on ne sait pas (i.e., catégorie inconnue), l'indicateur global était considéré comme bon. Si durant les deux années, la fidélité d'implémentation était faible ou lorsqu'elle était mauvaise pour une année et inconnue pour l'autre, l'indicateur d'implémentation était considéré mauvais. Les autres combinaisons<sup>8</sup> de scores de fidélité d'implémentation constituaient un indicateur global de fidélité moyenne.

### **3. Procédure**

Le premier recueil des données a eu lieu au début de l'expérimentation (entre octobre et décembre 2017), avant que les élèves débutent les séquences d'apprentissage. Le second recueil a été réalisé entre la fin de l'année scolaire de première et le début de l'année de terminale, soit entre mai et juin 2018 – exceptionnellement quelques élèves ont pu répondre au questionnaire

---

<sup>8</sup> Bonne + Moyenne ; Moyenne + Moyenne ; Mauvaise + Moyenne ; Inconnue + Moyenne ; Bonne + Mauvaise.

en septembre 2018. Le troisième recueil a eu lieu en mai 2019, à la fin de l'année de terminale. Les passations se déroulaient durant les temps de classe et l'enseignant veillait à leur bon déroulement. Les élèves ont rempli toutes les échelles du questionnaire et les données ont été anonymisées.

Les entretiens menés auprès des référents des établissements affectés à la condition d'apprentissage coopératif *Jigsaw* et à la condition d'apprentissage coopératif peu structuré se sont déroulés en mars et avril 2020. L'objectif étant de récolter des informations quant à la fidélité d'implémentation des conditions d'apprentissage coopératif, aucun entretien n'a été mené avec les référents des établissements de la condition d'apprentissage habituel.

## 4. Analyses statistiques

### 4.1. Analyses préliminaires : gestion des données manquantes

Dans un premier temps, nous ferons un point sur la manière dont nous avons géré les données manquantes de la base de données. La première étape dans la gestion des données manquantes consiste à déterminer le mécanisme qui a généré les données manquantes. Dans l'encadré 3, nous définissons ce mécanisme et les tests pouvant être menés pour vérifier les hypothèses sous-jacentes.

#### **Encadré 3. Le mécanisme qui a généré les données manquantes**

Etudier le mécanisme qui a généré les données manquantes consiste à décrire les causes qui peuvent expliquer l'absence de données à un ou à plusieurs temps de mesure (Little & Rubin, 2019). Trois hypothèses causales peuvent expliquer les données manquantes dans le jeu de données. La première est l'hypothèse que les données sont *Missing Completely At Random* (MCAR). Ce mécanisme suppose que les données manquantes du jeu de données sont complètement dues au hasard. La probabilité de voir apparaître des données manquantes sur une variable n'est pas due aux valeurs de la variable étudiée, ni aux valeurs des autres variables appartenant au jeu de données, ni aux variables inobservées. Leur apparition est le fruit du hasard (Allison, 2002). Dans ce cas, travailler sur un échantillon issu d'un tel mécanisme n'est pas problématique, car cela ne conduit pas à biaiser les estimations. Pour étudier le mécanisme MCAR, il est possible de le faire à l'aide du test de Little (1988). Ce test permet d'évaluer de manière simultanée si les moyennes et les facteurs des variables du

jeu de données expliquent le fait d'être manquants ou présents sur ces mêmes variables. Si le test s'avère significatif, d'autres hypothèses sont à privilégier. Une hypothèse alternative est de supposer que les données manquantes sont expliquées par des caractéristiques connues, il s'agit du mécanisme *Missing At Random* (MAR). On suppose ici que les données manquantes du jeu de données dépendent de données observées (Allison, 2002). Lorsqu'on ne connaît pas les caractéristiques pouvant déterminer les données manquantes, on privilégie plutôt l'hypothèse *Missing Not At Random* (MNAR). Les données manquantes ne sont pas dues au hasard et nous ne pouvons pas contrôler les caractéristiques explicatives des données manquantes (Allison, 2002). Travailler sur des échantillons complets dans le cas d'hypothèses de données MAR ou MNAR est problématique, car la non-considération des sources explicatives des données manquantes pourrait biaiser les estimations des modèles. Pour vérifier l'hypothèse MAR, il est courant de procéder à des analyses par régressions logistiques afin de voir si certains facteurs catégoriels et continus du jeu de données pourraient expliquer les données manquantes. Dans le cas où l'on privilégie l'hypothèse MNAR, il est recommandé de recourir à des analyses de sensibilité (Little, 1995).

**Les données manquantes pour la motivation en mathématiques et l'autorégulation scolaire.** Dans un premier temps, pour tester l'hypothèse de données MCAR, nous avons utilisé le test de Little en incluant les variables du questionnaire aux trois temps de mesure ainsi que les caractéristiques-élèves (e.g., filières, conditions). Le résultat au test s'est avéré non significatif :  $\chi^2(1040) = 1008.64 ; p = .75$ . Sa non-significativité permet de valider l'hypothèse selon laquelle le mécanisme expliquant les données manquantes du jeu de données est MCAR. A priori, le fait d'avoir des données manquantes de motivation et d'autorégulation aux trois temps ne dépend d'aucun facteur spécifique, ni même des conditions d'apprentissage (voir annexe 6, p. 201, pour une description des données manquantes en fonction des conditions). Les données manquantes sont donc considérées ici dues au hasard. En conséquence, en conservant notre jeu de données tel quel, nous perdons 10,1 % de l'échantillon global, soit les 528 élèves qui n'ont aucune donnée aux trois temps de mesure (voir tableau 14). Bien que la moitié de notre échantillon soit manquant au troisième temps de mesure, 65,1 % des élèves ont rempli le questionnaire de motivation autonome en mathématiques et d'autorégulation à au moins deux temps de mesure. 24,7 % des élèves ont rempli un temps mesure uniquement. Les

absents aux trois temps de mesure sont minoritaires puisqu'ils représentent 10,1 % de notre échantillon.

**Tableau 14. Répartition de l'échantillon selon leur taux d'absentéisme/de présence aux temps de mesure.**

<b>Présence/absence aux temps de mesures</b>	<b>n élèves (%)</b>
<b>Présents à un temps de mesure</b>	1293 (24,7 %)
<b>Présents à deux temps de mesure</b>	1725 (33 %)
<b>Présents aux trois temps de mesure</b>	1680 (32,1 %)
<b>Absents aux trois temps de mesure</b>	528 (10,1 %)
<b>Total</b>	5226

**Les données manquantes pour les performances en mathématiques.** Pour gérer les données manquantes des mesures de performances, nous avons d'abord testé l'hypothèse de données MCAR. Pour ce faire nous avons utilisé le test de Little en incluant cette fois les mesures de performances en mathématiques des séquences d'apprentissage. Nous avons rencontré un problème de convergence, ce qui ne nous a pas permis de tester l'hypothèse de données MCAR. Nous avons donc procédé à des analyses par régressions logistiques sur chaque performance en mathématiques. Cela nous a permis de vérifier la possibilité de facteurs pouvant expliquer l'absence à une évaluation en mathématiques. Nous avons intégré plusieurs facteurs dont six qui se sont avérés avoir des effets significatifs : l'autorégulation des élèves rapportée au temps 1, leur niveau initial en mathématiques, leur âge, le statut social des élèves mesuré à l'aide d'un indice de position sociale, la filière professionnelle des élèves et les conditions d'apprentissage.

Les résultats des analyses sont regroupés dans le tableau 15 et indiquent que le fait de ne pas avoir de score en mathématiques à la séquence 1 est influencé par le statut social des élèves, la filière professionnelle et les conditions. De plus, les analyses pour les scores en mathématiques à la séquence 3 indiquent que le niveau d'autorégulation, le niveau initial en mathématiques, l'âge et le statut social des élèves influencent le fait d'avoir passé ou non cette évaluation en mathématiques. Bien que les pouvoirs explicatifs pour ces deux analyses soient

faibles ( $R^2_{L_{S1}} = 0,021$  ;  $R^2_{L_{S3}} = 0,012^9$ ), nous estimons que les facteurs présents dans le jeu de données doivent être considérés dans la gestion des données manquantes des scores de performance aux séquences 1 et 3. Nous conservons l'hypothèse *Missing At Random* pour expliquer les données manquantes des performances aux séquences 1 et 3 (i.e., pour une description du nombre de données manquantes en fonction des conditions d'apprentissage, voir l'annexe 7, p. 202).

**Tableau 15. Régressions logistiques pour le mécanisme MAR sur les performances en mathématiques.**

Paramètres	Performance en mathématiques S1		Performance en mathématiques S3	
	Modèle vide	Modèle 1	Modèle vide	Modèle 1
	Exp(B) <sup>sign</sup>			
Constante	1,40***	1,51**	2,06***	1,29 <sup>ns</sup>
Autorégulation (T1)				1,06*
Niveau initial maths				1,09**
Age				0,81***
Statut social		1,00*		1,01***
Filière (Commerce)				
<i>Soins à la personne</i>		0,70***		
<i>Electricité</i>		0,47**		
Condition (Habituel)				
<i>Coopération</i>		0,75***		
<i>Classe puzzle</i>		0,68*		
<b>-2 LOG V</b>	5232,51	5120,73	4864,28	4813,10

Pour contrôler les caractéristiques expliquant le fait de ne pas avoir de notes en mathématiques aux séquences 1 et 3, l'une des procédures considérées fiables pour traiter les données manquantes dans le jeu de données est de recourir aux imputations multiples. L'imputation multiple permet d'imputer, c'est-à-dire de remplacer des données manquantes en plusieurs cas complets à partir de tirages aléatoires et ces différents jeux de cas complets sont conditionnels aux scores des élèves à d'autres facteurs (Little & Rubin, 2020). Cette procédure considère des facteurs prédictifs pour estimer les imputations. On procède alors par régressions linéaires pour imputer les variables continues et par régressions logistiques pour imputer les

<sup>9</sup> Pour mesurer le pouvoir explicatif du modèle logistique, nous calculons un coefficient de détermination  $R^2_L$  à l'aide des déviations du modèle vide ( $D_{vide}$ ) et du modèle spécifié ( $D_{spécifié}$ ) :  $R^2_L = (D_{vide} - D_{spécifié})/D_{vide}$  (Bressoux, 2010).

variables catégorielles. A l'issue des itérations, plusieurs jeux de données probables sortent et les analyses sont menées à partir de leur combinaison.

Dans notre cas, le taux élevé de données manquantes pour les deux mesures de performances en mathématiques (i.e., 50,1 % et 42,1 %) n'est pas problématique lorsqu'on a recours aux imputations multiples. En effet, selon les résultats de Madley-Dowd et al. (2019), la qualité des imputations multiples ne dépend pas du taux de données manquantes dans le jeu de données, mais dépend plutôt du nombre de facteurs auxiliaires utilisés pour prédire les variables à imputer. Parmi les variables auxiliaires utilisées comme prédicteurs des différentes variables à imputer, nous avons d'abord inclus les variables explicatives que nous souhaitons intégrer dans les modèles sur les performances en mathématiques aux séquences 1 et 3<sup>10</sup>. De plus, nous avons intégré les variables auxiliaires qui se sont avérées significatives dans les régressions logistiques utilisées pour expliquer le fait d'avoir un score manquant aux performances en mathématiques de S1 et S3 (voir tableau 15). Enfin, les variables du jeu de données qui sont corrélées à au moins .30 avec les variables à imputer ont également été intégrées comme prédicteurs. Après observation des modèles, nous avons conclu à une fiabilité adéquate des analyses à partir de 40 jeux d'imputation (voir annexe 8, p. 204, pour plus d'informations sur la détermination du nombre de jeux d'imputation).

#### ***4.2. Analyses préliminaires : invariances longitudinales de la motivation et de l'autorégulation***

Avant de procéder à des analyses longitudinales, l'invariance longitudinale des mesures de motivation autonome en mathématiques et d'autorégulation scolaire a été analysée. Évaluer l'invariance dans le temps des construits est nécessaire pour s'assurer que le changement temporel observé dans les modèles longitudinaux correspond bien à un changement réel et pas à un changement temporel du construit de la mesure (Brown, 2015). Quatre niveaux d'invariance sont analysés : l'invariance configurale (i.e., même structuration de la mesure latente dans le temps), l'invariance faible (i.e., invariance configurale et charges factorielles des facteurs manifestes identiques dans le temps), l'invariance forte (i.e., invariance métrique et intercepts des facteurs manifestes identiques dans le temps) et l'invariance stricte (i.e., invariance forte et variances résiduelles des facteurs manifestes identiques dans le temps). Dans

---

<sup>10</sup> Le niveau initial en mathématiques, la motivation autonome en mathématiques, l'autorégulation et les attitudes coopératives des élèves mesurées au temps 1 ainsi que la filière professionnelle des élèves et les conditions d'apprentissage.

notre cas, nous estimons que l'invariance longitudinale faible des mesures doit être validée à minima. Les analyses factorielles confirmatoires longitudinales ont été menées avec le package lavaan sur R Studio version 4.0.2 (Rosseel, 2012). Pour analyser le niveau d'invariance longitudinale qui s'ajuste le mieux aux données, plusieurs indicateurs d'ajustement et leur seuil sont observés : la non-significativité de la déviance du  $\chi^2$  du Maximum de Vraisemblance ( $\Delta\chi^2_{ML}$ ), la supériorité de l'Indice d'Ajustement Comparatif (CFI) à 0.90 ainsi que sa déviance ( $\Delta CFI$ ) ne devant pas varier au-delà de 0.01 et l'infériorité de l'Erreur Quadratique Moyenne d'Approximation (RMSEA) à 0.06 (Brown, 2015 ; Newsom, 2015). Les analyses des mesures d'invariance longitudinale sont résumées dans le tableau 16.

**Tableau 16. Modèles d'invariance longitudinale de la motivation autonome en mathématiques et de l'autorégulation scolaire.**

	$\chi^2_{ML}$	$\chi^2_{MLrobust}$	Df	CFI	RMSEA [IC < 0.90]
<b>Motivation autonome</b>					
Modèle de base	13881.1	10001.0	66		
Invariance configurale	717.8	588.7	42	0.96	0.092 [0.086 ; 0.099]
Invariance faible	669.6	573.0	48	0.96	0.088 [0.082 ; 0.094]
Invariance forte	2085.3	1788.5	56	0.85	0.147 [0.142 ; 0.145]
<b>Autorégulation</b>					
Modèle de base	23163.3	16623.2	351		
Invariance configurale	1617.6	1205.3	297	0.94	0.051 [0.049 ; 0.054]
Invariance faible	1638.9	1236.2	313	0.94	0.050 [0.048 ; 0.053]
Invariance forte	1798.3	1375.3	331	0.94	0.051 [0.049 ; 0.054]
Invariance stricte	7186.4	5503.9	358	0.70	0.107 [0.104 ; 0.109]

Pour l'échelle de motivation autonome en mathématiques, le modèle d'invariance longitudinale faible est celui qui s'ajuste le mieux aux données de la mesure. La structure de la mesure de motivation autonome et les charges factorielles de ces énoncés varient très peu dans le temps. Même si la décroissance de la déviance du maximum de vraisemblance entre les modèles d'invariances configurale et faible est significative ( $\Delta\chi^2_{ML}(48) = 29.91, p < .001$ ) et que l'indicateur RMSEA du modèle faible est supérieur à 0.06, le RMSEA diminue de 0.04

point entre les modèles d'invariance configurale et faible. L'indice CFI est très satisfaisant (0.96) pour les modèles d'invariances configurale et faible et ne varie pas. Le modèle d'invariance forte s'ajuste moins aux données car la déviance du maximum de vraisemblance entre les modèles d'invariances faible et forte est significative ( $\Delta\chi^2_{ML}(56) = 1231.98, p < .001$ ), l'indicateur CFI baisse de 0.09 points et le RMSEA augmente au-delà du seuil acceptable de 0.1.

Pour l'échelle d'autorégulation scolaire, le modèle d'invariance longitudinale forte est celui qui s'ajuste le mieux aux données de la mesure. Sa structure, les charges factorielles des énoncés et les intercepts varient très peu dans le temps. Même si la décroissance de la déviance du maximum de vraisemblance entre les modèles d'invariances faible et forte est significative ( $\Delta\chi^2_{ML}(331) = 160.9, p < .001$ ), la qualité des indices d'ajustement CFI (0.94) et RMSEA (0.051) permet de conclure à une invariance longitudinale forte. Le modèle d'invariance longitudinale stricte ne s'ajuste pas correctement aux données : l'indice CFI diminue de 0.24 point et l'indice RMSEA dépasse le seuil acceptable de à 0.1.

### ***4.3. Modèles statistiques***

Pour répondre à nos hypothèses de recherche, nous avons eu recours à des modélisations multiniveaux. La modélisation multiniveaux est pertinente pour analyser des phénomènes éducatifs car elle permet de considérer l'interaction entre les caractéristiques individuelles des élèves et le milieu scolaire (Bressoux et al., 1997). Etant donné que les élèves appartiennent à des classes et que ces classes sont incluses dans des établissements, une certaine hétérogénéité de réussite entre les classes et/ou entre les établissements peut apparaître. En somme, ce type de modélisation nous permet de tenir compte des effets du contexte scolaire imbriqué dans plusieurs niveaux d'analyse (effets aléatoires).

Dans nos recherches, trois niveaux imbriqués peuvent représenter la variabilité des scores de motivation, d'autorégulation et de performances en mathématiques des élèves. Le niveau le plus « proche » des élèves est le niveau inter-élève et regroupe les facteurs individuels susceptibles de faire varier leurs scores. Par exemple, le niveau de performance en mathématiques des élèves peut varier en fonction du niveau de motivation et d'autorégulation qui leurs sont propres. Le deuxième niveau est le niveau inter-classes (e.g., Maulana et al., 2013, 2014 ; van der Veen & Peetsma, 2009, 2020). Ici, on considère que les élèves d'une classe ont des caractéristiques communes, mais que celles-ci peuvent varier d'une classe à l'autre. Par

exemple, des facteurs liés aux pratiques enseignantes ou aux conditions matérielles de la classe peuvent représenter des différences de scores d'une classe à l'autre. Enfin, un troisième niveau, le niveau inter-établissements peut également être considéré afin de mieux représenter la variabilité des scores. Par exemple, des politiques d'établissement ou des climats scolaires élitistes peuvent conduire certains établissements à être plus efficaces que d'autres et avoir, *in fine*, un impact sur le niveau de performances des élèves (Sellström & Bremberg, 2006). Dans l'expérimentation ProFAN, les conditions d'apprentissage ayant été directement affectées au niveau des établissements, les conditions d'apprentissage constituent un facteur qui se situe au niveau « établissements ». En conséquence, considérer les différents niveaux de variabilité des scores de motivation, d'autorégulation et de performances dans nos analyses était recommandé.

Les analyses multiniveaux sont menées par hiérarchie de modèles et nous utilisons la méthode d'estimation du maximum de vraisemblance « complet ». A chaque spécification, la décroissance de la déviance est évaluée et calculée à partir du rapport de vraisemblance. Précisément, la déviance d'un premier modèle est comparée à celle d'un modèle davantage contraint ( $\Delta_{(ddl \text{ modèle } 1 - ddl \text{ modèle } 2)} = \text{maximum de vraisemblance}_{\text{modèle } 1} - \text{maximum de vraisemblance}_{\text{modèle } 2}$ ). Lorsque la décroissance de la déviance est statistiquement significative au seuil de .05 dans la table du  $\chi^2$  à  $n$  degrés de libertés  $ddl$  ( $n$  étant le nombre de paramètres ajoutés au modèle), cela signifie que le modèle davantage contraint s'ajuste mieux aux données. La statistique de la déviance est appropriée pour évaluer l'ajustement des données du modèle pour les effets aléatoires et les effets fixes et le calcul de la valeur du  $t$  de Student peut également compléter les conclusions quant à la significativité des effets fixes dans les modèles (Bressoux, 2010).

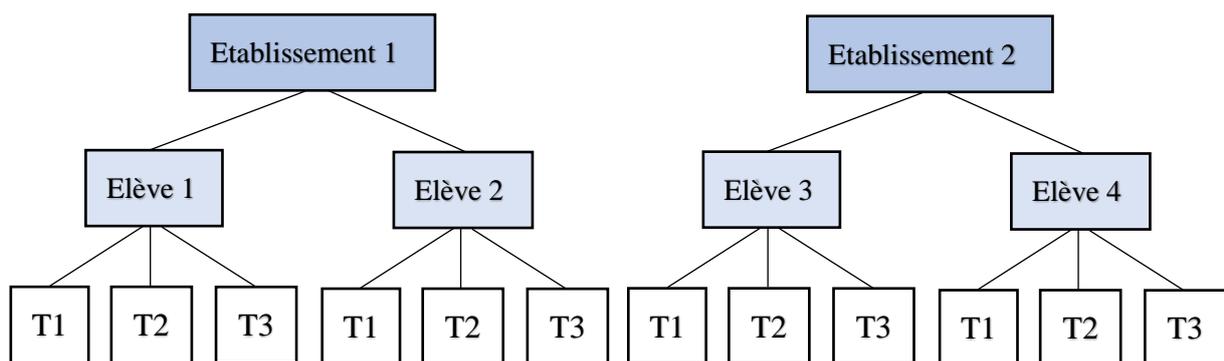
Ayant trois temps de mesure pour la motivation autonome en mathématiques et l'autorégulation scolaire des élèves, les modèles multiniveaux se complexifient et sont combinées avec des analyses de croissance. Dans la section suivante, nous décrivons précisément ces modèles.

### **Les modèles de croissance multiniveaux sur la motivation et l'autorégulation**

Les modèles de croissance ont la particularité de mesurer l'évolution d'un phénomène dans le temps. Disposer d'au moins trois temps de mesure confère l'avantage d'évaluer le rythme de croissance des élèves ; et l'intégrer dans un modèle multiniveaux permet de conserver le temps comme prédicteur dans les analyses. Un autre avantage est que les modèles de croissance

multiniveaux sont souples pour estimer des paramètres même lorsqu'un participant possède des données manquantes. En effet, ils ne contraignent pas à avoir le même nombre de données longitudinales pour chaque individu et il est possible de conserver l'échantillon dans sa globalité dès lors que l'élève a rempli au moins un temps de mesure (Bressoux, 2010).

La particularité des modèles de croissance multiniveaux tient dans la distinction entre le niveau intra-élève et le niveau inter-élèves. Le niveau intra-élève réfère au changement visible dans le temps pour un même élève et le niveau inter-élève décrit les changements moyens observés entre les élèves. Concernant les niveaux contextuels dans les analyses, nous n'avons pas inclus un niveau inter-classes car le passage de la première à la terminale professionnelle rendait particulièrement délicat et complexe l'analyse des données. En conséquence, nous avons inclus comme niveau contextuel, le niveau inter-établissements. La figure 7 représente schématiquement la représentation à trois niveaux de notre modèle de croissance multiniveaux.



**Figure 7. Représentation schématique des niveaux intra-élève (T), inter-élèves (Elève) et inter-établissements (Etablissement) dans le modèle de croissance multiniveaux.**

### **Stratégie de spécification des modèles de croissance multiniveaux**

Les analyses de croissance multiniveaux ont été réalisées avec R Studio version 4.0.2 avec le package lme4 (Bates et al., 2015). Nous décrivons ci-dessous les différentes étapes du modèle, en commençant par le modèle inconditionnel de croissance, puis le modèle conditionnel de croissance.

**Modèle inconditionnel de croissance.** Le modèle inconditionnel de croissance comporte trois niveaux aléatoires : un niveau intra-élève, un niveau inter-élèves et un niveau inter-établissements. Ci-dessous, les équations de l'évolution de la motivation autonome et de l'autorégulation sont similaires et sont représentées par  $Y_{it}$ .

L'équation du premier niveau du modèle est la suivante :

$$Y_{it} = \pi_{0i} + \pi_{1i} \text{TEMPS}_{it} + e_{it}$$

$\pi_{0i}$  représente la constante du modèle d'un élève  $i$  et  $\pi_{1i} \text{TEMPS}_{it}$  correspond à la pente de l'élève  $i$  calculé à partir des trois temps  $t$  de mesure. La constante représente le niveau initial de motivation autonome en mathématiques ou d'autorégulation scolaire et le temps indique le changement des scores de motivation autonome et d'autorégulation à chaque augmentation d'une unité de temps. L'espace entre chaque temps de mesure étant assez similaire, le temps est codé 0, 1 et 2. Enfin,  $e_{it}$  représente le résidu du modèle pour chaque élève  $i$  à chaque temps  $t$  mesuré.

L'ajout du deuxième niveau donne l'équation suivante :

$$Y_{it} = \beta_{00} + \beta_{10} \text{TEMPS}_{it} + (u_{0i} + u_{1i} \text{TEMPS}_{it} + e_{it})$$

$\beta_{00}$  correspond à la constante moyenne et  $u_{0i}$  indique l'écart d'un élève  $i$  par rapport à cette constante moyenne.  $\beta_{10}$  correspond à la pente moyenne et  $u_{1i} \text{TEMPS}_{it}$  indique l'écart d'un élève  $i$  par rapport à la pente moyenne. Ces informations permettent d'estimer la variabilité inter-élèves en termes de constante, de pente et de covariance entre la pente et la constante.

L'équation définitive du modèle inconditionnel avec le troisième niveau est :

$$Y_{it} = \beta_{000} + \beta_{100} \text{TEMPS}_{ijt} + (v_{00ij} + u_{0i} + v_{1ij} \text{TEMPS}_{it} + u_{1ij} \text{TEMPS}_{ijt} + e_{ijt})$$

$\beta_{000}$  correspond à la constante moyenne et  $v_{00ij}$  représente l'écart d'un établissement  $j$  par rapport à la constante moyenne  $\beta_{000}$ .  $\beta_{100}$  correspond à la pente moyenne et  $v_{1ij} \text{TEMPS}_{ijt}$  indique l'écart d'un établissement  $j$  par rapport à la pente moyenne  $\beta_{100}$ .

**Modèle conditionnel.** Les étapes du modèle conditionnel de croissance permettent d'introduire les variables constituant les effets fixes du modèle. Pour exemplifier les étapes, nous décrirons le modèle incluant l'interaction entre les conditions d'apprentissage et les attitudes coopératives des élèves. Un modèle spécifique a permis d'étudier l'interaction des conditions avec le niveau initial des élèves et un autre modèle a intégré l'interaction entre les conditions et la qualité

d'implémentation des conditions. En première étape, les variables contrôles sont introduites une à une. Les deux premières correspondent respectivement au niveau scolaire en mathématiques rapportées par les élèves (variable continue) et à la filière professionnelle des élèves (codées en variables muettes, avec pour référence la filière « commerce »). La troisième se situe au niveau « établissement » et correspond à la fidélité d'implémentation des conditions d'apprentissage (codée en variable dichotomique : bonne/moyenne qualité d'implémentation d'une part, *versus* mauvaise qualité et qualité inconnue d'autre part). En deuxième étape, les attitudes coopératives rapportées par les élèves sont intégrées comme effet simple, puis en troisième étape les conditions d'apprentissage sont incluses en variables muettes, avec la condition d'apprentissage habituel comme référence. En quatrième étape, l'interaction entre les attitudes coopératives et les conditions d'apprentissage est introduite suivie en cinquième étape, par l'interaction des attitudes coopératives avec le temps. Enfin, les deux dernières étapes permettent de répondre aux hypothèses en incluant d'abord l'interaction des conditions d'apprentissage avec le temps puis, l'interaction trois voix comprenant les conditions d'apprentissage, le temps et les attitudes coopératives.

### **Les modèles multiniveaux sur les performances en mathématiques**

Pour analyser l'impact des conditions d'apprentissage sur les performances en mathématiques des élèves, nous avons, comme précédemment, réalisé à des analyses multiniveaux en incluant, cette fois, le niveau inter-classes. Les analyses de notre modélisation à trois niveaux (i.e., inter-établissements, inter-classes et intra-classe) ont été réalisées de manière identique à celles des modèles multiniveaux de croissance, c'est-à-dire par hiérarchie de modèles et en calculant la décroissance de la déviance à chaque spécification du modèle.

Les modélisations pour les performances en mathématiques ont la particularité d'être menées sur des données imputées avec une procédure d'imputations multiples par équations chaînées. En conséquence, la déviance, les estimations et les variances des paramètres estimés des modèles sont calculées à partir de 40 jeux d'imputations. La combinaison des jeux d'imputations pour les estimations est stipulée par les règles de Rubin (van Buuren, 2018). Sous l'hypothèse que les distributions des estimations des jeux d'imputations suivent une loi normale, les estimations sont combinées par leur moyenne. Pour chaque estimation, nous devons nous assurer que la variance attribuable aux données manquantes soit peu élevée. Pour cela, il suffit de vérifier la Fraction d'Information Manquante  $\gamma$  (FIM) pour chaque estimation.

La fraction d'information manquante peut varier entre 0 et 1, et on estime qu'une proportion d'augmentation de variance due à l'absence de données inférieure à .50 peut conduire à une fiabilité de test satisfaisante (van Buuren, 2018) (voir l'encadré 4 pour le calcul de la Fraction d'Information Manquante).

**Encadré 4. La variance et la Fraction d'Information Manquante (FIM) d'un paramètre dans un modèle par imputation multiple (van Buuren, 2018)**

Pour calculer la Fraction d'Information Manquante d'un paramètre, qui correspond à l'augmentation de la variance de l'estimation qui est attribuable à l'absence de données, il faut d'abord partir du calcul de la variance totale  $T$  de chaque paramètre estimé dans les modèles. Cette variance combine trois types de variance et est calculée ainsi :

$$T = \bar{U} + B + B/m$$

$\bar{U}$  correspond à la variance intra-imputation, c'est-à-dire à la variance de l'échantillonnage au sein même d'un jeu d'imputation.  $B$  représente la variance inter-imputation. Il s'agit de la variance qui est attribuable aux données manquantes.  $B/m$  correspond à la variance inter-imputations en considérant le nombre fini  $m$  d'imputations. La combinaison de ces trois variances augmente nécessairement la variance totale d'un paramètre, toutefois il faut veiller à ce que l'augmentation de la proportion de la variance inter-imputation d'un paramètre s'élève peu ; dans le cas contraire, cela signifierait que la variance attribuable aux données manquantes est élevée. Pour vérifier cette proportion, particulièrement son augmentation, il suffit de calculer la Fraction d'Information Manquante  $\gamma$  (FIM) à chaque paramètre du modèle. La FIM est calculée à partir d'un nombre de degrés de liberté  $\nu$  lui-même estimé à partir du nombre d'imputations incluses dans les analyses. Avant de calculer la FIM, il faut mesurer la proportion d'augmentation de la variance due aux données manquantes indépendamment du nombre de degré de liberté réestimé :

$$r = \frac{B+B/m}{\bar{U}}$$

Enfin, nous pouvons calculer la FIM  $\gamma$  ainsi :

$$\gamma = \frac{r+2/(\nu+3)}{1+r}$$

## Stratégie de spécification des modèles multiniveaux

Pour mener les analyses multiniveaux par imputations multiples, nous avons utilisé les packages MICE (van Buuren & Groothuis-Oudshoorn, 2011) et lme4 (Bates et al., 2015) à partir du logiciel R Studio version 4.0.2. La combinaison de ces deux packages permet de calculer les estimations des effets fixes des modèles multiniveaux par combinaison des jeux d'imputations en suivant les règles de Rubin. Toutefois, cela ne permet pas de combiner les constantes des effets aléatoires des modèles et certains indices comme les déviations et le  $R^2$ . En conséquence, nous avons construit des syntaxes supplémentaires permettant de combiner les différents jeux d'imputation et nous avons considéré les moyennes des 40 jeux d'imputations pour calculer ces statistiques.

**Modèle vide.** Pour les analyses multiniveaux réalisées sur les performances en mathématiques des élèves, nous avons d'abord procédé par une analyse du modèle vide. Ce modèle est considéré vide car aucun facteur conditionnel n'est intégré dans le modèle. Le modèle est similaire à une ANOVA avec effets aléatoires et prend la forme suivante :

$$Y_{ij} = \gamma_{00} + u_{0j} + e_{ij}$$

$\gamma_{00}$  représente la moyenne de  $Y$ ,  $u_{0j}$  correspond à l'erreur associée à chaque classe  $j$  et  $e_{ij}$  représente l'erreur aléatoire associée à chaque élève  $i$  (Bressoux, 2010).

**Modèle conditionnel.** Pour rendre compte des facteurs conditionnels qui expliquent en partie les performances en mathématiques des élèves, nous avons inclus une à une les variables explicatives suivantes : le niveau initial rapporté par les élèves en mathématiques, leur motivation en mathématiques, leur autorégulation et leurs attitudes coopératives au temps 1. Le statut social des élèves (inclus au départ) s'étant avéré non-significatif, nous l'avons retiré des analyses. Nous avons ensuite intégré les filières professionnelles comme variable contrôle ainsi que l'indicateur de fidélité d'implémentation. Les conditions d'apprentissage ont été intégrées en variable muette et leurs interactions avec la fidélité d'implémentation, le niveau initial en mathématiques et les attitudes coopératives des élèves ont été introduites dans des modèles séparés.

Dans ce chapitre, nous présenterons les résultats en deux sections. La première sera dédiée à une présentation descriptive des données et la seconde à la présentation de nos résultats répondant à nos trois objectifs de recherche. Pour rappel, le premier objectif de recherche vise à évaluer l'efficacité de la méthode en classe puzzle sur les performances des élèves en mathématiques au début de l'expérimentation (hypothèse 1a) et un an après le début de celle-ci (hypothèse 1b). Le second est d'examiner si la méthode en classe puzzle impacte les trajectoires de motivation autonome en mathématiques (hypothèse 2a) et celles d'autorégulation des élèves (hypothèse 2b). Enfin, le troisième objectif est d'étudier si la fidélité d'implémentation de la méthode *Jigsaw* (hypothèse 3a), les attitudes coopératives des élèves (hypothèse 3b) et leur niveau initial en mathématiques (hypothèse 3c) peuvent modérer l'efficacité de la méthode en classe puzzle.

### 1. Résultats descriptifs

#### 1.1. Performances en mathématiques aux séquences 1 et 3

Les résultats descriptifs des performances en mathématiques aux séquences 1 et 3 sont résumés dans le tableau 17. Nous observons d'abord que la moyenne de performances des élèves diffère entre les deux séquences d'apprentissage en mathématiques. Les élèves ont mieux performé à l'évaluation de la séquence 1 ( $M = 5.56$  ;  $ET = 2.10$ ) qu'à celle de la séquence 3 ( $M = 4.30$  ;  $ET = 2.17$ ). Nous ne constatons aucune différence significative de performance à la séquence 1 entre les trois conditions d'apprentissage :  $F(1,4736) = 1.40$ , *ns* ( $M_{\text{puzzle}} = 5.63$  ;  $M_{\text{coopération}} = 5.37$  ;  $M_{\text{habituel}} = 5.68$ ). En revanche, les performances des élèves à la séquence 3 diffèrent selon les trois conditions :  $F(1,3097) = 10.64$ ,  $p < .01$ . Les élèves ayant appris avec la méthode en classe puzzle ont une performance plus élevée que les élèves des deux autres conditions ( $M_{\text{puzzle}} = 4.44$  ;  $M_{\text{coopération}} = 4.24$  ;  $M_{\text{habituel}} = 4.21$ ). C'est d'ailleurs dans cette condition qu'on observe le plus de dispersion dans les scores ( $ET_{\text{puzzle}} = 2.19$  ;  $ET_{\text{coopération}} = 2.12$  ;  $ET_{\text{habituel}} = 2.06$ ). Les élèves qui ont appris en coopération peu structurée et ceux qui ont appris de manière habituelle rapportent des moyennes quasi similaires.

**Tableau 17. Statistiques descriptives des performances en mathématiques S1 et S3 selon les conditions.**

	Conditions d'apprentissage						<i>p</i> <	Total	
	Classe puzzle		Coopération		Habituel			M	ET
	M	ET	M	ET	M	ET			
<b>Performances S1</b>	5.63	2.09	5.37	2.18	5.68	2.06	ns	5.56	2.10
<b>Performances S3</b>	4.44	2.19	4.24	2.12	4.21	2.06	.01	4.30	2.17

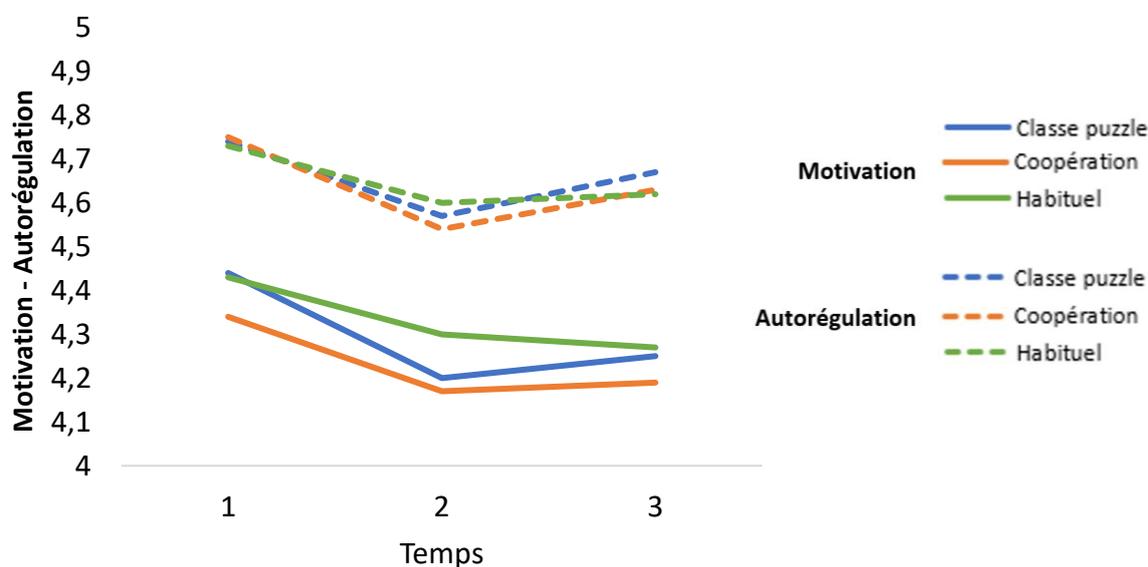
### *1.2. Motivation en mathématiques et autorégulation scolaire*

Le tableau 18 indique les moyennes et les écart-types de la motivation et de l'autorégulation des élèves et la figure 8 permet de visualiser les moyennes aux trois temps de mesure. On observe d'abord que la moyenne de la motivation autonome des élèves en mathématiques est globalement assez élevée : elle est de 4.40 au temps 1 et de 4.24 au temps 3 pour un score maximal possible de 7 points. Les élèves rapportent également un score moyen d'autorégulation assez élevé : la moyenne d'autorégulation au temps 1 s'élève à 4.74 et à 4.64 au temps 3 pour un score maximal de 7 points. La motivation des élèves en mathématiques ainsi que leur niveau d'autorégulation auto-rapportés diminuent au fil de l'expérimentation, notamment entre les temps un et deux. Mais, cette baisse apparaît peu importante puisqu'elle représente 0.16 point de la motivation en mathématiques et 0.10 point de l'autorégulation entre les temps 1 et 3.

Selon les conditions d'apprentissage, les moyennes de la motivation en mathématiques et de l'autorégulation des élèves ne sont différentes ni au temps 1 [motivation :  $F(2,4279) = 1.697, p = .183$  ; autorégulation :  $F(2,4279) = 0.046, p = .955$ ], ni au temps 2 [motivation :  $F(2,3044) = 1.692, p = .184$  ; autorégulation =  $F(2,3097) = 0.229, p = .796$ ], ni au temps 3 [motivation :  $F(2,2152) = 0.448, p = .639$  ; autorégulation :  $F(2,2152) = 0.320, p = .726$ ].

**Tableau 18. Statistiques descriptives de la motivation et de l'autorégulation selon les conditions.**

	Conditions d'apprentissage						<i>p</i> <	Total	
	Classe puzzle		Coopération		Habituel			M	ET
	M	ET	M	ET	M	ET			
<b>Motivation</b>									
Temps 1	4.44	1.54	4.34	1.61	4.43	1.58	ns	4.40	1.58
Temps 2	4.20	1.59	4.17	1.61	4.30	1.52	ns	4.22	1.58
Temps 3	4.25	1.60	4.19	1.53	4.27	1.62	ns	4.24	1.58
<b>Autorégulation</b>									
Temps 1	4.74	1.19	4.75	1.22	4.73	1.18	ns	4.74	1.20
Temps 2	4.57	1.20	4.54	1.23	4.60	1.20	ns	4.57	1.21
Temps 3	4.67	1.24	4.63	1.20	4.62	1.22	ns	4.64	1.22



**Figure 8. Moyennes de motivation et d'autorégulation selon les conditions.**

### 1.3. Niveau initial en mathématiques

D'après les résultats résumés dans le tableau 19, le niveau initial des élèves en mathématiques diffère de manière significative entre les trois conditions d'apprentissage,  $F(1,4584) = 21.53$   $p < .001$ . Les élèves de la condition en classe puzzle ( $M = 2.26$  ;  $ET = 1.09$ ) rapportent un moins bon niveau initial en mathématiques que ceux ayant appris de manière habituelle ( $M = 2.37$  ;  $ET = 1.11$ ). De plus, les élèves de ces deux conditions rapportent un niveau initial qui est plus élevé que ceux de la condition d'apprentissage coopératif peu structuré ( $M = 2.11$  ;  $ET = 1.09$ ).

Il est toutefois difficile de déterminer si cet écart significatif est élevé car une moyenne de 2 signifie que les élèves rapportent des moyennes en mathématiques qui se situent entre 9 et 12.9 sur 20. La moyenne étant légèrement supérieure à 2 dans les trois conditions, celle-ci nous indique qu'une grande majorité d'élèves rapportent avoir une moyenne en mathématiques avant le début de l'expérimentation qui se situe entre 9 et 12.9 et qu'une autre partie des élèves rapportent des moyennes entre 13 et 14.9.

**Tableau 19. Statistiques descriptives du niveau initial en mathématiques selon les conditions.**

	Conditions d'apprentissage						<i>p</i> <	Total	
	Classe puzzle		Coopération		Habituel			M	ET
	M	ET	M	ET	M	ET			
<b>Niveau maths</b>	2.26	1.09	2.11	1.09	2.37	1.11	.001	2.24	1.10

#### *1.4. Attitudes coopératives*

Les résultats descriptifs concernant les attitudes coopératives rapportées par les élèves sont répertoriés dans le tableau 20. Les moyennes d'attitudes coopératives sont identiques entre les trois conditions d'apprentissage au temps 1 [ $F(2,4279) = 2.00, ns$ ]; au temps 2 [ $F(2,3044) = 2.61, p = .07$ ], mais différentes au temps 3 [ $F(2,2152) = 4.507, p < .02$ ]. Les élèves appartenant à la condition d'apprentissage coopératif en classe puzzle rapportent moins d'attitudes coopératives au temps 3 ( $M = 1.85$ ) que les élèves en condition d'apprentissage habituel ( $M = 1.94$ ). Globalement, les écart-types sont peu élevés ( $0.57 \leq ET \leq 0.62$ ) et signifient que les scores d'attitudes coopératives aux trois temps de mesure sont peu dispersés autour des moyennes.

**Tableau 20. Statistiques descriptives des attitudes coopératives selon les conditions.**

	Conditions d'apprentissage						<i>p</i> <	Total	
	Classe puzzle		Coopération		Habituel			M	ET
	M	ET	M	ET	M	ET			
<b>Attitudes coopératives T1</b>	2.05	0.63	2.01	0.62	2.01	0.62	ns	2.02	0.62
<b>Attitudes coopératives T2</b>	1.90	0.63	1.89	0.60	1.95	0.57	ns	1.91	0.60
<b>Attitudes coopératives T3</b>	1.85	0.58	1.90	0.59	1.94	0.55	.02	1.89	0.57

### *1.5. Corrélations entre nos facteurs d'intérêts*

Les corrélations résumées dans le tableau 21 indiquent que les deux scores de performance en mathématiques S1 et S3 sont modérément corrélés ( $r = .40$ ) et qu'ils sont faiblement corrélés positivement avec le niveau initial des élèves en mathématiques (respectivement pour les performances S1 et S3 :  $r = .25$  et  $.28$ ). Les scores de performance sont également faiblement corrélés de manière positive aux scores de motivation ( $.14 \leq r \leq .22$ ) et aux scores d'autorégulation ( $.11 \leq r \leq .16$ ). Les trois temps de mesure sont assez fortement corrélés pour la motivation autonome en mathématiques ( $.50 \leq r \leq .61$ ) et pour l'autorégulation ( $.45 \leq r \leq .56$ ). Des corrélations, moins élevées apparaissent entre les scores de motivation et d'autorégulation ( $.24 \leq r \leq .39$ ), entre le niveau initial en mathématiques et les scores de motivation en mathématiques ( $.32 \leq r \leq .43$ ) et entre le niveau initial en mathématiques et les scores d'autorégulation ( $.19 \leq r \leq .24$ ). Quel que soit le temps de mesure, les scores d'attitudes coopératives ne corrèlent pas ou très faiblement aux scores de mathématiques, de motivation et d'autorégulation.

**Tableau 21. Coefficients de corrélation des performances, de la motivation en maths, de l'autorégulation et des attitudes coopératives à travers les différents temps (T1, T2, T3).**

	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.
1. Performance maths S1	.-											
2. Performance maths S3	.403**	.-										
3. Niveau initial maths	.249**	.284**	.-									
4. Motivation autonome T1	.144**	.160**	.435**	.-								
5. Motivation autonome T2	.172**	.226**	.360**	.615**	.-							
6. Motivation autonome T3	.160**	.220**	.327**	.508**	.601**	.-						
7. Autorégulation T1	.151**	.139**	.247**	.397**	.315**	.289**	.-					
8. Autorégulation T2	.128**	.137**	.192**	.272**	.349**	.290**	.563**	.-				
9. Autorégulation T3	.118**	.169**	.200**	.241**	.267**	.396**	.451**	.506**	.-			
10. Attitudes coopératives T1	-.039*	-.088**	-.046**	0.012	0.013	-0.040	-.068**	-.091**	-.097**	.-		
11. Attitudes coopératives T2	-.073**	-.103**	-.038*	0.023	0.030	-0.042	-.089**	-.093**	-.108**	.459**	.-	
12. Attitudes coopératives T3	-0.043	-.068**	-0.013	0.024	0.037	0.034	-.050**	-.062**	-.085**	.379**	.464**	.-

\*\* $p < .01$  \* $p < .05$

### 1.6. Fidélité d'implémentation de l'intervention

Pour évaluer la fidélité d'implémentation des conditions d'apprentissage coopératif, nous avons catégorisé les établissements selon leur fidélité d'implémentation d'une part, pour chaque année scolaire et d'autre part, pour les deux années scolaires (voir tableau 22). Nous observons d'abord que la fidélité d'implémentation des conditions d'apprentissage coopératif dans les classes de mathématiques durant l'année de première (1<sup>ère</sup> année) est globalement bonne dans 11 établissements ayant appris avec la méthode *Jigsaw* et 6 dans la condition d'apprentissage coopératif peu structuré. Ensuite, durant l'année de terminale (2<sup>e</sup> année), le nombre d'établissements qui ont implémenté correctement la méthode en classe puzzle dans les classes a augmenté de six unités et l'apprentissage coopératif peu structuré d'une unité. Cependant, les référents des établissements ont souvent rapporté une mauvaise fidélité d'implémentation, surtout dans la condition d'apprentissage coopératif structuré.

En moyenne, sur les deux années scolaires, la répartition des établissements sur les niveaux de fidélité d'implémentation de la classe puzzle est assez équilibré, bien que davantage

d'établissements soient catégorisés comme ayant une mauvaise fidélité d'implémentation ( $n_{\text{bonne}} = 9$  ;  $n_{\text{moyenne}} = 9$  ;  $n_{\text{mauvaise}} = 11$ ). La répartition des établissements sur les niveaux de fidélité d'implémentation est plus inégale dans la condition d'apprentissage coopératif peu structuré, une majorité étant catégorisée comme ayant une mauvaise fidélité d'implémentation ( $n_{\text{bonne}} = 7$  ;  $n_{\text{moyenne}} = 1$  ;  $n_{\text{mauvaise}} = 14$ ).

**Tableau 22. Nombre de lycées selon la fidélité d'implémentation dans les apprentissages coopératifs en mathématiques.**

	Conditions d'apprentissage coopératif					
	Classe puzzle			Coopération peu structurée		
	1 <sup>ère</sup> année n lycées	2 <sup>e</sup> année n lycées	Les 2 années n lycées	1 <sup>ère</sup> année n lycées	2 <sup>e</sup> année n lycées	Les 2 années n lycées
<b>Bonne</b>	11	17	9	6	7	7
<b>Moyenne</b>	2	1	9	1	0	1
<b>Mauvaise</b>	13	11	11	15	14	14
<b>Inconnue</b>	12	9	9	14	15	14

## 2. Résultats des modèles multiniveaux et de croissance

### 2.1. Méthode Jigsaw et performances en mathématiques

#### 2.1.1. Modèles vides et conditionnels aux variables contrôles à la performance S1

Nous avons d'abord évalué la variabilité des scores de performance en mathématiques de séquence 1 à plusieurs niveaux, à savoir à un niveau inter-élèves, un niveau inter-classes et un niveau inter-établissements. Les résultats des premières analyses montrent qu'aucune variance inter-établissements n'est observée. La variance des scores de performance en mathématiques de S1 est principalement constituée par des différences entre les élèves, soit 89,04 % de la variance. De plus, 10,96 % de la variance des scores de performance est représentée par une variabilité inter-classes. Ainsi, bien que la source principale d'hétérogénéité se situe au sein des classes, une hétérogénéité des scores de performance est aussi observée entre les classes. Les résultats du modèle vide sur la performance en mathématiques de séquence 1 sont résumés dans le tableau 23.

Nous avons intégré dans le modèle de performance en mathématiques de S1 plusieurs variables susceptibles de réduire la variance de performance, au niveau inter-élèves et au niveau

inter-classes : le niveau initial en mathématiques, l'autorégulation, l'âge et la filière professionnelle des élèves. Ces variables ont été intégrées une à une dans le modèle et les résultats du modèle final sont présentés dans le tableau 23. Nous observons d'abord que ce modèle s'ajuste mieux aux données de performance de séquence 1 [ $\Delta(5) = 217.88, p < .001$ ]. L'inclusion des cinq facteurs dans le modèle a fait diminuer l'estimation de la variance inter-élèves de 0.15 point. Toutefois, cette réduction est peu importante, les facteurs inclus dans le modèle expliquent 3,8 %<sup>11</sup> de la variance inter-élèves. Ces facteurs permettent d'expliquer davantage la variabilité de la performance observée entre les classes, soit 18 % de la variance inter-classes.

Les résultats révèlent d'abord que plus les élèves ont un fort niveau initial en mathématiques, meilleure est leur performance de S1. Lorsque le niveau initial des élèves en mathématiques augmente d'un point, leur performance augmente de 0.29 point ( $\beta = 0.15$ ). Similairement, plus l'autorégulation des élèves est élevée, meilleure est leur performance de S1. Cette influence est en réalité peu importante puisqu'en moyenne, un écart-type d'autorégulation supplémentaire permet aux élèves de progresser de 0.06 écart-type de score en mathématiques ( $\beta = 0.06$ ). Bien que son impact soit faible, l'âge a également un effet, mais négatif sur la performance de S1 des élèves : plus les élèves sont âgés, moins ils réussissent ( $\beta = -0.08$ ). Enfin, les résultats indiquent des différences de réussite entre les filières professionnelles. Les élèves en « électricité » et en « soins à la personne » ont mieux réussi l'évaluation de S1 que les élèves en « commerce ». Les élèves en « électricité » obtiennent en moyenne un score en mathématiques de 0.45 point supérieur aux élèves en « commerce ». Les élèves en « soins à la personne » ont en moyenne 0.37 point de plus que les élèves en « commerce ». Toutefois, les différences de réussite entre les filières sont peu élevées. La différence entre les élèves en « électricité » et en « commerce » s'élève à  $\beta = 0.10$  écart-type et celle entre les élèves en « soins à la personne » et ceux en « commerce » est de  $\beta = 0.08$  écart-type. Aucune différence significative n'est constatée entre les élèves en « électricité » et en « soins à la personne ».

---

<sup>11</sup> Le pouvoir explicatif est calculé par niveau aléatoire. Par exemple, pour calculer le pouvoir explicatif du modèle sur les constantes inter-élèves, il faut prendre en considération la variance du modèle spécifié ( $\sigma_{2B}$ ) et la variance du modèle précédent qui est moins spécifié ( $\sigma_{2A}$ ). Ainsi,  $R^2 = (\sigma_{2A} - \sigma_{2B}) / \sigma_{2A}$  (Bressoux, 2010).

**Tableau 23. Modèles multiniveaux de la performance en maths S1 vide et avec le niveau en maths, l'autorégulation, l'âge et la filière des élèves.**

	Modèle 0	Modèle 1
Effets fixes	Coefficient b (ES) FIM	Coefficient b (ES) FIM <sup>12</sup>
Constante	5.56*(0.06) FIM = 0.17	4.66** (0.19) FIM = 0.28
Niveau initial en maths		0.29** (0.03) FIM = 0.32
Autorégulation initiale		0.11** (0.03) FIM = 0.38
Age		-0.20** (0.04) FIM = 0.34
Filière (référence Commerce)		
<i>Electricité</i>		0.46** (0.15) FIM = 0.20
<i>Soins à la personne</i>		0.37** (0.14) FIM = 0.19
Effets aléatoires		
Variance inter-élèves	3.92	3.77
Variance inter-classes	0.50	0.41
-2 LOG V	20193.4	19986.6

\*\*  $p < .001$  ; \*  $p < .01$

### 2.1.2. Modèles vides et conditionnels aux variables contrôles à la performance S3

Les résultats de l'analyse de la variance des scores de performance en mathématiques de séquence 3 montrent que 83,59 % de cette variance est représentée par des variabilités inter-élèves et 16,41 % par des variabilités inter-classes (voir tableau 24). Par comparaison aux performances en mathématiques de S1, la variance inter-classes est ici supérieure et indique que soit des facteurs propres à la classe ont plus impacté les scores des élèves lors de la séquence 3, soit qu'il existe une plus forte hétérogénéité entre les élèves au sein des classes. Là encore, la variance inter-établissements est non significative.

Dans le modèle de performance en mathématiques de séquence 3, nous avons introduit les mêmes variables contrôles que précédemment. Le tableau 24 permet de visualiser l'impact de l'ensemble de ces variables. Le modèle conditionnel qui inclut le niveau initial des élèves en mathématiques, leur autorégulation initiale, leur âge et la filière s'ajuste mieux aux données de performance de séquence 3 [ $\Delta(5) = 378.13$ ,  $p < .001$ ]. Ces variables réduisent la variance

<sup>12</sup> Dans ce modèle, les Fractions d'Informations Manquantes (FIM) des estimations varient entre 0.19 et 0.38, la fiabilité des analyses sur les estimations imputées est donc bonne.

inter-élèves de 0.32 point, ce qui correspond à un pouvoir explicatif de 8,2 %. Elles expliquent 13,10 % de la variabilité observée entre les classes.

Le niveau initial des élèves en mathématiques influence davantage la réussite des élèves à cette évaluation en mathématiques ( $\beta = 0.23$ ) que lors de la séquence 1. Une forte autorégulation initiale impacte aussi la réussite des élèves à cette évaluation : pour une augmentation d'un point d'autorégulation, la performance en mathématiques des élèves de S3 augmente de 0.15 point. L'effet reste faible puisque pour une augmentation d'un écart-type d'autorégulation, la performance des élèves augmente de  $\beta = 0.08$  écart-type. Une nouvelle fois, l'âge a un effet significatif et négatif sur la réussite des élèves : plus les élèves sont âgés, moins ils ont une bonne performance en mathématiques de S3, mais l'effet est encore faible ( $\beta = -0.08$ ). Concernant la filière professionnelle des élèves, les résultats sont différents de ceux observés sur les scores de performance en mathématiques de S1. Pour la séquence 3, les élèves en « commerce » ont  $\beta = 0.12$  écart-type de moins de performance que les élèves en « soins à la personne ». Aucune différence significative n'est observée entre ceux en « commerce » et ceux en « électricité ».

**Tableau 24. Modèles multiniveaux de la performance en maths S3 vide et avec le niveau en maths, l'autorégulation, l'âge et la filière des élèves.**

	Modèle 0	Modèle 1
<b>Effets fixes</b>	Coefficient b (ES) FIM	Coefficient b (ES) FIM <sup>13</sup>
Constante	5.56*(0.06) FIM = 0.17	2.76* (0.21) FIM = 0.25
Niveau initial en maths		0.46 (0.04) FIM = 0.41
Autorégulation initiale		0.15* (0.03) FIM = 0.36
Age		-0.20* (0.05) FIM = 0.37
Filière (référence Commerce)		
<i>Electricité</i>		0.23(0.17) FIM = 0.12
<i>Soins à la personne</i>		0.60* (0.17) FIM = 0.12
<b>Effets aléatoires</b>		
Variance inter-élèves	3.92	3.56
Variance inter-classes	0.50	0.66
<b>-2 LOG V</b>	20193.4	18018.43

\*\*  $p < .001$  ; \*  $p < .01$

<sup>13</sup> Les Fractions d'Informations Manquantes des estimations sont peu élevées et varient entre 0.12 et 0.42. Les estimations imputées apparaissent donc fiables.

### 2.1.3. Effet de *Jigsaw* sur la performance en mathématiques S1

D'après les résultats résumés dans le tableau 25, l'ajout des conditions d'apprentissage au modèle de performance en mathématiques de S1 améliore de manière significative le modèle [ $\Delta(2) = 6.1, p < .05$ ] et réduit la variance inter-classes de 0.01 point. Les conditions d'apprentissage expliquent à elles seules 2,4 % de la variance des scores de performance de S1 entre les classes, ce qui représente un gain explicatif faible.

Les résultats montrent une différence tendancielle de réussite entre les élèves de la condition d'apprentissage coopératif peu structuré et ceux de la condition d'apprentissage habituel. Les élèves en apprentissage coopératif peu structuré ont en moyenne 0.29 point de moins de performance en mathématiques que ceux ayant appris de manière habituelle. Cet écart est toutefois peu important, car cela correspond à un écart de 0.07 écart-type de performance en mathématiques. Aucune différence statistique significative n'est constatée entre les élèves ayant appris avec la méthode en classe puzzle et ceux ayant appris de manière habituelle. De même, aucune différence significative n'est observée entre les élèves ayant appris avec la méthode *Jigsaw* et ceux de l'apprentissage coopératif peu structuré. Notre hypothèse de recherche 1a n'est pas validée : les performances des élèves ayant appris en classe puzzle ne sont pas meilleures que celles des élèves qui ont travaillé en coopération peu structurée ou de manière habituelle.

### 2.1.4. Effet de *Jigsaw* sur la performance en mathématiques S3

Lorsque nous ajoutons les conditions d'apprentissage dans le modèle de performance en mathématiques de S3, les résultats révèlent un meilleur ajustement tendanciel du modèle [ $\Delta(2) = 4.61, p = .10$ ]. Les conditions d'apprentissage contribuent à expliquer très faiblement la variance inter-classes, soit 3 % de cette variance.

Les résultats indiquent que les élèves ayant appris avec la méthode en classe puzzle ont mieux performé que les élèves ayant appris de manière habituelle ( $b = 0.34, p < .05$ ). Cette différence est très faible puisque, toutes choses égales par ailleurs, les élèves en condition puzzle obtiennent  $\beta = 0.07$  écart-type de plus en mathématiques de S3 que les élèves de la condition d'apprentissage habituelle. Les résultats ne montrent pas de différence significative de performance entre les élèves de la condition *Jigsaw* et ceux en apprentissage coopératif peu structuré. Notre hypothèse de recherche 1b est donc partiellement validée : les élèves qui ont appris avec la méthode *Jigsaw* ont de meilleures performances en mathématiques que ceux qui

ont appris de manière habituelle un après le début de l'expérimentation, mais ils ne sont pas plus performants que les élèves qui ont appris en coopération peu structurée. La figure 9 présente les moyennes de performance en mathématiques des séquences 1 et 3 selon les conditions d'apprentissage et estimés à partir des modèles 2. Nous observons que les écarts de moyennes entre chaque condition d'apprentissage sont peu importants.

**Tableau 25. Modèles multiniveaux des performances en maths S1 et S3 avec les conditions d'apprentissage.**

	Modèle 2 - Performances S1	Modèle 2 - Performances S3
<b>Effets fixes</b>	Coefficient b (ES) FIM <sup>14</sup>	Coefficient b (ES) FIM <sup>7</sup>
Constante	4.78 <sup>***</sup> (0.21) FIM = 0.29	2.59 <sup>**</sup> (0.21) FIM = 0.26
Niveau initial en maths	0.28 <sup>***</sup> (0.03) FIM = 0.31	0.46 <sup>**</sup> (0.04) FIM = 0.41
Autorégulation initiale	0.11 <sup>***</sup> (0.03) FIM = 0.38	0.15 <sup>**</sup> (0.03) FIM = 0.36
Age	-0.20 <sup>***</sup> (0.04) FIM = 0.34	-0.20 <sup>**</sup> (0.05) FIM = 0.37
Filière (référence Commerce)		
<i>Electricité</i>	0.47 <sup>***</sup> (0.15) FIM = 0.20	0.21(0.17) FIM = 0.12
<i>Soins à la personne</i>	0.38 <sup>***</sup> (0.14) FIM = 0.19	0.61 <sup>**</sup> (0.17) FIM = 0.12
Condition (référence Habituel)		
<i>Jigsaw</i>	-0.07(0.15) FIM = 0.25	0.34 <sup>*</sup> (0.17) FIM = 0.12
<i>Coopération</i>	-0.29 <sup>†</sup> (0.15) FIM = 0.25	0.17(0.17) FIM = 0.13
<b>Effets aléatoires</b>		
Variance inter-élèves	3.77	3.56
Variance inter-classes	0.40	0.64
<b>-2 LOG V</b>	19980.5	18013.82

\*\*\*  $p < .001$  ; \*\*  $p < .01$  ; \*  $p < .05$  ; <sup>†</sup>  $p = .05$

<sup>14</sup> Ici, les FIM se situent en dessous du seuil de 0.50 et indiquent que les estimations issues des imputations sont fiables. Les imputations ont peu impacté l'augmentation des variances des paramètres.

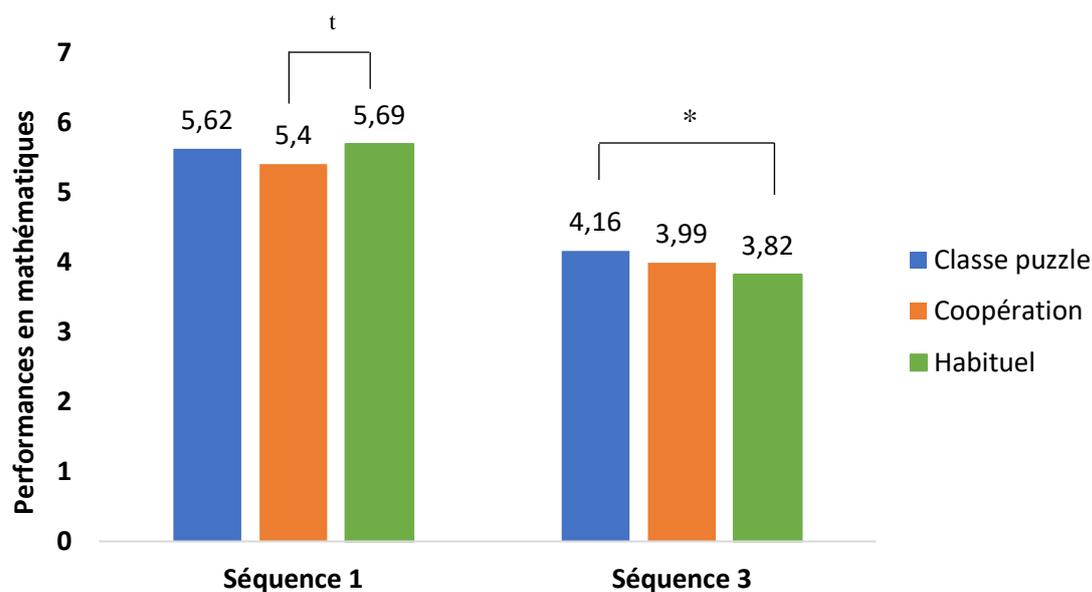


Figure 9. Performances en mathématiques aux séquences 1 et 3 entre les trois conditions.

## 2.2. Méthode Jigsaw et évolutions de la motivation et de l'autorégulation

### 2.2.1. Modèles inconditionnels de croissance

Pour les modèles inconditionnels de croissance, nous avons examiné si la variance des scores de motivation autonome en mathématiques et d'autorégulation est déterminée par trois niveaux aléatoires : un niveau intra-élève, un inter-élèves et un inter-établissements.

#### *Evolution de la motivation autonome en mathématiques*

Les résultats des étapes du modèle inconditionnel de croissance de la motivation autonome en mathématiques sont résumés dans le tableau 26. Les résultats révèlent d'abord que la motivation des élèves décroît significativement dans le temps. A chaque augmentation d'une unité de temps, les élèves perdent en moyenne 0.12 point de motivation autonome en mathématiques. En somme, pour une augmentation d'un écart-type de temps, la motivation des élèves baisse de de 0.06 écart-type. De plus, le modèle indique que la part de variance intra-élève représente près de la moitié de la variance, soit 42 % de la variance des scores de motivation. Cette variabilité signifie que, pour un même élève, sa motivation en mathématiques varie de manière importante dans le temps. Ce modèle montre également que la variance inter-élèves représente une grande part de la variance totale, soit 54,4 % de la variance des scores de motivation. Cette

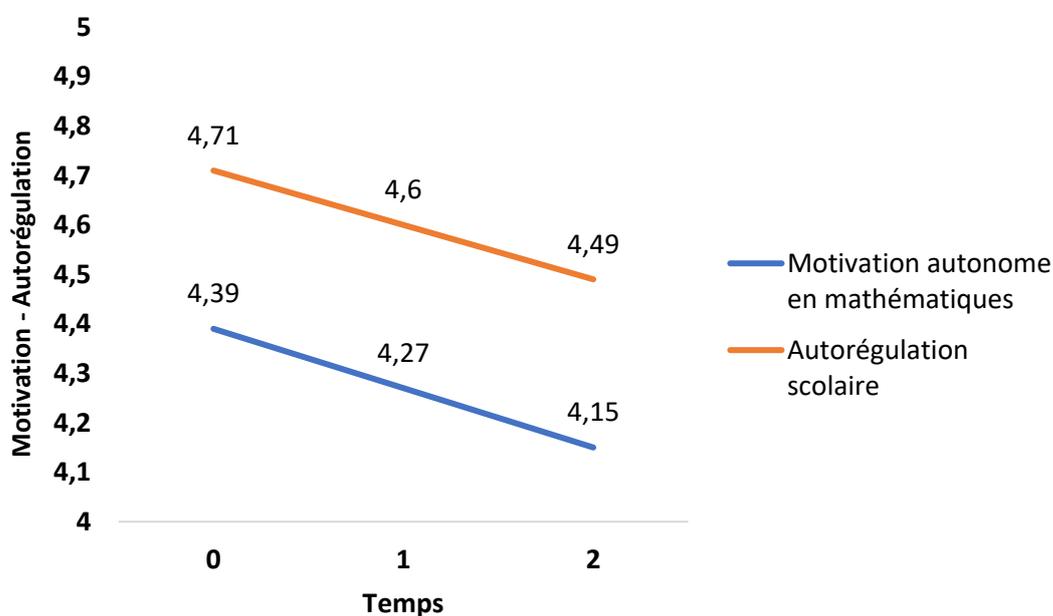
importante variabilité indique que le niveau initial de motivation diffère beaucoup entre les élèves d'un même établissement. Les résultats indiquent aussi que la décroissance de la motivation est plus importante pour ceux qui rapportent un faible niveau de motivation au départ [ $\Delta(1) = 22.5, p < .001, r = -.27$ ]. La variance inter-établissements est également significative, mais elle est très faible et représente 3,6 % des différences de scores de motivation. Elle signifie que la décroissance de la motivation est plus importante dans les établissements dans lesquels les élèves ont un faible niveau initial de motivation [ $\Delta(1) = 14.2, p < .001, r = -.61$ ].

### ***Evolution de l'autorégulation scolaire***

Les résultats présentés dans le tableau 26 révèlent que l'autorégulation des élèves décroît elle aussi significativement dans le temps. L'autorégulation et la motivation en mathématiques ont une trajectoire décroissante assez similaire (voir figure 10). L'augmentation d'une unité de temps conduit les élèves à perdre en moyenne 0.11 point d'autorégulation, soit une perte de 0.08 écart-type d'autorégulation pour une augmentation de 1 écart-type de temps. Les parts de variance des scores d'autorégulation sont également assez similaires à celles des scores de motivation des élèves. La variance globale des scores d'autorégulation est représentée par une variance intra-élève importante, soit 48,3 % de la variance totale. Pour un même élève, le niveau d'autorégulation varie de manière importante dans le temps. La variance inter-élèves représente aussi une grande part de la variance totale des scores d'autorégulation, soit 50,3 %. Comme pour la motivation en mathématiques, le niveau initial d'autorégulation des élèves diffère beaucoup entre les élèves d'un même établissement. On observe également que la décroissance d'autorégulation est plus importante pour les élèves qui rapportent un faible niveau initial d'autorégulation [ $\Delta(1) = 10.4, p < .01, r = -.24$ ]. La variance inter-établissements est également significative, mais elle est très faible et représente 1,4 % des différences de scores d'autorégulation. La décroissance de l'autorégulation est surtout plus importante dans les établissements dans lesquels les élèves ont un faible niveau d'autorégulation au départ [ $\Delta(1) = 10.7, p < .01, r = -.72$ ].

**Tableau 26. Modèles inconditionnels de croissance multiniveaux des trajectoires de motivation et d'autorégulation.**

	Motivation autonome en mathématiques					Autorégulation scolaire				
	0a	0b	0c	0d	0e	0a	0b	0c	0d	0e
<b>Effets fixes</b>										
Constante	4.39	4.39	4.39	4.39	4.39	4.71	4.71	4.71	4.71	4.71
Temps	-0.12	-0.12	-0.12	-0.12	-0.12	-0.11	-0.11	-0.11	-0.11	-0.11
<b>Effets aléatoires</b>										
Variance inter-établissements										
Constantes	0.09	0.10	0.09	0.10	0.13	0.02	0.03	0.02	0.03	0.04
Pentes	--	--	--	0.02	0.02	--	--	--	0.005	0.01
Corrélation Pentes/constantes	--	--	--	--	-0.61	--	--	--	--	-0.72
Variance inter-élèves										
Constantes	1.36	1.35	1.52	1.51	1.50	0.74	0.74	0.81	0.81	0.81
Pentes	--	0.08	0.16	0.14	0.14	--	0.04	0.08	0.07	0.07
Corrélation Pentes/constantes	--	--	-0.27	-0.26	-0.25	--	--	-0.24	-0.24	-0.22
Variance intra-élève	1.05	0.97	0.90	0.90	0.90	0.71	0.67	0.63	0.63	0.63
<b>-2 LOG V</b>	33183.7	33158.4	33135.9	33117.2	33103.0	28751.4	28736.6	28726.2	28720.9	28710.2



**Figure 10. Représentation de l'évolution moyenne de la motivation en mathématiques et celle de l'autorégulation scolaire des élèves.**

## 2.2.2. Modèles de croissance conditionnels aux variables contrôles

### *Evolution de la motivation autonome en mathématiques*

Le niveau initial en mathématiques et la filière professionnelle des élèves sont introduites une à une dans le modèle de croissance de la motivation en mathématiques et permettent globalement un meilleur ajustement du modèle [ $\Delta(3) = 994.3, p < .001$ ]. Ces deux facteurs permettent d'expliquer modestement la variance inter-élèves. Ces deux variables expliquent également en partie, la variabilité des scores de motivation entre les établissements. Dans le tableau 27, nous constatons que plus les élèves rapportent un haut niveau scolaire en mathématiques avant le début de l'expérimentation, plus les élèves rapportent en moyenne une forte motivation autonome en mathématiques ( $\beta = 0.39$ ). De plus, les élèves en « électricité » rapportent plus de motivation autonome en mathématiques que les élèves en « soins à la personne » ( $\beta = 0.44$ ) et en « commerce » ( $\beta = 0.42$ ). Aucune différence significative n'est observée entre les élèves en « soins à la personne » et en « commerce ».

### *Evolution de l'autorégulation scolaire*

Comme précédemment, le niveau initial des élèves et la filière professionnelle ont été inclus dans le modèle de croissance d'autorégulation, et globalement, ces facteurs ont conduit à un meilleur ajustement du modèle [ $\Delta(4) = 334.3, p < .001$ ]. Ces deux facteurs expliquent toutefois faiblement la variance d'autorégulation inter-élèves. Contrairement au modèle inconditionnel de la motivation en mathématiques, le niveau initial des élèves en mathématiques et la filière professionnelle n'ont pas permis d'expliquer la variabilité d'autorégulation inter-établissements. Ici, plus les élèves rapportent un niveau initial en mathématique élevé, plus ils rapportent s'autoréguler ( $\beta = 0.22$ ). De plus, parmi les filières professionnelles, les élèves en « soins à la personne » rapportent globalement plus d'autorégulation que les élèves en « électricité » ( $\beta = 0.17$ ) et en « commerce » ( $\beta = 0.23$ ). Aucune différence d'autorégulation n'est observée entre les élèves en « électricité » et les élèves en « commerce ».

**Tableau 27. Modèles de croissance multiniveaux des trajectoires de motivation et d'autorégulation avec le niveau en maths et la filière des élèves.**

	Modèle 1 - Motivation en mathématiques	Modèle 1 - Autorégulation scolaire
<b>Effets fixes</b>	Coefficient b (ES)	Coefficient b (ES)
Constante	3.00*** (0.06)	4.08*** (0.04)
Temps	-0.13*** (0.02)	-0.12*** (0.02)
Niveau maths	0.56*** (0.02)	0.24*** (0.01)
Filière (référence Commerce)		
<i>Soins à la personne</i>	0.02 (0.05)	0.23*** (0.04)
<i>Électricité</i>	0.43*** (0.06)	0.05 (0.04)
<b>Effets aléatoires</b>		
Variance inter-établissements		
Constante	0.08	0.04
Pentes	0.02	0.01
Corrélation pentes/constantes	-0.57	-0.69
Variance inter-élèves		
Constantes	1.06	0.72
Pentes	0.14	0.07
Corrélation pentes/constantes	-0.16	-0.19
Variance intra-élève	0.90	0.63
<b>-2 LOG V</b>	32108.7	28375.9

\*\*\* $p < .001$

### 2.2.3. Effets de *Jigsaw* sur la motivation et l'autorégulation

Pour tester les effets des conditions d'apprentissage sur l'évolution de la motivation en mathématiques et celle de l'autorégulation des élèves, nous avons d'abord inclus dans un premier modèle, les conditions d'apprentissage sans interaction avec le temps (modèle 2a), puis nous avons inclus dans un deuxième modèle, l'interaction entre le temps et les conditions (modèle 2b). Les effets des conditions sur la motivation et l'autorégulation des élèves sont présentés dans le tableau 28. D'après les résultats des modèles 2a, les conditions ne permettent pas de mieux ajuster les modèles d'autorégulation et de motivation [ $\Delta_{\text{motivation}(2)} = 0.30, ns$  ;  $\Delta_{\text{autorégulation}(2)} = 1.9, ns$ ]. Aucune différence de scores de motivation et d'autorégulation n'est observée entre les conditions d'apprentissage. Les résultats des modèles 2b révèlent également que les conditions d'apprentissage n'ajustent pas mieux les modèles de trajectoires de motivation en mathématiques et de trajectoires d'autorégulation [ $\Delta_{\text{motivation}(2)} = 0.06, ns$  ;  $\Delta_{\text{autorégulation}(2)} = 0.10, ns$ ]. Le profil de trajectoires est similaire pour les élèves des différentes conditions : la motivation et l'autorégulation des élèves décroissent dans le temps. Nos hypothèses de recherche 2a et 2b sont donc infirmées : la méthode en classe puzzle n'impacte ni les trajectoires de motivation autonome en mathématiques (2a), ni celles d'autorégulation (2b), en comparaison à un apprentissage coopératif peu structuré et un apprentissage habituel.

**Tableau 28. Modèles de croissance multiniveaux des trajectoires de motivation et d'autorégulation avec les conditions d'apprentissage.**

	Motivation en mathématiques		Autorégulation scolaire	
	Modèle 2a	Modèle 2b	Modèle 2a	Modèle 2b
<b>Effets fixes</b>	Coefficient b (ES)	Coefficient b (ES)	Coefficient b (ES)	Coefficient b (ES)
Constante	2.97***(0.07)	2.97***(0.08)	4.03***(0.06)	4.03***(0.06)
Temps	-0.13***(0.02)	-0.13***(0.04)	-0.12***(0.02)	-0.12***(0.02)
Niveau maths	0.56***(0.02)	0.56***(0.02)	0.24***(0.01)	0.24***(0.01)
Filière				
<i>Soins à la personne</i>	0.02(0.05)	0.02(0.05)	0.23***(0.04)	0.23***(0.04)
<i>Électricité</i>	0.43***(0.06)	0.43***(0.06)	0.05(0.04)	0.05(0.04)
Condition (Habituel)				
<i>Jigsaw</i>	0.03(0.07)	0.04(0.09)	0.06(0.05)	0.05(0.06)
<i>Coopération</i>	0.05(0.07)	0.03(0.09)	0.06(0.05)	0.07(0.06)
Temps*Condition (Habituel)				
<i>Temps*Jigsaw</i>	--	-0.02(0.05)	--	0.01(0.04)
<i>Temps*Coopération</i>	--	0.02(0.05)	--	-0.00(0.04)
<b>Effets aléatoires</b>				
Variance inter-établissements				
Constante	0.08	0.08	0.03	0.03
Pentes	0.02	0.02	0.01	0.01
Corrélation				
pentes/constantes	-0.57	-0.57	-0.69	-0.69
Variance inter-élèves				
Constantes	1.06	1.06	0.72	0.72
Pentes	0.14	0.14	0.07	0.07
Corrélation				
pentes/constantes	-0.16	-0.16	-0.19	-0.19
Variance intra-élève	0.90	0.90	0.63	0.63
<b>-2 LOG V</b>	32108.4	32107.8	28374.0	28373.9

\*\*\* $p < .001$  ; \*\* $p < .01$  ; \* $p < .05$

### 2.3. Fidélité d'implémentation de la méthode *Jigsaw* comme modérateur

#### 2.3.1. Performance en mathématiques S1 et fidélité d'implémentation

Le tableau 29 présente un premier modèle qui étudie l'effet de la fidélité d'implémentation sur la performance de S1 des élèves (modèle 3a), puis un deuxième modèle qui analyse l'interaction combinant les niveaux de fidélité d'implémentation et les apprentissages coopératifs, en comparaison à un apprentissage habituel (modèle 3b). Les résultats révèlent d'abord que la fidélité d'implémentation n'agit pas sur la performance des élèves de séquence 1 (voir modèle 3a), puis que l'inclusion de l'interaction dans le modèle 3b ne permet pas non plus un meilleur ajustement du modèle [ $\Delta(4) = 1,62, ns$ ]. L'effet des conditions d'apprentissage sur la performance des élèves en mathématiques de S1 ne dépend donc pas du niveau de fidélité d'implémentation de la méthode *Jigsaw*. Ces résultats ne soutiennent pas notre hypothèse selon

laquelle une bonne implémentation de la méthode en classe puzzle augmente l'efficacité de cette méthode sur les performances des élèves (3a).

**Tableau 29. Modèles multiniveaux des performances en maths S1 et S3 avec les conditions d'apprentissage et la fidélité d'implémentation.**<sup>15</sup>

	Performances S1		Performances S3	
	Modèle 3a	Modèle 3b	Modèle 3a	Modèle 3b
<b>Effets fixes</b>	Coefficient b (ES) FIM	Coefficient b (ES) FIM <sup>16</sup>	Coefficient b (ES) FIM	Coefficient b (ES) FIM <sup>8</sup>
Constante	4.78***(0.21) FIM = 0.29	4.78***(0.21) FIM = 0.29	2.59***(0.24) FIM = 0.26	2.58***(0.24) FIM = 0.26
Niveau initial en maths	0.29***(0.03) FIM = 0.31	0.29***(0.03) FIM = 0.31	0.46***(0.04) FIM = 0.41	0.46***(0.04) FIM = 0.41
Autorégulation initiale	0.11***(0.03) FIM = 0.38	0.11***(0.03) FIM = 0.38	0.15***(0.03) FIM = 0.36	0.15***(0.03) FIM = 0.36
Age	-0.20***(0.04) FIM = 0.34	-0.20***(0.04) FIM = 0.34	-0.20***(0.05) FIM = 0.37	-0.20***(0.05) FIM = 0.37
Filière (Commerce)				
<i>Electricité</i>	0.47**(0.15) FIM = 0.19	0.47**(0.15) FIM = 0.19	0.21(0.17) FIM = 0.12	0.22(0.17) FIM = 0.12
<i>Soins à la personne</i>	0.38**(0.14) FIM = 0.19	0.39**(0.14) FIM = 0.19	0.62***(0.16) FIM = 0.12	0.63***(0.16) FIM = 0.12
Condition d'apprentissage (Habituel)				
<i>Jigsaw</i>	-0.08(0.16) FIM = 0.25	--	0.35 <sup>t</sup> (0.19) FIM = 0.10	--
<i>Coopération</i>	-0.30 <sup>t</sup> (0.15) FIM = 0.25	--	0.18(0.17) FIM = 0.12	--
Implémentation bonne	-0.03(0.16) FIM = 0.10	--	-0.02(0.19) FIM = 0.07	--
Condition*implémentation (Habituel)				
<i>Jigsaw*bonne</i>	--	-0.02(0.20) FIM = 0.25	--	0.42*(0.21) FIM = 0.09
<i>Coopération*bonne</i>	--	-0.32(0.26) FIM = 0.21	--	-0.09(0.31) FIM = 0.13
<i>Jigsaw*mauvaise</i>	--	-0.09(0.17) FIM = 0.24	--	0.27(0.20) FIM = 0.11
<i>Coopération*mauvaise</i>	--	-0.28(0.16) FIM = 0.25	--	0.23(0.18) FIM = 0.12
<b>Effets aléatoires</b>				
Variance inter-élèves	3.77	3.77	3.66	3.56
Variance inter-classes	0.40	0.41	0.64	0.63
<b>-2 LOG V</b>	19980.36	19984.98	18013.74	18011.94

\*\*\*  $p < .001$  ; \*\*  $p < .01$  ; \*  $p < .05$  ; <sup>t</sup>  $p < .10$

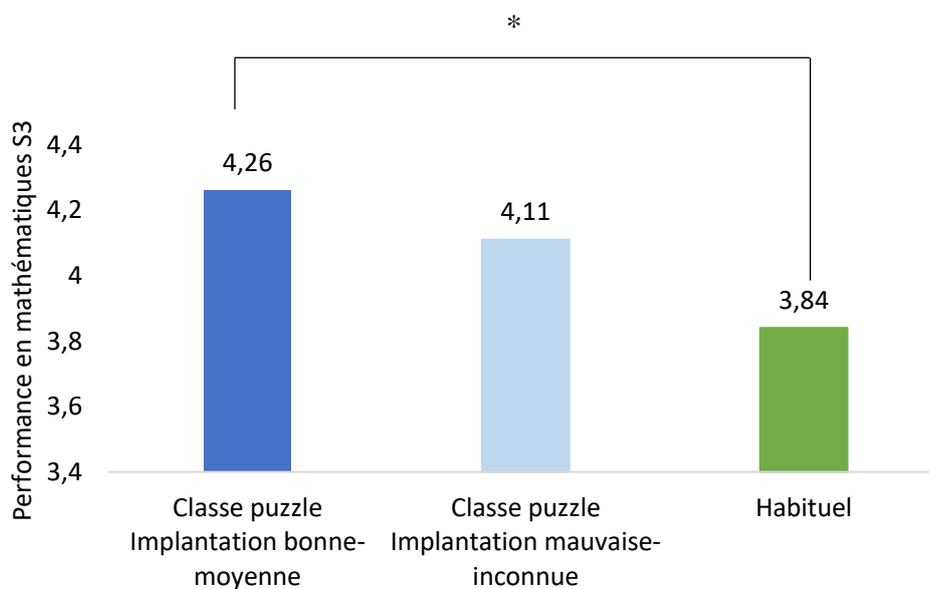
<sup>15</sup>La variable « fidélité d'implémentation » est déduite des effets estimés des quatre modalités de fidélité. Les « bonne » et « moyenne » fidélités avaient des effets similaires sur la motivation ( $b = 0.18$  ;  $b = 0.23$ ) et l'autorégulation ( $b = 0.12$  ;  $b = 0.12$ ). La « mauvaise » fidélité et celle « inconnue » étaient aussi similaires pour la motivation ( $b = -0.20$  ;  $b = -0.17$ ) et l'autorégulation ( $b = -0.11$  ;  $b = -0.12$ ). Nous avons regroupé les fidélités « bonne » et « moyenne » en une modalité et la fidélité « mauvaise » avec la modalité « inconnue ».

<sup>16</sup> Les résultats par imputation multiple apparaissent fiables au regard des FIM qui s'élèvent au maximum à 0.41.

### 2.3.2. Performance en mathématiques S3 et fidélité d'implémentation

Les résultats présentés dans le tableau 29 montrent que l'interaction entre la fidélité d'implémentation et les conditions n'ajuste pas mieux le modèle de performance des élèves de séquence 3 [ $\Delta(4) = 6.49, ns$ ]. Toutefois, la condition classe puzzle, lorsqu'elle est bien implantée dans les classes, est significativement plus bénéfique que la condition habituelle à la performance en mathématiques des élèves ( $\beta = 0.07$ ). Ce dernier résultat permet de valider notre hypothèse quant à l'impact bénéfique d'une bonne fidélité d'implémentation de la classe puzzle sur les performances en mathématiques de S3. L'interaction significative entre la méthode *Jigsaw* et la bonne fidélité d'implémentation permet d'expliquer une petite part de la variance de performance observée entre les classes.

La figure 11 compare les performances des élèves de S3 ayant appris avec la méthode en classe puzzle plus ou moins bien implantée, aux performances des élèves ayant appris de manière habituelle. Les résultats montrent que la méthode en classe puzzle est plus efficace pour augmenter les performances des élèves que l'apprentissage habituel, mais que cette différence est significative uniquement lorsque la méthode en classe puzzle est bien ou moyennement bien implantée dans les classes. Ces résultats rejoignent notre hypothèse de modération quant à l'effet bénéfique d'une bonne implémentation de la méthode en classe puzzle sur les performances en mathématiques des élèves (3a).



\*  $p < .05$

**Figure 11.** La performance en mathématiques S3 en condition *Jigsaw* selon la fidélité d'implémentation et en condition habituelle.

### 2.3.3. Evolutions de la motivation, de l'autorégulation et fidélité d'implémentation

Le tableau 30 présente un premier modèle incluant la fidélité d'implémentation seule (modèle 3a), puis un second modèle incluant l'interaction entre les niveaux de fidélité d'implémentation et les conditions d'apprentissage (modèle 3b). Indépendamment des conditions d'apprentissage, les résultats présentés dans les modèles 3a montrent que la fidélité d'implémentation permet de mieux ajuster le modèle de motivation autonome en mathématiques des élèves [ $\Delta(1) = 6.3, p < .02$ ] et contribue à réduire la variance inter-établissements de 0.01 point. L'ajustement du modèle d'autorégulation est également meilleur grâce à la fidélité d'implémentation [ $\Delta(1) = 5.4, p = .02$ ]. Cette variable explique une bonne part des variabilités observées entre les établissements. Les élèves rapportent plus de motivation et d'autorégulation lorsque la fidélité d'implémentation est bonne ou moyenne que lorsque la fidélité d'implémentation est mauvaise ou inconnue ( $\beta_{\text{motivation}} = 0.18$  ;  $\beta_{\text{autorégulation}} = 0.12$ ). Les résultats des modèles 3b montrent toutefois que le modérateur « fidélité d'implémentation » n'impacte ni les trajectoires de motivation autonome en mathématiques, ni celles d'autorégulation. L'ajustement des modèles n'est pas meilleur [ $\Delta_{\text{motivation}}(4) = 1.2, ns$  ;  $\Delta_{\text{autorégulation}}(4) = 1, ns$ ]. Dans un dernier modèle (modèle 3c), nous observons qu'en comparaison à un travail habituel, les élèves ont quand même rapporté des scores moyens d'autorégulation plus élevés lorsque l'apprentissage coopératif peu structuré était bien implémentée ( $\beta = 0.20$ ). Cette différence a permis de réduire la variance des intercepts inter-établissements de 0.01 point. Notre hypothèse de modération n'est pas validée. La fidélité d'implémentation ne modère pas l'impact de la méthode *Jigsaw* sur les trajectoires de motivation et d'autorégulation des élèves (3a).

**Tableau 30. Modèles de croissance multiniveaux des trajectoires de motivation et d'autorégulation avec les conditions d'apprentissage et la fidélité d'implémentation.**

	Motivation en mathématiques		Autorégulation scolaire		
	Modèle 3a	Modèle 3b	Modèle 3a	Modèle 3b	Modèle 3c
<b>Effets fixes</b>	Coefficient b (ES)	Coefficient b (ES)	Coefficient b (ES)	Coefficient b (ES)	Coefficient b (ES)
Constante	2.96** (0.06)	2.98** (0.08)	4.05** (0.05)	4.04** (0.06)	4.03** (0.06)
Temps	-0.13** (0.02)	-0.13** (0.04)	-0.11** (0.02)	-0.12** (0.03)	-0.12** (0.03)
Niveau Maths	0.56** (0.02)	0.56** (0.02)	0.24** (0.01)	0.24** (0.01)	0.24** (0.01)
Filières (Commerce)					
<i>Électricité</i>	0.02(0.05)	0.42** (0.06)	0.22** (0.04)	0.04** (0.04)	0.04** (0.04)
<i>Soins à la personne</i>	0.42** (0.07)	0.01(0.05)	0.04(0.04)	0.22(0.04)	0.22(0.04)
Fidélité implémentation bonne/moyenne	0.18* (0.07)	--	0.12* (0.06)	--	--
Conditions*fidélité (Habituel)					
<i>Jigsaw*bonne/moyenne</i>	--	0.17(0.10)	--	0.09(0.08)	0.11(0.06)
<i>Coopération*bonne/moyenne</i>	--	0.22(0.14)	--	0.25* (0.11)	0.20* (0.09)
<i>Jigsaw*mauvaise/inconnue</i>	--	-0.07(0.10)	--	0.02(0.07)	0.03(0.05)
<i>Coopération*mauvaise/inconnue</i>	--	-0.02(0.09)	--	0.02(0.07)	0.03(0.06)
Temps*Conditions*fidélité (Temps*Habituel)					
<i>Temps*Jigsaw*bonne/moyenne</i>	--	-0.03(0,07)	--	0,02(0,05)	--
<i>Temps*Coopération*bonne/moyenne</i>	--	-0.03(0,09)	--	-0.06(0,07)	--
<i>Temps*Jigsaw*mauvaise/inconnue</i>	--	-0.01(0.06)	--	0.00(0.05)	--
<i>Temps*Coopéra*mauvaise/inconnue</i>	--	0.03(0.06)	--	0.01(0.04)	--
<b>Effets aléatoires</b>					
Variance inter-établissements					
Constantes	0.07	0.07	0.03	0.03	0.03
Pentes	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01
Corrélation pentes/constants	-0.56	-0.58	-0.70	-0.69	-0.69
Variance inter-élèves					
Constantes	1.06	1.06	0.72	0.72	0.72
Pentes	0.14	0.14	0.07	0.07	0.07
Corrélation pentes/constants	-0.16	-0.16	-0.19	-0.19	-0.19
Variance intra-élève	0.90	0.90	0.63	0.63	0.63
<b>-2 LOG V</b>	32102.4	32100.2	28370.5	28368.0	28369.2

\*\*  $p < .001$  ; \*  $p < .05$

## 2.4. Attitudes coopératives des élèves comme modérateur

### 2.4.1. Performances en mathématiques S1, S3 et attitudes coopératives

Le tableau 31 présente un premier modèle examinant l'effet des attitudes coopératives sur les performances en mathématiques (modèle 4a), et un second modèle dans lequel l'interaction des attitudes coopératives des élèves avec les conditions d'apprentissage est incluse (modèle 4b). Les résultats des modèles 4a ont montré que si les attitudes coopératives des élèves n'ajustent pas mieux le modèle de performance en mathématiques de séquence 1 [ $\Delta(1) = 1,76, ns$ ], elles

ajustent mieux celui de la performance de séquence 3 [ $\Delta(1) = 7.2, p < .01$ ]. L'impact des attitudes coopératives sur ce dernier score est négatif et très faible ( $\beta = -0.03$ ). Ce facteur explique d'ailleurs très peu la variabilité observée entre les élèves. Dans le modèle 4b, l'interaction entre les attitudes coopératives des élèves et les conditions d'apprentissage ne permet ni de mieux ajuster le modèle de performance en mathématiques de séquence 1 [ $\Delta(2) = 1.73, ns$ ], ni celui de la performance de séquence 3 [ $\Delta(2) = 1.27, ns$ ]. Quel que soit le niveau d'attitudes coopératives des élèves, les conditions d'apprentissage n'ont pas d'effets sur la performance en mathématiques. Notre hypothèse de modération sur les performances en mathématiques n'est pas validée (3b) : des attitudes coopératives élevées n'augmente pas l'efficacité de la méthode *Jigsaw* sur les performances des élèves de séquences 1 et 3.

**Tableau 31. Modèles multiniveaux des performances en maths S1 et S3 avec les conditions d'apprentissage et les attitudes coopératives.**

	Performances S1		Performances S3	
	Modèle 4a	Modèle 4b	Modèle 4a	Modèle 4b
<b>Effets fixes</b>	Coefficient b (ES) FIM	Coefficient b (ES) FIM <sup>17</sup>	Coefficient b (ES) FIM	Coefficient b (ES) FIM <sup>9</sup>
Constante	4.89*** (0.25) FIM = 0.32	4.89*** (0.30) FIM = 0.32	2.87** (0.26) FIM = 0.25	2.79*** (0.32) FIM = 0.32
Niveau initial en maths	0.28*** (0.03) FIM = 0.32	0.28*** (0.03) FIM = 0.31	0.46*** (0.04) FIM = 0.40	0.46*** (0.04) FIM = 0.40
Autorégulation initiale	0.11*** (0.03) FIM = 0.37	0.11*** (0.03) FIM = 0.37	0.14*** (0.03) FIM = 0.36	0.14*** (0.03) FIM = 0.36
Age	-0.20*** (0.04) FIM = 0.34	-0.20*** (0.04) FIM = 0.34	-0.20*** (0.05) FIM = 0.37	-0.20*** (0.05) FIM = 0.37
Filière (Commerce)				
<i>Electricité</i>	0.47** (0.15) FIM = 0.20	0.47** (0.15) FIM = 0.20	0.21 (0.17) FIM = 0.12	0.21 (0.17) FIM = 0.12
<i>Soins à la personne</i>	0.39** (0.14) FIM = 0.19	0.39** (0.14) FIM = 0.19	0.62*** (0.16) FIM = 0.12	0.62*** (0.16) FIM = 0.12
Condition (Habituel)				
<i>Jigsaw</i>	-0.06 (0.15) FIM = 0.25	-0.11 (0.33) FIM = 0.35	0.34* (0.17) FIM = 0.12	0.49 (0.34) FIM = 0.30
<i>Coopération</i>	-0.29* (0.15) FIM = 0.25	-0.22 (0.32) FIM = 0.31	0.17 (0.17) FIM = 0.12	0.24 (0.33) FIM = 0.24
Attitudes coopératives	-0.05 (0.06) FIM = 0.38	-0.05 (0.11) FIM = 0.38	-0.12* (0.06) FIM = 0.31	-0.09 (0.10) FIM = 0.31
Condition*attitudes (Habituel)				
<i>Jigsaw*attitudes</i>	--	0.02 (0.15) FIM = 0.38	--	-0.07 (0.14) FIM = 0.34
<i>Coopération*attitudes</i>	--	-0.04 (0.14) FIM = 0.35	--	-0.03 (0.14) FIM = 0.29
<b>Effets aléatoires</b>				
Variance inter-élèves	3.77	3.77	3.55	3.55
Variance inter-classes	0.40	0.40	0.64	0.64
<b>-2 LOG V</b>	19978.77	19977.62	18006.62	18005.35

\*\*\* $p < .001$  ; \*\* $p < .01$  ; \* $p < .05$  ; † $p < .10$

<sup>17</sup> Les résultats par imputation multiple apparaissent fiables, les Fractions d'Informations Manquantes ne dépassent pas 0.40.

#### 2.4.2. Evolution de la motivation, de l'autorégulation et attitudes coopératives

Le tableau 32 présente les résultats d'un premier modèle examinant l'effet des attitudes coopératives sur les scores moyens de motivation et d'autorégulation (modèle 4a), puis un second modèle qui intègre l'interaction des attitudes coopératives avec les conditions d'apprentissage (modèle 4b). L'introduction des attitudes coopératives permet de mieux ajuster le modèle de motivation autonome en mathématiques [ $\Delta(1) = 11.6, p < .001$ ] et celui d'autorégulation [ $\Delta(1) = 18.8, p < .001$ ]. Selon les résultats des modèles 4a, les attitudes coopératives ont un impact significatif sur la motivation et l'autorégulation des élèves, mais cet effet ne va pas dans le même sens pour les deux variables : plus les attitudes coopératives sont élevées, plus les élèves rapportent une forte motivation autonome en mathématiques ( $\beta = 0.04$ ) et moins ils rapportent s'autoréguler ( $\beta = -0.05$ ). L'impact de ce facteur sur la motivation et l'autorégulation est en réalité faible. Les résultats des modèles 4b montrent que l'intégration du terme d'interaction ne permet pas un meilleur ajustement des modèles [ $\Delta_{\text{motivation}}(2) = 1.6, ns$  ;  $\Delta_{\text{autorégulation}}(2) = 1.5, ns$ ]. Quel que soit le niveau d'attitudes coopératives rapporté par les élèves, les trajectoires de motivation autonome et d'autorégulation ne diffèrent pas, elles décroissent au même rythme. En considérant les résultats sur les trajectoires de motivation et d'autorégulation, nous pouvons conclure que notre hypothèse de recherche 3b n'est pas validée : des attitudes coopératives élevées ne modèrent pas l'effet de la méthode en classe puzzle sur les trajectoires de motivation et d'autorégulation des élèves.

**Tableau 32. Modèles de croissance multiniveaux des trajectoires de motivation et d'autorégulation avec les conditions d'apprentissage et les attitudes coopératives.**

	Motivation en mathématiques		Autorégulation scolaire	
	Modèle 4a	Modèle 4b	Modèle 4a	Modèle 4b
<b>Effets fixes</b>	Coefficient b (ES)	Coefficient b (ES)	Coefficient b (ES)	Coefficient b (ES)
Constante	2.79***(0.08)	2.81***(0.14)	4.23***(.06)	4.27***(0.11)
Temps	-0.12***(0.02)	-0.08(0.10)	-0.12***(0.02)	-0.14(0.08)
Niveau maths	0.56***(0.02)	0.56***(0.02)	0.24***(0.01)	0.24***(0.01)
Filière (Commerce)				
<i>Soins à la personne</i>	0.02(0.05)	0.01(0.05)	0.22***(0.04)	0.22***(0.04)
<i>Électricité</i>	0.42***(0.06)	0.42***(0.06)	0.05(0.04)	0.05(0.04)
Implémentation bonne/moyenne	0.18*(0.07)	0.21**(0.08)	0.12*(0.06)	0.12*(0.06)
Attitudes coopératives	0.08***(0.02)	0.08(0.06)	-0.09***(0.02)	-0.12*(0.05)
Condition (Habituel)				
<i>Jigsaw</i>	--	-0.10(0.17)	--	-0.07(0.14)
<i>Coopération</i>	--	-0.03(0.17)	--	-0.18(0.14)
Condition*Attitudes coopératives (Habituel)				
<i>Jigsaw*Attitudes</i>	--	0.02(0.07)	--	0.04(0.06)
<i>Coopération*Attitudes</i>	--	0.01(0.08)	--	0.11(0.06)
Temps*Attitudes coopératives	--	-0.02(0.05)	--	0.01(0.04)
Temps*Condition (Habituel)				
<i>Temps*Jigsaw</i>	--	-0.10(0.14)	--	0.12(0.11)
<i>Temps*Coopération</i>	--	0.08(0.14)	--	0.10(0.11)
Temps*Condition*Attitudes (Habituel)				
<i>Temps*Jigsaw*Attitudes</i>	--	0.05(0.07)	--	-0.06(0.05)
<i>Temps*Coopération*Attitudes</i>	--	-0.03(0.07)	--	-0.05(0.05)
<b>Effets aléatoires</b>				
Variance inter-établissements				
Constante	0.07	0.07	0.03	0.03
Pentes	0.02	0.02	0.01	0.01
Corrélation pentes/constantes	-0.55	-0.56	-0.70	-0.68
Variance inter-élèves				
Constantes	1.05	1.05	0.71	0.71
Pentes	0.13	0.13	0.07	0.07
Corrélation pentes/constantes	-0.16	-0.16	-0.19	-0.20
Variance intra-élève	0.90	0.90	0.63	0.63
<b>-2 Log V</b>	32090.8	32085.7	28351.7	28343.8

\*\*\*  $p < .001$  ; \*\*  $p < .01$  ; \*  $p < .05$

## 2.5. Niveau initial des élèves en mathématiques comme modérateur

### 2.5.1. Performances en mathématiques S1, S3 et niveau initial en maths

Le modèle du tableau 33 présente l'effet d'interaction du niveau initial des élèves en mathématiques avec les conditions d'apprentissage. Les résultats montrent d'abord que le niveau initial des élèves en mathématiques ne modère pas l'effet des conditions sur la performance des élèves en mathématiques de S1. Le modèle ne s'ajuste pas mieux après l'inclusion de cette interaction [ $\Delta(2) = 2.17, ns$ ]. Ici, l'efficacité de la méthode en classe puzzle

ne dépend pas du niveau initial des élèves en mathématiques. Ensuite, les résultats sur les performances en mathématiques de S3 révèlent un impact tendanciel du niveau initial comme modérateur. L'inclusion de cette interaction tend à mieux ajuster le modèle de performance en mathématiques de S3 [ $\Delta(2) = 5.28, p = .07$ ]. En comparaison à un travail habituel, c'est l'apprentissage coopératif peu structuré qui a tendance à impacter plus positivement les performances des élèves forts ( $\beta = 0.09$ ). L'effet de la méthode en classe puzzle sur les performances des élèves ne dépend toutefois pas du niveau initial des élèves. Ici, ni notre hypothèse de modulation 3c, ni celle alternative n'est validée : les élèves avec un niveau faible n'ont ni mieux réussi ni moins bien réussi en mathématiques que ceux de la condition coopération peu structurée et de la condition habituelle.

**Tableau 33. Modèles multiniveaux des performances en maths S1 et S3 avec les conditions d'apprentissage et le niveau en maths.**

	Modèle 5 - Performances S1	Modèle 5 - Performances S3
Effets fixes	Coefficient b (ES) FIM <sup>18</sup>	Coefficient b (ES) FIM <sup>10</sup>
Constante	4.88*** (0.25) FIM = 0.33	2.81*** (0.26) FIM = 0.23
Niveau initial en maths	0.24*** (0.06) FIM = 0.41	0.37*** (0.06) FIM = 0.21
Autorégulation initiale	0.11*** (0.03) FIM = 0.38	0.15*** (0.03) FIM = 0.36
Age	-0.20*** (0.04) FIM = 0.33	-0.20*** (0.17) FIM = 0.37
Filière (Commerce)		
<i>Electricité</i>	0.47** (0.15) FIM = 0.20	0.20 (0.17) FIM = 0.12
<i>Soins à la personne</i>	0.39** (0.14) FIM = 0.19	0.62*** (0.16) FIM = 0.12
Condition d'apprentissage (Habituel)		
<i>Jigsaw</i>	-0.16 (0.25) FIM = 0.34	0.08 (0.26) FIM = 0.20
<i>Coopération</i>	-0.46 <sup>t</sup> (0.24) FIM = 0.34	-0.16 (0.25) FIM = 0.22
Condition*niveau maths (Habituel)		
<i>Jigsaw*niveau maths</i>	0.04 (0.08) FIM = 0.36	0.11 (0.08) FIM = 0.28
<i>Coopération*niveau maths</i>	0.08 (0.08) FIM = 0.35	0.15 <sup>t</sup> (0.08) FIM = 0.25
<b>Effets aléatoires</b>		
Variance inter-élèves	3.77	3.55
Variance inter-classes	0.40	0.64
<b>-2 LOG V</b>	19978.33	18008.54

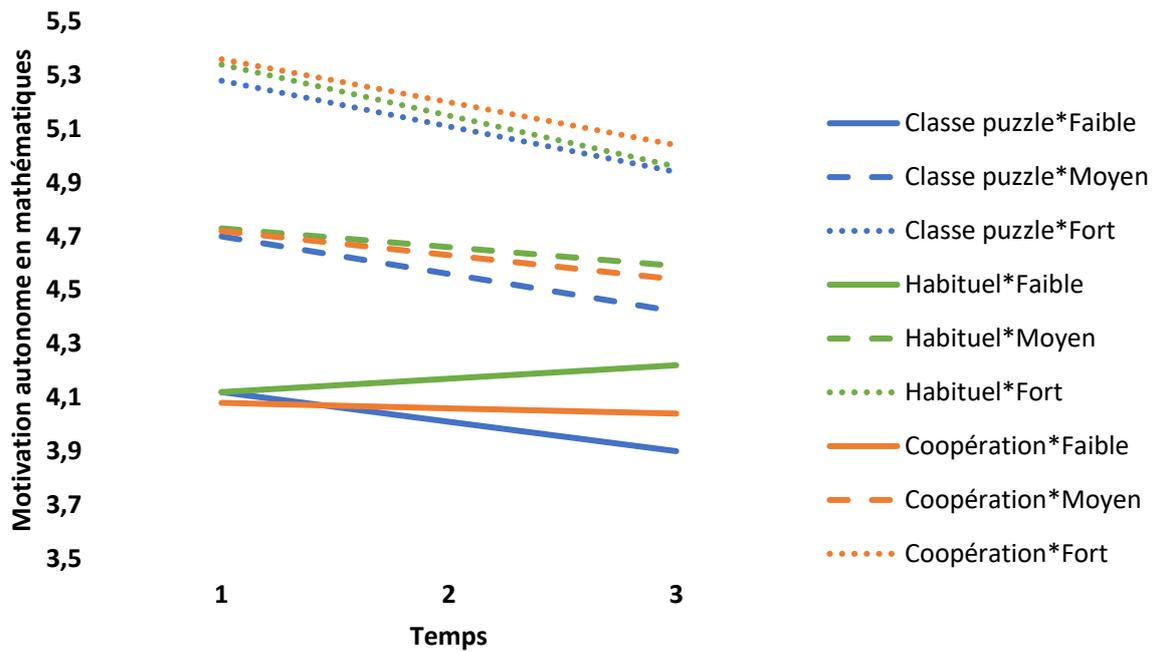
\*\*\*  $p < .001$  ; \*\*  $p < .01$  ; <sup>t</sup>  $p < .10$

<sup>18</sup> Les résultats présentés dans le tableau 39 apparaissent fiables avec des Fractions d'Informations Manquantes inférieures à 0.42.

### 2.5.2. Evolution de la motivation et niveau initial en maths

Le tableau 34 présente un premier modèle (5a) qui examine l'effet du niveau initial en mathématiques sur l'évolution de la motivation en mathématiques, puis un second modèle (5b) dans lequel est inclus l'interaction du niveau initial avec les conditions d'apprentissage. Si les résultats du modèle 5a montrent que l'écart de la motivation observé entre les élèves faibles et forts au départ se réduit significativement au fil du temps,  $\beta = -0.10$  (Voir annexe 9, p. 205, pour une représentation graphique), les résultats du modèle 5b montrent que cet écart diffère selon les conditions d'apprentissage. L'interaction entre les conditions et le niveau initial des élèves sur l'évolution de la motivation des élèves est significative, mais cet effet est faible ( $\beta = 0.09$ ). L'inclusion de cette interaction permet un ajustement significativement meilleur du modèle de la motivation en mathématiques [ $\Delta_{(2)} = 8.9, p < .02$ ]. L'avarience inter-élèves est toutefois faiblement réduite.

Les résultats de cette interaction illustrés dans la figure 12 montrent d'abord que, indépendamment de la condition d'apprentissage, les élèves qui ont un niveau initial élevé en mathématiques sont ceux qui rapportent le plus de motivation. En comparaison à ces derniers, les élèves ayant un niveau moyen en mathématiques rapportent moins de motivation, mais plus que ceux ayant un plus faible niveau en mathématiques. Le niveau des élèves en mathématiques modère l'impact des deux conditions d'apprentissage coopératif en comparaison avec la condition d'apprentissage habituel. On observe que les trajectoires ne sont pas similaires d'une condition à l'autre pour les élèves faibles. Les trajectoires des élèves ayant un niveau faible et ayant appris de manière habituelle évoluent différemment : la motivation autonome en mathématiques de ces élèves se maintient dans le temps voire augmente légèrement, contrairement à celle des deux autres conditions d'apprentissage qui décroît. En revanche, les élèves qui ont un niveau en mathématiques fort et moyen ont des trajectoires globalement similaires dans les trois conditions. Les conditions d'apprentissage n'ont pas permis de faire varier l'évolution de la motivation de ces élèves. Ces résultats confortent notre hypothèse alternative qui est que la méthode en classe puzzle aurait un effet négatif sur la scolarité des élèves faibles.



**Figure 12. Motivation autonome en mathématiques en fonction du niveau initial en mathématiques et des conditions d'apprentissage.**

### 2.5.3. Evolution de l'autorégulation et niveau initial en maths

Comme pour la motivation, si les résultats du modèle 5a (voir tableau 34) révèlent que les élèves faibles ont une trajectoire d'autorégulation décroissante moindre que celle des élèves forts ( $\beta = 0.14$ , voir annexe 9, p. 205) et l'inclusion des conditions d'apprentissage dans le modèle modifie les profils de trajectoire. Le modèle 5b, qui intègre le terme d'interaction entre le niveau initial et les conditions, s'ajuste mieux aux données de trajectoires d'autorégulation [ $\Delta(2) = 11.4, p < .01$ ]. Les conditions d'apprentissage impactent l'évolution de l'autorégulation des élèves selon leur niveau initial en mathématiques ( $\beta = 0.10$ ). La variance inter-élèves n'est que très légèrement réduite.

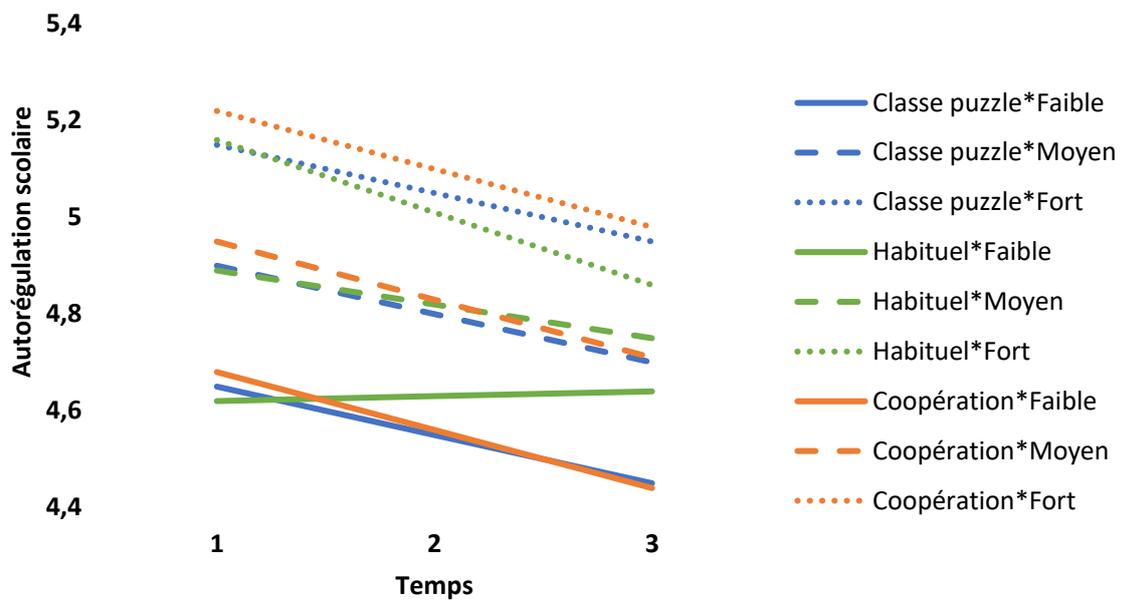
**Tableau 34. Modèles de croissance multiniveaux des trajectoires de motivation et d'autorégulation avec les conditions d'apprentissage et le niveau en maths.**

	Motivation en mathématiques		Autorégulation scolaire	
	Modèle 5a	Modèle 5b	Modèle 5a	Modèle 5b
<b>Effets fixes</b>	Coefficient b (ES)	Coefficient b (ES)	Coefficient b (ES)	Coefficient b (ES)
Constante	2.95***(0.10)	2.87***(0.11)	4.07***(0.08)	3.98***(0.08)
Temps	0.04(0.04)	0.17(0.07)	-0.06(0.03)	-0.09(0.06)
Filière (Commerce)				
<i>Soins à la personne</i>	0.02(0.05)	0.02(0.05)	0.22***(0.04)	0.22***(0.04)
<i>Electricité</i>	0.42***(0.06)	0.41***(0.06)	0.04(0.04)	0.04(0.04)
Implémentation bonne/moyenne	0.21**(0.08)	0.21**(0.08)	0.11*(0.06)	0.11*(0.06)
Niveau maths	0.58***(0.03)	0.61***(0.04)	0.23***(0.03)	0.27***(0.03)
Condition (Habituel)				
<i>Jigsaw</i>	-0.12(0.13)	0.03(0.14)	-0.07(0.10)	0.05(0.11)
<i>Coopération</i>	-0.14(0.12)	-0.17(0.14)	-0.08(0.10)	0.06(0.11)
Condition*Niveau maths (Habituel)				
<i>Jigsaw*Niveau maths</i>	0.02(0.04)	-0.03(0.05)	0.03(0.04)	-0.02(0.04)
<i>Coopération*Niveau maths</i>	0.06(0.04)	0.03(0.05)	0.05(0.04)	0.00(0.04)
Temps*Niveau maths	-0.07***(0.01)	-0.12***(0.03)	-0.03*(0.01)	-0.08***(0.02)
Temps*Condition (Habituel)				
<i>Temps*Jigsaw</i>	--	-0.25*(0.10)	--	-0.19*(0.08)
<i>Temps*Coopération</i>	--	-0.12(0.10)	--	-0.21**(0.08)
Temps*Condition*Niveau maths (Habituel)				
<i>Temps*Jigsaw*Niveau maths</i>	--	0.09**(0.04)	--	0.08**(0.03)
<i>Temps*Coopération*Niveau maths</i>	--	0.05(0.03)	--	0.08**(0.03)
<b>Effets aléatoires</b>				
Variance inter-établissements				
Constante	0.07	0.07	0.03	0.03
Pentes	0.02	0.02	0.01	0.01
Corrélation pentes/constantes	-0.58	-0.59	-0.70	-0.69
Variance inter-élèves				
Constantes	1.05	1.05	0.72	0.71
Pentes	0.13	0.13	0.07	0.07
Corrélation pentes/constantes	-0.16	-0.15	-0.19	-0.19
Variance intra-élève	0.90	0.90	0.63	0.63
<b>-2 LOG V</b>	32072.6	32065.3	28362.5	28350.9

\*\*\*  $p < .001$  ; \*\*  $p < .01$  ; \*  $p < .05$

Les résultats illustrés dans la figure 13 montrent que, indépendamment de la condition d'apprentissage, les élèves forts en mathématiques rapportent plus d'autorégulation dans le temps que les autres, et les élèves avec un niveau moyen en mathématiques en rapportent plus que ceux ayant un faible niveau. Des différences d'évolution selon le niveau initial des élèves s'observent entre les deux conditions d'apprentissage coopératif et la condition d'apprentissage habituel, mais uniquement pour les élèves faibles. Le niveau d'autorégulation des élèves faibles ayant appris de manière habituelle se maintient dans le temps, voire augmente légèrement, contrairement à celui des deux autres conditions. Les élèves forts et moyens en mathématiques

ont des trajectoires globalement similaires, mais les conditions d'apprentissage n'ont pas permis de faire varier l'évolution de l'autorégulation de ces élèves. Tout comme pour la motivation autonome des élèves, ces résultats confortent notre hypothèse alternative : *Jigsaw* aurait un effet négatif sur la scolarité des élèves les plus faibles.



**Figure 13. Autorégulation scolaire en fonction du niveau initial en mathématiques et des conditions d'apprentissage.**

L'objectif principal de cette thèse était d'évaluer l'efficacité de la méthode en classe puzzle sur les apprentissages en mathématiques des élèves de lycée professionnel. Premièrement, il s'agissait d'évaluer, en comparaison à d'autres méthodes plus habituelles, l'efficacité de la méthode *Jigsaw* sur les performances en mathématiques de ces élèves souvent stigmatisés dans le système éducatif français (Jarty & Kergoat, 2017). Dans un deuxième temps, nous voulions examiner si, comme l'avaient démontré certains auteurs auprès d'autres populations (Roseth et al, 2008), la méthode en classe puzzle pouvait agir sur les trajectoires de motivation autonome en mathématiques et celles d'autorégulation de ces élèves. Enfin, il s'agissait d'examiner si la fidélité d'implémentation, les attitudes coopératives et le niveau initial en mathématiques des élèves modéraient l'efficacité de la méthode *Jigsaw*.

### **1. L'efficacité de la méthode puzzle sur les apprentissages en mathématiques : des résultats mitigés**

Premièrement, concernant l'effet de la méthode *Jigsaw* sur les performances au fil du temps, nous avons montré que si les élèves de lycée professionnel ayant travaillé avec la méthode *Jigsaw* ne réussissaient pas mieux que ceux des deux autres conditions à la séquence 1, ils étaient meilleurs que ceux ayant travaillé de manière habituelle à la séquence 3, soit un an après le début de l'expérimentation. Cependant, leur performance ne différait pas de celle de leurs camarades ayant travaillé en coopération peu structurée. Nos conclusions vont dans le sens de celles de Hänze et Berger (2009) et de Moreno (2009) qui annonçaient que la méthode en classe puzzle n'a pas d'effets, voire des effets négatifs sur les apprentissages académiques des apprenants en comparaison à un apprentissage coopératif peu structuré. Elles rejoignent également celles de Roseth et al. (2019) qui concluaient que la méthode *Jigsaw* conduit à de meilleurs apprentissages en comparaison à un apprentissage habituel. En effet, les auteurs ont observé que les étudiants en santé réussissaient mieux leurs examens au fur à mesure du semestre que ceux qui avaient travaillé de manière plus habituelle. Cependant, comparativement à Roseth et al. (2019), nos résultats sont de faible ampleur, expliquant ainsi l'impact peu important de la méthode en classe puzzle en comparaison à un apprentissage habituel. Cette différence n'est sans doute pas étrangère à la population concernée. En effet, nous n'avons pas ciblé la même population d'étude que celle de Roseth et al. (2019) : alors que

nous nous sommes focalisés sur une population plutôt en difficulté scolaire, les élèves de lycée professionnel, Roseth et al. (2019) s'intéressaient à des étudiants en santé, donc plutôt à des sujets ayant eu un bon parcours scolaire. Il n'est pas exclu que l'impact positif de la méthode en classe puzzle soit plus important chez les apprenants plus âgés, ayant de meilleurs niveaux d'acquisitions et, probablement, étant plus engagés dans leurs apprentissages (Kyndt et al., 2013). Cette explication concorde avec d'autres observations. Par exemple, Stanczak et al. (2021) n'ont pas observé d'effets de la méthode *Jigsaw* sur les performances de collégiens en comparaison à un apprentissage habituel, même après plusieurs séances d'apprentissage. Par ailleurs, il est possible aussi qu'à l'université le climat d'apprentissage soit perçu moins contrôlant (Sarrazin et al., 2006) qu'au collège, et que les étudiants aient le sentiment d'avoir plus de libertés dans leurs choix d'apprentissage et l'organisation de leur travail que les élèves du secondaire. En somme, le sentiment d'autonomie des étudiants dans leurs apprentissages serait, *in fine*, plus important que celui des lycéens professionnels, facilitant ainsi leur engagement dans un contexte *Jigsaw*. Par ailleurs, nous n'excluons pas qu'une autre explication, conciliable avec la précédente, puisse expliquer le décalage observé entre nos résultats et ceux de Roseth et al. (2019). En effet, dans l'étude de Roseth et al. (2019), les étudiants pouvaient obtenir un point bonus à leur note individuelle lorsque chaque membre du groupe puzzle répondait correctement à au moins 80 % des questions à l'examen. Une telle adaptation se démarquait donc de la version originale de la méthode *Jigsaw* qui structure l'interdépendance positive uniquement à l'aide des ressources d'apprentissage. Ainsi, les auteurs renforçaient la structuration de l'interdépendance positive par les récompenses, forme d'interdépendance positive connue pour améliorer les apprentissages des apprenants (Johnson et al., 2000 ; Slavin, 2012). Selon Schippers et Scheepers (2020), cette version de la méthode en classe puzzle serait d'ailleurs plus adaptée pour promouvoir les apprentissages des élèves car elle réduirait la paresse sociale et, de ce fait, permettrait aux étudiants de s'engager davantage dans les tâches d'apprentissage. Cela pourrait d'ailleurs expliquer pourquoi nous ne trouvons pas, non plus, de différence de performances en mathématiques entre un apprentissage coopératif en classe puzzle et un apprentissage coopératif peu structuré. La méthode originale de la classe puzzle pourrait ne pas structurer suffisamment la coopération.

## **2. L'effet de la méthode puzzle sur la motivation et l'autorégulation des élèves**

Deuxièmement, nos résultats vont à l'encontre de nos hypothèses concernant l'effet de la méthode en classe puzzle sur l'évolution de la motivation et de l'autorégulation des élèves

qu'on sait propices aux apprentissages (Cerasoli et al., 2014 ; Dent & Koenka, 2016 ; Taylor et al., 2014). Indépendamment de la méthode utilisée (puzzle, coopérative peu structurée ou habituelle), nous avons observé une décroissance similaire des trajectoires motivationnelles et d'autorégulation des élèves dans le temps. Ces décroissances n'ont rien d'anormal au lycée. Elles ne sont pas propres à la population étudiée (i.e., lycéens professionnels) et sont conformes aux trajectoires habituellement constatées durant la scolarité des élèves du secondaire (e.g., Caprara et al., 2008 ; Lepper et al., 2005). Nos résultats rejoignent une nouvelle fois ceux de Roseth et al. (2019) qui ne montraient pas d'impact de la méthode en classe puzzle sur l'évolution de la motivation des étudiants en comparaison à un apprentissage habituel. En revanche, ils vont clairement à l'encontre des conclusions de Slavin (2014) à partir desquelles on aurait pu attendre un effet positif sur la motivation et l'autorégulation des élèves. Dans son modèle, Slavin postulait que, lorsqu'il est structuré, l'apprentissage coopératif améliore les apprentissages scolaires, car la motivation des élèves à apprendre est plus importante et les pousse ainsi à s'engager cognitivement dans les tâches scolaires. A suivre ce raisonnement, nous pouvions penser qu'une situation d'interdépendance positive par les ressources pouvait permettre à tous les élèves de s'accomplir dans les apprentissages à partir des responsabilités individuelles qui leur sont accordées dans le groupe – responsabilités qui ne sont guère habituelles dans un apprentissage coopératif peu structuré. Nos résultats ne soutenant pas cette idée, deux explications peuvent au moins être avancées. La première est qu'un apprentissage en classe puzzle peut aussi conduire les élèves à avoir des attitudes individualistes ou compétitives, plutôt que coopératives durant les phases de travail individuel et en groupe d'experts. Les attitudes coopératives ne sont en réalité utiles que durant le travail en groupe puzzle. Etant donné que les élèves peuvent adopter diverses attitudes relationnelles (i.e., individualistes, compétitives et coopératives) durant la classe puzzle, une majorité d'entre eux n'a peut-être pas perçu l'intérêt à travailler en coopération structurée en mathématiques. Des propos recueillis auprès des élèves lors de nos premières visites destinées à mieux comprendre la manière dont la méthode *Jigsaw* était implémentée en classe vont d'ailleurs dans ce sens : « on ne comprend pas pourquoi on fait ça ; on a l'impression que notre professeur, n'est plus un prof ; etc. ». La deuxième explication tient dans le fait que le manque d'autonomie probablement ressenti dans un apprentissage *Jigsaw* en comparaison à un apprentissage coopératif peu structuré, a pu persister dans le temps. Même si la méthode en classe puzzle est supposée permettre aux élèves de se sentir plus responsables, plus compétents et plus motivés dans les tâches scolaires, le manque d'autonomie rapporté par des lycéens en comparaison à un apprentissage coopératif peu structuré peut annuler ses effets positifs. Par exemple, Hänze et

Berger (2009) ont montré que, dans un contexte un classe puzzle, les élèves rapportaient moins de sentiment d'autonomie dans leurs apprentissages que lorsqu'ils travaillaient dans un contexte coopératif peu structuré et que cela avait une incidence sur leur motivation intrinsèque. En contexte *Jigsaw*, ces élèves rapportaient, *in fine*, moins de motivation.

Concernant l'autorégulation, nous avons jusqu'ici peu de preuves empiriques concernant sa relation avec la méthode en classe puzzle. Nous pensons que l'interdépendance et la responsabilité individuelle pouvaient être des leviers susceptibles de pousser les élèves à mettre en place des stratégies d'autorégulation (Moreno, 2009 ; Sanaie et al., 2019). En d'autres termes, nous attendions que les élèves soient davantage capables de planifier et surveiller la compréhension des ressources d'apprentissage après l'implémentation de la méthode *Jigsaw* qu'avant. Par exemple, nous pouvions nous attendre qu'après avoir travaillé en classe puzzle, les élèves soient davantage incités à faire des fiches récapitulatives de leur expertise, à profiter du groupe d'experts pour surveiller leur compréhension et à surveiller la compréhension des autres pendant la phase de travail en groupe puzzle. Nos résultats ne vont pas dans ce sens : les élèves ayant travaillé en classe puzzle ne rapportent pas plus s'autoréguler que ceux des autres conditions. Nous formulons deux hypothèses interprétatives au regard de ces résultats. La première est que la méthode en classe puzzle ne permet pas d'accroître globalement les capacités d'autorégulation des élèves, mais uniquement certaines stratégies d'autorégulation. Dans ses travaux, Moreno (2009) montrait que, durant une séquence d'apprentissage avec la méthode en classe puzzle, les étudiants mobilisaient plus de stratégies de rétention d'informations et moins de stratégies d'élaboration que ceux en apprentissage coopératif peu structuré. La seconde, moins optimiste, nous conduirait à penser que, dans un contexte *Jigsaw*, les élèves ne peuvent ni surveiller leur compréhension ni la compréhension des autres durant l'apprentissage en groupe puzzle, du moins pas plus qu'en situation d'apprentissage coopératif peu structuré. Dans les résultats de Roseth et al. (2019), si la régulation épistémique des conflits augmente avec le temps et que la régulation relationnelle baisse au fur et à mesure, d'après les résultats de Moreno (2009), les étudiants en condition *Jigsaw* faisaient moins le lien entre les concepts appris que dans un apprentissage coopératif peu structuré. Ce constat sous-entend que les apprenants en condition classe puzzle ne cherchent pas nécessairement à comprendre les différentes expertises de chacun et à résoudre les conflits de manière épistémique. Les élèves peuvent travailler en groupe et se transmettre les connaissances, mais préfèrent utiliser la complaisance pour aboutir à l'activité commune, c'est-à-dire à reprendre les réponses des membres du groupe sans en faire un examen critique (Buchs et al., 2008 ; Buchs & Butera,

2015). Enfin, une autre raison d'ordre méthodologique peut être évoquée. Celle-ci tient dans le caractère général de la mesure utilisée. En effet, la mesure ne s'est pas focalisée sur la discipline ciblée, en l'occurrence les mathématiques. Notre mesure ne dit rien sur la manière dont les élèves s'autorégulent (ou plus exactement rapportent s'autoréguler) en mathématiques.

Par ailleurs, le fait que nous n'observions aucun effet de la méthode *Jigsaw* sur la motivation et l'autorégulation peut provenir aussi de contingences contextuelles. Les enseignants dans la condition habituelle étant libres d'organiser comme ils le souhaitaient les séquences d'apprentissage en mathématiques, il est possible qu'ils aient choisi d'enseigner les notions dans d'autres contextes d'apprentissage soutenant la motivation (Sarrazin et al, 2006) et permettant d'encourager le recours à leur capacité d'autorégulation. Les analyses descriptives complémentaires conduites pour comprendre les stratégies d'enseignement mobilisées dans la condition d'apprentissage habituel (Voir annexe 10, p. 206) nous éclairent un peu sur les pratiques mobilisées par les enseignants. Si 17 à 18 % des enseignants de la condition habituelle n'ont pas utilisé de méthodes de travail en groupe lors des séquences, 24 % y ont eu recours au moins 50 % du temps. Même si ces informations ne nous disent que peu de choses sur le climat (i.e., soutenant ou contrôlant) adopté durant l'apprentissage habituel, ou encore sur la manière dont le travail en groupe a été structuré dans la condition d'apprentissage habituel, il s'avère que la méthode habituelle n'est affranchie ni des leviers, ni des processus mis en œuvre dans la méthode en classe puzzle. Ceci peut expliquer les faibles différences observées entre les conditions.

### **3. Des facteurs susceptibles de modérer l'efficacité de la méthode en classe puzzle**

Notre dernière préoccupation concernait les facteurs susceptibles de modérer les effets de la méthode en classe puzzle. Nos résultats révèlent d'abord que, lorsqu'elle est bien implémentée, la méthode *Jigsaw* a eu des effets bénéfiques sur la performance des élèves lors de la séquence 1, mais que cet effet ne se maintenait pas deux ans plus tard. Nos résultats révèlent aussi que ce modérateur n'agissait ni sur les trajectoires de motivation des élèves, ni sur celles d'autorégulation. Par ailleurs, nous avons observé que les référents rapportaient le plus souvent une mauvaise fidélité d'implémentation du programme. Le manque de considération du contexte éducatif de l'établissement faisait partie des critères évoqués par les référents. Par ailleurs, les plages horaires proposées pour mettre en œuvre les séquences d'apprentissage et celles des établissements ont parfois été difficiles à apparier. La raison principale est que les

élèves ont eu plusieurs semaines de formation en milieu professionnel réparties différemment selon les établissements. Les référents ont aussi évoqué à plusieurs reprises que les changements dans la pratique des enseignantes provoquaient des réticences chez certains enseignants qui refusaient d'y adhérer ou qui avaient simplement des difficultés à percevoir les enjeux derrière l'expérimentation, voire s'en méfiaient. Tous ces éléments pointent une fois de plus la complexité du phénomène étudié. La mise en œuvre concerne autant le respect de la durée de l'intervention que l'adhésion des enseignants ou encore le déploiement qu'ils font de cette intervention (Durlak & DuPre, 2008). Sur un plan opérationnel, il est souvent difficile d'intégrer l'ensemble de ces critères dans une mesure de fidélité unique. Il est possible que le critère, construit à posteriori auprès des référents ne permette qu'une mesure indirecte et très grossière de la fidélité d'implémentation. En effet, le recueil d'informations réalisé auprès de tierces personnes et non directement auprès des enseignants a pu conduire à des distorsions qu'on retrouve dès lors qu'il s'agit de porter un jugement sur les résultats d'autrui (Bressoux & Pansu, 2003). A suivre les travaux de Tversky et Kaheman (1974, 1981), il n'est pas exclu que le jugement des référents se soit fondé sur des heuristiques, c'est-à-dire sur des raccourcis cognitifs rapides et automatiques conduisant à des raisonnements simplifiés, puisqu'ils n'étaient pas en mesure d'évaluer la complexité des situations d'implémentation dans les classes. Si ces heuristiques facilitent les évaluations mentales complexes, elles ont pu alors mener les référents à biaiser leur jugement en surévaluant ou sous-évaluant certains événements rapportés par les enseignants. Par ailleurs, le recours à cette manière de mesurer la fidélité de l'implémentation est d'autant plus délicat et propice à des biais que les entretiens auprès des référents des établissements ont eu lieu neuf mois après la fin de l'expérimentation sur la première cohorte d'élèves. Il est clair que des observations des pratiques enseignantes et des élèves, ou a minima des informations recueillies directement auprès de ces derniers, auraient été plus adaptées pour mesurer la fidélité de l'implémentation de la méthode. Quand bien même ces dernières s'avèreraient particulièrement coûteuses sur le plan méthodologique – nombre d'heures d'observation, double codage, etc. (Breitenstein et al., 2010) – les études futures devront se pencher sur cette question avant d'implémenter un tel programme. Selon Blase et ses collaborateurs (2012), former les enseignants avant l'intervention et les accompagner pendant sa mise en œuvre, de préférence individuellement, seraient deux moteurs essentiels pour développer les compétences enseignantes utiles à une bonne implémentation. Il est donc crucial dans les études interventionnelles que les enseignants soient formés et accompagnés de manière continue dans la compréhension de leur rôle (Blase et al., 2012).

Deuxièmement, concernant les attitudes coopératives, les résultats ne sont guère plus encourageants. Contrairement à nos attentes, la méthode en classe puzzle n'est pas plus efficace lorsque les élèves ont des attitudes coopératives élevées. Nos résultats sont contraires à ceux observés par Roseth et al. (2019) qui, d'une part, ont montré que la méthode en classe puzzle augmentait davantage les performances des étudiants lorsqu'ils rapportaient de hautes attitudes coopératives et, d'autre part, ont observé une évolution positive des attitudes coopératives des étudiants dans la condition en classe puzzle en comparaison à un apprentissage habituel. Concernant ce dernier point, nos résultats révèlent qu'à la fin de l'expérience, les élèves de la condition habituelle rapportaient plus d'attitudes coopératives que ceux de la condition *Jigsaw*. Certes, si la mesure des attitudes coopératives de Roseth et al. (2019) était différente de celle que nous avons utilisée (D'après Driskell et al. (2010), la corrélation entre les deux échelles est faible :  $r = .32^{19}$ ), il n'est pas exclu, non plus, que les facteurs qui impactent l'évolution des attitudes coopératives puissent varier selon le public d'apprenants et qu'elles soient perçues comme moins utiles pour travailler la coopération chez les lycéens professionnels.

Seul le niveau scolaire initial des élèves semble jouer un rôle. Nous avons constaté que, selon la condition d'apprentissage, les élèves qui avaient un faible niveau en mathématiques différaient dans leurs trajectoires de motivation et d'autorégulation. Ceux ayant travaillé avec la méthode *Jigsaw* ou en coopération peu structurée avaient des trajectoires descendantes durant les deux années scolaires, alors que ceux ayant travaillé de manière habituelle avaient des trajectoires plutôt stables. Il apparaît donc que la méthode *Jigsaw*, comme le travail coopératif en général, n'a pas été bénéfique aux élèves les plus faibles. Les résultats sur les performances des élèves en mathématiques sont cependant différents. Aucune différence de réussite n'a été constatée entre un apprentissage coopératif peu structuré ou un travail habituel et la méthode en classe puzzle. Toutefois, nous avons observé qu'en comparaison à un apprentissage habituel, un apprentissage coopératif peu structuré était surtout profitable aux élèves forts en mathématiques. Si ces résultats ne nous permettent pas de conclure définitivement quant à l'impact modérateur du niveau scolaire des élèves dans un contexte en classe puzzle, ils vont dans le sens de notre hypothèse alternative selon laquelle *Jigsaw*, et plus généralement l'apprentissage coopératif, serait défavorable aux élèves les plus faibles. Ils rejoignent ceux de Deiglmayr et Schalk (2015) qui ont montré que la méthode en classe puzzle était moins

---

<sup>19</sup> Roseth et al. (2019) ont utilisé la *Social Interdependence Scale* (Johnson & Norem-Hebeisen, 1977) qui mesure les attitudes coopératives en demandant aux étudiants d'indiquer à quel point ils étaient d'accord pour coopérer. L'échelle de Driskell et al. (2010) pour notre expérience consistait à demander aux élèves leur degré de désaccord concernant des attitudes individualistes.

bénéfique à la réussite des élèves ayant un niveau scolaire faible lorsque l'interdépendance positive par les ressources était élevée. Le fait d'avoir une responsabilité individuelle était sans doute d'un niveau de difficulté telle, que les élèves faibles n'ont ni su mettre en place des stratégies d'autorégulation adaptées, ni pris plaisir à travailler les mathématiques dans un tel contexte. Bien que nos résultats soutiennent cette idée, il nous faut garder à l'esprit que les effets du niveau initial sur l'évolution de la motivation et de l'autorégulation des élèves sont, tout bien considéré, peu élevés.

En somme, plus qu'ils n'apportent de réponses assurées, ces résultats interrogent surtout les stratégies d'enseignement habituelles des enseignants de lycée professionnel, en particulier celles qu'ils mobilisent pour les élèves ayant un faible niveau scolaire. Dans la littérature scientifique, nous avons peu d'informations quant à ces méthodes pédagogiques, mais nos résultats laissent à penser que c'est une piste à explorer. En effet, il est possible que les enseignants des lycées professionnels mettent en place des modes d'organisation et de gestion de la classe qui sont particulièrement profitables aux élèves les plus faibles. Des analyses complémentaires ont révélé par la suite que les enseignants mobilisaient habituellement plusieurs modes d'organisation pour enseigner les mathématiques (en groupe, individuellement et en classe entière). Aussi, reste à savoir si ce type d'enseignement est particulièrement guidant, explicite et que, pour ces raisons, il est plus adapté pour les élèves les plus faibles. Les études à venir devront s'attacher à examiner et à comprendre les processus à l'œuvre dans les pratiques quotidiennes des enseignants de lycées professionnels.

Sur un plan pragmatique, nos résultats nous invitent à la prudence quant à l'utilisation de la méthode en classe puzzle, *a fortiori* si elle est utilisée pour réduire les écarts entre les élèves faibles et forts. Cela dépend des objectifs qu'on poursuit en mobilisant une telle méthode. A suivre Deigleymar et Schalk (2015), la méthode en classe puzzle peut être efficace pour les élèves faibles, si elle est choisie pour faire apprendre des concepts faciles ou déjà amorcés. Ainsi, même si l'interdépendance positive par les ressources est moins élevée, la fidélité de la transmission des informations par les élèves faibles sera sans doute meilleure, l'apprentissage aura plus de sens pour eux et ils seront davantage prêts à fournir des efforts pour apprendre. Cependant, cela doit aller de pair avec un enseignement explicite des stratégies d'apprentissage et d'autorégulation afin que les élèves puissent organiser, apprendre et communiquer efficacement leurs expertises. Les conclusions de plusieurs méta-analyses vont dans ce sens : enseigner explicitement des stratégies d'autorégulation aux apprenants est efficace pour accroître la réussite, la motivation et l'autorégulation (e.g., Dignath & Büttner, 2008 ; Dignath

et al., 2008 ; Donker et al., 2014 ; Jansen et al., 2019 ; Kyriakides et al., 2013). Ce type d'enseignement est d'ailleurs indispensable pour aider les élèves à mieux apprendre dans un contexte d'apprentissage coopératif. Les enseignements qui incluent des stratégies d'autorégulation (e.g., d'élaboration, de planification, de surveillance ou de contrôle des apprentissages) et l'apprentissage coopératif (i.e., hautement structurée ou non) permettent aux élèves du secondaire d'avoir de meilleures performances académiques que lorsqu'il n'y a pas de travail en groupe (Dignath & Büttner, 2008).

#### **4. Limites et perspectives**

Une des premières limites à notre travail porte sur les mesures sélectionnées pour mesurer l'autorégulation, la coopération, le niveau initial des élèves en mathématiques et la fidélité d'implémentation. Comme nous l'avons déjà mentionné, la mesure d'autorégulation choisie est générale et n'est pas spécifique aux mathématiques, contrairement aux mesures de motivation autonome et de performances. Si l'autorégulation représente une compétence générale liée à la réussite scolaire (Dent & Koenka, 2016), les élèves mettent sans doute en place des stratégies d'autorégulation différentes en fonction de l'importance qu'ils accordent aux disciplines. Les études à venir devront pallier ce problème et faire en sorte d'harmoniser le caractère spécifique ou général des mesures en fonction de l'objectif poursuivi et s'attacher à faire la différence entre l'autorégulation auto-rapportée (une attitude) et l'autorégulation effective (un comportement) (Dent & Koenka, 2016). Concernant les aptitudes coopératives, l'introduction d'une mesure complémentaire directe aurait là aussi permis de mieux comprendre dans quelle mesure les capacités coopératives des élèves impactent l'efficacité de la méthode en classe puzzle. Plutôt que de mesurer les attitudes coopératives, il s'agirait d'évaluer les compétences coopératives des élèves à travers de petits exercices en groupe. Cela permettrait de mesurer par exemple les capacités de coordination en groupe ou la créativité des élèves. Une telle mesure comportementale est importante d'autant que Johnson et Johnson (2009) soulignent explicitement que les compétences coopératives sont essentielles pour qu'un apprentissage coopératif soit réussi. De plus, l'inconvénient de notre mesure des moyennes en mathématiques est que toutes les moyennes auto-rapportées ne sont pas comparables d'une classe ou d'un établissement à un autre. Les études à venir devront s'attacher à remédier ce problème en anticipant de recueillir les notes des élèves au brevet des collèges ou à un test standardisé de positionnement scolaire en début de seconde professionnelle. Enfin, comme nous l'avons mentionné plus haut, nous avons pu perdre des informations cruciales pour déterminer

le niveau de fidélité dans chaque établissement parce que ces informations ont été rapportées par les référents des établissements et non pas par les enseignants eux-mêmes. Des mesures complémentaires rapportées par les enseignants ou des observations en classe seraient sans doute profitables pour appréhender au mieux la fidélité d'implémentation.

Une seconde limite concerne la complétion des questionnaires par les élèves. Comme mentionné dans l'encadré 2 de la thèse (chapitre 3, p. 69), nous avons constaté des distributions anormales de certaines échelles de mesure, notamment celles présentées en fin de questionnaire. Le questionnaire étant long et y répondre étant particulièrement couteux, il est tout à fait probable qu'une part non négligeable d'élèves n'aient pas répondu sérieusement au questionnaire. En effet, le nombre d'énoncés à renseigner était particulièrement élevé pour notre population et variait de 281 (Temps 1) à 247 (Temps 2 et 3, des énoncés non discriminants ayant été retirés). Une passation plus courte et une sélection restreinte aux objectifs poursuivis auraient sans doute permis une implication plus forte des lycéens de lycée professionnel qui souvent sont démotivés pour les tâches scolaires (Desombre et al., 2017).

Enfin, une dernière limite est que l'attribution dans un groupe n'a pas été faite de façon aléatoire par tirage au sort (i.e., sans randomisation). La répartition des établissements dans les trois conditions d'apprentissage ayant été réalisée et sous traitée par la DEPP, un certain nombre d'informations nous ont échappé comme la randomisation. Nous ne savons pas si des biais de sélection ont pu affecter nos résultats. Cependant, nos effets sont assez conformes à ceux de Roseth et al. (2019) qui ont été obtenus à partir d'un protocole randomisé et contrôlé. Cette similitude est rassurante quant aux conclusions qu'on peut tirer de cette thèse.

Au-delà de ces limites, des prolongements peuvent être envisagés. Premièrement, nous avons constaté que des différences de niveaux de motivation et d'autorégulation apparaissaient selon les filières professionnelles des élèves. Les élèves en « électricité » rapportaient plus de motivation en mathématiques que les élèves en « soins à la personne » et ceux « en commerce ». En « électricité », la quasi-totalité des élèves sont des garçons et ces derniers s'estiment généralement plus capables de performer en mathématiques que les filles (OCDE, 2015). Nous avons aussi observé que ce sont les élèves en « soins à la personne » qui rapportaient davantage s'autoréguler à l'école, sans doute parce que ces élèves sont en grande majorité des filles, connues pour faire plus d'efforts que les garçons pour s'autoréguler et maintenir leur attention en classe (Else-Quest & al., 2006). Aussi, peut-on envisager que la méthode *Jigsaw* puisse avoir des effets différents selon les filières. Selon Peter et al. (2021), les groupes coopératifs composés uniquement de filles sont plus performants dans leur créativité en comparaison à des

groupes mixtes ou des groupes coopératifs composés uniquement de garçons. De plus, Hänze et Berger (2007) ont montré que la méthode *Jigsaw* était plus favorable au sentiment de compétence en physique des filles qu'un enseignement direct. Cet écart n'était pas retrouvé chez les garçons. Des recherches supplémentaires doivent être menées pour évaluer si dans des classes de mathématiques, la méthode en classe puzzle pourrait être plus efficace à la scolarité des élèves appartenant à certaines filières, plutôt qu'à d'autres.

Deuxièmement, si nos résultats ne montrent aucune plus-value de la méthode *Jigsaw* dans le développement de l'autorégulation des élèves, ils ne nous renseignent nullement sur le rôle de cette méthode dans le développement de compétences de régulation socialement partagée<sup>20</sup>, compétences qui sont importantes pour que le groupe réussisse (Hadwin et al., 2017). Récemment, Cecchini et al. (2020) constataient que dans un contexte d'apprentissage coopératif structuré, les étudiants rapportaient plus souvent réguler leurs apprentissages en groupe que de manière individuelle. A contrario, la régulation socialement partagée était moins mobilisée par les étudiants dans un apprentissage coopératif peu structuré. Dans un contexte d'interdépendance positive par les ressources, la régulation socialement partagée pourrait être importante car les élèves doivent surveiller et évaluer leurs compréhensions mutuelles, alors que dans un apprentissage coopératif peu structuré, la régulation du travail en groupe peut être plus facilement dirigée par un seul membre du groupe (Hadwin et al., 2017).

Un troisième prolongement serait d'examiner si les compétences des élèves à communiquer les ressources aux membres du groupe puzzle modèrent l'acquisition des connaissances des élèves pour lesquelles ils sont novices et experts. En classe puzzle, les élèves sont considérés novices dans l'apprentissage des ressources qu'ils n'ont pas appris pendant les phases d'expertises. D'après plusieurs chercheurs, les élèves sont moins performants sur les connaissances pour lesquelles ils sont novices, en comparaison aux élèves experts et ceux guidés par l'enseignant (Hänze & Berger, 2007 ; Souvignier & Kronenberger, 2007). Au contraire, ils sont plus performants concernant les connaissances sur lesquelles ils développent une expertise que les élèves novices ou ceux guidés par l'enseignant (Hänze & Berger, 2007, 2015 ; Souvignier & Kronenberger, 2007). Si les élèves ne transmettent pas correctement les ressources aux élèves du groupe, il n'est pas étonnant d'observer un écart de performance entre les élèves experts, ceux novices et ceux ayant appris avec l'enseignant. Des travaux ont d'ailleurs montré que la compétence de celui qui transmettait les informations aux autres

---

<sup>20</sup> Pour rappel, la régulation socialement partagée correspond à la façon dont le groupe va planifier, mettre en œuvre, surveiller et contrôler ses apprentissages pour atteindre leur objectif de groupe.

étudiants affecte l'impact de l'interdépendance positive par les ressources sur leurs performances (Buchs et al., 2004 ; Buchs & Butera, 2009).

Enfin, un dernier prolongement viserait à étudier le rôle de l'enseignement explicite de compétences sociales propices au travail coopératif (Buchs & Butera, 2015). Les enseignants peuvent enseigner les comportements qu'ils attendent des élèves pendant les apprentissages coopératifs et se référer par exemple au système de Soutien au Comportement Positif (Bissonnette, 2022). A l'heure actuelle, peu d'études ont cherché à savoir si l'enseignement explicite de certains comportements sociaux améliore l'apprentissage des élèves dans un contexte en classe puzzle. Souvignier et Kronenberg (2007) ont mené une expérimentation afin d'apporter quelques éléments de réponses à cette question. Ils ont formé des élèves du primaire à poser des questions aux autres membres du groupe avant de les mettre en situation *Jigsaw*. Cependant, les résultats ne sont pas convaincants : une telle formation n'a pas permis aux élèves d'être plus performants que dans une situation d'apprentissage guidé par l'enseignant ou d'un apprentissage coopératif en classe puzzle uniquement.

Cette thèse visait à comprendre dans quelle mesure l'apprentissage coopératif en classe puzzle impactait les apprentissages, la motivation en mathématiques et l'autorégulation des élèves de lycée professionnel, connus pour arriver en seconde avec un niveau en mathématiques insuffisant (DEPP, 2020, 2021) et un faible intérêt pour les apprentissages scolaires (Desombre et al., 2017 ; de Stavenga et al., 2006 ; Pourcelot, 2017 ; Slaats et al., 1999). Malgré l'attrait que suscite cette méthode dans les milieux psychopédagogiques, nos résultats rejoignent ceux de Roseth et al. (2019) et ne montrent aucun impact positif de celle-ci sur les trajectoires motivationnelles et d'autorégulation des élèves. Cependant, si l'on s'en tient aux seules performances en mathématiques au fil du temps, la conclusion est plus optimiste, même si les résultats sont, somme toute, de faible ampleur. Ils invitent à questionner les processus, autre que ceux étudiés, qui agissent sur la performance au fil du temps. La familiarisation et la répétition sont sans aucun doute des éléments qui entrent en jeu, comme ceux liés aux affinités et aux feed-back reçus et perçus dans les groupes. Bien qu'il soit nécessaire aujourd'hui de conduire de nouvelles études en contrôlant les performances effectives des élèves à partir de test standardisé, les limites mentionnées précédemment invitent les enseignants, avant de déployer une telle méthode, à ne pas perdre de vue que l'enseignement explicite est sans aucun doute un élément incontournable pour réduire les inégalités scolaires (Kirschner et al., 2006). Aussi, comme le soutiennent Guilmois et Popa-Roch (2021), reste à savoir si une approche d'enseignement mixte, plaçant les élèves en classe puzzle dans une démarche d'enseignement explicite, peut-être bénéfique à la scolarité de tous, notamment des plus faibles.

- Adams, F. H. (2013). Using Jigsaw Technique as an Effective Way of Promoting Co-Operative Learning Among Primary Six Pupils in Fijai. *International Journal of Education and Practice*, 1(6), 64-74.  
<https://doi.org/10.18488/journal.61/2013.1.6/61.6.64.74>
- Ahmed, W., van der Werf, G., Kuyper, H., & Minnaert, A. (2013). Emotions, self-regulated learning, and achievement in mathematics: A growth curve analysis. *Journal of Educational Psychology*, 105(1), 150-161. <https://doi.org/10.1037/a0030160>
- Alipour, A. (2016). Cooperative versus collaborative learning. *International Journal of Research in Linguistics, Language Teaching and Testing*, 1(4), 153-158.
- Allison, P. D. (2001). *Missing Data* (1<sup>re</sup> éd.). SAGE Publications, Inc.
- Aronson, E. (1978). *The Jigsaw Classroom* (1<sup>re</sup> éd.). SAGE Publications, Inc.
- Aronson, E., & Patnoe, S. (2011). *Cooperation in the Classroom: The Jigsaw Method* (3<sup>rd</sup> éd.). Pinter & Martin Ltd.
- Bandura, A. (1991). Social cognitive theory of self-regulation. *Organizational Behavior and Human Decision Processes*, 50(2), 248-287. [https://doi.org/10.1016/0749-5978\(91\)90022-1](https://doi.org/10.1016/0749-5978(91)90022-1)
- Basyah, N., Muslem, A., & Usman, B. (2018). The Effectiveness of Using the Jigsaw Model to Improve Students' Economics Teaching-Learning Achievement. *The New Educational Review*, 51(1), 30-40. <https://doi.org/10.15804/tner.2018.51.1.02>
- Bates, D., Mächler, M., Bolker, B., & Walker, S. (2015). Fitting Linear Mixed-Effects Models Using **lme4**. *Journal of Statistical Software*, 67(1).  
<https://doi.org/10.18637/jss.v067.i01>
- Berger, R., & Hänze, M. (2009). Comparison of Two Small-group Learning Methods in 12th-grade Physics Classes Focusing on Intrinsic Motivation and Academic Performance. *International Journal of Science Education*, 31(11), 1511-1527.  
<https://doi.org/10.1080/09500690802116289>

- Berger, R., & Hänze, M. (2014). Impact of Expert Teaching Quality on Novice Academic Performance in the Jigsaw Cooperative Learning Method. *International Journal of Science Education*, 37(2), 294-320. <https://doi.org/10.1080/09500693.2014.985757>
- Bertucci, A., Johnson, D. W., Johnson, R. T., & Conte, S. (2012). Influence of Group Processing on Achievement and Perception of Social and Academic Support in Elementary Inexperienced Cooperative Learning Groups. *The Journal of Educational Research*, 105(5), 329-335. <https://doi.org/10.1080/00220671.2011.627396>
- Bissonnette, S., Bourgeois, M. & Audet, M. (2021). Chapitre 9. D’informer les élèves sur les règles de conduite à l’enseignement explicite des comportements attendus. [E-book]. Dans S. Bissonnette., E. Falardeau., & M. Richard (Éds.), *L’enseignement explicite dans la francophonie : Fondements théoriques, recherches actuelles et données probantes*. (p. 227-243). Presses de l’Université du Québec.
- Blase, K. A., Van Dyke, M., Fixsen, D. L., & Bailey, F. W. (2012). Key concepts, themes, and evidence for practitioners in educational psychology. Dans B. Kelly, & D. F. Perkins, *Handbook of implementation science for psychology in education* (p. 13-34), Cambridge University Press.
- Boekaerts, M. (2011). Emotions, emotion regulation, and self-regulation of learning. Dans B. J. Zimmerman & D. H. Schunk, *Handbook of self-regulation of learning and performance* (p. 408–425). Routledge, New York.  
<https://www.routledgehandbooks.com/doi/10.4324/9780203839010.ch26>
- Borkowski, J. G. (1996). Metacognition: Theory or chapter heading? *Learning and Individual Differences*, 8(4), 391-402. [https://doi.org/10.1016/s1041-6080\(96\)90025-4](https://doi.org/10.1016/s1041-6080(96)90025-4)
- Bowman-Perrott, L., Burke, M. D., Zhang, N., & Zaini, S. (2014). Direct and Collateral Effects of Peer Tutoring on Social and Behavioral Outcomes: A Meta-Analysis of Single-Case Research. *School Psychology Review*, 43(3), 260-285.  
<https://doi.org/10.1080/02796015.2014.12087427>
- Breitenstein, S. M., Gross, D., Garvey, C. A., Hill, C., Fogg, L., & Resnick, B. (2010). Implementation fidelity in community-based interventions. *Research in Nursing & Health*, 33(2), 164-173. <https://doi.org/10.1002/nur.20373>
- Bressoux, P. (2010). *Modélisation statistique appliquée aux sciences sociales* (2<sup>e</sup> éd.). DE BOECK SUP.

- Bressoux, P. (2017). Practice-based research : une aporie et des espoirs. *Éducation et didactique*, 11(3), 123-134. <https://doi.org/10.4000/educationdidactique.2870>
- Bressoux, P. (2020). Using multilevel models is not just a matter of statistical adjustment. Illustrations in the educational field. *L'Année psychologique*, Vol. 120(1), 5-38. <https://doi.org/10.3917/anpsy1.201.0005>
- Bressoux, P., Coustère, P., Leroy-Audouin, C., & Coustere, P. (1997). Les modèles multiniveau dans l'analyse écologique : le cas de la recherche en éducation. *Revue Française de Sociologie*, 38(1), 67. <https://doi.org/10.2307/3322373>
- Bressoux, P., & Pansu, P. (2003). *Quand les enseignants jugent leurs élèves*. Presses universitaires de France.
- Brown, T. A. (2015). *Confirmatory Factor Analysis for Applied Research, Second Edition (Methodology in the Social Sciences)* (Second éd.). The Guilford Press.
- Buchs, C., & Butera, F. (2009). Is a partner's competence threatening during dyadic cooperative work? It depends on resource interdependence. *European Journal of Psychology of Education*, 24(2), 145-154. <https://doi.org/10.1007/bf03173007>
- Buchs, C., and Butera, F. (2015). Cooperative learning and social skills development. Dans R. Gillies (dir.), *Collaborative Learning: Developments in Research and Practice* (p. 201-217). New York, NY: Nova Science.
- Buchs, C., Butera, F., & Mugny, G. (2004). Resource interdependence, student interactions and performance in cooperative learning. *Educational Psychology*, 24(3), 291-314. <https://doi.org/10.1080/0144341042000211661>
- Buchs, C., Darnon, C., Quiamzade, A., Mugny, G., & Butera, F. (2008). Conflits et apprentissage. Régulation des conflits sociocognitifs et apprentissage. *Revue française de pédagogie*, 163, 105-125. <https://doi.org/10.4000/rfp.1013>
- Buchs, C., Gilles, I., Antonietti, J. P., & Butera, F. (2015). Why students need to be prepared to cooperate: a cooperative nudge in statistics learning at university. *Educational Psychology*, 36(5), 956-974. <https://doi.org/10.1080/01443410.2015.1075963>
- Buckley, S., Coleman, J., Davison, I., Khan, K. S., Zamora, J., Malick, S., Morley, D., Pollard, D., Ashcroft, T., Popovic, C., & Sayers, J. (2009). The educational effects of portfolios on undergraduate student learning: A Best Evidence Medical Education

- (BEME) systematic review. BEME Guide No. 11. *Medical Teacher*, 31(4), 282-298. <https://doi.org/10.1080/01421590902889897>
- Butera, F., & Buchs, C. (2019). Social interdependence and the promotion of cooperative learning. Dans K. Sassenberg, & M. L. W. Vliek (Éds.), *Social Psychology in Action* (p. 111-127). Cham, Switzerland : Springer Nature.
- Butera, F., Sommet, N., & Darnon, C. (2019). Sociocognitive Conflict Regulation: How to Make Sense of Diverging Ideas. *Current Directions in Psychological Science*, 28(2), 145-151. <https://doi.org/10.1177/0963721418813986>
- Caprara, G. V., Fida, R., Vecchione, M., del Bove, G., Vecchio, G. M., Barbaranelli, C., & Bandura, A. (2008). Longitudinal analysis of the role of perceived self-efficacy for self-regulated learning in academic continuance and achievement. *Journal of Educational Psychology*, 100(3), 525-534. <https://doi.org/10.1037/0022-0663.100.3.525>
- Carroll, C., Patterson, M., Wood, S., Booth, A., Rick, J., & Balain, S. (2007). A conceptual framework for implementation fidelity. *Implementation Science*, 2(1). <https://doi.org/10.1186/1748-5908-2-40>
- Carver, C. S., & Scheier, M. F. (2000). On the structure of behavioral self-regulation. Dans M. Boekaerts., P.R. Pintrich, & M. Zeidner (Éds.) *Handbook of self-regulation* (p. 41-84). Academic Press, San Diego.
- Cecchini, J. A., Fernandez-Rio, J., Mendez-Gimenez, A., Gonzalez, C., Sanchez-Martínez, B., & Carriedo, A. (2020). High versus low-structured cooperative learning. Effects on prospective teachers' regulation dominance, motivation, content knowledge and responsibility. *European Journal of Teacher Education*, 44(4), 486-501. <https://doi.org/10.1080/02619768.2020.1774548>
- Cerasoli, C. P., Nicklin, J. M., & Ford, M. T. (2014). Intrinsic motivation and extrinsic incentives jointly predict performance: A 40-year meta-analysis. *Psychological Bulletin*, 140(4), 980-1008. <https://doi.org/10.1037/a0035661>
- Chen, P., & Hwang, G. (2018). An IRS-facilitated collective issue-question approach to enhancing students' learning achievement, self-regulation and collective efficacy in flipped classrooms. *British Journal of Educational Technology*, 50(4), 1996-2013. <https://doi.org/10.1111/bjet.12690>

- Cheung, A. C. K., Xie, C., Zhuang, T., Neitzel, A. J., & Slavin, R. E. (2021). Success for All: A Quantitative Synthesis of U.S. Evaluations. *Journal of Research on Educational Effectiveness*, 14(1), 90-115. <https://doi.org/10.1080/19345747.2020.1868031>
- Cleary, T. J., & Chen, P. P. (2009). Self-regulation, motivation, and math achievement in middle school: Variations across grade level and math context. *Journal of School Psychology*, 47(5), 291-314. <https://doi.org/10.1016/j.jsp.2009.04.002>
- Cleary, T. J., & Kitsantas, A. (2017). Motivation and Self-Regulated Learning Influences on Middle School Mathematics Achievement. *School Psychology Review*, 46(1), 88-107. <https://doi.org/10.1080/02796015.2017.12087607>
- Coalition for Evidence-Based Policy. (2013, juillet). *Randomized controlled trials commissioned by institute of education science since 2002 : how many found positive versus weak or no effect*. Coalition for Evidence-Based Policy, Washington, DC.
- Cohen, E. G. (1998). Complex Instruction. *European Journal of Intercultural studies*, 9(2), 127-131. <https://doi.org/10.1080/0952391980090202>
- Cole, J. S., Bergin, D. A., & Whittaker, T. A. (2008). Predicting student achievement for low stakes tests with effort and task value. *Contemporary Educational Psychology*, 33(4), 609-624. <https://doi.org/10.1016/j.cedpsych.2007.10.002>
- Connolly, P., Keenan, C., & Urbanska, K. (2018). The trials of evidence-based practice in education: a systematic review of randomised controlled trials in education research 1980–2016. *Educational Research*, 60(3), 276-291. <https://doi.org/10.1080/00131881.2018.1493353>
- Conseil d'Orientation pour l'emploi. (2017). *Automatisation, numérisation et emploi Rapport du COE, Tome 2 : l'impact sur les compétences*. <https://www.strategie.gouv.fr/sites/strategie.gouv.fr/files/atoms/files/coe-rapport-tome-2-automatisation-numerisation-emploi-septembre-2017.pdf>
- Corno, L. (1989). Self-regulated learning: A volitional analysis. Dans B. J. Zimmerman & D. H. Schunk. *Self-regulated learning and academic achievement* (p. 111-141). Springer, New York.
- Crone, T. S., & Portillo, M. C. (2013). Jigsaw Variations and Attitudes About Learning and the Self in Cognitive Psychology. *Teaching of Psychology*, 40(3), 246-251. <https://doi.org/10.1177/0098628313487451>

- Darnon, C., Buchs, C., & Butera, F. (2002). Epistemic and relational conflicts in sharing identical vs. complementary information during cooperative learning. *Swiss Journal of Psychology*, 61(3), 139-151. <https://doi.org/10.1024//1421-0185.61.3.139>
- Darnon, C., Buchs, C., & Desbar, D. (2012). The jigsaw technique and self-efficacy of vocational training students: a practice report. *European Journal of Psychology of Education*, 27(3), 439-449. <https://doi.org/10.1007/s10212-011-0091-4>
- de Boer, H., Donker, A. S., Kostons, D. D., & van der Werf, G. P. (2018). Long-term effects of metacognitive strategy instruction on student academic performance: A meta-analysis. *Educational Research Review*, 24, 98-115. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2018.03.002>
- Deci, E. L., & Ryan, R. M. (1985). *Intrinsic Motivation and Self-Determination in Human Behavior (Perspectives in Social Psychology)*. Plenum Press.
- de Corte, E., Verschaffel, L., & Masui, C. (2004). The CLIA-model: A framework for designing powerful learning environments for thinking and problem solving. *European Journal of Psychology of Education*, 19(4), 365-384. <https://doi.org/10.1007/bf03173216>
- Deiglmayr, A., & Schalk, L. (2015). Weak versus strong knowledge interdependence: A comparison of two rationales for distributing information among learners in collaborative learning settings. *Learning and Instruction*, 40, 69-78. <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2015.08.003>
- Déglise, S. & Galand, B. (2020) L'implantation, un facteur clé dans le changement de pratiques pédagogiques. Dans B. Galand, & M. Janosz, *Améliorer les pratiques en éducation : qu'en dit la recherche ?* (p. 23-33). Presses universitaires de Louvain.
- Dent, A. L., & Koenka, A. C. (2016). The Relation Between Self-Regulated Learning and Academic Achievement Across Childhood and Adolescence: A Meta-Analysis. *Educational Psychology Review*, 28(3), 425-474. <https://doi.org/10.1007/s10648-015-9320-8>
- de Place A-L., Riant M., Bressoux P., consortium ProFAN & Pansu, P. (en préparation). Teaching self-regulation in the classroom: a critical review of the role of cooperative learning.

- DEPP (2020, mars). *Test de positionnement de début de seconde 2019 : des écarts de performances selon la voie de formation, le profil des élèves et les académies*. Note d'information n°20.24. MENJ-DEPP. <https://archives-statistiques-depp.education.gouv.fr/Default/doc/SYRACUSE/46335/test-de-positionnement-de-debut-de-seconde-2019-des-ecarts-de-performances-selon-la-voie-de-formatio?lg=fr-FR>
- DEPP (2021, juillet). *Test de positionnement de début de seconde 2020 : des performances en hausse en français, mais des résultats toujours contrastés selon les caractéristiques des élèves et des établissements*. Note d'information n°21.17. MENJ-DEPP. <https://archives-statistiques-depp.education.gouv.fr/Default/doc/SYRACUSE/49028>
- Desombre, C., Bailleul, M., Baeza, C., & Brasselet, C. (2017). Motivation des élèves de lycée professionnel. *Spirale - Revue de recherches en éducation*, N° 59(1), 13-25. <https://doi.org/10.3917/spir.059.0013>
- de Stavenga Jong, J. A., Wierstra, R. F. A., & Hermanussen, J. (2006). An exploration of the relationship between academic and experiential learning approaches in vocational education. *British Journal of Educational Psychology*, 76(1), 155-169. <https://doi.org/10.1348/000709905x42932>
- Deutsch, M. (1949). A Theory of Co-operation and Competition. *Human Relations*, 2(2), 129-152. <https://doi.org/10.1177/001872674900200204>
- DiCerbo, K. (2014). Assessment and teaching of 21st century skills. *Assessment in Education: Principles, Policy & Practice*, 21(4), 502-505. <https://doi.org/10.1080/0969594x.2014.931836>
- Dignath, C., Buettner, G., & Langfeldt, H. P. (2008). How can primary school students learn self-regulated learning strategies most effectively? *Educational Research Review*, 3(2), 101-129. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2008.02.003>
- Dignath, C., & Büttner, G. (2008). Components of fostering self-regulated learning among students. A meta-analysis on intervention studies at primary and secondary school level. *Metacognition and Learning*, 3(3), 231-264. <https://doi.org/10.1007/s11409-008-9029-x>
- Dignath, C., & Veenman, M. V. J. (2020). The Role of Direct Strategy Instruction and Indirect Activation of Self-Regulated Learning—Evidence from Classroom

- Observation Studies. *Educational Psychology Review*, 33(2), 489-533.  
<https://doi.org/10.1007/s10648-020-09534-0>
- Dinsmore, D. L., Alexander, P. A., & Loughlin, S. M. (2008). Focusing the Conceptual Lens on Metacognition, Self-regulation, and Self-regulated Learning. *Educational Psychology Review*, 20(4), 391-409. <https://doi.org/10.1007/s10648-008-9083-6>
- Di Paola, V., Jellab, A., Moullet, S., Olympio, N., & Verdier, E. (2016, Juin). *L'évolution de l'enseignement professionnel : des segmentations éducatives et sociales renouvelées*. CNESCO. <http://www.cnesco.fr/wp-content/uploads/2016/09/Rapport-inegalites-EP.pdf>
- Dollard, M. W., & Mahoney, K. (2010). How Effective Is The Jigsaw Method When Used to Introduce New Science Curricula in Middle School Science?. *Ontario Action Researcher*, 10(3), 1-15.
- Donker, A., de Boer, H., Kostons, D., Dignath Van Ewijk, C., & van der Werf, M. (2014). Effectiveness of learning strategy instruction on academic performance: A meta-analysis. *Educational Research Review*, 11, 1-26.  
<https://doi.org/10.1016/j.edurev.2013.11.002>
- Doymus, K. (2007). Teaching Chemical Equilibrium with the Jigsaw Technique. *Research in Science Education*, 38(2), 249-260. <https://doi.org/10.1007/s11165-007-9047-8>
- Driskell, J. E., Salas, E., & Hughes, S. (2010). Collective Orientation and Team Performance: Development of an Individual Differences Measure. *Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society*, 52(2), 316-328.  
<https://doi.org/10.1177/0018720809359522>
- Dumas, F., & Huguet, P. (2011). Chapitre 9 : Le double visage de la comparaison sociale à l'école. Dans F. Butera, C. Buchs & C. Darnon, *L'évaluation, une menace ?* (p. 95-104). Presses Universitaires de France.
- Duncan, G. J., Dowsett, C. J., Claessens, A., Magnuson, K., Huston, A. C., Klebanov, P., Pagani, L. S., Feinstein, L., Engel, M., Brooks-Gunn, J., Sexton, H., Duckworth, K., & Japel, C. (2007). School readiness and later achievement. *Developmental Psychology*, 43(6), 1428-1446. <https://doi.org/10.1037/0012-1649.43.6.1428>
- Durlak, J. A., & DuPre, E. P. (2008). Implementation Matters: A Review of Research on the Influence of Implementation on Program Outcomes and the Factors Affecting

- Implementation. *American Journal of Community Psychology*, 41(3-4), 327-350.  
<https://doi.org/10.1007/s10464-008-9165-0>
- Eccles, J. S., & Wigfield, A. (2020). From expectancy-value theory to situated expectancy-value theory: A developmental, social cognitive, and sociocultural perspective on motivation. *Contemporary Educational Psychology*, 61, 101859.  
<https://doi.org/10.1016/j.cedpsych.2020.101859>
- Efklides, A. (2011). Interactions of Metacognition With Motivation and Affect in Self-Regulated Learning: The MASRL Model. *Educational Psychologist*, 46(1), 6-25.  
<https://doi.org/10.1080/00461520.2011.538645>
- Else-Quest, N. M., Hyde, J. S., Goldsmith, H. H., & van Hulle, C. A. (2006). Gender differences in temperament: A meta-analysis. *Psychological Bulletin*, 132(1), 33-72.  
<https://doi.org/10.1037/0033-2909.132.1.33>
- Fenouillet, F. (2008). *Traité De Psychologie De La Motivation: Théories Et Pratiques*. Dunod.
- Fernandez-Rio, J., Cecchini, J. A., Méndez-Gimenez, A., Mendez-Alonso, D., & Prieto, J. A. (2017). Self-Regulation, Cooperative Learning, and Academic Self-Efficacy: Interactions to Prevent School Failure. *Frontiers in Psychology*, 8.  
<https://doi.org/10.3389/fpsyg.2017.00022>
- Fixsen, D. L., Van Dyke, M. K., & Blase, K. A. (2019). *Implementation methods and measures*. Chapel Hill, NC: Active Implementation Research Network.  
[www.activeimplementation.org/resources](http://www.activeimplementation.org/resources)
- Flavell, J. H. (1979). Metacognition and cognitive monitoring: A new area of cognitive-developmental inquiry. *American Psychologist*, 34(10), 906-911.  
<https://doi.org/10.1037/0003-066x.34.10.906>
- Flunger, B., Mayer, A., & Umbach, N. (2019). Beneficial for some or for everyone? Exploring the effects of an autonomy-supportive intervention in the real-life classroom. *Journal of Educational Psychology*, 111(2), 210-234.  
<https://doi.org/10.1037/edu0000284>
- Forman, S. G., Olin, S. S., Hoagwood, K. E., Crowe, M., & Saka, N. (2008). Evidence-Based Interventions in Schools: Developers' Views of Implementation Barriers and

- Facilitators. *School Mental Health*, 1(1), 26-36. <https://doi.org/10.1007/s12310-008-9002-5>
- Gagné, A., Janosz, M., & Pascal, S. (2020) Le rôle du leadership dans le changement de pratiques. Dans B. Galand & M. Janosz, *Améliorer les pratiques en éducation : qu'en dit la recherche ?* (p. 45-56). Presses universitaires de Louvain.
- Georges, F., & Pansu, P. (2011). Les feedbacks à l'école : un gage de régulation des comportements scolaires. *Revue française de pédagogie*, 176, 101-124. <https://doi.org/10.4000/rfp.3239>
- Gnambs, T., & Hanfstingl, B. (2015). The decline of academic motivation during adolescence: an accelerated longitudinal cohort analysis on the effect of psychological need satisfaction. *Educational Psychology*, 36(9), 1691-1705. <https://doi.org/10.1080/01443410.2015.1113236>
- Graham, J. W., Olchowski, A. E., & Gilreath, T. D. (2007). How Many Imputations are Really Needed ? Some Practical Clarifications of Multiple Imputation Theory. *Prevention Science*, 8(3), 206-213. <https://doi.org/10.1007/s11121-007-0070-9>
- Guay, F., & Bureau, J. S. (2018). Motivation at school: Differentiation between and within school subjects matters in the prediction of academic achievement. *Contemporary Educational Psychology*, 54, 42-54. <https://doi.org/10.1016/j.cedpsych.2018.05.004>
- Guay, F., Roy, A., & Valois, P. (2017). Teacher structure as a predictor of students' perceived competence and autonomous motivation: The moderating role of differentiated instruction. *British Journal of Educational Psychology*, 87(2), 224-240. <https://doi.org/10.1111/bjep.12146>
- Guilmois, C., & Papa-Roch, M. (2021). Chapitre 5. L'enseignement socioconstructiviste versus l'enseignement explicite des mathématiques. [E-book]. Dans S. Bissonnette., E. Falardeau., & M. Richard (Éds.), *L'enseignement explicite dans la francophonie : Fondements théoriques, recherches actuelles et données probantes*. (p. 135-156). Presses de l'Université du Québec.
- Guo, W., Lau, K. L., & Wei, J. (2019). Teacher feedback and students' self-regulated learning in mathematics: A comparison between a high-achieving and a low-achieving secondary schools. *Studies in Educational Evaluation*, 63, 48-58. <https://doi.org/10.1016/j.stueduc.2019.07.001>

- Hadwin, A. F., Järvelä, S., & Miller, M. (2017). Self-regulation, co-regulation and shared regulation in collaborative learning environments. Dans D. H. Schunk & J. A. Greene (2<sup>nd</sup> Éd.), *Handbook of self-regulation of learning and performance*. Routledge, New York. <https://doi-org.sid2nomade-2.grenet.fr/10.4324/9781315697048>
- Hänze, M., & Berger, R. (2007). Cooperative learning, motivational effects, and student characteristics: An experimental study comparing cooperative learning and direct instruction in 12th grade physics classes. *Learning and Instruction*, 17(1), 29-41. <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2006.11.004>
- Hattie, J. (2008). *Visible Learning: A Synthesis of Over 800 Meta-Analyses Relating to Achievement* (1<sup>re</sup> éd.). Routledge.
- Hattie, J., Hodis, F. A., & Kang, S. H. (2020). Theories of motivation: Integration and ways forward. *Contemporary Educational Psychology*, 61, 101865. <https://doi.org/10.1016/j.cedpsych.2020.101865>
- Hava, K., & Gelibolu, M. F. (2018). The Impact of Digital Citizenship Instruction through Flipped Classroom Model on Various Variables. *Contemporary Educational Technology*, 9(4), 390-404. <https://doi.org/10.30935/cet.471013>
- Hedeen, T. (2003). The Reverse Jigsaw: A Process of Cooperative Learning and Discussion. *Teaching Sociology*, 31(3), 325. <https://doi.org/10.2307/3211330>
- Herman, P., & Gomez, L. M. (2009). Taking guided learning theory to school: Reconciling the cognitive, motivational, and social contexts of instruction. Dans S. Tobias & T. M. Duffy, *Constructivist instruction* (p. 74-93). Routledge.
- Holliday, D. C. (2000). The Development of Jigsaw IV in a Secondary Social Studies Classroom. Paper presented at the 2000 Midwest Educational Research Association (MWERA) Annual Conference in Chicago, IL.
- Hospel, V., & Galand, B. (2016). Are both classroom autonomy support and structure equally important for students' engagement? A multilevel analysis. *Learning and Instruction*, 41, 1-10. <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2015.09.001>
- Howard, J. L., Bureau, J., Guay, F., Chong, J. X. Y., & Ryan, R. M. (2021). Student Motivation and Associated Outcomes: A Meta-Analysis From Self-Determination Theory. *Perspectives on Psychological Science*, 16(6), 1300-1323. <https://doi.org/10.1177/1745691620966789>

- Jang, H., Kim, E. J., & Reeve, J. (2012). Longitudinal test of self-determination theory's motivation mediation model in a naturally occurring classroom context. *Journal of Educational Psychology, 104*(4), 1175-1188. <https://doi.org/10.1037/a0028089>
- Jang, H., Reeve, J., & Deci, E. L. (2010). Engaging students in learning activities: It is not autonomy support or structure but autonomy support and structure. *Journal of Educational Psychology, 102*(3), 588-600. <https://doi.org/10.1037/a0019682>
- Jansen, R. S., van Leeuwen, A., Janssen, J., Jak, S., & Kester, L. (2019). Self-regulated learning partially mediates the effect of self-regulated learning interventions on achievement in higher education: A meta-analysis. *Educational Research Review, 28*, 100292. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2019.100292>
- Jarty, J., & Kergoat, P. (2017). Élèves et enseignant·e·s de lycée professionnel. Décryptage d'une relation au prisme des rapports sociaux. *Revue française de pédagogie, 198*, 35-48. <https://doi.org/10.4000/rfp.5246>
- Jdaitawi, M. (2019). The Effect of Flipped Classroom Strategy on Students Learning Outcomes. *International Journal of Instruction, 12*(3), 665-680. <https://doi.org/10.29333/iji.2019.12340a>
- Johnson, D. W., & Ahlgren, A. (1976). Relationship between student attitudes about cooperation and competition and attitudes toward schooling. *Journal of Educational Psychology, 68*(1), 92-102. <https://doi.org/10.1037/0022-0663.68.1.92>
- Johnson, D. W., Choi, J., & Johnson, R. T. (2009). Relationship Among Cooperative Learning Experiences, Social Interdependence, Children's Aggression, Victimization, and Prosocial Behaviors. *SSRN Electronic Journal*. <https://doi.org/10.2139/ssrn.1484900>
- Johnson, D. W., & Johnson, R. T. (1987). Research shows the benefits of adult cooperation. *Educational leadership, 45*(3), 27-30.
- Johnson, D. W., & Johnson, R. T. (2002). Learning Together and Alone: Overview and Meta-analysis. *Asia Pacific Journal of Education, 22*(1), 95-105. <https://doi.org/10.1080/0218879020220110>
- Johnson, D. W., & Johnson, R. T. (2009). An Educational Psychology Success Story: Social Interdependence Theory and Cooperative Learning. *Educational Researcher, 38*(5), 365-379. <https://doi.org/10.3102/0013189x09339057>

- Johnson, D. W., & Johnson, R. T. (2015). Theoretical approaches to cooperative learning. Dans R. M. Gillies (Ed.), *Collaborative learning: Developments in research and practice* (p. 17-46). New York: Nova
- Johnson, D. W., Johnson, R. T., Buckman, L. A., & Richards, P. S. (1985). The Effect of Prolonged Implementation of Cooperative Learning on Social Support Within the Classroom. *The Journal of Psychology*, 119(5), 405-411.  
<https://doi.org/10.1080/00223980.1985.10542911>
- Johnson, D. W., Johnson, R. T., Roseth, C., & Shin, T. S. (2014). The relationship between motivation and achievement in interdependent situations. *Journal of Applied Social Psychology*, 44(9), 622-633. <https://doi.org/10.1111/jasp.12280>
- Johnson, D. W., Johnson, R. T., & Stanne, M. B. (2000). Cooperative learning methods: A meta-analysis. *Researchgate*.  
[https://www.researchgate.net/publication/220040324\\_Cooperative\\_learning\\_methods\\_A\\_meta-analysis](https://www.researchgate.net/publication/220040324_Cooperative_learning_methods_A_meta-analysis)
- Johnson, D. W., Johnson, R. T., Stanne, M. B., & Garibaldi, A. (1990). Impact of Group Processing on Achievement in Cooperative Groups. *The Journal of Social Psychology*, 130(4), 507-516. <https://doi.org/10.1080/00224545.1990.9924613>
- Johnson, D. W., Johnson, R. T., & Tjosvold, D. (2006). Chapitre 3. Constructive controversy: The value of intellectual opposition. M. Deutsch, P. T. Coleman & E. C. Marcus (2<sup>nd</sup> Eds), *The Handbook of Conflict Resolution : theory and practice* (p. 69-91). John Wiley & Sons.
- Johnson, D. W., & Et Al. (1981). Effects of cooperative, competitive, and individualistic goal structures on achievement: A meta-analysis. *Psychological Bulletin*, 89(1), 47-62.  
<https://doi.org/10.1037/0033-2909.89.1.47>
- Johnson, D. W., & Norem-Hebeisen, A. (1977). Attitudes toward Interdependence among Persons and Psychological Health. *Psychological Reports*, 40(3), 843-850.  
<https://doi.org/10.2466/pr0.1977.40.3.843>
- Kagan, S., & Kagan, M. (2009). Kagan cooperative learning (2nd Eds). San Clemente, CA: Kagan Publishing.

- Kelly, B. (2012). Implementation Science for Psychology in Education. Dans B. Kelly & D. F. Perkins, *Handbook of implementation science for psychology in education* (p. 3-12). Cambridge University Press.
- Koffka, K. (1936). *Principles of Gestalt psychology*. London, Routledge.
- Kirschner, P. A., Sweller, J., & Clark, R. E. (2006). Why Minimal Guidance During Instruction Does Not Work: An Analysis of the Failure of Constructivist, Discovery, Problem-Based, Experiential, and Inquiry-Based Teaching. *Educational Psychologist*, 41(2), 75-86. [https://doi.org/10.1207/s15326985ep4102\\_1](https://doi.org/10.1207/s15326985ep4102_1)
- Kistner, S., Rakoczy, K., Otto, B., Dignath-van Ewijk, C., Büttner, G., & Klieme, E. (2010). Promotion of self-regulated learning in classrooms: investigating frequency, quality, and consequences for student performance. *Metacognition and Learning*, 5(2), 157-171. <https://doi.org/10.1007/s11409-010-9055-3>
- Kyndt, E., Raes, E., Lismont, B., Timmers, F., Cascallar, E., & Dochy, F. (2013). A meta-analysis of the effects of face-to-face cooperative learning. Do recent studies falsify or verify earlier findings? *Educational Research Review*, 10, 133-149. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2013.02.002>
- Kyriakides, L., Christoforou, C., & Charalambous, C. Y. (2013). What matters for student learning outcomes: A meta-analysis of studies exploring factors of effective teaching. *Teaching and Teacher Education*, 36, 143-152. <https://doi.org/10.1016/j.tate.2013.07.010>
- Laureano, R. A., Espinosa, A. A., & Avilla, R. A. (2015). Effects of grade 9 science learner's material on students' self-regulation and achievement in chemistry. *The Electronic Journal for Research in Science & Mathematics Education*, 19(8), 29-58.
- Law, Y. K. (2010). The effects of cooperative learning on enhancing Hong Kong fifth graders' achievement goals, autonomous motivation and reading proficiency. *Journal of Research in Reading*, 34(4), 402-425. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9817.2010.01445.x>
- Lazowski, R. A., & Hulleman, C. S. (2016). Motivation Interventions in Education. *Review of Educational Research*, 86(2), 602-640. <https://doi.org/10.3102/0034654315617832>

- Lee, W., Lee, M. J., & Bong, M. (2014). Testing interest and self-efficacy as predictors of academic self-regulation and achievement. *Contemporary Educational Psychology*, 39(2), 86-99. <https://doi.org/10.1016/j.cedpsych.2014.02.002>
- Lepper, M. R., Corpus, J. H., & Iyengar, S. S. (2005). Intrinsic and Extrinsic Motivational Orientations in the Classroom: Age Differences and Academic Correlates. *Journal of Educational Psychology*, 97(2), 184-196. <https://doi.org/10.1037/0022-0663.97.2.184>
- Leroy, N., & Bressoux, P. (2016). Does amotivation matter more than motivation in predicting mathematics learning gains? A longitudinal study of sixth-grade students in France. *Contemporary Educational Psychology*, 44-45, 41-53. <https://doi.org/10.1016/j.cedpsych.2016.02.001>
- Leung, K. C. (2019). An updated meta-analysis on the effect of peer tutoring on tutors' achievement. *School Psychology International*, 40(2), 200-214. <https://doi.org/10.1177/0143034318808832>
- Lewin, K. (1947). Frontiers in Group Dynamics. *Human Relations*, 1(1), 5-41. <https://doi.org/10.1177/001872674700100103>
- Lin, J. W. (2018). Effects of an online team project-based learning environment with group awareness and peer evaluation on socially shared regulation of learning and self-regulated learning. *Behaviour & Information Technology*, 37(5), 445-461. <https://doi.org/10.1080/0144929x.2018.1451558>
- Lin, J. W., Lai, Y. C., Lai, Y. C., & Chang, L. C. (2016). Fostering self-regulated learning in a blended environment using group awareness and peer assistance as external scaffolds. *Journal of Computer Assisted Learning*, 32(1), 77-93. <https://doi.org/10.1111/jcal.12120>
- Little, R. J. A. (1988). A Test of Missing Completely at Random for Multivariate Data with Missing Values. *Journal of the American Statistical Association*, 83(404), 1198-1202. <https://doi.org/10.1080/01621459.1988.10478722>
- Little, R. J. A. (1995). Modeling the Drop-Out Mechanism in Repeated-Measures Studies. *Journal of the American Statistical Association*, 90(431), 1112-1121. <https://doi.org/10.1080/01621459.1995.10476615>
- Little, R. J., & Rubin, D. B. (2019). *Statistical analysis with missing data* (Vol. 793). John Wiley & Sons.

- Maas, C. J. M., & Hox, J. J. (2005). Sufficient Sample Sizes for Multilevel Modeling. *Methodology, 1*(3), 85-91. <https://doi.org/10.1027/1614-2241.1.3.85>
- Madley-Dowd, P., Hughes, R., Tilling, K., & Heron, J. (2019). The proportion of missing data should not be used to guide decisions on multiple imputation. *Journal of Clinical Epidemiology, 110*, 63-73. <https://doi.org/10.1016/j.jclinepi.2019.02.016>
- Marjanovic, Z., Holden, R., Struthers, W., Cribbie, R., & Greenglass, E. (2015). The inter-item standard deviation (ISD): An index that discriminates between conscientious and random responders. *Personality and Individual Differences, 84*, 79-83. <https://doi.org/10.1016/j.paid.2014.08.021>
- Marshik, T., Ashton, P. T., & Algina, J. (2016). Teachers' and students' needs for autonomy, competence, and relatedness as predictors of students' achievement. *Social Psychology of Education, 20*(1), 39-67. <https://doi.org/10.1007/s11218-016-9360-z>
- Maulana, R., Opdenakker, M. C., & Bosker, R. (2014). Teacher-student interpersonal relationships do change and affect academic motivation: A multilevel growth curve modelling. *British Journal of Educational Psychology, 84*(3), 459-482. <https://doi.org/10.1111/bjep.12031>
- Maulana, R., Opdenakker, M. C., Stroet, K., & Bosker, R. (2013). Changes in Teachers' Involvement Versus Rejection and Links with Academic Motivation During the First Year of Secondary Education: A Multilevel Growth Curve Analysis. *Journal of Youth and Adolescence, 42*(9), 1348-1371. <https://doi.org/10.1007/s10964-013-9921-9>
- McDonough, M. H., & Crocker, P. R. (2007). Testing Self-Determined Motivation as a Mediator of the Relationship between Psychological Needs and Affective and Behavioral Outcomes. *Journal of Sport and Exercise Psychology, 29*(5), 645-663. <https://doi.org/10.1123/jsep.29.5.645>
- Meyer, J., Fleckenstein, J., & Köller, O. (2019). Expectancy value interactions and academic achievement: Differential relationships with achievement measures. *Contemporary Educational Psychology, 58*, 58-74. <https://doi.org/10.1016/j.cedpsych.2019.01.006>
- Michailidis, N., Kapravelos, E., & Tsiatsos, T. (2019). Examining the effect of interaction analysis on supporting students' motivation and learning strategies in online blog-based secondary education programming courses. *Interactive Learning Environments, 30*(4), 665-676. <https://doi.org/10.1080/10494820.2019.1678487>

- Michou, A., Matsagouras, E., & Lens, W. (2014). Dispositional achievement motives matter for autonomous versus controlled motivation and behavioral or affective educational outcomes. *Personality and Individual Differences*, 69, 205-211.  
<https://doi.org/10.1016/j.paid.2014.06.004>
- Moote, J. (2019). Investigating the Longer-Term Impact of the CREST Inquiry-Based Learning Programme on Student Self-regulated Processes and Related Motivations: Views of Students and Teachers. *Research in Science Education*, 49(1), 265-294.  
<https://doi.org/10.1007/s11165-017-9621-7>
- Moote, J. K., Williams, J. M., & Sproule, J. (2013). When Students Take Control: Investigating the Impact of the CREST Inquiry-Based Learning Program on Self-Regulated Processes and Related Motivations in Young Science Students. *Journal of Cognitive Education and Psychology*, 12(2), 178-196. <https://doi.org/10.1891/1945-8959.12.2.178>
- Moreno, R. (2009). Constructing knowledge with an agent-based instructional program: A comparison of cooperative and individual meaning making. *Learning and Instruction*, 19(5), 433-444. <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2009.02.018>
- Muis, K. R., Psaradellis, C., Chevrier, M., di Leo, I., & Lajoie, S. P. (2016). Learning by preparing to teach: Fostering self-regulatory processes and achievement during complex mathematics problem solving. *Journal of Educational Psychology*, 108(4), 474-492. <https://doi.org/10.1037/edu0000071>
- Mugny, G., Doise W., & Perret-Clermont, A. N. (1976). Conflit de centrations et progrès cognitif. *Bulletin de psychologie*, 321, 199-204.
- Murphy, P., & Alexander, P. A. (2000). A Motivated Exploration of Motivation Terminology. *Contemporary Educational Psychology*, 25(1), 3-53.  
<https://doi.org/10.1006/ceps.1999.1019>
- Nelson, T. O. (1996). Consciousness and metacognition. *American Psychologist*, 51(2), 102-116. <https://doi.org/10.1037/0003-066x.51.2.102>
- Newsom, Jason T. (2015). *Longitudinal Structural Equation Modeling: A Comprehensive Introduction (Multivariate Applications Series)* (1<sup>re</sup> éd.). Routledge.
- Nezu, A. M., & Nezu, C. M. (2008) The “Devil Is in the Details”: Recognizing and Dealing With Threats to Validity in Randomized Controlled Trials. Dans A. M. Nezu, & C. M.

- Nezu, *Evidence-based outcome research: A practical guide to conducting randomized controlled trials for psychosocial interventions* (p. 3-24). Oxford University Press.
- Nock, M. K., Janis, I. B. & Wedig, M. M. (2008) Research Designs. Dans A. M. Nezu, & C. M. Nezu, *Evidence-based outcome research: A practical guide to conducting randomized controlled trials for psychosocial interventions* (p. 201-218). Oxford University Press.
- OCDE (2015). The ABC of Gender Equality in Education: Aptitude, Behaviour, Confidence, PISA, *OECD Publishing*, Paris. <https://doi.org/10.1787/9789264229945-en>
- Oxford, R. L. (1997). Cooperative learning, collaborative learning, and interaction: Three communicative strands in the language classroom. *The modern language journal*, 81(4), 443-456. <https://doi.org/10.1111/j.1540-4781.1997.tb05510.x>
- Panadero, E. (2017). A review of self-regulated learning: Six models and four directions for research. *Frontiers in Psychology*, 8. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2017.00422>
- Panitz, T. (1999). Collaborative versus Cooperative Learning: A Comparison of the Two Concepts Which Will Help Us Understand the Underlying Nature of Interactive Learning. <http://files.eric.ed.gov/fulltext/ED448443.pdf>
- Paris, S. G., and Winograd, P. (1999). The Role of Self-Regulated Learning. Dans *Contextual Teaching: Principles and Practices for Teacher Preparation* (Information Series n°376, p. 219-252) Eric Clearninghouse on Adult, Carrer, and Vocational Education & ERIC Clearninghouse on Teaching and Teacher Education, USA. <http://www.ciera.org/library/archive/2001-04/0104parwin.htm>
- Patrick, H., Ryan, A. M., & Kaplan, A. (2007). Early adolescents' perceptions of the classroom social environment, motivational beliefs, and engagement. *Journal of Educational Psychology*, 99(1), 83–98. <https://doi.org/10.1037/0022-0663.99.1.83>
- Perez, T., Dai, T., Kaplan, A., Cromley, J. G., Brooks, W. D., White, A. C., Mara, K. R., & Balsai, M. J. (2019). Interrelations among expectancies, task values, and perceived costs in undergraduate biology achievement. *Learning and Individual Differences*, 72, 26-38. <https://doi.org/10.1016/j.lindif.2019.04.001>
- Persky, A. M., & Pollack, G. M. (2009). A Hybrid Jigsaw Approach to Teaching Renal Clearance Concepts. *American Journal of Pharmaceutical Education*, 73(3), 49. <https://doi.org/10.5688/aj730349>

- Peter, L., Michinov, N., Besançon, M., Michinov, E., Juhel, J., Brown, G., ... & ProFAN Consortium. (2021). Revisiting the effects of gender diversity in small groups on divergent thinking: A large-scale study using synchronous electronic brainstorming. *Frontiers in Psychology*, 4634. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2021.723235>
- Piaget, P. (1975). *Équilibration des structures cognitives* (1<sup>e</sup> éd.). Presses universitaires de France.
- Pintrich, P. R., & de Groot, E. V. (1990). Motivational and self-regulated learning components of classroom academic performance. *Journal of Educational Psychology*, 82(1), 33-40. <https://doi.org/10.1037/0022-0663.82.1.33>
- Pintrich, P. R. (2000). The role of goal orientation in self-regulated learning. Dans Boekaerts, M., Pintrich P.R., & Zeidner M., *Handbook of self-regulation* (p. 452–502). Academic Press, San Diego.
- Pintrich, P. R., Roeser, R. W., & de Groot, E. A. M. (1994). Classroom and Individual Differences in Early Adolescents' Motivation and Self-Regulated Learning. *The Journal of Early Adolescence*, 14(2), 139-161. <https://doi.org/10.1177/027243169401400204>
- Pintrich, P. R., Smith, D. A., Garcia, T., & McKeachie, W. J. (1991). A manual for the use of the Motivated Strategies for Learning Questionnaire (MSLQ). Ann Arbor, MI: The University of Michigan. Rocher.
- Pintrich, P. R., Wolters, C. A., & Baxter, G. P. (2000). Assessing metacognition and self-regulated learning. Dans Schraw, G. & Impara, J. *Issues in the Measurement of Metacognition* (p. 43–97) University of Nebraska, Lincoln, NE.
- Pourcelot, C. (2017). Quels regards les enseignants de lycée professionnel portent-ils sur la poursuite d'études en première année de licence de leurs élèves ? *Éducation et socialisation*, 46. <https://doi.org/10.4000/edso.2762>
- Puustinen, M., and Pulkkinen, L. (2001). Models of self-regulated learning: a review. *Scandinavian journal of educational research*, 45, 269–286. <https://doi.org/10.1080/00313830120074206>
- Reeve, J., & Jang, H. (2006). What teachers say and do to support students' autonomy during a learning activity. *Journal of Educational Psychology*, 98(1), 209–218. <https://doi.org/10.1037/0022-0663.98.1.209>

- Reeve, J., Nils, F., Kaelen, R., Vallerand, R., & Fenouillet, F. (2017). *Psychologie de la motivation et des émotions* (2<sup>e</sup> éd.). DE BOECK SUP.
- Rieser, S., Naumann, A., Decristan, J., Fauth, B., Klieme, E., & Büttner, G. (2016). The connection between teaching and learning: Linking teaching quality and metacognitive strategy use in primary school. *British Journal of Educational Psychology*, 86(4), 526-545. <https://doi.org/10.1111/bjep.12121>
- Roseth, C. J., Johnson, D. W., & Johnson, R. T. (2008). Promoting early adolescents' achievement and peer relationships: The effects of cooperative, competitive, and individualistic goal structures. *Psychological bulletin*, 134(2), 223-246. <https://doi.org/10.1037/0033-2909.134.2.223>
- Roseth, C. J., Lee, Y. K., & Saltarelli, W. A. (2019). Reconsidering jigsaw social psychology: Longitudinal effects on social interdependence, sociocognitive conflict regulation, motivation, and achievement. *Journal of Educational Psychology*, 111(1), 149-169. <https://doi.org/10.1037/edu0000257>
- Rosseel, Y. (2012). The lavaan tutorial. *Department of Data Analysis: Ghent University*.
- Ryan, R. M., & Connell, J. P. (1989). Perceived locus of causality and internalization: Examining reasons for acting in two domains. *Journal of Personality and Social Psychology*, 57(5), 749-761. <https://doi.org/10.1037/0022-3514.57.5.749>
- Ryan, R. M., & Deci, E. L. (2000). Intrinsic and extrinsic motivations: Classic definitions and new directions. *Contemporary educational psychology*, 25(1), 54-67. <https://doi.org/10.1006/ceps.1999.1020>
- Ryan, R. M., & Deci, E. L. (2017). *Self-Determination Theory: Basic Psychological Needs in Motivation, Development, and Wellness* (1<sup>re</sup> éd.). The Guilford Press.
- Ryan, R. M., & Deci, E. L. (2020). Intrinsic and extrinsic motivation from a self-determination theory perspective: Definitions, theory, practices, and future directions. *Contemporary Educational Psychology*, 61, 101860. <https://doi.org/10.1016/j.cedpsych.2020.101860>
- Sanaie, N., Vasli, P., Sedighi, L., & Sadeghi, B. (2019). Comparing the effect of lecture and Jigsaw teaching strategies on the nursing students' self-regulated learning and academic motivation: A quasi-experimental study. *Nurse education today*, 79, 35-40. <https://doi.org/10.1016/j.nedt.2019.05.022>

- Sarrazin, P., Tessier, D., & Trouilloud, D. (2006). Climat motivationnel instauré par l'enseignant et implication des élèves en classe : l'état des recherches. *Revue française de pédagogie*, 157, 147-177. <https://doi.org/10.4000/rfp.463>
- Scherrer, V., & Preckel, F. (2018). Development of Motivational Variables and Self-Esteem During the School Career: A Meta-Analysis of Longitudinal Studies. *Review of Educational Research*, 89(2), 211–258. <https://doi.org/10.3102/0034654318819127>
- Schippers, M. C., & Scheepers, A. W. (2020). Individual Motivation, Team Learning, and Performance in Collaborative Academic Contexts. Dans S. J. Karau (Ed.), *Individual motivation within groups: Social loafing and motivation gains in work, academic, and sports teams* (p. 81-108). Academic Press.
- Schraw, G., & Moshman, D. (1995). Metacognitive theories. *Educational Psychology Review*, 7(4), 351-371. <https://doi.org/10.1007/bf02212307>
- Schuitema, J., Peetsma, T., & van der Veen, I. (2016). Longitudinal relations between perceived autonomy and social support from teachers and students' self-regulated learning and achievement. *Learning and Individual Differences*, 49, 32–45. <https://doi.org/10.1016/j.lindif.2016.05.00>
- Schunk, D. H., & DiBenedetto, M. K. (2020). Motivation and social cognitive theory. *Contemporary Educational Psychology*, 60, 101832. <https://doi.org/10.1016/j.cedpsych.2019.101832>
- Sellström, E., & Bremberg, S. (2006). Is there a “school effect” on pupil outcomes? A review of multilevel studies. *Journal of Epidemiology & Community Health*, 60(2), 149-155. <https://doi.org/10.1136/jech.2005.036707>
- Senko, C. (2019). When Do Mastery and Performance Goals Facilitate Academic Achievement? *Contemporary Educational Psychology*, 101795. <https://doi.org/10.1016/j.cedpsych.2019.101795>
- Sharan, S. (2002). Differentiating methods of cooperative learning in research and practice. *Asia Pacific Journal of Education*, 22(1), 106-116. <https://doi.org/10.1080/0218879020220111>
- Sharan, Y., & Sharan, S. (1990). Group investigation expands cooperative learning. *Educational leadership*, 47(4), 17-21.

- Sitzmann, T., & Ely, K. (2011). A meta-analysis of self-regulated learning in work-related training and educational attainment: what we know and where we need to go. *Psychological bulletin*, 137(3), 421-442. <https://doi.org/10.1037/u0022777>
- Slaats, A., Lodewijks, H. G. L. C., & van der Sanden, J. M. M. (1999). Learning styles in secondary vocational education: disciplinary differences. *Learning and Instruction*, 9(5), 475-492. [https://doi.org/10.1016/s0959-4752\(99\)00007](https://doi.org/10.1016/s0959-4752(99)00007)
- Slavin, R. E. (1980). Cooperative learning. *Review of educational research*, 50(2), 315-342.
- Slavin, R. E. (2012). Classroom applications of cooperative learning. Dans K. R. Harris, S. Graham, and T. Urdan, *APA Educational Psychology Handbook* (vol. 3, pp. 359-378). Application to Learning and Teaching, <https://doi.org/10.1037/13275-014>
- Slavin, R. E. (2014). Cooperative Learning and Academic Achievement: Why Does Groupwork Work?. *Anales de Psicología/Annals of Psychology*, 30(3), 785-791. <https://doi.org/10.6018/analesps.30.3.201201>
- Smeding, A., Dompnier, B., Meier, E., Darnon, C., & Butera, F. (2021). A multilevel account of social value-related reasons behind mastery goals. *British Journal of Educational Psychology*, 92(2). <https://doi.org/10.1111/bjep.12453>
- Smeding, A., Dompnier, B., Meier, E., Darnon, C., Baumberger, B., & Butera, F. (2015). The motivation to learn as a self-presentation tool among Swiss high school students: The moderating role of mastery goals' perceived social value on learning. *Learning and Individual Differences*, 43, 204-210. <https://doi.org/10.1016/j.lindif.2015.08.03>
- Souvignier, E., & Kronenberger, J. (2007). Cooperative learning in third graders' jigsaw groups for mathematics and science with and without questioning training. *British Journal of Educational Psychology*, 77(4), 755-771. <https://doi.org/10.1348/000709906X173297>
- Stanczak, A. (2020). *La méthode de la "classe puzzle" est-elle efficace pour améliorer l'apprentissage ?* [Thèse de doctorat publiée]. Université Clermont Auvergne.
- Stanczak, A., Darnon, C., Robert, A., Demolliens, M., Sanrey, C., Bressoux, P., Huguet, P., Buchs, C., & Butera, F. (2022). Do jigsaw classrooms improve learning outcomes? Five experiments and an internal meta-analysis. *Journal of Educational Psychology*. <https://doi.org/10.1037/edu0000730>

- Stanne, M. B., Johnson, D. W., & Johnson, R. T. (1999). Does competition enhance or inhibit motor performance: A meta-analysis. *Psychological Bulletin*, *125*(1), 133-154. <https://doi.org/10.1037/0033-2909.125.1.133>
- Stroet, K., Opdenakker, M. C., & Minnaert, A. (2013). Effects of need supportive teaching on early adolescents' motivation and engagement: A review of the literature. *Educational Research Review*, *9*, 65-87. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2012.11.003>
- Sungur, S., & Tekkaya, C. (2006). Effects of Problem-Based Learning and Traditional Instruction on Self-Regulated Learning. *The Journal of Educational Research*, *99*(5), 307-320. <https://doi.org/10.3200/joer.99.5.307-320>
- Supanc, M., Völlinger, V. A., & Brunstein, J. C. (2017). High-structure versus low-structure cooperative learning in introductory psychology classes for student teachers: Effects on conceptual knowledge, self-perceived competence, and subjective task values. *Learning and Instruction*, *50*, 75-84. <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2017.03.006>
- Sweller, J. (2009). What human cognitive architecture tells us about constructivism. Dans S. Tobias & T. M. Duffy, *Constructivist instruction* (p. 139-155). Routledge.
- Taylor, G., Jungert, T., Mageau, G. A., Schattke, K., Dedic, H., Rosenfield, S., & Koestner, R. (2014). A self-determination theory approach to predicting school achievement over time: The unique role of intrinsic motivation. *Contemporary Educational Psychology*, *39*(4), 342-358. <https://doi.org/10.1016/j.cedpsych.2014.08.002>
- Topping, K., Buchs, C., Duran, D., & Keer, V. H. (2017). *Effective Peer Learning: From Principles to Practical Implementation* (1<sup>re</sup> éd.). Routledge.
- Tversky, A., & Kahneman, D. (1974). Judgment under Uncertainty: Heuristics and Biases. *Science*, *185*(4157), 1124-1131. <https://doi.org/10.1126/science.185.4157.1124>
- Tversky, A., & Kahneman, D. (1981). The Framing of Decisions and the Psychology of Choice. *Science*, *211*(4481), 453-458. <https://doi.org/10.1126/science.7455683>
- Urdan, T., & Kaplan, A. (2020). The origins, evolution, and future directions of achievement goal theory. *Contemporary Educational Psychology*, *61*, 101862. <https://doi.org/10.1016/j.cedpsych.2020.101862>

- Vallerand, R. J., Carbonneau, N. & Paquet, Y. (2016). Chapitre 1. Introduction. Dans Y. Paquet, N. Carbonneau & R. J. Vallerand, *La théorie de l'autodétermination : aspects théoriques et appliqués* (p. 11-14). De Boeck supérieur.
- van Buuren, V. S. (2018). *Flexible Imputation of Missing Data, Second Edition (Chapman & Hall/CRC Interdisciplinary Statistics)* (2<sup>e</sup> éd.). Chapman and Hall/CRC.
- van Buuren, S. V., & Groothuis-Oudshoorn, K. (2011). **mice**: Multivariate Imputation by Chained Equations in R. *Journal of Statistical Software*, 45(3).  
<https://doi.org/10.18637/jss.v045.i03>
- van der Veen, I., & Peetsma, T. (2009). The development in self-regulated learning behaviour of first-year students in the lowest level of secondary school in the Netherlands. *Learning and Individual differences*, 19(1), 34-46.  
<https://doi.org/10.1016/j.lindif.2008.03.001>
- van Kuijk, M., Mullender-Wijnsma, M., & Bosker, R. (2021). A Systematic Review of Studies Addressing the Implementation of the Evidence-Based Whole-School Reform “Success for All”. *ECNU Review of Education*, 4(1), 128-163.  
<https://doi.org/10.1177/2096531120961521>
- Van Laar, E., Van Deursen, A. J., Van Dijk, J. A., & De Haan, J. (2017). The relation between 21st-century skills and digital skills: A systematic literature review. *Computers in human behavior*, 72, 577-588. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2017.03.010>
- Vygotski, L. (2019). *Pensée et langage* (Traduction de Françoise Sève ; 5<sup>e</sup> éd.). La dispute.
- Walker, I., & Crogan, M. (1998). Academic performance, prejudice, and the jigsaw classroom: New pieces to the puzzle. *Journal of community & applied social Psychology*, 8(6), 381-393. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1099-1298\(199811/12\)8:6<381::AID-CASP457>3.0.CO;2-6](https://doi.org/10.1002/(SICI)1099-1298(199811/12)8:6<381::AID-CASP457>3.0.CO;2-6)
- Wang, M.-T., & Eccles, J. S. (2013). School context, achievement motivation, and academic engagement: A longitudinal study of school engagement using a multidimensional perspective. *Learning and Instruction*, 28, 12–23.  
<https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2013.04.002>
- Wang, C., Liu, W. C., Kee, Y. H., & Chian, L. K. (2019). Competence, autonomy, and relatedness in the classroom: understanding students’ motivational processes using the

- self-determination theory. *Heliyon*, 5(7), e01983.  
<https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2019.e01983>
- Wentzel, K. R., Battle, A., Russell, S. L., & Looney, L. B. (2010). Social supports from teachers and peers as predictors of academic and social motivation. *Contemporary Educational Psychology*, 35(3), 193-202.  
<https://doi.org/10.1016/j.cedpsych.2010.03.002>
- Wentzel, K. R., & Wigfield, A. (2007). Motivational interventions that work: Themes and remaining issues. *Educational Psychologist*, 42(4), 261-271.  
<https://doi.org/10.1080/00461520701621103>
- Wigfield, A., & Eccles, J. S. (2020). 35 years of research on students' subjective task values and motivation: A look back and a look forward. *Advances in Motivation Science*, 161-198. <https://doi.org/10.1016/bs.adms.2019.05.002>
- Winne, P. H., & Hadwin, A. F. (1998). Studying as self-regulated engagement in learning. Dans D. Hacker, J. Dunlosky & A. Graesser. *Metacognition in educational theory and practice* (p. 277–304). Erlbaum, Hillsdale, NJ.
- Yoon, H., Woo, A. J., Treagust, D., & Chandrasegaran, A. L. (2014). The efficacy of problem-based learning in an analytical laboratory course for pre-service chemistry teachers. *International Journal of Science Education*, 36(1), 79-102.  
<https://doi.org/10.1080/09500693.2012.727041>
- Zakaria, E., Solfitri, T., Daud, Y., & Abidin, Z. Z. (2013). Effect of cooperative learning on secondary school students' mathematics achievement. *Creative education*, 4(2), 98-100. <https://doi.org/10.4236/ce.2013.42014>
- Zimmerman, B. J. (2000). Attaining self-regulation: a social cognitive perspective. Dans Boekaerts. M., Pintrich P.R., & Zeidner M., *Handbook of self-regulation* (p. 13–40). Academic Press, San Diego. <https://doi.org/10.1016/B978-012109890-2/50031-7>
- Zimmerman, B. J., & Martinez-Pons, M. (1986). Development of a Structured Interview for Assessing Student Use of Self-Regulated Learning Strategies. *American Educational Research Journal*, 23(4), 614-628. <https://doi.org/10.3102/00028312023004614>

## Table des tableaux

---

Tableau 1. Comparaison des modalités de travail d'une séquence ProFAN selon les trois conditions d'apprentissage. ....	11
Tableau 2. Récapitulatif des effets des apprentissages coopératifs sur les performances académiques. ....	21
Tableau 3. Récapitulatif des effets de <i>Jigsaw</i> sur les performances académiques. ....	28
Tableau 4. Définition des 3 phases d'autorégulation par modèle selon les travaux de Puustinen et Pulkkinen (2001) et Panadero (2017). ....	44
Tableau 5. Modèle multi-dimensionnel de l'autorégulation scolaire (Pintrich, 2000). ....	46
Tableau 6. Récapitulatif d'études ayant analysé les effets de la méthode en classe puzzle sur la motivation académique des apprenants. ....	52
Tableau 7. Récapitulatif des effets des apprentissages coopératifs sur l'autorégulation. ....	55
Tableau 8. Effets de modérateurs dans un contexte en classe puzzle. ....	62
Tableau 9. Catégories socioprofessionnelles des responsables légaux des élèves (N = 5226) ....	70
Tableau 10. Répartition des élèves dans les filières professionnelles en fonction du sexe. ...	70
Tableau 11. Répartition des élèves dans les conditions d'apprentissage en fonction des filières professionnelles. ....	71
Tableau 12. Poids factoriels des énoncés de l'échelle de motivation en mathématiques. ....	74
Tableau 13. Poids factoriels des énoncés de l'échelle d'autorégulation scolaire. ....	75
Tableau 14. Répartition de l'échantillon selon leur taux d'absentéisme/de présence aux temps de mesure. ....	81
Tableau 15. Régressions logistiques pour le mécanisme MAR sur les performances en mathématiques. ....	82
Tableau 16. Modèles d'invariance longitudinale de la motivation autonome en mathématiques et de l'autorégulation scolaire. ....	84
Tableau 17. Statistiques descriptives des performances en mathématiques S1 et S3 selon les conditions. ....	93
Tableau 18. Statistiques descriptives de la motivation et de l'autorégulation selon les conditions. ....	94
Tableau 19. Statistiques descriptives du niveau initial en mathématiques selon les conditions. ....	95
Tableau 20. Statistiques descriptives des attitudes coopératives selon les conditions. ....	96
Tableau 21. Coefficients de corrélation des performances, de la motivation en maths, de l'autorégulation et des attitudes coopératives à travers les différents temps (T1, T2, T3). ....	97
Tableau 22. Nombre de lycées selon la fidélité d'implémentation dans les apprentissages coopératifs en mathématiques. ....	98
Tableau 23. Modèles multiniveaux de la performance en maths S1 vide et avec le niveau en maths, l'autorégulation, l'âge et la filière des élèves. ....	100

Tableau 24. Modèles multiniveaux de la performance en maths S3 vide et avec le niveau en maths, l'autorégulation, l'âge et la filière des élèves. ....	101
Tableau 25. Modèles multiniveaux des performances en maths S1 et S3 avec les conditions d'apprentissage. ....	103
Tableau 26. Modèles inconditionnels de croissance multiniveaux des trajectoires de motivation et d'autorégulation. ....	106
Tableau 27. Modèles de croissance multiniveaux des trajectoires de motivation et d'autorégulation avec le niveau en maths et la filière des élèves. ....	108
Tableau 28. Modèles de croissance multiniveaux des trajectoires de motivation et d'autorégulation avec les conditions d'apprentissage. ....	109
Tableau 29. Modèles multiniveaux des performances en maths S1 et S3 avec les conditions d'apprentissage et la fidélité d'implémentation. ....	110
Tableau 30. Modèles de croissance multiniveaux des trajectoires de motivation et d'autorégulation avec les conditions d'apprentissage et la fidélité d'implémentation. ....	113
Tableau 31. Modèles multiniveaux des performances en maths S1 et S3 avec les conditions d'apprentissage et les attitudes coopératives. ....	114
Tableau 32. Modèles de croissance multiniveaux des trajectoires de motivation et d'autorégulation avec les conditions d'apprentissage et les attitudes coopératives. ....	116
Tableau 33. Modèles multiniveaux des performances en maths S1 et S3 avec les conditions d'apprentissage et le niveau en maths. ....	117
Tableau 34. Modèles de croissance multiniveaux des trajectoires de motivation et d'autorégulation avec les conditions d'apprentissage et le niveau en maths. ....	120

## Table des figures

---

Figure 1. Chronologie des événements de l'expérimentation ProFAN pour les deux cohortes durant les trois années scolaires .....	6
Figure 2. Modèle intégratif de l'efficacité de l'apprentissage coopératif de Slavin (2014). ....	18
Figure 3. Etapes de la méthode en classe puzzle.....	25
Figure 4. Continuum d'autodétermination de la motivation scolaire (Ryan & Deci, 2020). ....	39
Figure 5. Arbre de sélection et de catégorisation des articles pour la revue de littérature. ....	53
Figure 6. Distribution de l'échelle d'autorégulation au temps 3 avant et après avoir considéré l'indice d'invariabilité inter-énoncés. ....	73
Figure 7. Représentation schématique des niveaux intra-élève (T), inter-élèves (Elève) et inter-établissements (Etablissement) dans le modèle de croissance multiniveaux.....	87
Figure 8. Moyennes de motivation et d'autorégulation selon les conditions .....	94
Figure 9. Performances en mathématiques aux séquences 1 et 3 entre les trois conditions. ....	104
Figure 10. Représentation de l'évolution moyenne de la motivation en mathématiques et celle de l'autorégulation scolaire des élèves.....	106
Figure 11. La performance en mathématiques S3 en condition <i>Jigsaw</i> selon la fidélité d'implémentation et en condition habituelle. ....	111
Figure 12. Motivation autonome en mathématiques en fonction du niveau initial en mathématiques et des conditions d'apprentissage .....	119
Figure 13. Autorégulation scolaire en fonction du niveau initial en mathématiques et des conditions d'apprentissage. ....	121

<b>ANNEXE 1. Les 4 séquences pédagogiques en mathématiques en fonction des conditions d'apprentissage</b> .....	164
SEQUENCE 1 – APPRENTISSAGE COOPERATIF STRUCTURE .....	164
SEQUENCE 1 – APPRENTISSAGE COOPERATIF PEU STRUCTURE .....	166
SEQUENCE 1 – APPRENTISSAGE HABITUEL .....	167
SEQUENCE 2 – APPRENTISSAGE COOPERATIF STRUCTURE .....	168
SEQUENCE 2 – APPRENTISSAGE COOPERATIF PEU STRUCTURE .....	170
SEQUENCE 2 – APPRENTISSAGE HABITUEL .....	172
SEQUENCE 3 – APPRENTISSAGE COOPERATIF STRUCTURE .....	173
SEQUENCE 3 – APPRENTISSAGE COOPERATIF PEU STRUCTURE .....	175
SEQUENCE 3 – APPRENTISSAGE HABITUEL .....	177
SEQUENCE 4 – APPRENTISSAGE COOPERATIF STRUCTURE .....	178
SEQUENCE 4 – APPRENTISSAGE COOPERATIF PEU STRUCTURE .....	179
SEQUENCE 4 – APPRENTISSAGE HABITUEL .....	180
<b>ANNEXE 2. Résumé de la revue de littérature incluant les autres publications.</b> .....	181
<b>ANNEXE 3. Les mesures auto-rapportées par questionnaire en ligne sélectionnées.</b> .....	183
MOTIVATION EN MATHEMATIQUES .....	183
NIVEAU INITIAL EN MATHEMATIQUES .....	184
ATTITUDES COOPERATIVES .....	184
AUTOREGULATION .....	186
<b>ANNEXE 4. Evaluations individuelles des séquences en mathématiques 1 et 3</b> .....	188
Séquence 1 en mathématiques .....	188
Séquence 3 en mathématiques .....	191
<b>ANNEXE 5. Grilles d'entretien auprès des référents des établissements.</b> .....	194
GRILLE POUR LA CONDITION JIGSAW .....	194
GRILLE POUR LA CONDITION COOPERATION PEU STRUCTUREE .....	197
<b>ANNEXE 6. Données manquantes de motivation et d'autorégulation selon les conditions.</b> .....	201
<b>ANNEXE 7. Données manquantes des performances en maths selon les conditions.</b> .....	202
<b>ANNEXE 8. Détermination du nombre de jeux d'imputation.</b> .....	204
<b>ANNEXE 9. Effets du niveau initial en maths sur les trajectoires de motivation et d'autorégulation</b> .....	205
<b>ANNEXE 10. Stratégies d'enseignement (individuel – classe entière – en groupe) dans la condition d'apprentissage habituel</b> .....	206
Séquence 1 en mathématiques .....	206
Séquence 3 en mathématiques .....	207

**ANNEXE 1. Les 4 séquences pédagogiques en mathématiques en fonction des conditions d'apprentissage**

**SEQUENCE 1 – APPRENTISSAGE COOPERATIF STRUCTURE**

Phases	Contenu	Ressources	Durée et Compétences développées
<p><b>Phase 0</b></p> <p><b>Présentation du projet et des ressources utiles</b></p>  <p><b>Groupe « classe »</b></p>	<p><b>Séance d'introduction (en groupe classe) – Présentation du projet « surpoids et obésité » et les ressources utiles.</b></p> <p>Idéalement, cette séance peut être coanimée par un enseignant de biotechnologie et de mathématiques. Pour la filière ASSP, cette séance peut être organisée dans le cadre de l'EGLS. Ce projet s'insère dans la prévention et la lutte contre le surpoids et l'obésité.</p> <p>Les élèves, dans un premier temps, individuellement :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ lisent et s'approprient les documents ressources ;</li> <li>✓ répondent à un questionnaire pour vérifier l'appropriation des éléments principaux des documents.</li> </ul> <p>Dans un second temps, la mise en commun par groupe des réponses à ce questionnaire constituera la base d'un échange collectif entre le (les) enseignant(s) et la classe. L'animation des échanges permettra de faire émerger la nécessité d'apporter des expertises pour compléter un diaporama autour du thème de l'obésité :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ les notions de centiles, de quartiles (25<sup>e</sup> centile ou 75<sup>e</sup> centile) et de médiane (50<sup>e</sup> centile) utilisées sur les courbes de corpulence. Deux méthodes expertes seront proposées : <i>formules du tableur et rangement ordonné des données par ordre croissant</i> ;</li> <li>✓ les notions de moyenne et d'écart-type (<math>\sigma</math>) sur les courbes de croissance concernant la taille</li> <li>✓ La mise en œuvre d'un algorithme pour déterminer le nombre d'élèves en situation de surpoids et en situation d'obésité dans le collège étudié (à partir des données anonymées d'une enquête statistique).</li> </ul>	<p>Documents ressources et questionnaire dans le dossier phase 0.</p> <p><b>Fichiers :</b></p> <p><i>Phase0_Surpoids_Obésité.pdf</i></p> <p><i>Phase0_questionnaire.pdf</i></p>	 <p>2 heures</p> <p>Compétences développées :</p> <p>APP</p> <p>COM</p>
<p><b>Phase 0 (suite)</b></p> <p><b>Appropriation des activités expertes et du travail à faire en groupe « puzzle »</b></p>  <p><b>Groupes « puzzle »</b></p>	<p><b>Mise en situation (collective en groupes « puzzle » établis par la plateforme)</b></p> <p>Communication des modalités et objectifs du projet :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-présenter les nouvelles modalités pédagogiques et le rôle de chacun pour une interdépendance positive ;</li> <li>-former chaque membre du groupe à l'une des expertises repérées lors de la séance d'introduction ;</li> <li>-compléter un diaporama répondant à un cahier des charges.</li> </ul> <p>Pour chacun des membres du groupe puzzle, affectation des expertises :</p> <p><b>Expert 1 : méthode de détermination (à l'aide des formules du tableur) de la médiane et des quartiles. Un prolongement sera réalisé pour calculer les centiles à l'aide du tableur.</b></p> <p><b>Expert 2 : méthode de détermination (à l'aide d'un rangement ordonné des données par ordre croissant) des quartiles et de la médiane. Méthode de lecture d'un diagramme en boîte à moustaches.</b></p> <p><b>Expert 3 : méthode de détermination de la moyenne et de l'écart-type à l'aide des formules du tableur.</b></p> <p><b>Expert 4 : Compréhension et utilisation d'un algorithme</b></p> <p>Le professeur prend connaissance du diaporama qui devra être complété. L'appropriation de la fiche « expert » attribuée à chaque membre du groupe puzzle se fait individuellement.</p>	<p><b>Fichiers :</b></p> <p><i>Phase1_Activite_1.pdf</i> <i>Enquete_college.xlsx</i></p> <p><b>Fichiers :</b></p> <p><i>Phase1_Activite_2.pdf</i> <i>médiane.mp4</i> <i>quartiles.mp4</i> <i>boites à moustaches.mp4</i></p> <p><b>Fichiers :</b></p> <p><i>Phase1_Activite_3.pdf</i> <i>Taille.xlsx (.ods)</i> <i>Maternite.xls</i> <i>Comment calculer une moyenne simple à l'aide d'un tableur.mp4</i></p> <p><b>Fichiers :</b></p> <p><i>Phase1_Activite_4.pdf</i> <i>Pourcentage_reussite.xlsx</i></p> <p><b>Fichiers :</b></p> <p><i>Phase2_Diaporama-surpoids_et_obesite.pptx</i> <i>(.docx) (.odt) (.pdf)</i></p>	<p>APP</p>

<p><b>Phase 1</b></p>  <p><b>Groupes « expert »</b></p>	<p><b>Formation des experts (en groupes « expert »)</b> - Réalisation des activités « Expert » :</p> <p><i>Expert 1 : méthode de détermination (à l'aide des formules du tableur) de la médiane et des quartiles. Un prolongement sera réalisé pour calculer les centiles à l'aide du tableur.</i></p> <p><i>Expert 2 : méthode de détermination (à l'aide d'un rangement ordonné des données par ordre croissant) des quartiles et de la médiane. Méthode de lecture d'un diagramme en boîte à moustaches.</i></p> <p><i>Expert 3 : méthode de détermination de la moyenne et de l'écart-type à l'aide des formules du tableur.</i></p> <p><i>Expert 4 : Utilisation d'un algorithme donné sous la forme d'un organigramme.</i></p> <p>- Synthèse pour préparer le retour en groupe puzzle : Dans chacun des groupes d'experts, les élèves font le point sur ce qui est retenu (qu'ai-je appris ? qu'ai-je appris à faire ?) – Vérification par le professeur. Cette synthèse servira à l'expert pour former les autres élèves du groupe puzzle.</p>	<p><u>Fichiers :</u> <i>Phase1_Activite_1.pdf</i> <i>Enquete_college.xlsx</i></p> <p><u>Fichier :</u> <i>Phase1_Activite_2.pdf</i> <i>médiane.mp4</i> <i>quartiles.mp4</i> <i>boites à moustaches.mp4</i></p> <p><u>Fichiers :</u> <i>Phase1_Activite_3.pdf</i> <i>Taille.xlsx (.ods)</i> <i>Maternite.xls</i> <i>comment calculer une moyenne simple à l'aide d'un tableur.mp4</i></p> <p><u>Fichiers :</u> <i>Phase1_Activite_4.pdf</i> <i>Pourcentage_reussite.xlsx</i></p>	 <p>2 heures</p> <p>RAI – REA VAL -COM</p> <p>REA - VAL COM</p> <p>REA - VAL COM</p> <p>RAI – COM</p> <p>APP COM</p>
<p><b>Phase 2</b></p>  <p><b>Groupe « puzzle »</b></p>	<p><b>Mise en commun des expertises et élaboration du diaporama (en groupes « puzzle »)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Chaque expert forme les membres du groupe puzzle sur les notions travaillées</li> <li>- Le groupe complète de manière coopérative le diaporama.</li> </ul>	<p><u>Fichiers :</u> <i>Phase0_Surpoids et obésité.pdf</i> <i>Phase2_Diaporama-surpoids_et_obesite.pptx (.docx)(.odt) (.pdf)</i> <i>Enquête_college.xlsx</i> <i>Tailles filles.pdf</i> <i>Tailles garçons.pdf</i></p>	 <p>2 heures</p> <p>RAI COM – REA VAL</p>
<p><b>Phase 3</b></p>  <p><b>Groupe « classe »</b></p>	<p><b>Évaluation individuelle à la fin de la séquence d'expérimentation Profan</b></p> <p>Évaluation de fin de séquence d'expérimentation (grille d'évaluation nationale) à réaliser en classe</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Déterminer et utiliser des indicateurs : quartiles, médiane, moyenne et écart-type</li> <li>- Lire un diagramme en boîte à moustache</li> <li>- Utilisation d'un algorithme donné sous la forme d'un organigramme</li> </ul>	<p><u>Fichiers :</u> <i>Phase3_Evaluation.pdf</i> <i>Notes-classes.xls</i></p>	 <p>1 heure</p> <p>APP – RAI REA VAL COM</p>
<p><b>Phase 4</b></p>  <p><b>Groupe « classe »</b></p>	<p><b>Compléments (cette phase est facultative et n'entre pas dans l'expérimentation « Profan »)</b> <i>Cette séance peut être coanimée par un enseignant de biotechnologie et de mathématiques (pour la filière ASSP, cette séance peut être organisée dans le cadre de l'EGLS).</i> <i>Elle a pour but d'apporter des compléments permettant de prévenir et de lutter contre le surpoids et l'obésité. (Activités portant sur la dépense énergétique, les besoins nutritionnels, les apports énergétiques et les apports nutritionnels conseillés)</i></p>		

## SEQUENCE 1 – APPRENTISSAGE COOPERATIF PEU STRUCTURE

Phases	Contenu	Ressources	Durée et compétences développées
<b>Phase 0</b>  <b>Présentation du projet et les ressources utiles</b>	<p><b>Séance d'introduction – Présentation du projet « surpoids et obésité » et les ressources utiles.</b></p> <p>Idéalement, cette séance peut être coanimée par un enseignant de biotechnologie et de mathématiques. Pour la filière ASSP, cette séance peut être organisée dans le cadre de l'EGLS. Ce projet s'insère dans la prévention et la lutte contre le surpoids et l'obésité.</p> <p>Les élèves, dans un premier temps, individuellement :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- lisent et s'approprient les documents ressources ;</li> <li>- répondent à un questionnaire pour vérifier l'appropriation des éléments principaux des documents.</li> </ul>	<p>Documents ressources et questionnaire dans le dossier phase 0.</p> <p>Fichiers :  <i>Phase0_Surpoids_Obésité.pdf</i>  <i>Phase0_questionnaire.pdf</i></p>	 1 heure  Compétences développées : <b>APP – COM</b>
<p><b>Organisation pédagogique :</b>            Les élèves travaillent par groupes de 4 sur le matériel mis à disposition. <b>La répartition des élèves dans les groupes demeure identique de la phase 1 à la phase 3.</b>            Lors de la phase 1, les élèves devront avoir travaillé au sein de leur groupe successivement chacune des activités numérotées de 1 à 3. L'ordre des activités est laissé au choix du professeur.            Lors de la phase 2, le travail demandé se fait de façon coopérative au sein du groupe déjà formé en phase 1.</p>			
<b>Phase 1</b>  <b>Réalisation des activités</b>	<p><b>Réalisation des activités permettant d'acquérir les savoirs et savoir-faire utiles pour compléter le diaporama :</b></p> <p><i>Activité 1 : méthode de détermination (à l'aide des formules du tableur) de la médiane et des quartiles. Un prolongement sera réalisé pour calculer les centiles à l'aide du tableur.</i></p> <p><i>Activité 2 : Méthode de détermination (à l'aide d'un rangement ordonné des données par ordre croissant) des quartiles et de la médiane. Méthode de lecture d'un diagramme en boîte à moustaches.</i></p> <p><i>Activité 3 : Méthode de détermination de la moyenne et de l'écart-type à l'aide des formules du tableur.</i></p> <p><i>Activité 4 : Utilisation d'un algorithme donné sous la forme d'un organigramme.</i></p>	<p>Fichiers :  <i>Phase1_Activite_1.pdf</i>  <i>Enquete_college.xlsx</i></p> <p>Fichier :  <i>Phase1_Activite_2.pdf</i>  <i>médiane.mp4</i>  <i>quartiles.mp4</i>  <i>boîtes à moustaches.mp4</i></p> <p>Fichiers :  <i>Phase1_Activite_3.pdf</i>  <i>Taille.xlsx (.ods)</i>  <i>Maternite.xls</i>  <i>Comment calculer une moyenne simple à l'aide d'un tableur.mp4</i></p> <p>Fichiers :  <i>Phase1_Activite_4.pdf</i></p>	 6 h  Compétences développées : <b>RAI - REA</b> <b>VAL</b> <b>COM</b>
<b>Phase 2</b>  <b>Diaporama à compléter</b>	<p><b>Compléter le diaporama</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Chaque groupe complète de manière coopérative le diaporama.</li> </ul>	<p>Fichiers :  <i>Phase0_Surpoids et obésité.pdf</i>  <i>Phase2_Diaporama-surpoids_et_obesite.pptx(.docx)(.odt)</i>  <i>(.pdf)Enquête_college.xlsx</i>  <i>Tailles filles.pdf</i>  <i>Tailles garçons.pdf</i></p>	 1h Compétences développées : <b>RAI</b> <b>COM, REA,</b> <b>VAL</b>
<b>Phase 3</b> <b>Évaluation individuelle</b>	<p><b>Évaluation individuelle à la fin de la séquence d'expérimentation Profan</b></p> <p>Évaluation de fin de séquence d'expérimentation (grille d'évaluation nationale) à réaliser en classe</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Déterminer et utiliser des indicateurs : quartiles, médiane, moyenne et écart-type</li> <li>- Lire un diagramme en boîte à moustache</li> <li>- Utilisation d'un algorithme donné sous la forme d'un organigramme</li> </ul>	<p>Fichiers :  <i>Phase3_Evaluation.pdf</i>  <i>Notes-classes.xls</i></p>	 1 h  <b>APP - RAI</b> <b>REA</b> <b>VAL</b> <b>COM</b>
<b>Phase 4</b> <b>Compléments</b>	<p><b>Compléments (cette phase est facultative et n'entre pas dans l'expérimentation « Profan »)</b>  <i>Cette séance peut être coanimée par un enseignant de biotechnologie et de mathématiques (pour la filière ASSP, cette séance peut être organisée dans le cadre de l'EGLS).</i>  <i>Elle a pour but d'apporter des compléments permettant de prévenir et de lutter contre le surpoids et l'obésité. (Activités portant sur la dépense énergétique, les besoins nutritionnels, les apports énergétiques et les apports nutritionnels conseillés)</i></p>		

## ***SEQUENCE 1 – APPRENTISSAGE HABITUEL***

Note à destination des enseignants

La séquence porte sur les statistiques à une variable. Les élèves sont formés à :

- la détermination (à l'aide des formules du tableur) de la médiane et des quartiles. Un prolongement sera réalisé pour calculer les centiles à l'aide du tableur ;
- la détermination (à l'aide d'un rangement ordonné des données par ordre croissant) des quartiles et de la médiane. Méthode de lecture d'un diagramme en boîte à moustaches ;
- la détermination de la moyenne et de l'écart-type à l'aide des formules du tableur ;
- l'utilisation d'un algorithme donné sous la forme d'un organigramme.

Dans la rubrique "ressources de fin d'activité", une évaluation est proposée. Ce sujet d'évaluation a pour but de repérer les acquis à la fin de l'expérimentation. Un travail d'entraînement et de transposition dans d'autres situations devra être mené pour une préparation à une évaluation de synthèse.

La séquence se déroule sur un volume approximatif de 7 à 9 heures. L'organisation pédagogique, les modalités de travail et les supports didactiques sont établis en toute liberté par le professeur.

### Ressources de fin d'activité

*Les élèves pourront accéder à ces ressources une fois l'activité terminée.*

## SEQUENCE 2 – APPRENTISSAGE COOPERATIF STRUCTURE

Phases	Objectifs	Compétences	Organisation	Documents/plateforme
<b>Phase 0</b>  <b>1 heure</b> <b>Situation déclenchante</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Modéliser une situation par une équation du second degré.</li> <li>- Faire émerger plusieurs méthodes de résolution.</li> </ul>	APP, RAI	Phase d'introduction à aborder en classe entière (ou en demi-classe). Le professeur choisit une situation parmi les trois proposées (situation identique pour tous les élèves). Il accompagne l'avancement de l'activité au sein de la classe.	Ressources pour chaque élève : - 1 situation déclenchante 0.1 ou 0.2 ou 0.3_Mise en situation - 1 fichier GeoGebra associé page pour situation 0.1 Zone de vente pour situation 0.2
<b>Phase 1 et 2</b>  <b>2 heures</b> <b>Mise en situation et formation des experts</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Permettre à chaque membre du groupe d'aborder pour résoudre une équation du second degré une méthode : <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> de résolution algébrique</li> <li><input type="checkbox"/> de résolution graphique (tester a, b et c pour différents champs de delta, émettre une conjecture entre le nombre de solutions et les valeurs de delta)</li> <li><input type="checkbox"/> de résolution avec un programme de la calculatrice graphique</li> <li><input type="checkbox"/> de détermination avec le tableur d'une solution à une précision donnée.</li> </ul> </li> </ul> <p>Préparer le retour en groupe pour transmission du travail réalisé : - Compléter la fiche synthèse dans le groupe d'experts. - Vérifier sur un exemple que la démarche fonctionne.</p>	APP, REA APP, RAI APP, RAI  APP, RAI, REA  COM	En « groupes puzzles » puis en groupes d'experts (un expert par méthode) <b>Phase 1 : Groupe puzzle</b> Chaque élève dispose d'une fiche correspondant à une méthode pour résoudre une équation du second degré et <b>s'approprie individuellement l'activité expert.</b> <b>Phase 2 : Groupe experts</b> Les experts sont regroupés selon les méthodes. - Echange oral sur le travail attendu : comment mettre en œuvre ma méthode ? - Réalisation de l'activité et bilan au travers d'une fiche synthèse par le groupe d'experts. Les experts repartent avec cette fiche pour la présentation en « groupes puzzles ». <b>Pour la méthode avec la calculatrice, le programme équation du second degré sera transféré à partir d'une calculatrice du professeur pour que les élèves se concentrent sur l'analyse et l'utilisation du programme.</b>	Ressources pour l'ensemble du « groupe puzzle » : - 1 fiche méthode par élève 1.1, 1.2, 1.3 ou 1.4_Méthode - 1 fichier excel eq_2degre - 1 fichier GeoGebra trinôme - Ressources pour l'enseignant : - 1 diaporama sur les objectifs des différentes phases et l'organisation des groupes 0.0.1_Objectifs différentes phases document sur l'organisation en groupes d'experts 0.0.2_Groupes d'experts - 1 fichier excel eq_2degre_corrige - 4 fiches synthèse complétées 1.5_Fiches Synthèse complétées
<b>Phase 3</b>  <b>2 heures</b> <b>Mise en commun</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Résoudre l'équation issue de la problématique avec les différentes méthodes (dans le cas de la situation zone de baignade, il s'agit de résoudre l'équation correspondant à la semaine 1) ;</li> <li>- Compléter collectivement une fiche de synthèse présentant les différentes méthodes de résolution sous forme de <b>carte mentale</b>.</li> </ul>	COM, REA  COM	En « groupes puzzles » <b>Phase 3 : retour en « groupe puzzle »</b> - Echanges sur les différentes méthodes : ➤ chacun résout l'équation issue de la problématique avec sa méthode, ➤ présentation des différentes méthodes (l'expert calculatrice transférera le programme aux autres élèves du groupe) ➤ comparaison des résultats obtenus, échanges autour des erreurs éventuelles et validation des résultats, ➤ comparaison des différentes méthodes (avantages, inconvénients, rapidité, complexité, valeur approchée...) - Compléter collectivement une fiche de synthèse présentant les différentes méthodes de résolution sous forme de <b>carte mentale</b> .	Ressources pour l'ensemble du « groupe puzzle » : - 1 feuille A3 avec les consignes 3.0_Retour sur la problématique feuille A3 pour compléter la carte mentale 3.1_Carte mentale à compléter  Ressources pour l'enseignant : - 1 exemple de fiche synthèse sous forme de carte mentale 3.2_Carte mentale complétée - 1 exemple de tableau comparatif 3.3_Tableau comparatif complète



## SEQUENCE 2 – APPRENTISSAGE COOPERATIF PEU STRUCTURE

Phases	Objectifs	Compétences	Organisation	Documents/plateforme
<b>Phase 0</b>  <b>1 heure</b> <b>Situation déclenchante</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Modéliser une situation par une équation du second degré.</li> <li>- Faire émerger plusieurs méthodes de résolution.</li> </ul>	APP,  RAI	Phase d'introduction à aborder en classe entière (ou en demi-classe)  Le professeur choisit une situation parmi les trois proposées (situation identique pour tous les élèves). Il accompagne l'avancement de l'activité au sein de la classe.	Ressources pour chaque élève : <ul style="list-style-type: none"> <li>- 1 situation déclenchante</li> </ul> 0.1 ou 0.2 ou 0.3_Mise en situation <ul style="list-style-type: none"> <li>- 1 fichier GeoGebra associé</li> </ul> page pour situation 0.1 Zone de vente pour situation 0.2
<b>Organisation pédagogique :</b> Les élèves travaillent par groupe de 4 sur le matériel mis à disposition. <b>La répartition des élèves dans le groupe demeure identique de la phase 1 à la phase 3.</b> Lors de la phase 1 et 2, les élèves devront avoir travaillé au sein de leur groupe successivement chacune des méthodes numérotées de 1 à 4. L'ordre des méthodes est laissé au choix du professeur. Lors de la phase 3, le travail demandé se fait de façon coopérative au sein du groupe déjà formé en phase 1.				
<b>Phase 1, 2 et 3</b>  <b>5 heures</b> <b>Travaux de groupes</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Permettre aux différents groupes d'aborder pour une équation du second degré une méthode :               <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> de résolution algébrique</li> <li><input type="checkbox"/> de résolution graphique (tester a, b et c pour différents champs de delta, émettre une conjecture entre le nombre de solutions et les valeurs de delta)</li> <li><input type="checkbox"/> de résolution avec un programme de la calculatrice graphique</li> <li><input type="checkbox"/> de détermination à une précision donnée avec le tableau d'une solution.</li> </ul> </li> <li>- Résoudre l'équation issue de la problématique avec les différentes méthodes (dans le cas de la situation zone de baignade, il s'agit de résoudre l'équation correspondant à la semaine 1) ;</li> <li>- Compléter une fiche de synthèse présentant les différentes méthodes de résolution sous forme de <b>carte mentale</b>.</li> </ul>	APP, REA, APP, RAI  APP, RAI  APP, RAI, REA COM, REA  COM	En groupes de travail  <b>Phases 1, 2 et 3 :</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Réalisation des différentes activités les unes après les autres en terminant à chaque fois par un réinvestissement de la méthode abordée sur la problématique de départ en complétant la fiche retour sur la problématique.</li> <li>- Compléter une fiche de synthèse commune présentant les différentes méthodes de résolution sous forme de carte mentale.</li> </ul> <p><b>Pour la méthode avec la calculatrice, le programme équation du second degré sera transféré à partir d'une calculatrice du professeur pour que les élèves se concentrent sur l'analyse et l'utilisation du programme.</b></p>	Ressources pour chaque élève : <ul style="list-style-type: none"> <li>- 4 fiches méthodes</li> </ul> 1.1, 1.2, 1.3 et 1.4_Methode <ul style="list-style-type: none"> <li>- 1 fichier excel eq_2degre</li> <li>- 1 fichier GeoGebra Trinôme</li> <li>- 1 feuille A3 avec les consignes</li> </ul> 3.0_Retour sur la problématique 1 feuille A3 pour compléter la carte mentale 3.1_Carte mentale à compléter Ressources pour l'enseignant : <ul style="list-style-type: none"> <li>- 1 fichier excel eq_2degre_corrige</li> <li>- 4 fiches synthèse complétées</li> </ul> 1.5_Fiches Synthèse complétées <ul style="list-style-type: none"> <li>- 1 exemple de fiche synthèse sous forme de carte mentale</li> <li>3.2_Carte mentale complétée</li> <li>- 1 exemple de tableau comparatif</li> <li>3.3_Tableau comparatif complet</li> </ul>



## ***SEQUENCE 2 – APPRENTISSAGE HABITUEL***

La séquence porte sur la résolution des équations du second degré. Extrait du programme de première bac pro :

Les élèves sont formés à 4 méthodes de résolution :

- algébrique ;
- graphique (utilisation de GeoGebra);
- écrire en langage naturel un algorithme permettant de calculer delta et de donner les solutions de l'équation du second degré, saisir et utiliser le programme correspondant sur la calculatrice (l'objectif est de développer la compétence «analyser-raisonner» et de permettre aux élèves de «valider» un résultat grâce à l'utilisation du programme sur la calculatrice);
- déterminer, avec le tableur, un encadrement à une précision donnée d'une (ou des) solution(s) de l'équation de type  $ax^2 + bx + c = 0$ .

Lors de l'évaluation individuelle en classe, chaque élève doit être capable d'utiliser chacune des méthodes ; le programme de résolution sur la calculatrice aura été saisi en amont ou sera transféré à partir d'une calculatrice du professeur.

### **Durée et organisation pédagogique :**

La séquence se déroule sur un volume maximal de 10 heures, évaluation de synthèse comprise. L'organisation pédagogique, les modalités de travail et les supports didactiques sont établis en toute liberté par le professeur.

### **Evaluation :**

Dans la rubrique "ressources de fin d'activité", une évaluation de synthèse est proposée. Ce sujet d'évaluation a pour but :

- d'évaluer les acquis des élèves à la fin de la séquence
- de circonscrire les limites des notions à enseigner.

### **Matériel :**

Ordinateurs ou tablettes avec logiciels GeoGebra et tableur, calculatrices graphiques, câbles de connexion entre calculatrices.

## SEQUENCE 3 – APPRENTISSAGE COOPERATIF STRUCTURE

Phases	Objectifs	Compétences	Organisation/JIGSAW	Documents/plateforme
<b>Phase 0</b>  <b>1 heure</b> <b>Situation déclenchante</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Modéliser un nuage de points par une fonction.</li> <li>- Déterminer graphiquement le maximum de la fonction sur un intervalle donné.</li> <li>- Préciser les objectifs du travail en groupe : valider la valeur du maximum obtenue par lecture graphique à partir de l'étude des variations de la fonction, sans la représenter graphiquement, mais à l'aide de la fonction dérivée.</li> </ul>	APP, RAI REA, COM	Phase d'introduction à aborder en classe entière (ou en demi-classe) Le professeur choisit une situation parmi les deux proposées (situation identique pour tous les élèves). Il anime les échanges et accompagne l'avancement de l'activité au sein de la classe.	Ressources pour chaque élève : <ul style="list-style-type: none"> <li>- 1 situation déclenchante 0.1 ou 0.2 _ Mise en situation</li> <li>- 1 fichier GeoGebra associé epidemie pour situation 0.1 Vol AirbusZeroG pour situation 0.2</li> </ul>
<b>Phase 1 et 2</b>  <b>1 heure</b> <b>Mise en situation et formation des experts</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Permettre à chaque membre du groupe d'aborder l'une des expertises suivantes : <ul style="list-style-type: none"> <li>□ Étude du sens de variation d'une fonction dérivable à l'aide de sa fonction dérivée</li> <li>□ Étude du signe d'une fonction dérivée de fonction polynomiale de degré inférieur ou égal à 3</li> <li>□ Reconnaissance d'un extremum à partir d'un tableau de variation - lien avec la fonction dérivée</li> </ul> </li> <li>- Préparer le retour en groupe pour transmission du travail réalisé :</li> <li>- □ Compléter la fiche synthèse dans le groupe d'experts</li> </ul>	APP, RAI, REA  APP, RAI, REA  APP, RAI, REA	<p>En « groupes puzzle » puis en groupes d'experts (un expert par activité)  <b>En fonction de l'effectif de la classe, il est possible de constituer deux sous-groupes distincts par expertise de façon à ce que la taille des groupes n'excède pas 4 élèves. Dans ce cas, les sous-groupes d'experts correspondant à la même expertise sont déterminés par ordre alphabétique des noms.</b></p> <p><b>Phase 1 : Groupe puzzle</b> Chaque élève dispose d'une fiche activité correspondant à une expertise et s'approprie individuellement l'activité.</p> <p><b>Phase 2 : Groupe experts</b> Les experts sont regroupés selon les activités.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Échange sur le travail attendu : comment mettre en œuvre l'activité proposée ?</li> <li>- Réalisation de l'activité et bilan au travers d'une fiche synthèse par le groupe d'experts.</li> </ul> <p>Les experts repartent avec cette fiche pour la présentation en « groupes puzzle ».</p>	Ressources pour l'ensemble du « groupe puzzle » : <ul style="list-style-type: none"> <li>- 1 fiche activité par élève 1.1, 1.2 ou 1.3 _ Activité</li> <li>- 3 fichiers GeoGebra associés à l'activité 1 <a href="#">variation_1.ggb</a> <a href="#">variation_2.ggb</a> <a href="#">variation_3.ggb</a></li> </ul>
<b>Phase 3</b>  <b>1 heure</b> <b>Mise en commun</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Chaque élève forme les membres du groupe puzzle aux notions travaillées ;</li> <li>- Résolution coopérative du problème ;</li> <li>- Construction collective d'une fiche méthode présentant la démarche permettant de déterminer un extremum à l'aide d'une fonction dérivée sans utiliser la représentation graphique de la fonction.</li> </ul>	COM  APP, RAI, REA, VAL, COM	<p>En « groupes puzzles »</p> <p><b>Phase 3 : retour en « groupe puzzle »</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Échanges sur les différentes activités réalisées : <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ présentation des différentes fiches synthèses,</li> <li>➤ échanges autour des différentes expertises,</li> <li>➤ résolution coopérative du problème.</li> </ul> </li> <li>- Construction collective d'une fiche méthode présentant la démarche permettant de déterminer un extremum à l'aide d'une fonction dérivée sans utiliser la représentation graphique de la fonction.</li> </ul>	Ressources pour l'ensemble du « groupe puzzle » : <ul style="list-style-type: none"> <li>- 2 feuilles A3 avec les consignes</li> </ul> <p>3.1 ou 3.2_Retour sur la problématique 3.3_Fiche méthode</p>

<p><b>Phase 4</b> </p> <p><b>2 heures</b> Entraînement à la méthode</p>	<p>- Réaliser des exercices d'application.</p>	<p>APP, RAI, REA, VAL, COM</p>	<p>En « groupes puzzles »</p> <p><b>Phase 4 :</b> Réalisation d'exercices d'application mettant enjeu les notions abordées au sein des activités. Le travail demandé se fait de façon coopérative au sein du groupe.</p>	<p>Ressources pour l'enseignant</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 1 fiche d'entraînement</li> <li>4.1_Exercices d'entraînement</li> </ul>
<p><b>Phase 5</b> </p> <p><b>1 heure</b> Evaluation</p>	<p>Évaluation :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Déterminer un extremum d'une fonction dérivable sur un intervalle donné à l'aide de sa fonction dérivée sans utiliser la représentation graphique.</li> </ul>	<p>APP, RAI, REA, VAL, COM</p>	<p>Individuelle</p> <p><b>Phase 5 :</b> évaluation individuelle</p> <p>Chaque élève réalise en classe l'évaluation. Le professeur complète la grille d'évaluation nationale qui accompagne l'énoncé.</p>	<p>Ressources pour chaque élève</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 1 fiche évaluation par élève</li> <li>5.0_Evaluation</li> <li>- 1 fichier GeoGebra associé montgolferie</li> </ul> <p>Ressources pour l'enseignant</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 1 fichier coups de pouce</li> <li>5.1_Coups de pouce</li> <li>- 1 fichier présentation, corrigé et grille d'évaluation</li> <li>5.2_Presentation_Corrige_Grille_Evaluation</li> <li>- 1 fichier tableur pour la correction</li> <li>grille de correction_sequence3</li> <li>maths.xlsx</li> </ul>
<p><b>Phase 6</b> </p> <p><b>1 heure</b> Approfondissement/ Remédiation</p>	<p><i><b>Cette phase est facultative et n'entre pas dans le cadre de l'expérimentation « Profan »</b></i></p> <p>Exploiter l'évaluation pour organiser :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- un temps de remédiation pour certains.</li> <li>- un temps d'approfondissement pour les autres.</li> </ul> <p>Aborder les points non vus du programme sur le thème « extremum d'une fonction » ; en particulier approfondir les points suivants :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- le fait que quand la fonction est croissante (ou décroissante) sur un intervalle on peut en déduire le signe de la dérivée sur cet intervalle ;</li> <li>- la notion d'extremum aux bornes de l'intervalle ;</li> <li>réinvestissement à des fonctions autres que polynomiales.</li> </ul>	<p>APP, RAI, REA, VAL, COM</p>	<p>Individuelle</p> <p><b>Phase 6 :</b> approfondissement/remédiation</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Remédiation pour certains avec éventuellement appel à un expert.</li> </ul> <p>Approfondissement pour les autres avec un problème ouvert à résoudre en autonomie.</p>	<p>Le professeur est libre d'enseigner ce contenu comme il le souhaite.</p> <p>Il différencie ses supports au regard des résultats de ses élèves à l'évaluation.</p>

### SEQUENCE 3 – APPRENTISSAGE COOPERATIF PEU STRUCTURE

Phases	Objectifs	Compétences	Organisation	Documents/plateforme
<b>Phase 0</b>  1 <b>heure Situation déclenchante</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Modéliser un nuage de points par une fonction.</li> <li>- Déterminer graphiquement le maximum de la fonction sur un intervalle donné.</li> <li>- Préciser les objectifs du travail en groupe : valider la valeur du maximum obtenue par lecture graphique à partir de l'étude des variations de la fonction, sans la représenter graphiquement, mais à l'aide de la fonction dérivée.</li> </ul>	APP, RAI REA, COM	Phase d'introduction à aborder en classe entière (ou en demi-classe) Le professeur choisit une situation parmi les deux proposées (situation identique pour tous les élèves). Il anime les échanges et accompagne l'avancement de l'activité au sein de la classe.	Ressources pour chaque élève : - 1 situation déclenchante 0.1 ou 0.2 _ Mise en situation - 1 fichier GeoGebra associé epidemie pour situation 0.1 Vol AirbusZeroG pour situation 0.2
<b>Organisation pédagogique :</b> Les élèves travaillent <b>par groupe de 3</b> sur le matériel mis à disposition. <b>La répartition des élèves dans le groupe demeure identique de la phase 1 à la phase 4.</b> Lors de la phase 1 et 2, les élèves devront avoir travaillé au sein de leur groupe successivement chacune des activités numérotées de 1 à 3. Lors des phases 3 et 4, le travail demandé se fait de façon coopérative au sein du groupe déjà formé en phase 1.				
<b>Phase 1, 2 et 3</b>  4 heures <b>Travaux de groupes</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Réalisation des activités permettant d'acquérir les savoirs et savoir-faire utiles à la détermination d'un extremum :               <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Étude du sens de variation d'une fonction dérivable à l'aide de sa fonction dérivée</li> <li>➤ Étude du signe d'une fonction dérivée de fonction polynomiale de degré inférieur ou égal à 3</li> <li>➤ Reconnaissance d'un extremum à partir du tableau de variation – lien avec la fonction dérivée</li> </ul> </li> <li>- Résolution coopérative du problème ;</li> <li>- Construction collective d'une fiche méthode présentant la démarche permettant de déterminer un extremum à l'aide d'une fonction dérivée sans utiliser la représentation graphique de la fonction.</li> </ul>	APP, RAI  APP, RAI, REAAPP,  RAI  REA, COM	En groupes de travail <b>Phases 1 et 2 :</b> - Réalisation des différentes <b>activités les unes après les autres</b> en complétant à chaque fois la fiche correspondant à l'activité réalisée.  <b>Phase 3 :</b> - Retour sur la problématique et résolution coopérative du problème.  Construction collective d'une fiche méthode présentant la démarche permettant de déterminer un extremum à l'aide d'une fonction dérivée sans utiliser la représentation graphique de la fonction.	Ressources pour chaque élève : - 3 fiches activités 1.1, 1.2 ou 1.3 _ Activite - 3 fichiers GeoGebra associés à l'activité 1 variation_1.gg variation_2.gg bvariation_3.g - 2 feuilles A3 avec les consignes 3.1 ou 3.2_Retour sur la problématique 3.3_Fiche méthode

<b>Phase 4</b>  <b>2 heures</b> <b>Entraînement à la méthode</b>	- - Réaliser des exercices d'application.	APP, RAI, REA VAL, COM	<b>Phase 4 :</b> - En groupe de travail : Réalisation d'exercices d'application mettant en jeu les notions abordées au sein des activités.	Ressources pour l'enseignant : - 1 fiche d'entraînement 4.1_Exercices d'entrainement
<b>Phase 5</b>  <b>1 heure</b> <b>Evaluation</b>	Évaluation : - - Déterminer un extremum d'une fonction dérivable sur un intervalle donné à l'aide de sa fonction dérivée sans utiliser la représentation graphique.	APP, RAI, REA, VAL, COM	Individuelle <b>Phase 5 :</b> évaluation individuelle Chaque élève réalise en classe l'évaluation. Le professeur complète la grille d'évaluation nationale qui accompagne l'énoncé	Ressources pour chaque élève : - 1 fiche évaluation par élève 5.0_Evaluation - 1 fichier GeoGebra associé montgolferie Ressources pour l'enseignant : - 1 fichier coups de pouce 5.1_Coups de pouce - 1 fichier présentation, corrigé et grille d'évaluation 5.2_Presentation_Corrige_Grille_Evaluation - 1 fichier tableur pour la correction grille de correction_sequence3maths.xlsx

## ***SEQUENCE 3 – APPRENTISSAGE HABITUEL***

### **Durée et organisation pédagogique :**

La séquence se déroule sur un volume approximatif de 6 à 8 heures. L'organisation pédagogique, les modalités de travail et les supports didactiques sont établis en toute liberté par le professeur.

### **Thème de la séquence :**

La séquence porte sur la détermination d'un extremum d'une fonction polynomiale de degré 1, 2 ou 3.

### **Pré-requis :**

Savoir utiliser les formules et les règles de dérivation pour déterminer la dérivée d'une fonction

### **Objectifs :**

Former les élèves à :

- l'étude du sens de variation d'une fonction dérivable à l'aide de sa fonction dérivée ;
- l'étude du signe d'une fonction dérivée de fonction polynomiale de degré inférieur ou égal à 3 ;
- la reconnaissance d'un extremum à partir du tableau de variation et le lien avec la fonction dérivée.

### **Évaluation :**

Chaque élève est évalué en classe sur l'ensemble des notions ci-dessus lors de l'évaluation individuelle. Dans le cadre de l'expérimentation, le sujet d'évaluation a pour but :

- d'évaluer les acquis des élèves à la fin de la séquence ;
- de circonscrire les limites des notions à enseigner lors de cette phase d'expérimentation.

À l'issue de la séquence, certains points restent en suspens et sont à aborder après l'évaluation, en complément. Pour que le cours soit complet et conforme au programme, il reste notamment à aborder ou approfondir les points suivants :

- le fait que quand la fonction est croissante (ou décroissante) sur un intervalle on peut en déduire le signe de la dérivée sur cet intervalle ;
- la notion d'extremum aux bornes de l'intervalle ;
- réinvestissement à des fonctions autres que polynomiales.

### **Compétences développées :**

Les compétences de la grille nationale de mathématiques et de sciences physiques ; s'approprier (APP), analyser-raisonner (RAI), réaliser (REA), valider (VAL) et communiquer (COM).

### **Matériel :**

Ordinateurs ou tablettes avec logiciels GeoGebra et calculatrices.

## SEQUENCE 4 – APPRENTISSAGE COOPERATIF STRUCTURE

Phases	Objectifs	Compétences	Organisation/JIGSAW	Documents/plateforme
<b>Phase 0</b>  <b>1 heure</b> <b>Présentation du contexte de la situation problème</b> <b>Groupe « classe »</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Définir le vocabulaire et les grandeurs utilisées dans le contexte ;</li> <li>- Présenter la situation concrète ;</li> <li>- Préciser la problématique de la situation problème.</li> </ul>	APP, RAI REA, COM	<p><b>A : Phase d'introduction</b> Le professeur fait lire le document d'information et anime les échanges à partir des questions posées. Cette partie peut être menée en co-animation (ou en collaboration) avec le professeur de PSE.</p> <p><b>B : Phase d'appropriation individuelle des activités en groupes « puzzle »</b></p> <p>Dans le cadre des groupes « puzzle » constitués, chaque élève dispose d'une fiche activité correspondant à une expertise et s'approprie individuellement l'activité.</p>	Ressources pour chaque élève : <u>Fichiers</u> Phase0_Introduction.pdf Phase1_Activite_1.pdf Phase1_Activite_2.pdf Phase1_Activite_3.pdf
<b>Phase 1</b>  <b>1 heure</b> <b>Mise en situation et formation des experts</b> <b>Groupe « expert »</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Former chaque membre du groupe à l'une des expertises suivantes :               <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Utilisation d'un repère semi-logarithmique</li> <li>➤ Étude de la fonction logarithmique décimale</li> <li>➤ Utilisation des propriétés opératoires de la fonction logarithme décimale.</li> </ul> </li> <li>- Préparer le retour en groupe « puzzle » pour transmettre le travail réalisé en utilisant la synthèse complétée dans le groupe d'experts pour chacune des trois activités.</li> </ul>	APP, RAI, REA,COM  APP, RAI, REA,COM  APP, RAI, REA,COM  COM	<p>Constitution en groupes d'experts (un expert par activité)  <b>En fonction de l'effectif de la classe, il est possible de constituer deux sous-groupes distincts par expertise de façon que la taille des groupes n'excède pas 4 élèves, en se basant sur l'ordre alphabétique des noms des élèves</b></p> <p>Les experts sont regroupés selon les activités.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Échange sur le travail attendu : comment mettre en œuvre l'activité proposée en privilégiant un travail collaboratif ?</li> <li>- Réalisation de l'activité par le groupe d'experts.</li> </ul>	Ressources :  <u>Fichiers :</u> Phase1_Activite_1.pdf Phase1_Activite_2.pdf Bruit.ggb Phase1_Activite_3.pdf  <u>Vidéos</u> Echelle_log.mp4 Proprietes_logarithme_1.mp4 Proprietes_logarithme_2.mp4
<b>Phase 2</b>  <b>2 heures</b> <b>Résolution de la situation problème</b> <b>Groupe « puzzle »</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Chaque expert forme les membres du groupe puzzle aux notions qu'il a travaillées avec son groupe d'expertise ; le groupe coopère pour résoudre la situation problème</li> </ul>	COM APP, RAI, REA, VAL, COM	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Échanges sur les différentes activités réalisées :               <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Explication des différentes expertises en utilisant les synthèses des activités ;</li> <li>➤ Résolution coopérative de la situation problème.</li> </ul> </li> </ul>	Ressources pour l'ensemble du « groupe puzzle » : Fichiers : Phase2_Resolution_probleme.pdf Niveau_sonore.ggb
<b>Phase 3</b>  <b>1 heure</b> <b>Évaluation individuelle</b> <b>Groupe « classe »</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Exploitation d'une droite tracée dans un repère semi-logarithmique ;</li> <li>- Utilisation de la fonction logarithme décimale afin de modéliser une situation ;</li> <li>- Utilisation des propriétés opératoires de la fonction logarithme décimale</li> </ul>	APP, RAI, REA, VAL, COM	<p>Chaque élève réalise l'évaluation individuelle fournie qui porte sur l'ensemble des expertises travaillées. Le professeur complète la grille d'évaluation nationale qui accompagne l'énoncé afin d'évaluer ses élèves.</p>	Ressources pour chaque élève : Phase3_Evaluation.pdf

## SEQUENCE 4 – APPRENTISSAGE COOPERATIF PEU STRUCTURE

Phases	Objectifs	Compétences	Organisation	Documents/plateforme
<b>Phase 0</b>  <b>0,5 heure</b> <b>Présentation du contexte de la situation problème</b> <b>Groupe « classe »</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Définir le vocabulaire et les grandeurs utilisées dans le contexte ;</li> <li>- Présenter la situation concrète ;</li> <li>- Préciser la problématique de la situation problème.</li> </ul>	APP, RAI REA, COM	<b>Phase d'introduction</b> Le professeur fait lire le document d'information et anime les échanges à partir des questions posées. Cette partie peut être menée en co-animation (ou en collaboration) avec le professeur de PSE.	<u>Fichiers</u> Phase0_Introduction.pdf
<b>Organisation pédagogique :</b> Les élèves travaillent par groupes sur le matériel mis à disposition. <b>La répartition des élèves dans les groupes demeure identique dans la phase 1 et la phase 2.</b> Lors de la phase 1, les élèves devront avoir travaillé au sein de leur groupe successivement chacune des activités numérotées de 1 à 3. L'ordre des activités est laissé au choix du professeur. Lors de la phase 2, le travail demandé se fait de façon coopérative au sein du groupe.				
<b>Phase 1</b>  <b>3 heures</b> <b>Réalisation des activités.</b> <b>Travail en « groupes »</b>	<b>Réalisation des activités permettant d'acquérir les savoirs et savoir-faire utiles pour la résolution du problème :</b>  <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Utilisation d'un repère semi-logarithmique</li> <li>➤ Étude de la fonction logarithmique décimal</li> <li>➤ Utilisation des propriétés opératoires de la fonction logarithme décimal.</li> </ul>	APP, RAI, REA,COM	Travail en groupes pour réaliser les activités	<u>Fichiers :</u> Phase1_Activite_1.pdf Phase1_Activite_2.pdf Bruit.ggb Phase1_Activite_3.pdf <u>Vidéos</u> Echelle_log.mp4 Proprietes_logarithme_1.mp4 Proprietes_logarithme_2.mp4
<b>Phase 2</b>  <b>2 heures</b> <b>Résolution de la situation problème</b> <b>Travail en « groupes »</b>	Le groupe coopère pour résoudre la situation problème.	APP, RAI, REA, VAL, COM	Travail en groupes pour une résolution coopérative de la situation problème.	<u>Fichiers :</u> Phase2_Resolution_probleme.pdf Niveau_sonore.ggb
<b>Phase 3</b>  <b>1 heure</b> <b>Évaluation individuelle</b> <b>Groupe « classe »</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Exploitation d'une droite tracée dans un repère semi-logarithmique ;</li> <li>- Utilisation de la fonction logarithme décimal afin de modéliser une situation ;</li> <li>- Utilisation des propriétés opératoires de la fonction logarithme décimal.</li> </ul>	APP, RAI, REA, VAL, COM	Chaque élève réalise l'évaluation individuelle fournie qui porte sur les savoirs et savoir-faire travaillés dans les activités. Le professeur complète la grille d'évaluation nationale qui accompagne l'énoncé afin d'évaluer ses élèves.	Ressources pour chaque élève :  Phase3_Evaluation.pdf

## ***SEQUENCE 4 – APPRENTISSAGE HABITUEL***

La séquence porte sur l'utilisation de la fonction logarithme décimal. Les élèves sont formés à

- Étudier, sur un intervalle donné, les variations de la fonction logarithme décimal ;
- Représenter, sur un intervalle donné, la fonction logarithme décimal
- Exploiter une droite tracée sur du papier semi-logarithmique ;
- Utiliser les propriétés opératoires de la fonction logarithme décimal.

Dans la rubrique "ressources de fin d'activité", une évaluation est proposée. Ce sujet d'évaluation a pour but de repérer les acquis à la fin de l'expérimentation. Un travail d'entraînement et de transposition dans d'autres situations devra être mené pour une préparation à une évaluation de synthèse.

La séquence se déroule sur un volume approximatif de 5 à 7 heures. L'organisation pédagogique, les modalités de travail et les supports didactiques sont établis en toute liberté par le professeur.

## ***ANNEXE 2. Résumé de la revue de littérature incluant les autres publications.***

Nous avons observé qu'une grande majorité des publications, soit huit d'entre-elles incluait du travail coopératif dans l'environnement en classe. Les cinq autres études ciblaient d'autres formes d'environnement d'apprentissage : deux études évaluaient l'impact de la classe inversée sur l'autorégulation des apprenants, une étudiait dans un contexte de classe inversée l'impact d'évaluations en équipe et en compétition inter-groupe, une autre analysait l'impact d'un contexte de création d'enseignement, et une évaluait l'efficacité d'un contexte de soutien à l'autonomie.

Flunger et al. (2019) ont étudié l'efficacité d'un environnement d'apprentissage qui soutenait fortement l'autonomie des élèves. Pendant une séance d'apprentissage de 90 minutes, les élèves pouvaient choisir comment travailler, c'est-à-dire qu'ils pouvaient choisir par quelle activité commencer et le format que pouvait prendre la présentation de leurs résultats dans chaque activité. Les enseignants guidaient également les élèves en adoptant un langage non directif. D'après leurs résultats, cet environnement d'apprentissage a été bénéfique sur l'autorégulation des élèves. En comparaison à un contexte dans lequel ils travaillaient sans avoir le choix, la surveillance des élèves de leur apprentissage et leurs efforts pour apprendre ont augmenté. De plus, leur niveau de distraction en classe rapporté était plus faible que celui des élèves de l'autre groupe. Les résultats de cette étude sont cohérents avec ceux de la littérature sur le soutien à l'autonomie et l'enseignement guidé sur l'autorégulation des élèves qui montraient notamment que lorsque les élèves étaient dans des situations où l'autonomie dans les apprentissages était élevée et que l'enseignement était guidé par les enseignants, les élèves étaient plus engagés dans les tâches scolaires (Hospel & Galand, 2016 ; Schuitema et al., 2016 ; Sierens et al., 2009). Muis et al. (2016) ciblaient quant à eux un contexte d'apprentissage dans lequel la construction des connaissances des élèves est élevée. La tâche d'apprentissage en classe consistait à créer une vidéo dans laquelle l'élève devait enseigner un concept en mathématiques. Les résultats ont montré que cette tâche a permis aux élèves d'augmenter leurs utilisations de stratégies métacognitives en comparaison à un apprentissage dans lequel les élèves devaient créer une carte conceptuelle du concept. Un autre environnement constructiviste dans lequel les élèves étaient actifs dans leurs apprentissages a été étudié dans trois études de cette revue, il s'agissait de l'apprentissage en classe inversée. La classe inversée consiste à faire travailler les apprenants sur des notions en dehors des heures de classe avant le cours, puis une fois en classe, ils échangent avec l'enseignant de manière active sur ce contenu. Dans deux

études (Hava & Gelibolu, 2018 ; Jdaitawi, 2019), les expériences en classe inversée ont duré entre quatre et cinq semaines et les étudiants du groupe de comparaison travaillaient de manière habituelle (i.e., les enseignants dirigeaient les apprentissages). Bien que les chercheurs aient supposé que la classe inversée puisse avoir des effets bénéfiques sur l'autorégulation des élèves, les résultats de ces deux études sont contradictoires. Dans l'étude d'Hava et Gelibolu (2018), les étudiants ne rapportaient pas plus utiliser de stratégies d'autorégulation que les étudiants qui apprenaient de manière habituelle. Toutefois, leur échantillon de participants est relativement petit (N = 59) en comparaison de celui de l'étude de Jdaitawi (2019) (N = 160) qui montrait que les étudiants qui travaillaient en classe inversée rapportaient plus d'autorégulation que les étudiants qui apprenaient de manière habituelle. Bien qu'Hava et Gelibou (2018) ne rapportaient pas d'impact de la classe inversée sur l'autorégulation des étudiants, les apprentissages constructivistes dans lesquels on soutient l'autonomie des élèves dans les apprentissages et on rend les élèves actifs sont apparus globalement favorables au développement de l'autorégulation des apprenants, toutefois d'autres études doivent être menées pour consolider ces conclusions.

Dans une autre étude, Chen et Hwang (2019) avaient pour objectif d'évaluer l'impact d'évaluations en groupe et compétitives après un travail en classe inversée. Les enseignants faisaient passer des quizz en ligne aux élèves avec un logiciel (i.e., interface Kahoot) sur les connaissances apprises pendant la classe inversée. Dans le groupe de comparaison, les élèves discutaient du contenu en classe entière et n'étaient pas évalués en équipe. Après six semaines d'apprentissage en classe inversée et d'évaluations en équipe et en compétition avec les autres équipes, les élèves rapportaient mieux s'auto-réguler. Ils demandaient plus d'aide auprès de leurs pairs et mettaient davantage en place de stratégies cognitives dans leurs apprentissages. Ici, les évaluations en groupe et la compétition inter-groupes se sont avérées être bénéfiques aux élèves. Même si ces chercheurs ne mobilisaient pas la théorie de l'interdépendance sociale (Johnson & Johnson, 2009) pour expliquer les bénéfices des évaluations en groupe et compétitives, les stratégies mobilisées pour organiser l'environnement d'apprentissage dans cette étude ressemblent d'assez près à celles employées dans la méthode *Teams-Games-Tournaments*. Cette méthode d'apprentissage coopératif permet de récompenser les élèves en équipe à partir de jeux compétitifs entre les différents groupes de la classe.

### ANNEXE 3. Les mesures auto-rapportées par questionnaire en ligne sélectionnées

#### MOTIVATION EN MATHEMATIQUES

Maintenant tu vas répondre à une série de questions sur comment tu te sens en français et en mathématiques. Pour répondre, c'est très simple, tu coches une case pour dire si tu es d'accord ou non avec la phrase qui est écrite. Il y a 7 cases afin que tu puisses nous indiquer ton degré d'accord.

Par exemple : J'aime le cinéma

1 = Tout à fait d'accord	2	3	4	5	6	7 = Pas du tout d'accord
<input type="checkbox"/>						

Si tu n'aimes pas beaucoup, pas du tout le cinéma ou pas trop le cinéma tu pourras cocher 1, 2 ou 3; si tu aimes moyennement ou un peu le cinéma tu vas plutôt cocher les cases du centre (4 ou 5) ; si tu aimes bien ou beaucoup le cinéma, tu pourras cocher 6 ou 7.

Quand on fait des mathématiques en classe, je travaille parce que...

**Q1.** Je n'ai pas envie que mon enseignant(e) me dispute.

1 = Pas du tout d'accord	2	3	4	5	6	7 = Tout à fait d'accord
<input type="checkbox"/>						

**Q2.** Je veux que mon enseignant(e) pense que je suis un(e) bon(e) élève.

1 = Pas du tout d'accord	2	3	4	5	6	7 = Tout à fait d'accord
<input type="checkbox"/>						

**Q3.** Je veux apprendre de nouvelles choses.

1 = Pas du tout d'accord	2	3	4	5	6	7 = Tout à fait d'accord
<input type="checkbox"/>						

**Q4.** J'aurais honte de moi si je ne travaillais pas.

1 = Pas du tout d'accord	2	3	4	5	6	7 = Tout à fait d'accord
<input type="checkbox"/>						

**Q5.** C'est agréable ce que l'on fait.

1 = Pas du tout d'accord	2	3	4	5	6	7 = Tout à fait d'accord
<input type="checkbox"/>						

**Q6.** On n'a pas le choix.

1 = Pas du tout d'accord	2	3	4	5	6	7 = Tout à fait d'accord
<input type="checkbox"/>						

**Q7.** J'aime bien ce qui m'est demandé.

1 = Pas du tout d'accord	2	3	4	5	6	7 = Tout à fait d'accord
<input type="checkbox"/>						

**Q8.** C'est important pour moi de travailler en mathématiques.

1 = Pas du tout d'accord	2	3	4	5	6	7 = Tout à fait d'accord
<input type="checkbox"/>						

**Q9.** Franchement, je n'arrive pas à voir à quoi ça sert de faire des mathématiques.

1 = Pas du tout d'accord	2	3	4	5	6	7 = Tout à fait d'accord
<input type="checkbox"/>						

### ***NIVEAU INITIAL EN MATHÉMATIQUES***

De mémoire, quelle était ta moyenne en mathématiques à la fin de la dernière année scolaire ?

0 à 4.9	5 à 8.9	9 à 12.9	13 à 15.9	16 à 20
<input type="checkbox"/>				

### ***ATTITUDES COOPERATIVES***

À quel point es-tu d'accord avec les phrases suivantes ?

**Q1.** Je trouve que travailler sur des projets d'équipe est très satisfaisant.

Totalement d'accord	Légèrement d'accord	Ni d'accord ni pas d'accord	Légèrement en désaccord	Totalement en désaccord
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

**Q2.** Je préférerais faire les choses par moi-même plutôt que d'attendre la contribution des autres.

Totalement d'accord	Légèrement d'accord	Ni d'accord ni pas d'accord	Légèrement en désaccord	Totalement en désaccord
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

**Q3.** Je préfère accomplir une tâche du début à la fin sans l'aide des autres.

Totalement d'accord	Légèrement d'accord	Ni d'accord ni pas d'accord	Légèrement en désaccord	Totalement en désaccord
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

**Q4.** De manière générale, les équipes travaillent très efficacement.

Totalement d'accord	Légèrement d'accord	Ni d'accord ni pas d'accord	Légèrement en désaccord	Totalement en désaccord
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

**Q5.** Je pense qu'il est préférable de « prendre le taureau par les cornes » et faire les choses par soi-même plutôt que compter sur les autres.

Totalement d'accord	Légèrement d'accord	Ni d'accord ni pas d'accord	Légèrement en désaccord	Totalement en désaccord
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

**Q6.** Pour la plupart des activités, je préfère travailler seul(e) plutôt qu'en groupe.

Totalement d'accord	Légèrement d'accord	Ni d'accord ni pas d'accord	Légèrement en désaccord	Totalement en désaccord
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

**Q7.** Je trouve qu'il est facile de négocier avec des gens qui ont un point de vue différent du mien.

Totalement d'accord	Légèrement d'accord	Ni d'accord ni pas d'accord	Légèrement en désaccord	Totalement en désaccord
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

**Q8.** Je réussis généralement mieux lorsque je travaille seul(e).

Totalement d'accord	Légèrement d'accord	Ni d'accord ni pas d'accord	Légèrement en désaccord	Totalement en désaccord
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

**Q9.** Je demande toujours un avis à d'autres personnes avant de prendre une décision importante.

Totalement d'accord	Légèrement d'accord	Ni d'accord ni pas d'accord	Légèrement en désaccord	Totalement en désaccord
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

**Q10.** Je trouve qu'il est souvent plus productif de travailler par moi-même qu'avec les autres.

Totalement d'accord	Légèrement d'accord	Ni d'accord ni pas d'accord	Légèrement en désaccord	Totalement en désaccord
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

### ***AUTOREGULATION***

**Q1.** Je fais mon travail et mes devoirs sans que mes parents soient derrière moi.

1 = Pas du tout d'accord	2	3	4	5	6	7 = Tout à fait d'accord
<input type="checkbox"/>						

**Q2.** Je me concentre quand je fais un exercice à l'école.

1 = Pas du tout d'accord	2	3	4	5	6	7 = Tout à fait d'accord
<input type="checkbox"/>						

**Q3.** Je suis capable de me motiver moi-même pour faire mon travail scolaire.

1 = Pas du tout d'accord	2	3	4	5	6	7 = Tout à fait d'accord
<input type="checkbox"/>						

**Q4.** J'écoute avec attention mon enseignant(e).

1 = Pas du tout d'accord	2	3	4	5	6	7 = Tout à fait d'accord
<input type="checkbox"/>						

**Q5.** Je m'organise pour finir mon travail à temps.

1 = Pas du tout d'accord	2	3	4	5	6	7 = Tout à fait d'accord
<input type="checkbox"/>						

**Q6.** Je fais des efforts pour essayer de terminer les exercices difficiles.

1 = Pas du tout d'accord	2	3	4	5	6	7 = Tout à fait d'accord
<input type="checkbox"/>						

**Q7.** J'évite le plus souvent de me laisser distraire par les autres.

1 = Pas du tout d'accord	2	3	4	5	6	7 = Tout à fait d'accord
<input type="checkbox"/>						

**Q8.** Je suis autonome dans mon travail.

1 = Pas du tout d'accord	2	3	4	5	6	7 = Tout à fait d'accord
<input type="checkbox"/>						

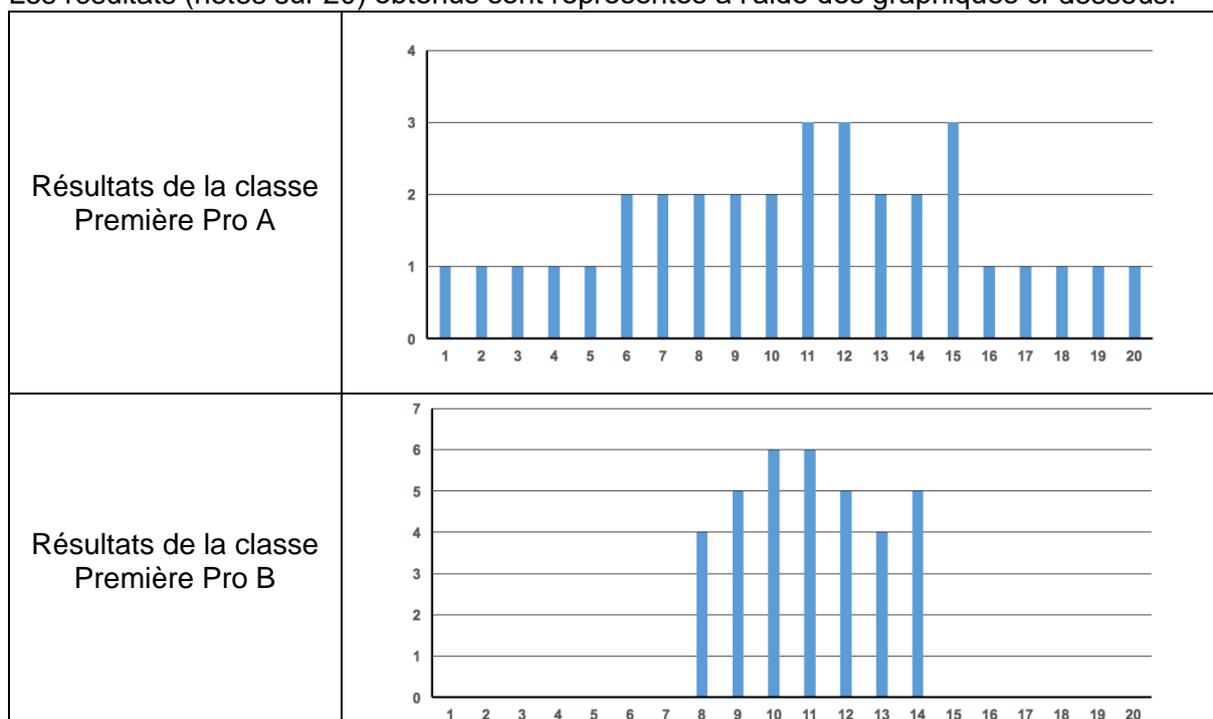
**Q9.** Je me prépare bien avant un contrôle.

1 = Pas du tout d'accord	2	3	4	5	6	7 = Tout à fait d'accord
<input type="checkbox"/>						

## ANNEXE 4. Evaluations individuelles des séquences en mathématiques 1 et 3

### Séquence 1 en mathématiques

Un devoir de mathématiques de synthèse est commun à deux classes de premières professionnelles (Première ProA et Première ProB).  
Les résultats (notes sur 20) obtenus sont représentés à l'aide des graphiques ci-dessous.



Les notes sont données dans le fichier "**Notes\_classes.xls**".  
Indiquer, pour chaque classe, la note maximale et la note minimale.

---



---

Utiliser le fichier « Notes\_classes.xls » pour calculer la note moyenne de chacune des deux classes. Comparer les moyennes obtenues.

---



---



---

L'écart-type des résultats de la classe de première Pro A se note  $\sigma_A$  et l'écart-type des résultats de la classe de première ProB se note  $\sigma_B$ .

En observant les graphiques des résultats des deux classes, émettre une hypothèse sur la comparaison des valeurs de  $\sigma_A$  et de  $\sigma_B$ . Parmi les affirmations suivantes, cocher celle qui convient :

$\sigma_A > \sigma_B$

$\sigma_A = \sigma_B$

$\sigma_A < \sigma_B$

Justifier la réponse :

---



---



---

Calculer les valeurs de  $\sigma_A$  et de  $\sigma_B$  à l'aide du tableur. Vérifier l'hypothèse émise à la question 3.

---

---

---

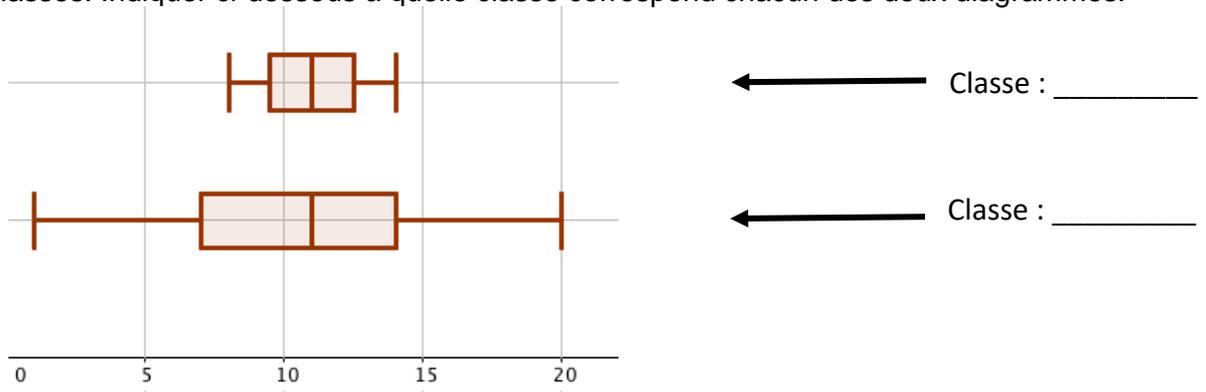
Pour chacune des deux séries statistiques, calculer, à l'aide du tableur, les valeurs de Q1 (premier quartile), Me (médiane) et Q3 (troisième quartile).

---

---

---

Les diagrammes en boîte à moustache ci-dessous correspondent à ceux des résultats des deux classes. Indiquer ci-dessous à quelle classe correspond chacun des deux diagrammes.



Justifier la réponse :

---

---

---

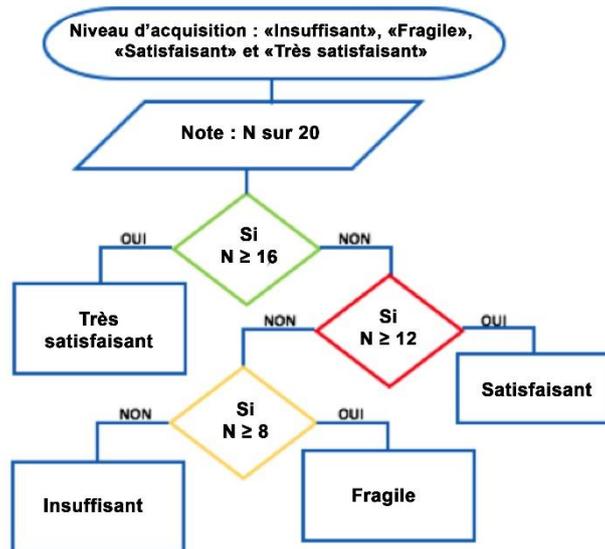
Indiquer la classe qui a les résultats les plus homogènes. Justifier la réponse.

---

---

---

Un professeur saisit la note de chacun de ses élèves et souhaite que soit automatiquement affiché leur niveau d'acquisition selon quatre catégories : Très satisfaisant, Satisfaisant, Fragile, Insuffisant.



- a) Dessiner le cheminement qui permet de conclure à un niveau d'acquisition « fragile ».  
 b) Retrouver dans quel intervalle se situent les notes qui permettent à l'enseignant de conclure à un niveau d'acquisition "fragile".

---



---

Déterminer combien d'élèves ont l'appréciation « fragile » dans la classe A et la classe B.

---



---



---

**Aide :** Formules du tableur

$\bar{x}$	=MOYENNE(A3:L6)	Me	=MEDIANE(A3:L6)	$\sigma$	=ECARTYPE(A3:L6)
	<small>MOYENNE(nombre1; [nombre2]; ...)</small>		<small>MEDIANE(nombre1; [nombre2]; ...)</small>		<small>ECARTYPE(nombre1; [nombre2]; ...)</small>
Q1	=QUARTILE(A3:L6;1)	Q3	=QUARTILE(A3:L6;3)		
	<small>QUARTILE(matrice; quart)</small>		<small>QUARTILE(matrice; quart)</small>		

### Séquence 3 en mathématiques

Vous rédigerez l'ensemble de vos solutions sur ce document. Si besoin vous pouvez demander une aide, un coup de pouce, lorsque ce symbole  $\clubsuit$  apparaît (il en sera tenu compte dans la notation). Un formulaire est disponible à la fin du document.

#### Situation :

Une entreprise proposant des vols en montgolfière au-dessus de la Touraine, vient de faire l'acquisition d'une nouvelle montgolfière et veut la tester. Lors d'un vol d'essai, la montgolfière a effectué une ascension très lente, puis une descente rapide. Durant ce test, on a relevé l'altitude de la montgolfière en fonction du temps écoulé depuis le début du vol.



#### Problématique :

On désire connaître :

- l'évolution de l'altitude de la montgolfière en fonction du temps ;
- l'altitude maximale atteinte par la montgolfière lors du vol d'essai.

#### Partie A : Modélisation de l'évolution de l'altitude en fonction du temps écoulé depuis le début du vol

Le tableau ci-dessous indique quelques relevés de l'altitude  $y$  de la montgolfière (en mètres) en fonction du temps  $t$  (en minutes) écoulé depuis le début du vol.

<b>Temps <math>t</math> (en minutes)</b>	0	1	4	6	10	18	20	22	26
<b>Altitude <math>y</math> (en mètres)</b>	0	5	50	90	181	273	240	189	0

Le nuage de points de coordonnées  $(t ; y)$  est représenté dans le fichier nommé « montgolfiere.ggb ».

1) Ouvrir ce fichier.

- a) Déterminer l'expression algébrique de la fonction  $f$  qui approche au mieux ce nuage de points.

Recopier ci-dessous l'expression algébrique de la fonction obtenue.

.....

- b) Expliquer comment vous avez fait votre choix.

.....  
.....

2) Déterminer graphiquement (si besoin, voir fiche technique) :

- au bout de combien de temps, en minutes, écoulé depuis le début du vol, la montgolfière atteint son altitude maximale (arrondir la valeur à l'unité) :

.....

- une estimation de l'altitude maximale atteinte en mètres (arrondir la valeur à l'unité) :

.....

**Partie B : Détermination de l'altitude maximale à l'aide de la fonction dérivée**

3) **Décrire** une méthode, sans la mettre en œuvre, qui pourrait permettre de déterminer par le calcul l'altitude maximale et qui utiliserait la fonction dérivée de  $f$ .

.....  
 .....  
 .....



**Appel n°1 : Appeler le professeur et rendre ce document pour avoir la suite du travail.**

On admet que la fonction qui modélise l'altitude de la montgolfière (en mètres) en fonction du temps  $t$  (en minutes) a pour expression :

$f(t) = -0,1t^3 + 2,4t^2 + 4,2t$  sur l'intervalle  $[0 ; 26]$

4) **Déterminer** l'expression  $f'(t)$  pour tout  $t$  appartenant à l'intervalle  $[0 ; 26]$ , où  $f'$  désigne la fonction dérivée de  $f$  (voir formulaire).

.....  
 .....



**Appel n°2 : Appeler le professeur pour faire vérifier l'expression de la fonction dérivée.**

**Coup de pouce 1 fourni** : OUI  Code : 0  1  2



5) **Résoudre algébriquement**, dans l'intervalle  $[0 ; 26]$ , l'équation  $f'(t) = 0$  (voir formulaire). On notera  $t_0$  la solution. Arrondir le résultat à 0,01 près.

.....  
 .....  
 .....  
 .....  
 .....



6) **Déterminer** le signe de  $f'(t)$  sur l'intervalle  $[0 ; 26]$ .

.....**Coup de pouce 2 demandé** : OUI   
 .....  
 .....

7) **Compléter** le tableau de variation de la fonction  $f$ .

$t$	.....	.....	.....
<b>Signe de <math>f'(t)</math></b>	.....	.....	.....
<b>Variations de <math>f</math></b>			



**Appel n°3 : Appeler le professeur pour faire vérifier le tableau de variation.**

**Coup de pouce 3 fourni** : OUI

Code : 0  1  2



8) a) **Vérifier** que la fonction  $f$  admet un maximum en  $t_0 = 16,83$ . Justifier la réponse.



*ANNEXE 5. Grilles d'entretien auprès des référents des établissements.*

**GRILLE POUR LA CONDITION JIGSAW**

« Bonjour, nous vous contactons car vous êtes référent et collaborateur du projet Profan. Vous avez joué un rôle essentiel dans la mise en place du dispositif et c'est la raison pour laquelle nous aimerions revenir avec vous sur la manière dont les choses se sont passées dans votre lycée. Nous sommes au terme de l'expérimentation compte tenu de ce que nous sommes en train de vivre avec le confinement. Je m'adresse à vous pour recueillir des informations qui permettent de compléter les données recueillies dans votre établissement, en particulier sur la manière dont Profan a été mis en œuvre dans votre établissement et comment les enseignants ont vécu l'implantation du dispositif. »

**Avant de commencer, pourriez-vous me dire si vous avez été référent depuis le début du projet, ou en cours de projet ?**

Date : ..... ou

Année 1 :  oui  non

Année 2 :  oui  non

Année 3 :  oui  non

**Les enseignants vous ont-ils fait part de difficultés rencontrées dans la mise en œuvre des séquences pédagogiques telles que prévues ? Précisez si c'est pour les 3 années et éventuellement dans quelle matière en particulier, sur une échelle de 1 à 5.**

	1	2	3	4	5	
<b><u>Année 1 :</u></b>						
<b>Français :</b> mal passé	<input type="checkbox"/>	bien passé				
<b>Maths :</b> mal passé	<input type="checkbox"/>	bien passé				
<b>PRO :</b> mal passé	<input type="checkbox"/>	bien passé				
<b><u>Année 2 :</u></b>						
<b>Français :</b> mal passé	<input type="checkbox"/>	bien passé				
<b>Maths :</b> mal passé	<input type="checkbox"/>	bien passé				
<b>PRO :</b> mal passé	<input type="checkbox"/>	bien passé				
<b><u>Année 3 :</u></b>						
<b>Français :</b> mal passé	<input type="checkbox"/>	bien passé				
<b>Maths :</b> mal passé	<input type="checkbox"/>	bien passé				
<b>PRO :</b> mal passé	<input type="checkbox"/>	bien passé				

Commentaires :

.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....

« Il se pourrait que d'une matière ou d'une filière à une autre, les consignes fournies aux enseignants n'aient pas été toutes strictement suivies pour des raisons qui peuvent tenir par exemple à la spécificité et à la difficulté des contenus étudiés. »

**1. Selon vous, les enseignants ont-ils mis leurs élèves au travail en petits groupes (4 à 5 élèves) ? Précisez si c'est pour toutes les matières ou pour une ou plusieurs matières en particulier, si c'est pour les 3 années ?**

**Année 1 :**

**Français**  oui  non  je ne sais pas  
**Maths**  oui  non  je ne sais pas  
**PRO :**  oui  non  je ne sais pas

**Année 2 :**

**Français**  oui  non  je ne sais pas  
**Maths**  oui  non  je ne sais pas  
**PRO**  oui  non  je ne sais pas

**Année 3 :**

**Français**  oui  non  je ne sais pas  
**Maths**  oui  non  je ne sais pas  
**PRO**  oui  non  je ne sais pas

Commentaires :

.....  
 .....  
 .....  
 .....

**2. Selon vous, ont-ils donné à chaque membre du groupe un support différent pour travailler ou ont-ils donné tout le matériel à tous les membres du groupe ? Précisez si c'est pour toutes les matières ou pour une ou plusieurs matières en particulier, si c'est pour les 3 années ?**

**Année 1 :**

**Français**  support différent  tout  je ne sais pas  
**Maths**  support différent  tout  je ne sais pas  
**PRO**  support différent  tout  je ne sais pas

**Année 2 :**

**Français**  support différent  tout  je ne sais pas  
**Maths**  support différent  tout  je ne sais pas  
**PRO**  support différent  tout  je ne sais pas

**Année 3 :**

**Français**  support différent  tout  je ne sais pas  
**Maths**  support différent  tout  je ne sais pas  
**PRO**  support différent  tout  je ne sais pas

Commentaires :

.....  
 .....  
 .....  
 .....  
 .....

**3. Selon vous, est-il arrivé que les enseignants aient préalablement à la séance remis l'ensemble de ce matériel à tous les élèves ? Précisez si c'est pour toutes les matières ou pour une ou plusieurs matières en particulier, si c'est pour les 3 années ?**

**Année 1 :**

<b>Français</b>	<input type="checkbox"/> oui	<input type="checkbox"/> non	<input type="checkbox"/> je ne sais pas
<b>Maths</b>	<input type="checkbox"/> oui	<input type="checkbox"/> non	<input type="checkbox"/> je ne sais pas
<b>PRO</b>	<input type="checkbox"/> oui	<input type="checkbox"/> non	<input type="checkbox"/> je ne sais pas

**Année 2 :**

<b>Français</b>	<input type="checkbox"/> oui	<input type="checkbox"/> non	<input type="checkbox"/> je ne sais pas
<b>Maths</b>	<input type="checkbox"/> oui	<input type="checkbox"/> non	<input type="checkbox"/> je ne sais pas
<b>PRO</b>	<input type="checkbox"/> oui	<input type="checkbox"/> non	<input type="checkbox"/> je ne sais pas

**Année 3 :**

<b>Français</b>	<input type="checkbox"/> oui	<input type="checkbox"/> non	<input type="checkbox"/> je ne sais pas
<b>Maths</b>	<input type="checkbox"/> oui	<input type="checkbox"/> non	<input type="checkbox"/> je ne sais pas
<b>PRO</b>	<input type="checkbox"/> oui	<input type="checkbox"/> non	<input type="checkbox"/> je ne sais pas

Commentaires :

.....

.....

.....

.....

.....

**4. Selon vous, ont-ils placé les élèves dans une situation leur permettant d'acquérir une expertise avec d'autres élèves d'un autre groupe avant de retourner dans leur groupe initial ? Précisez si c'est pour toutes les matières ou pour une ou plusieurs matières en particulier, si c'est pour les 3 années ?**

**Année 1 :**

<b>Français</b>	<input type="checkbox"/> oui	<input type="checkbox"/> non	<input type="checkbox"/> je ne sais pas
<b>Maths</b>	<input type="checkbox"/> oui	<input type="checkbox"/> non	<input type="checkbox"/> je ne sais pas
<b>PRO</b>	<input type="checkbox"/> oui	<input type="checkbox"/> non	<input type="checkbox"/> je ne sais pas

**Année 2 :**

<b>Français</b>	<input type="checkbox"/> oui	<input type="checkbox"/> non	<input type="checkbox"/> je ne sais pas
<b>Maths</b>	<input type="checkbox"/> oui	<input type="checkbox"/> non	<input type="checkbox"/> je ne sais pas
<b>PRO</b>	<input type="checkbox"/> oui	<input type="checkbox"/> non	<input type="checkbox"/> je ne sais pas

**Année 3 :**

<b>Français</b>	<input type="checkbox"/> oui	<input type="checkbox"/> non	<input type="checkbox"/> je ne sais pas
<b>Maths</b>	<input type="checkbox"/> oui	<input type="checkbox"/> non	<input type="checkbox"/> je ne sais pas
<b>PRO</b>	<input type="checkbox"/> oui	<input type="checkbox"/> non	<input type="checkbox"/> je ne sais pas

Commentaires :

.....

.....

.....

.....

.....

**5. Selon vous, chaque membre du groupe a pu participer au travail de groupe et a pu contribuer en fonction de son expertise à réaliser la tâche, soit spontanément, soit après incitation des enseignant.e.s ?**

**Année 1 :**

<b>Français</b>	<input type="checkbox"/> oui	<input type="checkbox"/> non	<input type="checkbox"/> je ne sais pas
<b>Maths</b>	<input type="checkbox"/> oui	<input type="checkbox"/> non	<input type="checkbox"/> je ne sais pas
<b>PRO</b>	<input type="checkbox"/> oui	<input type="checkbox"/> non	<input type="checkbox"/> je ne sais pas

**Année 2 :**

<b>Français</b>	<input type="checkbox"/> oui	<input type="checkbox"/> non	<input type="checkbox"/> je ne sais pas
<b>Maths</b>	<input type="checkbox"/> oui	<input type="checkbox"/> non	<input type="checkbox"/> je ne sais pas
<b>PRO</b>	<input type="checkbox"/> oui	<input type="checkbox"/> non	<input type="checkbox"/> je ne sais pas

**Année 3 :**

<b>Français</b>	<input type="checkbox"/> oui	<input type="checkbox"/> non	<input type="checkbox"/> je ne sais pas
<b>Maths</b>	<input type="checkbox"/> oui	<input type="checkbox"/> non	<input type="checkbox"/> je ne sais pas
<b>PRO</b>	<input type="checkbox"/> oui	<input type="checkbox"/> non	<input type="checkbox"/> je ne sais pas

Commentaires :

.....  
.....  
.....  
.....  
.....

***GRILLE POUR LA CONDITION COOPERATION PEU STRUCTUREE***

*« Bonjour, nous vous contactons car vous êtes référent et collaborateur du projet Profan. Vous avez joué un rôle essentiel dans la mise en place du dispositif et c'est la raison pour laquelle nous aimerions revenir avec vous sur la manière dont les choses se sont passées dans votre lycée. Nous sommes au terme de l'expérimentation compte tenu de ce que nous sommes en train de vivre avec le confinement. Je m'adresse à vous pour recueillir des informations qui permettent de compléter les données recueillies dans votre établissement, en particulier sur la manière dont Profan a été mis en œuvre dans votre établissement et comment les enseignants ont vécu l'implantation du dispositif. »*

**Avant de commencer, pourriez-vous me dire si vous avez été référent depuis le début du projet, ou en cours de projet ?**

Date : ..... ou

Année 1 :  oui  non

Année 2 :  oui  non

Année 3 :  oui  non

**Les enseignants vous ont-ils fait part de difficultés rencontrées dans la mise en œuvre des séquences pédagogiques ? Précisez si c'est pour les 3 années et éventuellement dans quelle matière en particulier, sur une échelle de 1 à 5.**

	1	2	3	4	5	
<b><u>Année 1 :</u></b>						
<b>Français :</b> mal passé	<input type="checkbox"/>	bien passé				
<b>Maths :</b> mal passé	<input type="checkbox"/>	bien passé				
<b>PRO :</b> mal passé	<input type="checkbox"/>	bien passé				
<b><u>Année 2 :</u></b>						
<b>Français :</b> mal passé	<input type="checkbox"/>	bien passé				
<b>Maths :</b> mal passé	<input type="checkbox"/>	bien passé				
<b>PRO :</b> mal passé	<input type="checkbox"/>	bien passé				
<b><u>Année 3 :</u></b>						
<b>Français :</b> mal passé	<input type="checkbox"/>	bien passé				
<b>Maths :</b> mal passé	<input type="checkbox"/>	bien passé				
<b>PRO :</b> mal passé	<input type="checkbox"/>	bien passé				

Commentaires :

.....

.....

.....

.....

*« Il se pourrait que d'une matière ou d'une filière à une autre, les consignes fournies aux enseignants n'aient pas été toutes strictement suivies pour des raisons qui peuvent tenir par exemple à la spécificité et à la difficulté des contenus étudiés. »*

**1. Selon vous, les enseignants ont-ils mis leurs élèves au travail en petits groupes (4 à 5 élèves) ? Précisez si c'est pour toutes les matières ou pour une ou plusieurs matières en particulier, si c'est pour les 3 années ?**

<b><u>Année 1 :</u></b>		
<b>Français</b> <input type="checkbox"/> oui	<input type="checkbox"/> non	<input type="checkbox"/> je ne sais pas
<b>Maths</b> <input type="checkbox"/> oui	<input type="checkbox"/> non	<input type="checkbox"/> je ne sais pas
<b>PRO</b> <input type="checkbox"/> oui	<input type="checkbox"/> non	<input type="checkbox"/> je ne sais pas
<b><u>Année 2 :</u></b>		
<b>Français</b> <input type="checkbox"/> oui	<input type="checkbox"/> non	<input type="checkbox"/> je ne sais pas
<b>Maths</b> <input type="checkbox"/> oui	<input type="checkbox"/> non	<input type="checkbox"/> je ne sais pas
<b>PRO</b> <input type="checkbox"/> oui	<input type="checkbox"/> non	<input type="checkbox"/> je ne sais pas
<b><u>Année 3 :</u></b>		
<b>Français</b> <input type="checkbox"/> oui	<input type="checkbox"/> non	<input type="checkbox"/> je ne sais pas
<b>Maths</b> <input type="checkbox"/> oui	<input type="checkbox"/> non	<input type="checkbox"/> je ne sais pas
<b>PRO</b> <input type="checkbox"/> oui	<input type="checkbox"/> non	<input type="checkbox"/> je ne sais pas

Commentaires :

.....

.....  
.....  
**2. Précisez si c'est pour toutes les matières ou pour une ou plusieurs matières en particulier, si c'est pour les 3 années ; Selon vous,**

**Français :**

**A. ont-ils donné à chaque membre du groupe un support différent pour travailler ?**

Année 1                       Année 2                       Année 3

**B. ont-ils donné le même matériel à l'ensemble des membres du groupe ?**

Année 1                       Année 2                       Année 3

**Si B coché :**

**Ont-ils ensuite réparti le travail à faire entre les membres du groupe ou pas ?**

Répartition dans le groupe                       Non répartition dans le groupe

**C. ont-ils donné le même matériel à l'ensemble du groupe, mais différent d'un groupe à l'autre (puis traité l'ensemble du matériel en classe entière) ?**

Année 1                       Année 2                       Année 3

**Maths :**

**A. ont-ils donné à chaque membre du groupe un support différent pour travailler ?**

Année 1                       Année 2                       Année 3

**B. ont-ils donné le même matériel à l'ensemble des membres du groupe ?**

Année 1                       Année 2                       Année 3

**Si B coché :**

**Ont-ils ensuite réparti le travail à faire entre les membres du groupe ou pas ?**

Répartition dans le groupe                       Non répartition dans le groupe

**C. ont-ils donné le même matériel à l'ensemble du groupe, mais différent d'un groupe à l'autre (puis traité l'ensemble du matériel en classe entière) ?**

Année 1                       Année 2                       Année 3

**PRO :**

**A. ont-ils donné à chaque membre du groupe un support différent pour travailler ?**

Année 1                       Année 2                       Année 3

**B. ont-ils donné le même matériel à l'ensemble des membres du groupe ?**

Année 1                       Année 2                       Année 3

**Si B coché :**

**Ont-ils ensuite réparti le travail à faire entre les membres du groupe ou pas ?**

Répartition dans le groupe                       Non répartition dans le groupe

**C. ont-ils donné le même matériel à l'ensemble du groupe, mais différent d'un groupe à l'autre (puis traité l'ensemble du matériel en classe entière) ?**

Année 1                       Année 2                       Année 3

Commentaires :

.....  
.....

.....  
.....  
**3. Selon vous, est-il arrivé que les enseignants aient préalablement à la séance remis l'ensemble de ce matériel à tous les élèves ? Précisez si c'est pour toutes les matières ou pour une ou plusieurs matières en particulier, si c'est pour les 3 années ?**

**Année 1 :**

<b>Français</b>	<input type="checkbox"/> oui	<input type="checkbox"/> non	<input type="checkbox"/> je ne sais pas
<b>Maths</b>	<input type="checkbox"/> oui	<input type="checkbox"/> non	<input type="checkbox"/> je ne sais pas
<b>PRO</b>	<input type="checkbox"/> oui	<input type="checkbox"/> non	<input type="checkbox"/> je ne sais pas

**Année 2 :**

<b>Français</b>	<input type="checkbox"/> oui	<input type="checkbox"/> non	<input type="checkbox"/> je ne sais pas
<b>Maths</b>	<input type="checkbox"/> oui	<input type="checkbox"/> non	<input type="checkbox"/> je ne sais pas
<b>PRO</b>	<input type="checkbox"/> oui	<input type="checkbox"/> non	<input type="checkbox"/> je ne sais pas

**Année 3 :**

<b>Français</b>	<input type="checkbox"/> oui	<input type="checkbox"/> non	<input type="checkbox"/> je ne sais pas
<b>Maths</b>	<input type="checkbox"/> oui	<input type="checkbox"/> non	<input type="checkbox"/> je ne sais pas
<b>PRO</b>	<input type="checkbox"/> oui	<input type="checkbox"/> non	<input type="checkbox"/> je ne sais pas

Commentaires :

.....  
.....  
.....

## ***ANNEXE 6. Données manquantes de motivation et d'autorégulation selon les conditions.***

Les observations des données manquantes montrent d'abord que la structure des données manquantes est monotone ; un phénomène d'attrition dans le temps s'observe. On constate une augmentation de 22,6% de données manquantes entre les temps 1 et 2 et une augmentation de 13,4% entre les temps 2 et 3. Le tableau 1 indique que le nombre de données manquantes dans les trois conditions est relativement similaire à chaque temps, bien qu'on observe un peu plus de données manquantes dans la condition d'apprentissage habituel aux temps de mesure 1 et 2.

**Tableau 1. Elèves présents et manquants selon les conditions et par temps de mesure.**

<b>Conditions</b>	<b>N élèves présents/manquants</b>	<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>T3</b>
<b>Jigsaw</b>	n élèves présents	1517	1141	813
	n élèves manquants (%)	276 (15,4%)	652 (36,4%)	980 (54,7%)
<b>Coopération</b>	n élèves présents	1484	1063	822
	n élèves manquants (%)	284 (16,1%)	705 (39,9%)	946 (53,5%)
<b>Habituel</b>	n élèves présents	1281	896	766
	n élèves manquants (%)	384 (23,1%)	769 (46,2%)	899 (54%)
<b>Total</b>	N élèves présents	4282	3100	2401
	N élèves manquants (%)	944 (18,1%)	2126 (40,7%)	2825 (54,1%)

L'affectation des conditions s'étant opérée au niveau des lycées, il est important d'observer la perte de données à ce niveau. Il s'avère que nous perdons peu de lycées professionnels et nous conservons même les 108 établissements dans l'analyse des données au temps 1 et un seul d'entre eux est rattaché à moins de 10 élèves. Nous perdons un établissement dans l'analyse au temps 2 et huit lycées sont rattachés à moins de 10 élèves. Enfin, nous perdons 4 établissements sur le total de 108 établissements et 15 d'entre eux sont rattachés à moins de 10 élèves. La perte de données d'établissements en fonction des conditions est résumée dans le tableau 2.

**Tableau 2. Lycées présents et manquants selon les conditions et par temps de mesure.**

<b>Conditions</b>	<b>N lycées présents/manquants</b>	<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>T3</b>
<b>Jigsaw</b>	n lycées présents	38	37	36
	n lycées manquants	0	1	2
<b>Coopération</b>	n lycées présents	36	35	34
	n lycées manquants	0	1	2
<b>Habituel</b>	n lycées présents	34	34	34
	n lycées manquants	0	0	0
<b>Total</b>	N lycées présents	108	107	104
	N lycées manquants	0	1	4

## ***ANNEXE 7. Données manquantes des performances en maths selon les conditions.***

Nous avons d'abord vérifié le nombre de données manquantes pour les deux performances en mathématiques et si les conditions d'apprentissage différaient dans le nombre de données manquantes. D'après le tableau 1, le nombre de données manquantes pour les performances de la séquence 1 (S1) est élevé et représente la moitié de l'échantillon. Le nombre de données manquantes pour les performances de la séquence 3 (S3) est moins élevé, mais représente tout de même 42,1% des données. Le taux de données manquantes selon les conditions d'apprentissage révèle que les élèves de la condition d'apprentissage habituel sont ceux qui ont été le plus absents, notamment pour la performance en mathématiques S1.

**Tableau 1. Elèves présents et manquants selon les conditions et par temps de mesure.**

<b>Conditions</b>	<b>N élèves présents/manquants</b>	<b>Performances S1</b>	<b>Performances S3</b>
<b>Jigsaw</b>	n élèves présents	986	1062
	n élèves manquants (%)	807 (45%)	731 (40,8%)
<b>Coopération</b>	n élèves présents	932	1024
	n élèves manquants (%)	836 (47,3%)	744 (42,1%)
<b>Habituel</b>	n élèves présents	689	940
	n élèves manquants (%)	976 (58,6%)	725 (43,5%)
<b>Total</b>	N élèves présents	2607	3026
	N élèves manquants (%)	2619 (50,1%)	2200 (42,1%)

Concernant la répartition des données manquantes par établissements (voir tableau 2), il s'avère que l'ensemble des élèves de certains établissements n'ont pas de scores de performances en mathématiques. Sur le nombre total de 108 établissements, 21 lycées n'ont pas de notes en mathématiques de séquence 1, toutefois le nombre d'établissements manquants entre les conditions est assez similaire et varie de 5 à 9 lycées manquants par condition. Concernant le nombre d'établissements quant aux performances en mathématique de la séquence 3, 10 lycées n'ont pas de notes, ce qui représente bien moins de pertes de données. Toutefois, 6 lycées manquants appartiennent à la condition d'apprentissage coopératif en classe puzzle et ce nombre représente plus d'établissements manquants par rapport aux pertes observées dans les conditions d'apprentissage coopératif peu structuré et d'apprentissage habituel.

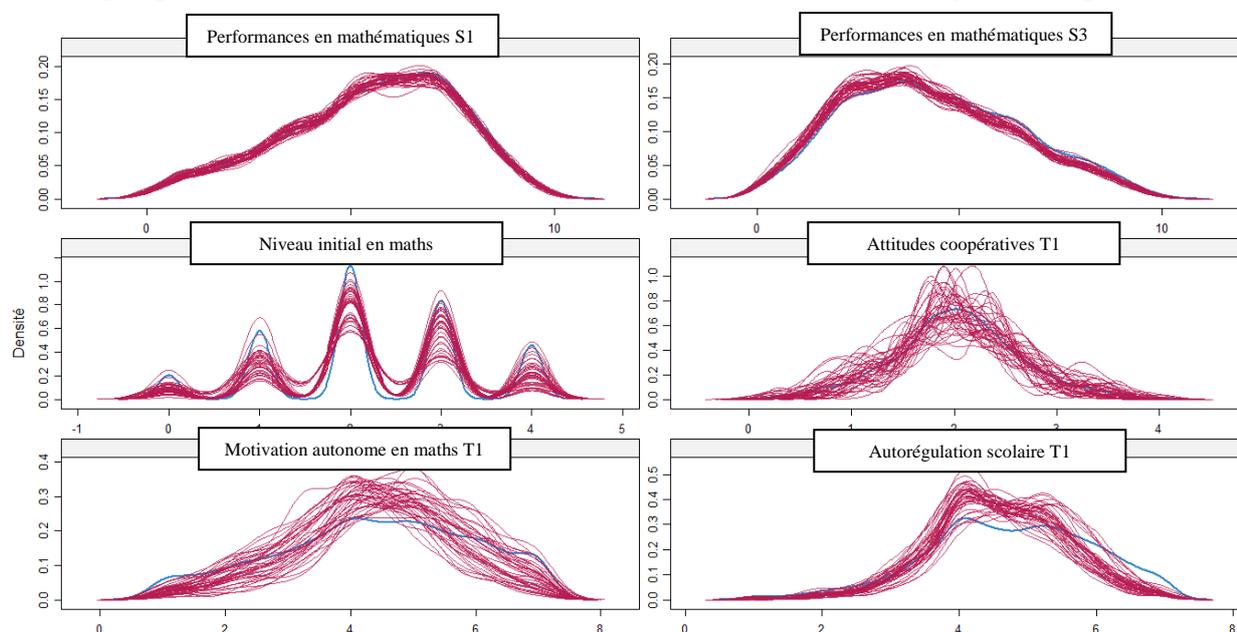
**Tableau 2. Lycées présents et manquants selon les conditions et par temps de mesure.**

<b>Conditions</b>	<b>N lycées présents/manquants</b>	<b>Performances S1</b>	<b>Performances S3</b>
<b>Jigsaw</b>	n lycées présents	29	32
	n lycées manquants	9	6
<b>Coopération</b>	n lycées présents	31	34
	n lycées manquants	5	2
<b>Habituel</b>	n lycées présents	27	32
	n lycées manquants	7	2
<b>Total</b>	N lycées présents	87	98
	N lycées manquants	21	10

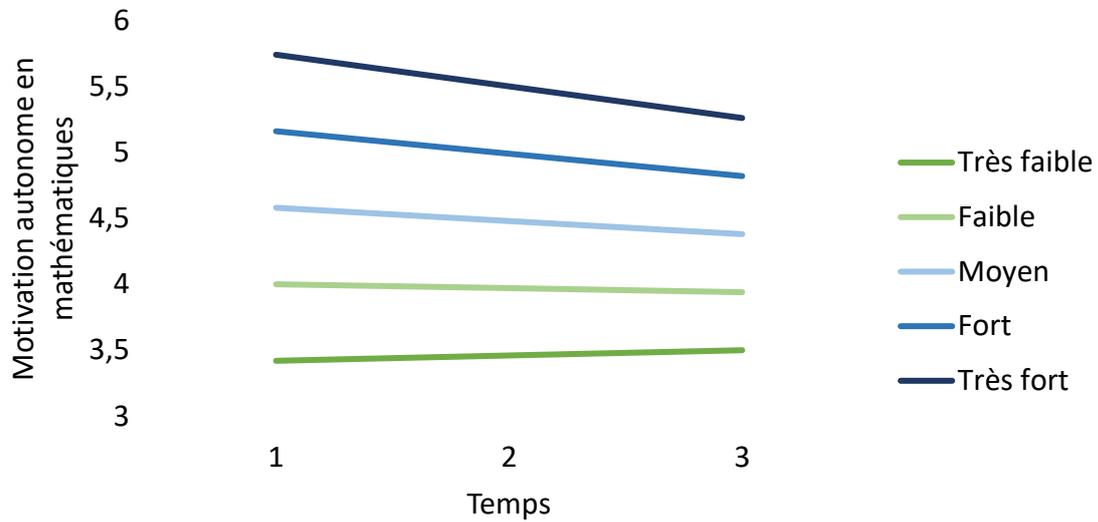
## ***ANNEXE 8. Détermination du nombre de jeux d'imputation.***

L'un des challenges les plus importants lorsqu'on recourt aux imputations multiples, c'est de déterminer le nombre d'imputations satisfaisant. D'après Graham et ses collaborateurs (2007), la puissance statistique du modèle après imputations multiples dépend du nombre d'imputations, notamment pour les petites tailles d'effet. Les observations des modèles d'analyses sur les performances en mathématiques des séquences 1 et 3 ont permis de conclure à une fiabilité adéquate des modèles à partir de 40 jeux d'imputation et de 20 itérations. La convergence à partir des 20 itérations est bonne car la variance de moyennes et d'écart-types entre les 40 jeux d'imputation pour les mesures imputées est relativement faible. De plus, d'après van Buuren (2018, p. 190), pour évaluer la plausibilité des différents jeux d'imputations sur les variables ciblées, il est possible d'observer la similarité de la distribution des mesures de performances lorsqu'elles ne sont pas imputées et la distribution des mesures lorsqu'elles ont été imputées. Si la distribution est similaire, nous pouvons assurer que la matrice de prédicteurs sur les variables imputées ont permis de prédire de manière adéquate les données des variables. Dans notre cas, nous constatons que les scores de mathématiques en séquences 1 et 3 suivent une distribution similaire (voir graphique 1).

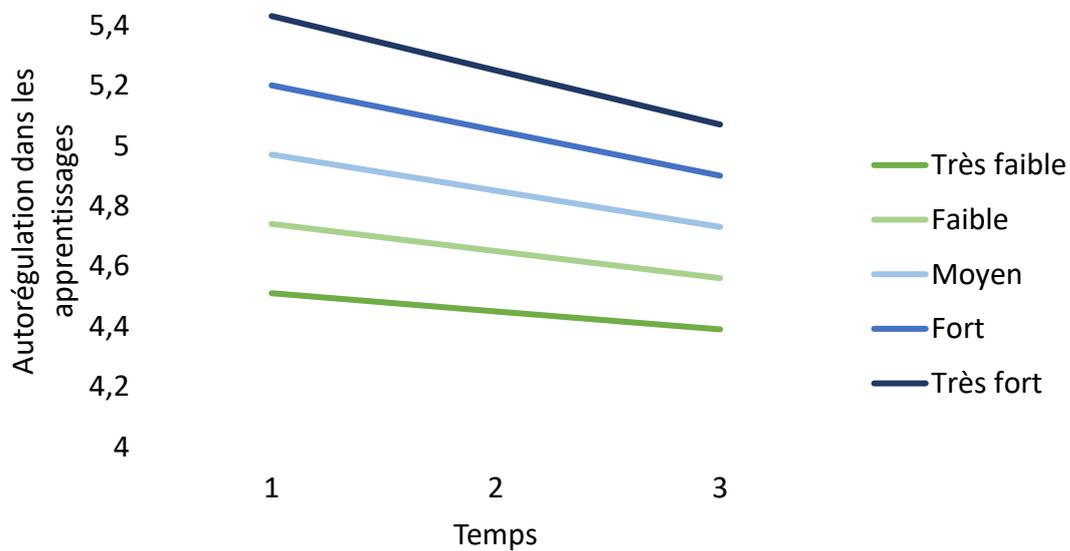
**Graphique 1. Distribution des variables en fonction des différents jeux d'imputations.**



**ANNEXE 9. Effets du niveau initial en maths sur les trajectoires de motivation et d'autorégulation**



**Figure 1. Représentation graphique de l'effet du niveau initial en mathématiques sur les trajectoires de motivation autonome en mathématiques.**



**Figure 2. Représentation graphique de l'effet du niveau initial en mathématiques sur les trajectoires d'autorégulation.**

**ANNEXE 10. Stratégies d'enseignement (individuel – classe entière – en groupe) dans la condition d'apprentissage habituel**

**Séquence 1 en mathématiques**

**Travail individuel – condition d'apprentissage habituel**

		Fréquence	Pourcentage	Pourcentage valide	Pourcentage cumulé	
% de temps passé pendant la séquence 1	0	234	14,1	29,2	29,2	
	10	21	1,3	2,6	31,8	
	20	49	2,9	6,1	37,9	
	25	152	9,1	19,0	56,9	
	30	15	,9	1,9	58,7	
	33	25	1,5	3,1	61,8	
	37	30	1,8	3,7	65,6	
	50	203	12,2	25,3	90,9	
	55	27	1,6	3,4	94,3	
	60	31	1,9	3,9	98,1	
	100	15	,9	1,9	100,0	
	Total		802	48,2	100,0	
	Manquant	Système	863	51,8		
Total		1665	100,0			

**Travail en classe entière – condition d'apprentissage habituel**

		Fréquence	Pourcentage	Pourcentage valide	Pourcentage cumulé
% de temps passé pendant la séquence 1	0	160	9,6	20,3	20,3
	10	44	2,6	5,6	25,9
	15	23	1,4	2,9	28,8
	20	33	2,0	4,2	33,0
	25	85	5,1	10,8	43,8
	37	30	1,8	3,8	47,6
	40	13	,8	1,7	49,3
	50	196	11,8	24,9	74,2
	55	15	,9	1,9	76,1
	60	21	1,3	2,7	78,8
	70	82	4,9	10,4	89,2
	75	28	1,7	3,6	92,8
	90	22	1,3	2,8	95,6
	100	35	2,1	4,4	100,0
	Total		787	47,3	100,0
Manquant	Système	878	52,7		
Total		1665	100,0		

### Travail en groupe – condition d'apprentissage habituel

		Fréquence	Pourcentage	Pourcentage valide	Pourcentage cumulé
% de temps passé pendant la séquence 1	,00	133	8,0	17,5	17,5
	10,00	46	2,8	6,1	23,6
	17,00	25	1,5	3,3	26,9
	20,00	18	1,1	2,4	29,2
	25,00	118	7,1	15,5	44,8
	26,00	30	1,8	4,0	48,7
	30,00	64	3,8	8,4	57,2
	35,00	27	1,6	3,6	60,7
	40,00	17	1,0	2,2	63,0
	45,00	15	,9	2,0	65,0
	50,00	143	8,6	18,8	83,8
	60,00	23	1,4	3,0	86,8
	75,00	66	4,0	8,7	95,5
	80,00	12	,7	1,6	97,1
	100,00	22	1,3	2,9	100,0
		Total	759	45,6	100,0
Manquant	Système	906	54,4		
Total		1665	100,0		

### Séquence 3 en mathématiques

#### Travail individuel – condition d'apprentissage habituel

		Fréquence	Pourcentage	Pourcentage valide	Pourcentage cumulé
% de temps passé pendant la séquence 3	0	490	29,4	38,8	38,8
	10	44	2,6	3,5	42,2
	11	1	,1	,1	42,3
	15	40	2,4	3,2	45,5
	20	174	10,5	13,8	59,3
	25	179	10,8	14,2	73,4
	30	29	1,7	2,3	75,7
	40	96	5,8	7,6	83,3
	50	133	8,0	10,5	93,8
	80	31	1,9	2,5	96,3
	100	47	2,8	3,7	100,0
		Total	1264	75,9	100,0
Manquant	Système	401	24,1		
Total		1665	100,0		

### Travail en classe entière – condition d'apprentissage habituel

		Fréquence	Pourcentage	Pourcentage valide	Pourcentage cumulé	
% de temps passé pendant la séquence 3	0	168	10,1	13,3	13,3	
	20	108	6,5	8,5	21,8	
	25	151	9,1	11,9	33,8	
	30	45	2,7	3,6	37,3	
	35	23	1,4	1,8	39,2	
	40	140	8,4	11,1	50,2	
	50	364	21,9	28,8	79,0	
	55	17	1,0	1,3	80,4	
	60	33	2,0	2,6	83,0	
	62	19	1,1	1,5	84,5	
	70	86	5,2	6,8	91,3	
	100	110	6,6	8,7	100,0	
	Total		1264	75,9	100,0	
	Manquant	Système	401	24,1		
Total		1665	100,0			

### Travail en groupe – condition d'apprentissage habituel

		Fréquence	Pourcentage	Pourcentage valide	Pourcentage cumulé
% de temps passé pendant la séquence 3	,00	222	13,3	18,3	18,3
	10,00	29	1,7	2,4	20,7
	20,00	32	1,9	2,6	23,4
	25,00	114	6,8	9,4	32,8
	29,00	1	,1	,1	32,9
	30,00	126	7,6	10,4	43,3
	38,00	19	1,1	1,6	44,9
	40,00	182	10,9	15,0	59,9
	50,00	375	22,5	31,0	90,9
	60,00	41	2,5	3,4	94,3
	70,00	1	,1	,1	94,4
	80,00	26	1,6	2,1	96,5
	100,00	42	2,5	3,5	100,0
	Total		1210	72,7	100,0
Manquant	Système	455	27,3		
Total		1665	100,0		