
ÉTUDE EXPLORATOIRE DES CONCEPTIONS, DES PERCEPTIONS ET DES PRATIQUES DÉCLARÉES D'ENSEIGNANTS FRANCOPHONES BELGES ET FRANÇAIS EN GÉOMÉTRIE

Romain BEAUSSET¹

Service d'Éducation et des Sciences de l'Apprentissage - Université de Mons (Aspirant F.R.S.-FNRS)

Mélanie SEHA²

Service d'Éducation et des Sciences de l'Apprentissage – Université de Mons

Natacha DUROISIN³

Service d'Éducation et des Sciences de l'Apprentissage - Université de Mons
Laboratoire PSITEC (ULR 4072) - Université de Lille

Résumé. Cet article présente les résultats d'une enquête exploratoire menée auprès d'enseignants francophones belges et français du primaire et du secondaire inférieur/du collège ($N=207$). Celle-ci permet d'investiguer de manière fine, via diverses questions ouvertes, semi-ouvertes et fermées, les conceptions, les perceptions et les pratiques déclarées des enseignants vis-à-vis du domaine de la géométrie et plus spécifiquement de la géométrie 3D. Les résultats mettent en évidence qu'une partie de ces enseignants ont des conceptions assez fragiles sur la géométrie. Leurs perceptions de l'utilité du domaine ou encore leur aisance à l'enseigner sont majoritairement positives même si elles sont plus faibles que pour le domaine des nombres et opérations. Enfin, concernant les pratiques déclarées, des incohérences sont, par exemple, observées au niveau des choix de supports utilisés pour apprendre la géométrie 3D. Malgré la variété des profils considérés, peu de différences significatives sont finalement observées entre les enseignants rattachés au système éducatif belge ou français, ou entre les enseignants du primaire et du secondaire/collège.

Mots-clés. Géométrie, enquête, conceptions, perceptions, pratiques déclarées.

Introduction

La géométrie est considérée par la communauté scientifique comme un domaine d'apprentissage important, qualifié même d'indispensable par certains auteurs, à l'instar de Sarama et Clements (2009). Pourtant, ce domaine semble souvent être délaissé par les enseignants (Mathé *et al.*, 2020). Ce décalage entre le monde de la recherche et le monde de l'enseignement invite à s'intéresser à la question des conceptions et des perceptions des enseignants par rapport à ce domaine mais également aux pratiques qu'ils déclarent mettre en œuvre, d'autant plus au regard des résultats obtenus par les élèves dans ce domaine, qualifiés de « décevants » par Duval (2005, p.6). Par « conception » est entendue la manière dont les sujets didactiques (dont les enseignants)

¹ romain.beauset@umons.ac.be

² melanie.seha@umons.ac.be

³ natacha.duroisin@umons.ac.be

reconstruisent la géométrie en tant que discipline scolaire, tant dans sa définition que dans ses fonctions, ce qui peut être rapproché de la notion de conscience disciplinaire définie par Reuter *et al.* (2013). Le terme « perception » renvoie, quant à lui, au niveau d'importance, d'utilité ou encore de difficulté que les enseignants attribuent à la géométrie, en comparaison avec les autres domaines des mathématiques. La dénomination de « pratique » fait référence aux actions et aux choix posés par l'enseignant dans les activités d'enseignement-apprentissage.

Pour cela, une étude exploratoire investigate finement les conceptions, les perceptions et les pratiques déclarées d'enseignants du primaire et du secondaire inférieur/collège, exerçant en Belgique francophone et en France, au travers d'une enquête quantitative. Cette enquête est réalisée par une équipe de chercheurs travaillant sur l'enseignement-apprentissage de la géométrie et notamment de la géométrie tridimensionnelle (3D). Elle investigate différentes sous-thématiques pour dégager des pistes de recherche développées ultérieurement par ces chercheurs (analyses du curriculum prescrit, analyses du curriculum implanté par l'intermédiaire de séquences de leçons créées par de futurs enseignants, études expérimentales relatives aux supports d'apprentissage...). Cet article présente une partie des résultats de cette étude exploratoire en se focalisant sur les données permettant d'investiguer plusieurs aspects en lien avec les conceptions, les perceptions et/ou les pratiques investiguées :

- la manière dont la géométrie est définie par les enseignants,
- les fonctions qu'ils associent à ce domaine des mathématiques, leur perception quant au niveau d'utilité de ce dernier et l'éventuel impact de ces éléments sur le délaissement de ce domaine dans les pratiques de classe,
- les éléments qu'ils considèrent comme étant prioritaires à enseigner dans ce domaine et leur conception quant au rôle des constructions en géométrie,
- la manière dont ils perçoivent la difficulté de l'enseignement et de l'apprentissage de la géométrie et spécifiquement de la géométrie 3D,
- la cohérence dans les choix de matériel utilisés en géométrie 3D en lien avec les difficultés d'apprentissage perçues.

En prenant appui sur les résultats de l'enquête, l'objectif de cet article est de mettre en lumière et en relation les conceptions, les perceptions et les pratiques déclarées des enseignants à l'égard de la géométrie en général, mais aussi en particulier de la géométrie 3D. Par ailleurs, compte tenu des différences de prescrits et de formation initiale dans ces deux pays, il s'agit d'identifier, pour chacun des aspects investigués susmentionnés, si des divergences sont observées entre les enseignants belges et français, du primaire et du début de l'enseignement secondaire/du collège.

1. L'enseignement-apprentissage de la géométrie

Que ce soit en Belgique ou en France, la géométrie fait partie intégrante du parcours scolaire en mathématiques dans l'enseignement primaire et secondaire/au collège. Ce domaine permet de modéliser l'espace dans lequel nous vivons au moyen d'un ensemble d'objets et de relations théoriques, en recourant à différents systèmes sémiotiques (Soury-Laverge & Maschietto, 2015) afin, *in fine*, de traiter des problèmes spatiaux (Mathé *et al.*, 2020).

Son enseignement vise des objectifs divers. Jusqu'au milieu du XX^e siècle, les objectifs spécifiques qui lui sont assignés se sont focalisés sur le développement de la pensée logique. En confrontant les élèves à des problèmes pouvant être proposés très tôt dans la scolarité, la géométrie constitue en effet une porte d'entrée dans la mise en œuvre de raisonnements

mathématiques et de la démonstration (Mathé *et al.*, 2020). Parzysz (2006) rappelle d'ailleurs qu'une des finalités de l'enseignement de la géométrie est d'amener le passage d'une géométrie de l'observation à une géométrie de la démonstration. Toutefois, la liste des objectifs s'est depuis élargie dans le but, notamment, de relier davantage le domaine de la géométrie au quotidien des apprenants. Ainsi, l'apprentissage de la géométrie vise à la saisie de l'espace qui nous entoure et permet le développement de l'intention spatiale à propos du monde réel. Dès lors, la géométrie permet à l'élève de disposer d'une appréhension plus complète du monde (Van De Walle, 2001). Mithalal (2014) présente, d'ailleurs, le développement de la visualisation dans l'espace comme l'objectif principal de la géométrie 3D.

Comme le relèvent Mathé *et al.* (2020), la géométrie fournit des moyens de représentations pour d'autres champs de savoirs à l'intérieur des mathématiques mais également en dehors de ceux-ci. Elle permet, en effet, la transmission de connaissances nécessaires pour étudier davantage les mathématiques, notamment le développement des capacités de lecture et d'interprétation des arguments mathématiques mais elle fournit également des outils qui vont rendre l'apprenant capable de réaliser de futurs travaux non-mathématiques (Gonzales & Herbst, 2006). Elle est d'ailleurs qualifiée de « discipline de service » par Audibert (1994, p. 1) dans la mesure où le développement de compétences dans ce domaine peut aisément se mettre au service de nombreux autres domaines parmi lesquels il est possible de citer l'architecture ou encore les sciences.

L'atteinte de ces différents objectifs s'avère particulièrement complexe car l'enseignement-apprentissage de la géométrie présente des difficultés spécifiques, liées aux types d'espace, au langage ou encore aux connaissances mises en jeu. Tout au long de son apprentissage, l'élève est amené à développer des connaissances géométriques mais également des connaissances et des habiletés spatiales (Marchand, 2006 ; Sinclair & Bruce, 2014 ; Duroisin, 2015). Le développement de ces connaissances passe par différents stades, à mesure qu'elles se complexifient, se généralisent et que les objets sur lesquelles elles portent changent de statut. Le modèle de Van Hiele (1959) comporte ainsi cinq niveaux de développement de la pensée géométrique, allant de l'identification-visualisation où les objets sont reconnus globalement à la rigueur, où l'axiomatique peut être remise en question par le raisonnement. Chaque nouvel objet est abordé en passant par ces différents niveaux, ce qui est particulièrement complexe à gérer pour l'enseignant. De plus, le langage et le regard ne fonctionnent pas de la même manière en géométrie et dans la vie quotidienne (Duval, 2005). Un même mot désignant un objet concret au quotidien pouvant faire référence, en géométrie, à un concept mathématique parfois fort éloigné puisque les « objets » de la géométrie sont des abstractions (des concepts) qui n'ont pas d'existence matérielle. Ainsi, face à certaines situations, l'enseignant et l'élève ne raisonnent pas toujours dans la même géométrie : les espaces et les outils peuvent différer (Houdement & Kuzniak, 1999). Par exemple, devant une même problématique, l'enseignant initie et développe son raisonnement sur celle-ci dans un espace géométrique à l'aide de concepts mathématiques tandis que l'élève initie et développe son raisonnement dans un espace plus concret, à l'aide de connaissances spatiales. L'enseignant et l'élève sont sûrement convaincus de partager un langage commun, cependant, ils attribuent, à travers leurs mots, des significations profondément distinctes aux réalités. Cela complexifie encore davantage le passage d'une géométrie concrète (dans l'espace physique) à une géométrie théorique (dans l'espace géométrique) dès la fin du premier degré du secondaire/collège. Pour faciliter ce passage de l'objet au concept, Perrin-Glorian et Godin (2018) préconisent, pour ce faire, le recours à la géométrie instrumentée.

Ce décalage potentiel entre les approches dans lesquelles se situent les enseignants et les élèves apparaît également dans le cadre spécifique de la géométrie 3D. Des difficultés y sont identifiées

en lien avec la complexité des différentes représentations d'objets 3D utilisées lors de l'apprentissage. Cette complexité constitue l'un des plus importants obstacles dans l'enseignement du domaine (Camou, 2012). Lorsqu'ils sont confrontés à des représentations 2D, les élèves doivent pouvoir, d'une part, faire face à une perte d'informations par rapport aux modèles tridimensionnels et, d'autre part, dépasser certaines ambiguïtés entre la 2D et la 3D. Pourtant, les élèves ne sont pas toujours pleinement conscients de cette perte d'informations, considérant alors le dessin comme une bonne représentation de l'objet réel (Parzys, 1988 ; Gutiérrez, 1996). Dans certaines situations, l'enseignant peut, dès lors, raisonner dans un espace géométrique à l'aide de concepts mathématiques, centrés sur ce qu'il sait de l'objet 3D représenté et attendre la même chose de la part de ses élèves, qui eux ne parviennent pas à dépasser ce qu'ils voient sur la représentation.

2. Enseigner la géométrie dans l'enseignement primaire et secondaire inférieur/le collège en Belgique francophone et en France : des contextes de formation et des prescrits différents

La formation initiale à l'enseignement de la géométrie diffère entre la Belgique francophone et la France ou entre les enseignants du primaire et du secondaire inférieur/du collège.

En Belgique francophone, jusqu'à très récemment, les enseignants — qu'ils se destinent à enseigner en primaire ou en secondaire inférieur (le collège, en France) — suivaient une formation à orientation pédagogique, d'une durée de trois ans, en Haute École. Toutefois, une réforme de la formation initiale des enseignants (FWB, 2019), mise en application concrètement depuis septembre 2023, a allongé la formation d'un an, entraînant ainsi la maîtrise de la formation (niveau 7 européen). Les enseignants de préscolaire, du primaire et du secondaire inférieur sont à présent formés en quatre ans, dans un cursus à orientation pédagogique dispensé à la fois par les Hautes Écoles et les Universités (co-diplomation). La formation suivie par les futurs instituteurs primaires est généraliste car, à l'inverse de leurs collègues du secondaire, ils sont amenés à enseigner toutes les disciplines scolaires. Les futurs enseignants du secondaire inférieur se spécialisent, quant à eux, dans une ou plusieurs disciplines particulières (mathématiques, français, ...). Leur formation comporte des cours portant sur les disciplines scolaires et leur didactique spécifique, que ce soit dans la formation dispensée avant 2023 ou celle qu'ils suivent actuellement. La formation des futurs enseignants de mathématiques du secondaire inférieur est donc plus poussée dans cette discipline que celle de leurs homologues du primaire, bien que ceux-ci soient également formés à son enseignement.

En France, la maîtrise de la formation intervient dès 2008 et les parcours pour accéder à la profession d'enseignants sont diversifiés. En effet, les enseignants accèdent au professorat des écoles ou du collège par la réussite d'un concours de recrutement. Ils sont le plus généralement porteurs d'une licence disciplinaire, pluridisciplinaire ou d'un PPPE (parcours préparatoire au professorat des écoles) complété d'un master MEEF (métier de l'enseignement, de l'éducation et de la formation) ou d'un autre master disciplinaire. Il existe plus de quarante PPPE, selon la discipline majeure choisie (mathématiques, lettres, sciences de l'éducation, ...). En 2023, un tiers des admis au concours de recrutement externe du professorat des écoles était issu d'un INSPÉ, un quart du personnel enseignant et près d'un sur cinq d'un métier hors enseignement (Ministère de l'Éducation nationale, de la Jeunesse et des Sports, 2023). Ainsi, même s'ils ont une formation d'un niveau plus élevé (5 ans le plus souvent), les enseignants français du primaire — comme leurs homologues belges — ne disposent pas tous d'une formation aussi poussée en mathématiques que celles de leurs collègues du collège, qui sont généralement porteurs d'une

licence et/ou d'un master dans la discipline enseignée.

Concernant les prescrits, il existe également certaines différences entre les deux systèmes éducatifs. En Belgique francophone, avec la réforme du Pacte pour un enseignement d'Excellence et l'implémentation d'un nouveau tronc commun, les référentiels ont été révisés et de nouveaux référentiels (Référentiels du tronc commun) entrent progressivement en application depuis 2020 (en application de la première maternelle à la cinquième primaire en 2024). Ces derniers remplacent alors les anciens référentiels (Socles de compétences) encore en vigueur en 2024 pour la dernière année de l'enseignement primaire et le début de l'enseignement secondaire.

Les socles de compétences n'étaient pas très précis sur les enjeux de la géométrie. Ils indiquaient que :

Des activités concrètes comme par exemple assembler des tiges articulées, croiser des bandes de papier, construire des figures et les classer, ouvrent à la découverte des propriétés des quadrilatères et des triangles. Plus tard on compare ces propriétés, on les relie à celles des transformations. On en arrive ainsi à enchaîner des énoncés et on apprend progressivement à démontrer (Ministère de la Communauté française, 1999, p. 28).

Ces éléments ne mettaient pas particulièrement l'accent sur la géométrie instrumentée ni sur l'usage raisonné des instruments. La géométrie dynamique n'était évoquée qu'à demi-mot.

Dans les référentiels du tronc commun, la référence à la géométrie instrumentée, si elle est davantage présente, n'est pas extrêmement précise quant à la manière de la mettre en œuvre. Ils indiquent que :

le champ « des objets de l'espace à la géométrie » s'intéresse aux solides et figures qui sont appréhendés dès les premières années du tronc commun. Il s'agit d'amener les élèves à passer progressivement d'une compréhension des objets de l'espace, bien ancrés dans la réalité, vers une géométrie abstraite. [...] Au cours des premières années de l'école primaire, l'élève apprend à construire des solides à l'aide de matériel varié. Progressivement, il est amené à établir des relations entre les objets en 3 dimensions (3D) et leurs représentations en 2 dimensions (2D). L'élève apprend à utiliser les instruments de géométrie pour tracer des figures et mesurer des longueurs de côtés et des amplitudes d'angles. Ces instruments contribuent aussi à la découverte de propriétés géométriques. Par la suite, les théorèmes de Pythagore et de Thalès sont de nouveaux outils permettant d'une part, de calculer des distances, parfois inaccessibles, et d'autre part, de justifier une perpendicularité ou un parallélisme (Fédération Wallonie-Bruxelles, 2022, p. 20).

Il n'est pas certain que les enseignants puissent lier suffisamment ces éléments entre eux, pour assurer une transition efficace entre l'enseignement primaire et le début de l'enseignement secondaire.

En revanche, en France, la première année du collège fait partie du même cycle que la fin de l'enseignement primaire. Elle constitue avec le CM1 et le CM2 le cycle de consolidation et ces années sont couvertes par un même segment des référentiels. Ces derniers mentionnent la géométrie instrumentée de manière plus explicite qu'en Belgique francophone. Ils indiquent que, dès les premières années de l'enseignement primaire,

les problèmes de reproduction de figures (éventuellement à partir d'éléments déjà fournis de la figure à reproduire qu'il s'agit alors de compléter) donnent l'occasion de dégager et travailler les propriétés et relations géométriques du programme (Ministère de l'Éducation nationale, 2015, p. 85).

Ils précisent que, par la suite,

les activités permettent aux élèves de passer progressivement d'une géométrie où les objets (le carré, la droite, le cube, etc.) et leurs propriétés sont contrôlés par la perception à une géométrie où ils le sont par le recours à des instruments, par l'explicitation de propriétés pour aller ensuite vers une géométrie dont la validation ne s'appuie que sur le raisonnement et l'argumentation. Différentes caractérisations d'un même objet ou d'une même notion s'enrichissant mutuellement permettent aux élèves de passer du regard ordinaire porté sur un dessin au regard géométrique porté sur une figure (Ministère de l'Éducation Nationale, 2015, p. 208).

Dans la suite, des indications précisent de manière claire les instruments variés pouvant être utilisés, comme des gabarits, des pochoirs ou des règles non graduées. De tels outils n'apparaissent pas dans les référentiels de Belgique francophone, pas plus que les activités de reproduction ou de restauration de figures.

3. Méthodologie : enquête auprès des enseignants belges francophones et français

Cet article s'intéresse, dans une perspective exploratoire, aux conceptions (ex. définitions et fonctions associées), aux perceptions (ex. sentiment d'utilité) et aux pratiques déclarées (ex. choix de matériel) des enseignants belges francophones et français du primaire et du secondaire inférieur/collège (en mathématiques) à l'égard de la géométrie en général et de la géométrie 3D spécifiquement. Il investigate plusieurs questions de recherche :

- Comment les enseignants définissent-ils la géométrie ?
- Quelles fonctions associent-ils à ce domaine d'enseignement et comment son niveau d'utilité est-il perçu ? Ces éléments impactent-ils la place accordée à ce domaine d'enseignement-apprentissage et les choix de pratiques qui en découlent ?
- Quels sont les éléments considérés comme étant prioritaires par les enseignants dans l'enseignement-apprentissage de la géométrie et quelles sont leurs conceptions du rôle des activités de construction en géométrie ?
- Comment les enseignants perçoivent-ils la difficulté de l'enseignement et de l'apprentissage de la géométrie en général, et plus spécifiquement en géométrie 3D ?
- Quel(s) matériel(s) les enseignants utilisent-ils lors de l'apprentissage de la géométrie 3D ? Ces choix de matériels sont-ils cohérents avec les perceptions relatives aux difficultés rencontrées par les élèves ?

Nous émettons l'hypothèse que les enseignants ont des conceptions différentes de la géométrie, et que celles-ci sont une indication sur ce qu'est pour eux la géométrie (sur la manière dont ils l'ont reconstruite en tant que discipline scolaire et le sens qu'ils lui donnent). Certains enseignants pourraient avoir des conceptions fragiles concernant ce domaine des mathématiques et rencontrer des difficultés à définir la géométrie ou lui assigner l'une ou l'autre fonction. Compte tenu des spécificités relatives à la formation et aux prescrits, il pourrait y avoir des différences entre les enseignants des deux pays ou entre les niveaux d'enseignement. De la même manière, tous ne percevront probablement pas de la même façon le niveau d'utilité sociale ou scolaire de la géométrie et ces perceptions pourraient amener les enseignants à délaisser ce domaine dans leur pratique enseignante. Nous formulons aussi l'hypothèse que les éléments prioritaires à enseigner ne seront pas identiques et que, comme pour les conceptions sur la géométrie, une partie des enseignants pourraient ne pas connaître suffisamment le rôle des constructions en géométrie, ce qui entraverait la mise en œuvre d'une réelle géométrie

instrumentée. Une part des enseignants pourrait également sous-estimer le niveau de difficulté d'enseignement et d'apprentissage de la géométrie et de la géométrie 3D, ce qui pourrait impacter le choix de matériel et les pratiques.

Pour apporter des éléments de réponses à ces questions de recherche et hypothèses, une enquête quantitative a été menée auprès du public visé. La technique d'enquête utilisée permet à la fois de questionner les enseignants sur la manière dont ils conçoivent la géométrie et son enseignement (notamment au travers de questions ouvertes), de récolte des perceptions quant à des affirmations fournies (par exemple au moyen d'échelles de Likert), mais également de leur demander de se positionner par rapport à certaines actions et certains choix se rapportant à leur pratique quotidienne (notamment au travers de questions semi-ouvertes).

3.1. Matériel

L'enquête élaborée permet d'investiguer les conceptions, les perceptions et les pratiques déclarées des enseignants francophones belges et français du primaire et du secondaire inférieur/collège (en mathématiques) par rapport au domaine de la géométrie. Le questionnaire contient au total 165 (sous-)questions, ce qui représente une durée de participation moyenne de 42 minutes. Si les questions sont majoritairement (93/142) des questions fermées (échelle de Likert à 4 niveaux et questions à choix multiple ou unique), l'enquête propose également des questions (semi-)ouvertes (49/142).

En plus d'une partie d'identification permettant de récolter les informations relatives au sujet et d'identifier des différences entre les profils des répondants (ex. pays, niveau scolaire, années d'ancienneté, niveau de diplôme), l'enquête est constituée de quatre parties principales. La première partie vise à recueillir certaines perceptions (perception de l'utilité, perception sur la difficulté d'enseignement et d'apprentissage) relatives aux différents domaines des mathématiques. Elle permet ainsi une comparaison entre la géométrie et les autres domaines mathématiques (nombres et opérations, grandeurs et mesures, traitement de données), à l'instar de ce qu'ont proposé Martin et Thibault (2017) qui se sont focalisés sur la situation de l'enseignement des probabilités par rapport aux autres domaines des mathématiques. Le reste de l'enquête se focalise ensuite uniquement sur le domaine de la géométrie. La deuxième partie investigate les conceptions à l'égard de la géométrie. Elle investigate notamment les définitions et fonctions qui lui sont assignées par les enseignants, les éléments jugés prioritaires dans l'enseignement de ce domaine et enfin les conceptions relatives au raisonnement logique, aux dessins et aux constructions. La troisième partie se focalise sur les conceptions et les perceptions relatives à la géométrie 3D, en utilisant des questions similaires à celles proposées à l'égard de la géométrie en général afin de les mettre en lien. Enfin, la dernière partie est centrée sur les pratiques déclarées des enseignants en géométrie et les questionne notamment sur le matériel utilisé pour l'apprentissage de la géométrie et spécifiquement de la géométrie 3D. Le tableau 1 détaille le contenu de l'enquête et propose quelques exemples de questions.

L'enquête a été proposée en ligne via le logiciel Limesurvey à partir de janvier 2021. Elle a été diffusée auprès des enseignants de différents pays au travers des réseaux et a été présentée comme une enquête portant sur l'enseignement-apprentissage des mathématiques sans spécifier qu'elle investiguerait davantage la géométrie. C'est d'ailleurs pour cela qu'elle commence par des perceptions relatives à l'ensemble des domaines avant de se focaliser sur les conceptions, perceptions et pratiques spécifiques à la géométrie. Lors de la passation, les participants ne pouvaient pas passer de questions et ne pouvaient pas revenir en arrière afin d'éviter que des questions ultérieures ne les amènent à modifier leurs réponses précédentes. Toutes les données

récoltées sont anonymes et utilisées dans le respect du RGPD.

Partie	Exemples de questions																									
Identification																										
1. Perceptions relatives aux différents domaines des mathématiques dont la géométrie.	<p>Situez le niveau d'utilité sociale (pour la vie quotidienne actuelle/future) de chacun des domaines des mathématiques ci-dessous :</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>1-Très peu utile</th> <th>2-Peu utile</th> <th>3-Utile</th> <th>4-Très utile</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>A. Les activités liées aux nombres et opérations : de l'arithmétique à l'algèbre.</td> <td style="text-align: center;">o</td> <td style="text-align: center;">o</td> <td style="text-align: center;">o</td> <td style="text-align: center;">o</td> </tr> <tr> <td>B. Les activités liées à la géométrie.</td> <td style="text-align: center;">o</td> <td style="text-align: center;">o</td> <td style="text-align: center;">o</td> <td style="text-align: center;">o</td> </tr> <tr> <td>C. Les activités liées aux grandeurs et à la mesure.</td> <td style="text-align: center;">o</td> <td style="text-align: center;">o</td> <td style="text-align: center;">o</td> <td style="text-align: center;">o</td> </tr> <tr> <td>D. Le traitement de données : les statistiques et probabilités.</td> <td style="text-align: center;">o</td> <td style="text-align: center;">o</td> <td style="text-align: center;">o</td> <td style="text-align: center;">o</td> </tr> </tbody> </table>		1-Très peu utile	2-Peu utile	3-Utile	4-Très utile	A. Les activités liées aux nombres et opérations : de l'arithmétique à l'algèbre.	o	o	o	o	B. Les activités liées à la géométrie.	o	o	o	o	C. Les activités liées aux grandeurs et à la mesure.	o	o	o	o	D. Le traitement de données : les statistiques et probabilités.	o	o	o	o
	1-Très peu utile	2-Peu utile	3-Utile	4-Très utile																						
A. Les activités liées aux nombres et opérations : de l'arithmétique à l'algèbre.	o	o	o	o																						
B. Les activités liées à la géométrie.	o	o	o	o																						
C. Les activités liées aux grandeurs et à la mesure.	o	o	o	o																						
D. Le traitement de données : les statistiques et probabilités.	o	o	o	o																						
2. Les conceptions sur la géométrie.	<p>Comment définiriez-vous la géométrie ? Si vous ne savez pas répondre, précisez « Je ne sais pas » dans l'espace de commentaire.</p> <p>... (question ouverte)</p> <p>Selon vous, à quoi sert la géométrie ? Si vous ne savez pas répondre, précisez « Je ne sais pas » dans l'espace de commentaire.</p> <p>... (question ouverte)</p> <p>Au sein de la géométrie, quel(s) élément(s) est/sont prioritaire(s) à enseigner selon vous ? Veuillez sélectionner au maximum trois éléments.</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> La construction/l'utilisation de repères <input type="checkbox"/> Le travail sur les objets à deux dimensions (reconnaissance, caractéristiques/propriétés, classification, construction, calcul d'aires et de périmètres ...) <input type="checkbox"/> Le travail sur les objets à trois dimensions (reconnaissance, caractéristiques/propriétés, classification, construction, calcul de volumes ...) <input type="checkbox"/> L'utilisation des instruments <input type="checkbox"/> Les actions de transformation sur les objets géométriques (transformations du plan, agrandissements/réductions) <input type="checkbox"/> Le développement du raisonnement logique/la production de preuves ou de démonstrations <input type="checkbox"/> Autre : ... <p>Selon vous, à quoi servent les dessins et les constructions en géométrie ? Si vous ne savez pas répondre, précisez « Je ne sais pas » dans l'espace de commentaire.</p> <p>... (question ouverte)</p>																									
3. Les conceptions et perceptions sur la géométrie 3D.	<p>Selon vous, à quoi sert la géométrie 3D ? Si vous ne savez pas répondre, précisez « Je ne sais pas » dans l'espace de commentaire.</p> <p>... (question ouverte)</p> <p>Situez le niveau d'utilité sociale (pour la vie quotidienne actuelle/future) de la géométrie 3D.</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>1-Très peu utile</th> <th>2-Peu utile</th> <th>3-Utile</th> <th>4-Très utile</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">o</td> <td style="text-align: center;">o</td> <td style="text-align: center;">o</td> <td style="text-align: center;">o</td> </tr> </tbody> </table>	1-Très peu utile	2-Peu utile	3-Utile	4-Très utile	o	o	o	o																	
1-Très peu utile	2-Peu utile	3-Utile	4-Très utile																							
o	o	o	o																							
4. Les pratiques déclarées pour l'enseignement de la géométrie.	<p>En classe, quand vous travaillez le thème des solides (ex. : découverte, construction, reconnaissance, caractéristiques, classification, développement, ...), vous travaillez en général ... (plusieurs réponses possibles).</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Avec des représentations 2D des solides (ex. : dessins en perspective cavalière donnés sur support papier ou numérique) <input type="checkbox"/> Avec de solides 3D (ex. : solides en bois, en plexiglas, boîtes et objets du quotidien) que les élèves peuvent manipuler individuellement <input type="checkbox"/> Avec de solides 3D (ex. : solides en bois, en plexiglas, boîtes et objets du quotidien) que les élèves peuvent observer uniquement (manipulation/présentation des solides par l'enseignant) <input type="checkbox"/> Avec des solides virtuels (sur Tableau Blanc Interactif ou sur tablette, par exemple) que les élèves peuvent manipuler individuellement <input type="checkbox"/> Avec des solides virtuels (sur Tableau Blanc Interactif ou sur tablette, par exemple) que les élèves peuvent observer uniquement (manipulation/présentation des solides par l'enseignant) <input type="checkbox"/> Avec du matériel divers permettant aux élèves de construire les solides (ex. : plastiline, piques, pailles, ...) que les élèves peuvent manipuler individuellement 																									

	<input type="checkbox"/> Avec du matériel divers permettant aux élèves de construire les solides (ex. : plasticine, piques, pailles, ...) que les élèves peuvent observer uniquement (manipulation/présentation des solides par l'enseignant) <input type="checkbox"/> Vous ne travaillez pas le thème des solides avec vos élèves <input type="checkbox"/> Autre : ...								
	Accordez-vous du temps en classe pour le développement chez les élèves de la capacité à lire/comprendre des représentations en deux dimensions d'objets 3D (ex. : dessins en perspective cavalière de solides) ?								
	<table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <tr> <th>1-Jamais</th> <th>2-Peu souvent</th> <th>3-Souvent</th> <th>4-Très souvent</th> </tr> <tr> <td>o</td> <td>o</td> <td>o</td> <td>o</td> </tr> </table>	1-Jamais	2-Peu souvent	3-Souvent	4-Très souvent	o	o	o	o
1-Jamais	2-Peu souvent	3-Souvent	4-Très souvent						
o	o	o	o						

Tableau 1 : Exemples de questions de l'enquête.

3.2. Échantillon

Si au total plus de 600 enseignants belges et français du primaire ou du secondaire inférieur/du collège ont entamé l'enquête, seuls ceux ayant répondu à plus d'un quart de celle-ci (hors question d'identification) sont conservés⁴. Cela représente un échantillon de 207 enseignants⁵, dont 53 % sont des enseignants du primaire et 47 % des enseignants du secondaire, et dont 59 % sont des enseignants belges francophones et 41 % des enseignants français (*cf.* tableau 2). Cet échantillon est un échantillon de convenance.

Niveau	Pays	Belgique francophone	France	Total
Primaire		68	41	109
Secondaire inférieur/collège		54	44	98
Total		122	85	207

Tableau 2 : Nombre de répondants par pays et par niveau scolaire.

3.3. Analyses menées

Dans cet article, des statistiques descriptives sont présentées, que ce soit les fréquences des choix de réponses à certaines questions fermées ou en présentant les fréquences d'occurrences de certaines réponses fournies dans les questions ouvertes. Le but des analyses menées, notamment sur les questions ouvertes, n'est pas d'évaluer la justesse des réponses fournies (ex. définitions données à la géométrie) mais de déterminer quels aspects ressortent de ces réponses. Certaines questions sont par ailleurs mises en relation les unes par rapport aux autres pour investiguer en profondeur les conceptions, les perceptions et les pratiques déclarées mais également pour mettre en lumière les liens existants entre elles.

Sur ces données nominales ou ordinales, des statistiques inférentielles sont également réalisées pour identifier si des différences sont observées d'une part entre les enseignants du primaire et du secondaire/collège et, d'autre part, entre les enseignants des deux pays. Afin d'identifier si de telles différences existent, le *test du Chi-carré de Pearson* (χ^2), ou son alternative, le *test exact de Fisher*⁶, est utilisé sur les données nominales car il permet d'identifier s'il existe des différences significatives entre les distributions de réponse des deux groupes indépendants.

⁴ Toutes les questions étant obligatoires et le retour à la question précédente n'étant pas autorisé, les questions le plus délaissées sont celles relatives à la fin du questionnaire et notamment aux pratiques.

⁵ 115 enseignants ont répondu à l'intégralité de l'enquête (34 enseignants belges du primaire, 32 belges du secondaire, 21 français du primaire et 27 français du secondaire).

Concernant la comparaison des répartitions obtenues pour les données ordinales, c'est-à-dire se rapportant aux échelles de Likert, le *test non paramétrique de Mann-Whitney (U)*, plus adapté à ce type de données⁷, a été utilisé. Pour ces différents tests inférentiels, les différences entre les groupes comparés sont considérées comme statistiquement significatives lorsque la *p-value* calculée est inférieure à 0,05.

4. Résultats

4.1. Conceptions des enseignants sur ce qu'est la géométrie

Comme illustré dans le tableau 1, l'enquête interroge les enseignants, au travers d'une question ouverte, sur la manière dont ils définissent la géométrie, en leur laissant également la possibilité de répondre « Je ne sais pas ». En s'intéressant uniquement à la réponse « Je ne sais pas », on observe (cf. tableau 3) que 15,0 % des enseignants admettent ne pas pouvoir produire une définition de cette discipline qu'ils enseignent pourtant. Les tests inférentiels (χ^2) réalisés indiquent qu'il n'y a pas de différence significative au niveau de la fréquence de la réponse « Je ne sais pas », que ce soit entre les enseignants du primaire et du secondaire/collège ($p\text{-value}=0,900$), ou entre les enseignants belges et français ($p\text{-value}=0,773$).

Pourcentage d'enseignants sélectionnant l'option « Je ne sais pas » à la question ouverte : « Comment définiriez-vous la géométrie ? Si vous ne savez pas répondre, précisez « Je ne sais pas » dans l'espace de commentaire ».				
Au total (N = 207)	Nationalité		Niveau scolaire	
	belge (N = 122)	française (N = 85)	primaire (N = 109)	secondaire (N = 98)
15,0 %	15,6 %	14,1 %	14,7 %	15,3 %
	$\chi^2=0,083$ $p\text{-value}=0,773$		$\chi^2=0,016$ $p\text{-value}=0,900$	

Tableau 3 : Pourcentage d'enseignants déclarant ne pas savoir définir ce qu'est la géométrie par pays et par niveau scolaire.

Les enseignants qui donnent une définition de la géométrie font le plus souvent référence à ce domaine comme l'étude des objets géométriques (43,5 %) ou l'étude de l'espace (31,9 %). Les définitions mentionnant les objets ciblent soit les solides et figures, soit les solides et figures de l'espace (14,0 %) ou encore les figures uniquement (15,9 %). D'autres aspects sont cités de manière moins importante dans les définitions : il s'agit des références aux activités de construction pour 20,8 % d'entre elles, au développement du raisonnement pour 7,7 %, à la mesure (notamment la mesure de la Terre) pour 6,8 %, à la rigueur ou la précision pour 4,8 % (un tiers de ce pourcentage concerne la précision du vocabulaire)⁸.

⁶ L'alternative est utilisée quand le domaine de validité du test du Chi-carré n'est pas respecté, à savoir quand plus de 20 % des cellules ont un effectif théorique inférieur à 5.

⁷ Ce choix est renforcé par la répartition des données qui, d'après les résultats du *test de Shapiro-Wilk*, ne suit pas une loi normale.

⁸ L'analyse précise des verbatim n'est pas ici présentée et devrait faire l'objet d'une publication ultérieure.

4.2. Conceptions des enseignants sur les fonctions de la géométrie, perceptions de l'utilité assignée à ce domaine et incidences sur son délaissement dans les pratiques

Au même titre qu'ils ont été questionnés sur la définition qu'ils donnent de la géométrie, les répondants ont également été invités à s'exprimer sur sa ou ses fonctions avec la question suivante : « Selon vous, à quoi sert la géométrie ? ». Comme précédemment, les enseignants avaient la possibilité de répondre « Je ne sais pas ».

Les résultats (cf. tableau 4) montrent que 6,8 % des enseignants interrogés affirment ne pas savoir assigner une ou plusieurs utilités au domaine. Là encore, il n'y a pas de différence significative entre les enseignants du primaire et du secondaire/collège (p -value=0,837), ni entre enseignants belges et français (p -value=0,325).

Pourcentage d'enseignants sélectionnant l'option « Je ne sais pas » à la question ouverte : « Selon vous, à quoi sert la géométrie ? Si vous ne savez pas répondre, précisez « Je ne sais pas » dans l'espace de commentaire ».				
Au total (N=207)	Nationalité		Niveau scolaire	
	belge (N=122)	française (N=85)	primaire (N=109)	secondaire (N=98)
6,8 %	8,2 %	4,7 %	6,4 %	7,1 %
	$\chi^2=0,968$ p -value=0,325		$\chi^2=0,043$ p -value=0,837	

Tableau 4 : Pourcentage d'enseignants déclarant ne pas savoir définir l'utilité de la géométrie par pays et par niveau scolaire.

Les enseignants pouvant citer une ou plusieurs utilités de la géométrie mentionnent, pour la plupart d'entre eux, l'espace (53,6 %) — qu'il s'agisse de la situation/structuration spatiale (21,7 %), de la représentation de l'espace (7,7 %) ou encore de la visualisation ou l'appréhension de l'espace (28,0 %) — ou la nécessité d'utiliser l'espace dans certains contextes (36,7 %). Ces contextes concernent la vie quotidienne pour 16,9 % des répondants, la vie professionnelle (13,0 %) ou la scolarité (4,3 %). Le raisonnement (17,9 %), la précision (10,6 %) et les constructions (10,1 %) sont les utilités les plus souvent citées ensuite.

En outre, les enseignants ont également été questionnés, au travers de questions fermées, sur leur perception à l'égard de l'importance du domaine de la géométrie (d'un point de vue social, c'est-à-dire pour la vie quotidienne de l'élève et d'un point de vue scolaire, c'est-à-dire pour la suite du parcours d'apprentissage). À titre de comparaison, la perception de l'utilité sociale et scolaire a également été demandée pour les trois domaines suivants : les nombres et opérations (de l'arithmétique à l'algèbre), les grandeurs et la mesure, et enfin le traitement de données (statistiques et probabilités). Comme illustré dans le tableau 1, les enseignants devaient sélectionner une réponse sur une échelle à 4 niveaux allant de « très peu utile » à « très utile ». Les résultats de ces questions (cf. tableau 4) permettent de souligner que, pour la géométrie, la majorité des enseignants ont une perception positive de l'utilité sociale (73,5 %) et de l'utilité scolaire (89,8 %) du domaine. Toutefois, si la part de perceptions positives fait de la géométrie le deuxième domaine considéré comme le plus important scolairement, derrière le domaine des nombres et opérations, elle est considérée comme ayant une utilité sociale moindre que celle attribuée au domaine des nombres et opérations et à celui des grandeurs.

	Situez le niveau d' <u>utilité sociale</u> (pour la vie quotidienne actuelle/future) de chacun des domaines des mathématiques suivants (N=207).				Situez le niveau d' <u>utilité scolaire</u> (pour la suite du parcours d'apprentissage) de chacun des domaines des mathématiques suivants (N=207).			
	1-Très peu utile	2-Peu utile	3-Utile	4-Très utile	1-Très peu utile	2-Peu utile	3-Utile	4-Très utile
A. Les activités liées aux nombres et opérations : De l'arithmétique à l'algèbre.	0,0 %	3,9 %	30,0 %	66,2 %	0,0 %	1,9 %	17,9 %	80,2 %
B. Les activités liées à la géométrie.	0,5 %	26,1 %	52,2 %	21,3 %	0,0 %	10,1 %	51,2 %	38,6 %
C. Les activités liées aux grandeurs et à la mesure.	0,0 %	1,4 %	31,4 %	67,1 %	0,1 %	12,5 %	36,7 %	50,7 %
D. Le traitement de données : Les statistiques et probabilités.	3,9 %	24,6 %	38,2 %	33,3 %	1,9 %	14,5 %	40,6 %	43,0 %

Tableau 5 : Conceptions sur l'utilité sociale et l'utilité scolaire assignées aux domaines des mathématiques.

Les tests de Mann-Whitney appliqués montrent qu'il n'y a pas de différence significative entre les distributions obtenues auprès des enseignants belges et français, que ce soit pour l'utilité sociale ($U=5937,5$; $p\text{-value}=0,051$) ou pour l'utilité scolaire ($U=4984,5$; $p\text{-value}=0,599$). Par contre, des différences significatives sont observées entre les réponses des enseignants du primaire et du secondaire/collège que ce soit pour l'utilité sociale ($U=4329,5$; $p\text{-value}=\mathbf{0,010^*}$) ou pour l'utilité scolaire ($U=2852,0$; $p\text{-value}<\mathbf{0,001^*}$), avec, dans les deux cas, des résultats significativement plus importants chez les enseignants du primaire.

Au vu des spécificités relatives à la géométrie 3D, des questions similaires ont été posées concernant ce domaine. Les résultats relatifs à la question ouverte montrent que les enseignants ($N=180$) sont environ deux fois plus nombreux à admettre ne pas savoir à quoi sert la géométrie 3D (12,8 %) en comparaison à la géométrie en général. Par contre, comme pour la géométrie, ce taux semble être statistiquement équivalent entre les enseignants du primaire et du secondaire/collège ($\chi^2=0,708$; $p\text{-value}=0,400$) et entre les enseignants des deux pays ($\chi^2=0,143$; $p\text{-value}=0,705$).

Par ailleurs, lorsqu'on compare la perception de l'utilité sociale (cf. tableau 6) et de l'utilité scolaire assignée à la géométrie 3D en comparaison à celle observée pour la géométrie en général, on observe des perceptions similaires pour l'utilité sociale mais moins positives en ce qui concerne l'utilité scolaire.

La majorité des enseignants perçoivent positivement l'utilité sociale de la géométrie 3D. Cependant, des différences significatives apparaissent entre les réponses observées chez les enseignants belges et français ($U=4519,0$; $p\text{-value}=\mathbf{0,042^*}$), et entre les enseignants du primaire et du secondaire/du collège ($U=3017,0$; $p\text{-value}=\mathbf{0,003^*}$), les enseignants du primaire et les enseignants français étant plus nombreux à avoir un avis positif. En ce qui concerne l'utilité scolaire de la géométrie 3D, les enseignants ayant une perception positive sont aussi majoritaires mais ils sont moins nombreux. Comme pour l'utilité sociale, il y a une différence significative entre l'avis des enseignants du primaire et du secondaire/collège ($U=2621,5$; $p\text{-value}=\mathbf{0,000^*}$) avec davantage de perceptions positives récoltées chez les

enseignants du primaire. *A contrario*, les différences observées entre les enseignants de Belgique et de France ne sont pas significatives ($U = 7366,0$; $p\text{-value} = 0,134$).

Situez le niveau d'utilité sociale (pour la vie quotidienne actuelle/future) de la géométrie 3D (N=178).				Situez le niveau d'utilité scolaire (pour la suite du parcours d'apprentissage) de la géométrie 3D (N=178).			
1-Très peu utile	2-Peu utile	3-Utile	4-Très utile	1-Très peu utile	2-Peu utile	3-Utile	4-Très utile
3,9 %	20,8 %	53,4 %	21,9 %	6,7 %	32,0 %	46,1 %	15,2 %

Tableau 6 : Conceptions sur l'utilité sociale et scolaire assignées à la géométrie 3D.

Le risque, avec de telles conceptions sur l'utilité du domaine de la géométrie — et spécifiquement de la géométrie 3D, est que certains apprentissages de ce domaine soient relégués en fin d'année, voire délaissés par les enseignants en cas de manque de temps. À ce sujet, sur les 207 enseignants interrogés, 70 répondants (33,8 %) affirment qu'en cas de manque de temps pour terminer le programme, ils délaissent un ou plusieurs chapitres de géométrie et environ un tiers d'entre eux (30,4 %) précisent que les savoirs mis de côté concernent la géométrie 3D.

Le taux de délaissement de la géométrie est plus élevé que celui observé pour le domaine des nombres et opérations (5,3 %) ou de celui des grandeurs et de la mesure (26,6 %) mais il l'est nettement moins que celui du traitement de données (71,0 %). Le pourcentage d'enseignants délaissant potentiellement la géométrie (*cf.* tableau 7) est légèrement plus élevé chez les répondants belges et chez les enseignants du secondaire/collège et ce même si ces différences sont non-significatives, que ce soit entre les pays ($p\text{-value} = 0,413$) ou entre les niveaux ($p\text{-value} = 0,085$).

Pourcentage d'enseignants sélectionnant l'option « Les activités liées à la géométrie » à la question fermée : « Si vous n'arrivez/n'arriviez pas à aborder l'ensemble des attendus des prescrits légaux en mathématiques (référentiels et programmes), dans quel(s) domaine(s) laissez-vous/laisseriez-vous des attendus en suspens ? »				
Au total (N=207)	Nationalité		Niveau scolaire	
	belge (N=122)	française (N=85)	primaire (N=109)	secondaire (N=98)
33,8 %	35,2 %	30,6 %	39,8 %	28,4 %
	$\chi^2 = 0,672$ $p\text{-value} = 0,413$		$\chi^2 = 2,973$ $p\text{-value} = 0,085$	

Tableau 7 : Pourcentage d'enseignants déclarant délaisser la géométrie en cas de manque de temps par pays et par niveau scolaire.

Comme l'illustre la figure 1, les enseignants pouvant délaisser un ou des chapitres de géométrie justifient principalement cet abandon par une faible utilité sociale (47,1 %) et scolaire (41,4 %), mais aussi par le fait que ces chapitres seront abordés dans la suite du cursus scolaire (40,0 %). La place occupée par ce domaine dans les référentiels/programmes et dans les épreuves externes constitue par ailleurs une justification du délaissement du domaine pour plus d'un répondant sur cinq (respectivement 22,9 % et 24,3 %). Au niveau des taux d'apparition des raisons apportées, les seules différences significatives observées entre les enseignants belges et français concernent le critère relatif à la basse utilité sociale ($\chi^2 = 6,787$; $p\text{-value} = 0,009^*$) qui est une raison plus évoquée par les répondants belges, et celui relatif au fait que la matière soit (re)vue dans la suite du cursus scolaire de l'enfant ($\chi^2 = 5,395$; $p\text{-value} = 0,020^*$) qui est lui plus souvent sélectionné par les répondants français. Pour ce qui est des différences entre les raisons évoquées par les enseignants du primaire et du secondaire/collège, les taux de réponses sont

significativement différents pour trois des dix critères. D'abord, le fait qu'il s'agit d'une matière qui n'est pas agréable à enseigner (*Test exact de Fisher* = 9,274 ; *p-value* = 0,002*) est une raison sélectionnée uniquement par des enseignants du secondaire/collège. Le fait que cette matière soit (re)vue dans la suite du parcours scolaire est une raison davantage sélectionnée par les enseignants du primaire ($\chi^2 = 7,565$; *p-value* = 0,006*). Enfin, la basse utilité scolaire ($\chi^2 = 5,596$; *p-value* = 0,018*) est une raison plus souvent évoquée par les enseignants du secondaire/collège.

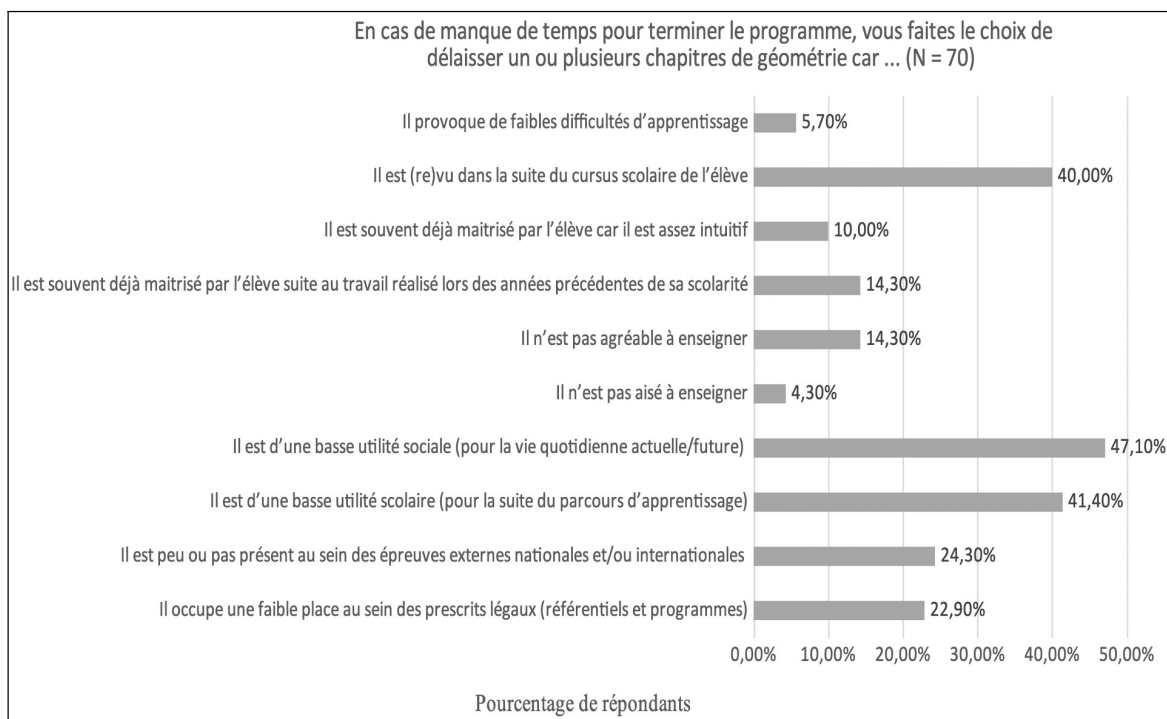


Figure 1 : Raisons qui encouragent à délaissier un ou plusieurs chapitres de géométrie.

Le croisement entre les réponses aux questions portant sur les perceptions de l'utilité du domaine et le délaissier de ce domaine dans la pratique confirme également ce lien puisqu'on observe que plus les perceptions sont positives à l'égard de l'utilité (qu'elle soit sociale ou scolaire), plus la part que représentent les enseignants mettant la géométrie de côté diminue, même si cela n'empêche pas certains enseignants, qui ont une perception positive de l'utilité du domaine, de mettre la géométrie de côté également.

4.3. Les éléments prioritaires à enseigner et les conceptions du rôle des constructions en géométrie

Les répondants ont également été interrogés sur les éléments qu'ils considèrent comme prioritaires à enseigner en géométrie. Ces derniers devaient sélectionner au maximum trois items parmi une liste de six éléments (*cf.* tableau 4) et pouvaient également citer un « autre élément prioritaire ». Au total, il ressort que, parmi les six éléments proposés, ceux les plus souvent considérés comme prioritaires sont « le travail sur les objets à deux dimensions (reconnaissance, caractéristiques/propriétés, classification, construction, calcul d'aires et de périmètres, ...) » et « l'utilisation des instruments ».

Des différences significatives sont constatées entre les répondants exerçant en primaire et en

secondaire/au collège au niveau du taux obtenu pour les éléments précités. L'utilisation des instruments ($p\text{-value}<0,001^*$) est l'élément jugé le plus souvent comme prioritaire par les enseignants du primaire alors qu'il n'apparaît qu'en quatrième position pour les enseignants du secondaire. Inversement, dans l'enseignement secondaire/au collège, le développement du raisonnement logique ($p\text{-value}<0,001^*$) est l'élément le plus souvent considéré comme prioritaire alors qu'il n'est qu'en cinquième position pour les instituteurs primaires. Il y a également des différences significatives entre les enseignants belges et français au niveau de l'élément « l'utilisation des instruments » ($p\text{-value}=0,006^*$) considéré plus souvent prioritaire par les enseignants belges. Inversement, des différences significatives existent aussi pour les éléments suivants, avec des taux plus importants chez les enseignants français : « les actions de transformation sur les objets géométriques » ($p\text{-value}=0,001^*$) et le « développement du raisonnement logique » ($p\text{-value}=0,043^*$). Pour tous les autres éléments, les différences observées sont non significatives, que ce soit entre les enseignants du primaire et du secondaire/collège, ou entre les enseignants belges et français.

Au sein de la géométrie, quel(s) élément(s) est/sont prioritaire(s) à enseigner selon vous ? Veuillez sélectionner au maximum trois éléments.					
Éléments pouvant être sélectionnés	TOTAL (N = 159)	Nationalité		Niveau scolaire	
		belge (N = 89)	française (N = 70)	primaire (N = 81)	secondaire (N = 78)
La construction/l'utilisation de repères.	50,3 %	56,2 %	42,9 %	46,9 %	53,8 %
		$\chi^2=2,782$ $p\text{-value}=0,095$		$\chi^2=0,764$ $p\text{-value}=0,382$	
Le travail sur les objets à deux dimensions (reconnaissance, caractéristiques/propriétés, classification, construction, calcul d'aires et de périmètres, ...).	59,7 %	58,4 %	61,4 %	53,1 %	66,7 %
		$\chi^2=0,147$ $p\text{-value}=0,702$		$\chi^2=3,047$ $p\text{-value}=0,081$	
Le travail sur les objets à trois dimensions (reconnaissance, caractéristiques/propriétés, classification, construction, calcul de volumes, ...).	39,4 %	40,4 %	38,6 %	45,7 %	33,3 %
		$\chi^2=0,058$ $p\text{-value}=0,810$		$\chi^2=2,532$ $p\text{-value}=0,112$	
L'utilisation des instruments.	59,1 %	68,5 %	47,1 %	72,8 %	44,9 %
		$\chi^2=7,422$ $p\text{-value}=0,006^*$		$\chi^2=12,860$ $p\text{-value}<0,001^*$	
Les actions de transformation sur les objets géométriques (transformations du plan, agrandissements/réductions).	16,4 %	7,9 %	27,1 %	16,0 %	16,7 %
		$\chi^2=10,646$ $p\text{-value}=0,001^*$		$\chi^2=0,011$ $p\text{-value}=0,916$	
Le développement du raisonnement logique/la production de preuves ou de démonstrations.	53,9 %	43,8 %	60,0 %	34,6 %	67,9 %
		$\chi^2=4,104$ $p\text{-value}=0,043^*$		$\chi^2=17,717$ $p\text{-value}=0,001^*$	

Tableau 7 : *Éléments jugés prioritaires à enseigner en géométrie – Répartition et différences entre les pays et les niveaux scolaires.*

Lors de l'enquête, les enseignants ont spécifiquement été interrogés sur le rôle qu'occupent les activités de construction en géométrie. On observe que 13,0 % d'entre eux (N = 146) admettent ne pas pouvoir décrire l'utilité des dessins et des constructions en géométrie. Il n'y a pas de différence significative entre les enseignants des deux niveaux scolaires ($\chi^2=2,749$; $p\text{-value}=0,097$) ou des deux pays ($\chi^2=1,802$; $p\text{-value}=0,180$). Les enseignants capables de

décrire l'utilité des constructions mettent en évidence plusieurs catégories d'utilité, la plus importante étant le développement de la précision, du soin, de la motricité ou de la dextérité, ou encore la manipulation d'instruments (28,1 %), qui ne se rapportent pas ou peu à des utilités mathématiques. Ensuite est cité le fait que les constructions servent à représenter quelque chose (24,0 %) ou qu'elles servent de support à la mise en place d'un raisonnement (21,2 %). Par ailleurs, un pourcentage élevé d'enseignants (15,1 %) indique que les constructions servent à « visualiser », sans réellement préciser ce que ce terme recouvre.

4.4. Perceptions sur les difficultés d'enseignement et d'apprentissage de la géométrie

Lors de l'enquête, les enseignants ont été invités à se positionner sur une échelle à quatre niveaux allant de « très peu à l'aise » à « très à l'aise » concernant leur niveau d'aisance par rapport aux contenus mathématiques à enseigner en géométrie. Les résultats (cf. tableau 8) montrent que la quasi-totalité des répondants (93,7 %) ont une perception positive quant à leur niveau d'aisance par rapport aux contenus à enseigner en géométrie. À titre de comparaison, une même question a été posée au sujet des autres domaines (cf. tableau 5). Il ressort que la perception des enseignants à l'égard de la géométrie obtient une répartition assez similaire pour le domaine des grandeurs et de la mesure. Les perceptions semblent légèrement moins positives en ce qui concerne le domaine du traitement de données. Inversement, celles sur le domaine des nombres et opérations sont légèrement assurées, avec plus de deux tiers des enseignants déclarant se sentir « très à l'aise » avec les contenus de ce domaine. Par ailleurs, en ce qui concerne la géométrie, les résultats semblent significativement différents entre les enseignants exerçant en Belgique et en France ($U=4365,0$; $p\text{-value}=0,029^*$), avec une perception plus positive observée chez les enseignants français. De même, des différences significatives sont observées entre les enseignants du primaire et ceux du secondaire/collège ($U=4278$; $p\text{-value}=0,005^*$), avec davantage d'enseignants du primaire se sentant moins à l'aise.

En plus d'être interrogés sur le sentiment d'aisance par rapport au contenu, les enseignants ont également été interrogés sur le niveau de facilité à enseigner le domaine (en rapport à la méthode d'enseignement). Les résultats sont assez similaires à ceux de la question précédente puisque la majorité des répondants (85,0 %) se montrent positifs à ce sujet concernant la géométrie. En comparaison aux autres domaines, les enseignants sont moins nombreux à avoir une perception positive de la facilité d'enseignement de la géométrie que pour le domaine des nombres et opérations. Ils sont à peu près aussi nombreux pour le domaine des grandeurs et plus nombreux que pour le domaine « traitement de données ». Pour cette question, il ne semble y avoir de différence significative ni entre les enseignants du primaire et ceux du secondaire/collège ($U=5190,5$; $p\text{-value}=0,700$), ni entre les enseignants belges et français ($U=5152,5$; $p\text{-value}=0,933$).

Enfin, les enseignants ont été questionnés à propos de leur perception quant au niveau de difficulté d'apprentissage de la géométrie et des autres domaines. Comme l'illustre le tableau 9, les enseignants semblent conscients des difficultés d'apprentissage relatives au domaine de la géométrie. Les enseignants semblent plus nombreux à le considérer comme « difficile » ou « très difficile », plus que pour le domaine des nombres et opérations ou celui du traitement de données.

	Situez le niveau d'aisance par rapport aux contenus mathématiques à enseigner dans chacun des domaines suivants (N = 207).				Situez le niveau de facilité à enseigner chacun des domaines mathématiques suivants (méthode) (N = 207).			
	1-Très peu à l'aise	2-Peu à l'aise	3-Utile	4-À l'aise	1-Très difficile	2-Difficile	3-Facile	4-Très facile
A. Les activités liées aux nombres et opérations : De l'arithmétique à l'algèbre.	1,0 %	1,4 %	27,5 %	70,1 %	0,0 %	9,7 %	47,3 %	43,0 %
B. Les activités liées à la géométrie.	0,5 %	5,8 %	40,6 %	53,1 %	1,5 %	13,5 %	51,2 %	33,8 %
C. Les activités liées aux grandeurs et à la mesure.	1,0 %	4,8 %	40,6 %	53,6 %	0,5 %	17,4 %	51,7 %	30,4 %
D. Le traitement de données : Les statistiques et probabilités.	0,0 %	9,7 %	47,3 %	43,0 %	8,2 %	27,5 %	46,9 %	17,4 %

Tableau 8 : Perception de l'aisance par rapport aux contenus et de facilité à enseigner (méthodes).

Pour les perceptions relatives à la géométrie, les différences sont significatives entre les distributions observées chez les enseignants du primaire et du secondaire/collège ($U = 4517,0$; $p\text{-value} = 0,035^*$) et entre les Belges et les Français ($U = 4342,0$; $p\text{-value} = 0,029^*$). Les enseignants français et du secondaire/collège semblent être plus nombreux à considérer la géométrie comme difficile à apprendre.

Situez le niveau de difficulté d'apprentissage des élèves dans chacun des domaines suivants (N = 207).				
	1-Très difficile	2-Difficile	3-Facile	4-Très facile
A. Les activités liées aux nombres et opérations : De l'arithmétique à l'algèbre.	9,7 %	46,4 %	40,6 %	3,3 %
B. Les activités liées à la géométrie.	10,6 %	54,6 %	32,9 %	1,9 %
C. Les activités liées aux grandeurs et à la mesure.	25,6 %	41,6 %	29,5 %	3,3 %
D. Le traitement de données : Les statistiques et probabilités.	7,3 %	44,0 %	44,4 %	4,3 %

Tableau 9 : Perception de la facilité à apprendre les différents domaines.

En guise de comparaison, les mêmes questions ont été posées par rapport à la géométrie 3D (cf. tableau 10). Les résultats semblent nettement plus nuancés que ceux obtenus pour la géométrie en général et les autres domaines puisque seuls 75,2 % des répondants émettent un avis positif concernant l'aisance avec les contenus. Pour cette question, on n'observe de différence significative ni entre enseignants du primaire et du secondaire/collège ($U = 3801,5$; $p\text{-value} = 0,717$), ni entre les enseignants belges et français ($U = 3637,0$; $p\text{-value} = 0,509$).

En ce qui concerne la perception de la facilité d'enseignement du domaine (méthodes), la part des enseignants positifs (59,9 %) est aussi moins importante également que pour les quatre domaines généraux. Comme en géométrie, les résultats ne montrent pas de différence significative entre les enseignants du primaire et du secondaire/collège ($U = 3584,0$; $p\text{-value} = 0,295$), et entre enseignants belges et français ($U = 3736,5$; $p\text{-value} = 0,744$).

A contrario, il ressort que les perceptions à l'égard de la facilité d'apprentissage de la géométrie 3D sont plus positives en comparaison aux quatre domaines puisque seuls 24,8 % des répondants la considèrent comme difficile ou très difficile à apprendre. Aucune différence significative n'est observée entre les distributions des réponses obtenues auprès des enseignants belges et français ($U = 3476,0$; $p\text{-value} = 0,224$). En revanche, des différences significatives obtenues entre les enseignants du primaire et du secondaire/collège ($U = 3255,0$; $p\text{-value} = 0,029^*$), les enseignants du primaire le considérant comme plus facile à apprendre que les autres.

Spécifiquement pour la géométrie 3D, les enseignants ont également été interrogés sur le niveau d'aisance des élèves à lire/comprendre des représentations en deux dimensions d'objet 3D (ex. : dessins en perspective cavalière de solides). Ces derniers semblent conscients de cette difficulté puisque près de 80 % des répondants considèrent qu'il est « peu aisé » ou « très peu aisé » pour les élèves de faire preuve de cette habileté. Pour cette question, aucune différence significative n'est observée entre les distributions des réponses obtenues auprès des enseignants belges et français ($U = 1579,5$; $p\text{-value} = 0,337$) ou celles obtenues auprès des enseignants du primaire et du secondaire/collège ($U = 1703,5$; $p\text{-value} = 0,687$), qui semblent donc tous d'accord pour relever cette difficulté.

Situez le niveau d'aisance par rapport aux contenus mathématiques à enseigner en géométrie 3D (N = 177).			
1-Très peu à l'aise	2-Peu à l'aise	3-À l'aise	4-Très à l'aise
4,5 %	20,3 %	55,4 %	19,8 %
Situez le niveau de facilité à enseigner la géométrie 3D (méthode) (N = 177).			
1-Très difficile	2-Difficile	3-Facile	4-Très facile
5,6 %	34,5 %	47,5 %	12,4 %
Situez le niveau de difficulté d'apprentissage des élèves en géométrie 3D (N = 177).			
1-Très difficile	2-Difficile	3-Facile	4-Très facile
4,5 %	20,3 %	55,4 %	19,8 %
Situez le niveau d'aisance des élèves à lire/comprendre des représentations en deux dimensions d'objet 3D (ex. : dessins en perspective cavalière de solides) (N = 119).			
1-Très peu aisé	2-Peu aisé	3-Aisé	4-Très aisé
16,8 %	62,2 %	20,2 %	0,8 %

Tableau 10 : Perceptions relatives à la facilité d'enseignement-apprentissage de la géométrie 3D.

4.5. Choix de matériel en géométrie 3D et cohérence

Les enseignants ont d'abord été interrogés sur leur besoin de formation concernant les choix de matériel. Ils devaient se positionner par rapport à l'affirmation « Je fais face à un manque de formation pour proposer des manipulations pertinentes en géométrie ». Les résultats (cf. tableau 11) indiquent que la majorité des enseignants (60,3 %) expriment un besoin de formation à ce sujet. Que ce soit entre les deux niveaux scolaires ($U = 1924,5$; $p\text{-value} = 0,759$) ou les deux pays ($U = 1963,5$; $p\text{-value} = 0,988$), il n'y a pas de différence de distribution des réponses récoltées.

Positionnez-vous sur une échelle de 1 (pas du tout d'accord) à 4 (tout à fait d'accord) par rapport à l'affirmation : « Je fais face à un manque de formation pour proposer des manipulations pertinentes en géométrie » (N = 126).			
1-Pas du tout d'accord	2-Plutôt pas d'accord	3-Plutôt d'accord	4-Tout à fait d'accord
14,3 %	25,4 %	39,7 %	20,6 %

Tableau 11 : Besoin de formation quant aux manipulations à proposer en géométrie.

Ensuite, compte tenu de ce besoin de formation mais aussi de la difficulté relative à la lecture de représentations 2D confirmée par les enseignants, se pose la question des supports relatifs à la géométrie 3D. Les enseignants ont été questionnés sur les choix de matériels qu'ils utilisent en classe pour l'apprentissage des solides en géométrie 3D (cf. tableau 12). Les résultats des 126 enseignants ayant répondu à cette question illustrent une certaine diversité dans le matériel utilisé. On y constate que les solides 3D manipulables par les élèves sont le matériel le plus souvent utilisé, suivi par le matériel permettant à l'élève de lui-même construire les solides ainsi que les représentations 2D. D'autres matériels, notamment virtuels sont aussi utilisés par une série d'enseignants. De plus, on observe que pour le matériel 3D ou le matériel de construction, les enseignants laissent davantage l'élève manipuler le matériel alors que ce n'est pas le cas pour le matériel virtuel. Des analyses approfondies mettent en évidence cependant que la plupart des enseignants (84,1 %) utilisent plusieurs types de matériel, et c'est particulièrement le cas dans l'enseignement primaire. À titre d'exemple, seuls 4 % des répondants utilisent uniquement des représentations 2D et ce sont tous des enseignants du secondaire/collège. Toutefois, cela ne signifie pas qu'ils utilisent systématiquement ces différents supports de manière conjointe. Ils pourraient par exemple utiliser du matériel de construction uniquement au moment d'aborder les développements de solides, et des solides 3D le reste du temps.

En classe, quand vous travaillez le thème des solides (ex. : découverte, construction, reconnaissance, caractéristiques, classification, développement, ...), vous travaillez en général ... (plusieurs réponses possibles) (N = 126).		Comparaison	
		Nationalité	Niveau scolaire
Avec des représentations 2D des solides (ex. : dessins en perspective cavalière donnés sur support papier ou numérique).	45,2 %	$\chi^2=0,191$ $p\text{-value}=0,662$	$\chi^2=9,259$ $p\text{-value}=0,002^*$
Avec des solides 3D (ex. : solides en bois, en plexiglas, boîtes et objets du quotidien) que les élèves peuvent manipuler individuellement.	72,2 %	$\chi^2=0,217$ $p\text{-value}=0,641$	$\chi^2=20,927$ $p\text{-value}<0,001^*$
Avec des solides 3D (ex. : solides en bois, en plexiglas, boîtes et objets du quotidien) que les élèves peuvent observer uniquement (manipulation/présentation des solides par l'enseignant).	23,0 %	$\chi^2=0,003$ $p\text{-value}=0,960$	$\chi^2=12,945$ $p\text{-value}<0,001^*$
Avec des solides virtuels (sur tableau blanc interactif ou sur tablette, par exemple) que les élèves peuvent manipuler individuellement.	10,3 %	$\chi^2=0,005$ $p\text{-value}=0,944$	$\chi^2=0,772$ $p\text{-value}=0,380$
Avec des solides virtuels (sur tableau blanc interactif ou sur tablette, par exemple) que les élèves peuvent observer uniquement (manipulation/présentation des solides par l'enseignant).	28,6 %	$\chi^2=2,166$ $p\text{-value}=0,141$	$\chi^2=7,622$ $p\text{-value}=0,006^*$
Avec du matériel divers permettant aux élèves de construire les solides (ex. : plastiline, piques, pailles, ...) que les élèves peuvent manipuler individuellement.	47,6 %	$\chi^2=4,847$ $p\text{-value}=0,028^*$	$\chi^2=41,236$ $p\text{-value}<0,001^*$
Avec du matériel divers permettant aux élèves de construire les solides (ex. : plastiline, piques, pailles, ...) que les élèves peuvent observer uniquement (manipulation/présentation des solides par l'enseignant).	7,9 %	$\chi^2=0,099$ $p\text{-value}=0,753$	$\chi^2=0,000$ $p\text{-value}=1,000$
Vous ne travaillez pas le thème des solides avec vos élèves.	4,0 %	Test de Fisher = 0,058 $p\text{-value}=1,000$	Test de Fisher = 1,874 $p\text{-value}=0,365$

Tableau 12 : Matériel utilisé pour l'apprentissage de la géométrie 3D et comparaison.

Par ailleurs, comme l'illustre le tableau 12, de nombreuses différences sont constatées entre les réponses des enseignants du primaire et du secondaire/collège. Les représentations 2D ($p\text{-value}=0,002^*$), mais aussi les solides virtuels à observer ($p\text{-value}=0,006^*$) et les solides 3D à observer ($p\text{-value}<0,001^*$) sont plus récurrents chez les enseignants du secondaire. Les solides 3D que les élèves peuvent manipuler sont quant à eux davantage proposés en primaire qu'en secondaire/au collège ($p\text{-value}<0,001^*$), tout comme le matériel de construction permettant aux élèves de construire eux-mêmes les solides est également davantage utilisé en primaire ($p\text{-value}<0,001^*$). Entre les répondants belges et français, la seule différence significative concerne le matériel de construction que les élèves peuvent manipuler ($p\text{-value}=0,028^*$), qui est plus utilisé par les enseignants belges.

Un décalage observé dans les choix de matériels utilisés en géométrie 3D concerne celui utilisé pour l'apprentissage et celui pour l'évaluation. En effet, lorsqu'il leur est demandé de décrire le matériel utilisé pour évaluer de manière sommative les élèves en géométrie 3D (cf. tableau 13), la majorité des enseignants semblent utiliser des représentations 2D seules ou accompagnées d'autres matériels (83,5 %). Les autres enseignants réalisent l'évaluation sommative des apprentissages directement avec d'autres types de matériel (9,5 %) ou n'évaluent pas la géométrie 3D (7,0 %).

Cependant, le croisement entre les questions relatives au matériel d'apprentissage et d'évaluation permet de relever que 46,9 % des enseignants évaluant avec des représentations 2D déclarent ne pas utiliser ce type de représentations lors de l'apprentissage alors que la majorité d'entre eux (87 %) semblent conscients des difficultés des élèves face aux représentations 2D en estimant que la lecture de telles représentations est une capacité « peu aisée » ou « très peu aisée » pour les élèves.

En général, lorsqu'il s'agit d'évaluer de manière sommative les élèves en géométrie 3D, vous utilisez... (N=115).	
Uniquement des représentations 2D des solides (support papier ou numérique).	48,7 %
Des représentations 2D de solides (support papier) avec possibilité de construire le solide à l'aide du matériel donné (ex. : découper et reconstruire le solide).	13,0 %
Des représentations 2D des solides (support papier ou numérique) avec possibilité d'observer du matériel mis à disposition (solides 3D).	12,2 %
Des représentations 2D des solides (support papier ou numérique) avec possibilité de manipuler du matériel mis à disposition (solides 3D).	9,6 %
Uniquement du matériel (solides 3D) à observer.	1,7 %
Uniquement du matériel (solides 3D) à manipuler.	4,3 %
Uniquement du matériel permettant de construire les solides.	0,9 %
Autre support d'évaluation.	2,6 %
Je n'évalue pas la géométrie 3D de manière sommative.	7,0 %

Tableau 13 : Occurrence (en %) du matériel utilisé pour l'évaluation sommative de la géométrie 3D.

Au-delà du support d'apprentissage utilisé, les enseignants ont également été interrogés sur la place qu'ils accordent aux activités permettant de développer les capacités de lecture/interprétation de représentations 2D. Si nous avons pu mettre en évidence que de nombreux enseignants semblaient conscients de cette difficulté d'apprentissage en géométrie 3D, seuls 26 % des répondants admettent accorder « souvent » ou « très souvent » du temps en classe pour le développement de cette habileté. 63 % le font « peu souvent » et 11 % ne le font jamais.

Pourtant, 72 % de ceux qui considèrent qu'il est « très peu aisé » ou « peu aisé » pour les élèves de lire des représentations 2D de solides ne proposent « jamais » ou ne proposent que « peu souvent » des activités ayant pour but de développer cette habileté.

Si la place accordée à l'accompagnement des élèves dans la capacité de lecture/interprétation de représentation 2D est similaire entre les enseignants belges et français ($U=1733,5$; $p\text{-value}=0,998$), ce n'est pas le cas entre les enseignants du primaire et du secondaire/collège ($U=1409,0$; $p\text{-value}=\mathbf{0,026^*}$), les premiers étant moins nombreux à accorder du temps à cet accompagnement, et ce même si 38,1 % des enseignants du primaire utilisent des représentations lors de l'apprentissage.

Les trois raisons les plus souvent évoquées par les enseignants ne mettant pas ou peu en place ce type d'activités sont le manque de temps (64,8 %), le manque de formation (28,4 %) et la faible place que cela occupe dans les prescrits (26,1 %). Il semble en être de même pour l'habileté de visualisation spatiale, puisque lorsqu'on interroge les enseignants déclarant savoir ce qu'est l'habileté de visualisation ($N=99$) à propos du temps qu'ils accordent en classe au développement de cette habileté, on observe que 14,1 % des enseignants déclarent ne jamais mettre en place d'activités développant spécifiquement cette habileté. Ils sont par ailleurs 58,6 % à déclarer ne les mettre en place que « peu souvent », 23,2 % « souvent » et 4,0 % « très souvent ». Pour cette habileté, les différences entre les enseignants du primaire et du secondaire/collège sont non-significatives ($U=1009,0$; $p\text{-value}=0,068$). Il en est de même pour les différences entre les enseignants belges et français ($U=1017,5$; $p\text{-value}=0,113$). Les raisons principalement évoquées sont le manque de temps (41,4 %), le manque d'indication dans les prescrits légaux (25,3 %), le fait que ce travail doit être réalisé plus tôt dans le cursus (20,2 %) ou encore le manque de formation (18,2 %).

5. Discussion

Pour investiguer les conceptions, les perceptions et les pratiques des enseignants de mathématiques exerçant en Belgique francophone et en France dans l'enseignement primaire et secondaire inférieur/collège, 207 enseignants (échantillon de convenance) ont été interrogés au moyen d'une enquête proposant diverses questions ouvertes, semi-ouvertes et fermées. Malgré certaines limites inhérentes à la passation d'enquêtes, les résultats permettent de mettre en lumière ou de confirmer la présence ou non de certaines conceptions relatives à l'enseignement-apprentissage de la géométrie, d'identifier certaines perceptions relatives au domaine de la géométrie en comparaison notamment aux autres domaines mathématiques, et d'observer certains choix de pratiques et leurs éventuelles incohérences, au départ des déclarations des répondants.

5.1. Les connaissances épistémologiques et théoriques des enseignants

S'il paraît difficilement concevable d'enseigner efficacement une discipline sans savoir ce qu'elle est ou à quoi elle sert, les résultats de l'enquête permettent de souligner qu'un nombre relativement important d'enseignants (15 %) se disent incapables de définir ce qu'est le domaine de la géométrie. De plus, si la majorité des répondants se disent conscients de l'utilité de ce domaine (que ce soit scolairement ou socialement), certains enseignants ne semblent pas capables de déterminer à quoi il sert. De tels résultats s'inscrivent en cohérence avec les observations de Bulf et Mathé (2018) qui ont observé chez les enseignants une difficulté à concevoir les enjeux et finalités de la géométrie. Pourtant, les objectifs assignés à ce domaine

d'apprentissage sont divers et nombreux (ex. : Mathé *et al.*, 2020 ; Royal Society and Joint Mathematical Council, 2001 ; Gonzales & Herbst, 2006). Ce manque de conscience de l'utilité du domaine semble être particulièrement présent pour la géométrie 3D pour laquelle plus d'un enseignant sur dix admet ne pas en connaître l'utilité.

Cette réflexion est d'autant plus importante que les conceptions et les perceptions relatives à l'utilité du domaine sont susceptibles d'influencer les pratiques mises en œuvre par les enseignants. L'enquête menée permet par exemple de montrer que les perceptions sur l'utilité de la géométrie, bien que majoritairement positives en particulier chez les enseignants du primaire, influencent son délaissement. Les résultats de l'enquête confirment en effet que la géométrie est, après le domaine du traitement de données, le domaine des mathématiques dans lequel des attendus sont ou seraient le plus souvent mis en suspens. Les justifications apportées semblent majoritairement faire référence au sentiment de faible utilité des enseignants à l'égard du domaine. De tels résultats semblent en adéquation avec les propos de Mathé *et al.* (2020) décrivant la géométrie comme un domaine pouvant être délaissé ou mal aimé ainsi qu'avec ceux de Bakó (2003) et Douaire *et al.* (2009) qui évoquaient le délaissement spécifique à la géométrie 3D. Or la mise en retrait de la géométrie pourrait occasionner des difficultés pour la suite du parcours scolaire étant donné son lien avec d'autres apprentissages en mathématiques et dans d'autres domaines. Le développement des connaissances épistémologiques des mathématiques et plus spécifiquement de la géométrie pour les enseignants constitue donc un enjeu important pour l'enseignement du domaine.

Par ailleurs, au-delà du besoin de développement des connaissances relatives à l'utilité du domaine, l'enquête permet de relever que de nombreux enseignants se sentent peu à l'aise avec les contenus à enseigner en géométrie 3D. Il semble donc découler de cette observation un besoin de renforcement de la formation théorique apportée au niveau du contenu-matière à enseigner en géométrie. Si nous nous basons ici uniquement sur les sentiments de maîtrise des enseignants par rapport au contenu, ces résultats semblent confirmer les observations de Hoyles et Healy (2007) concernant la présence de larges lacunes dans les connaissances de la géométrie chez les enseignants de mathématiques. Cette observation doit nécessairement déboucher sur une réflexion à l'égard du contenu disciplinaire minimal nécessaire à l'enseignement du domaine, comme l'envisagent Eysseric *et al.* (2022).

En revanche, l'enquête permet de mettre en évidence que de nombreux enseignants ont conscience de la difficulté d'apprentissage du domaine de la géométrie, clairement mise en évidence par de nombreux chercheurs à l'instar de Duval (2005). En ce qui concerne la géométrie 3D, les enseignants semblent par exemple conscients des difficultés d'apprentissage relatives à la lecture de représentations 2D de solides observées chez de nombreux apprenants comme en témoignent Christou *et al.*, (2005), Gutiérrez (1996), Camou (2012) ou encore Widder et Gorsky (2013) et Kondo *et al.* (2014).

5.2. Des pratiques soutenues par la recherche

Outre l'importance des connaissances théoriques, épistémologiques et didactiques, il apparaît aussi essentiel que les enseignants soient capables de tenir compte de ces connaissances lors de la mise en œuvre de leurs pratiques enseignantes. Il s'agit alors d'inciter les enseignants à penser les apprentissages en tenant compte des finalités et des spécificités de la discipline. Une telle démarche devrait ainsi éviter d'observer des contradictions entre les perceptions des enseignants et les pratiques mises en œuvre, comme nous pouvons l'observer au niveau de la lecture de représentations 2D de solides. En effet, la capacité à lire des représentations 2D de solides,

pourtant considérée comme un prérequis pour aborder la géométrie 3D (Pittalis & Christou, 2013), apparaît délaissée par une bonne partie des enseignants même si ces derniers ont conscience des difficultés qui s’y rapportent. Il en est de même pour le développement de la visualisation. Il apparaît donc que le développement des compétences spatiales n’occupe qu’une faible place à l’école fondamentale/élémentaire, mais également en secondaire/au collège. Pourtant, le cours de géométrie est un endroit propice au développement des habiletés spatiales des élèves notamment car ces habiletés s’avèrent essentielles pour acquérir de réelles compétences géométriques (Clements & Sarama, 2007). Le manque de formation, ainsi que le manque de temps et le manque de recommandations dans les prescrits constituent des raisons de cette faible place accordée au développement spatial dans les pratiques. Il apparaît donc nécessaire d’accompagner les enseignants dans la mise en place d’actions concrètes à ce sujet. Cela passe, entre autres, par la création de ressources, ou a minima le développement de l’accès à des ressources existantes, accompagnées par une meilleure connaissance du développement des compétences spatiales des apprenants.

Par ailleurs, un besoin de formation quant au choix de matériel adéquat à proposer pour l’apprentissage de la géométrie est explicitement exprimé par de nombreux répondants. Il apparaît donc essentiel de guider les enseignants dans leur choix de pratique en formulant des recommandations prenant appui sur des recherches menées dans les domaines de la didactique de la géométrie et de la cognition spatiale, c’est-à-dire la branche des sciences cognitives qui vise à comprendre comment l’individu perçoit — interprète, se représente mentalement — et interagit avec les caractéristiques spatiales de son environnement ou des objets de cet environnement (Waller & Nadel, 2013). En effet, dans la pratique, les enseignants décident le plus souvent des méthodes d’enseignement utilisées en géométrie 3D, et donc des matériels d’apprentissages, de manière instinctive en fonction de l’expérience personnelle et du sens commun (Widder *et al.*, 2019). Le risque de ce manque de formation est que cela entraîne une diversité dans les pratiques mises en œuvre par les enseignants, ce qui peut déboucher sur des ruptures dans le parcours scolaire des élèves et sur des choix qui pourraient s’avérer inadaptés. L’enquête a ainsi notamment permis d’identifier les décalages pouvant exister entre le matériel utilisé lors de l’apprentissage et l’évaluation, et ce même chez les enseignants conscients des difficultés occasionnées par les représentations 2D de solides. Cela confirme donc que le seul développement des connaissances théoriques des enseignants, par exemple à l’égard des difficultés d’apprentissages, semble insuffisant pour éviter l’observation de choix de pratiques créant des ruptures et risquant d’occasionner des difficultés d’apprentissages. Un accompagnement davantage axé sur la réflexivité à l’égard des choix de pratiques et de leur cohérence avec les connaissances théoriques et didactiques apparaît indispensable.

L’analyse des éléments jugés prioritaires en géométrie permet par ailleurs de mettre en évidence une priorité accordée à la manipulation des instruments par les enseignants du primaire. En effet, les enseignants du primaire semblent accorder une importance forte au maniement des instruments au détriment notamment du développement de raisonnement géométrique. Ce choix de priorité permet de soulever la nécessité d’accompagner les enseignants du primaire dans un changement de posture mettant aussi l’accent sur des aspects géométriques tels que la justesse des raisonnements mis en œuvre par les élèves plutôt que sur la précision de leurs tracés ou le soin, ce qu’avaient déjà relevé Beauset et Duroisin (2023) lors d’une recherche collaborative. Par ailleurs, un autre enjeu allant de pair avec le premier se rapporte à l’importance de sensibiliser les enseignants du primaire à l’importance de développer une réelle géométrie instrumentée (au-delà de la simple manipulation des instruments) et de préparer les élèves au développement du raisonnement en géométrie tôt dans le parcours scolaire afin d’atténuer la rupture qui existe entre

les deux niveaux. Il s'agit notamment de proposer des activités d'apprentissage qui permettent aux élèves de dépasser le mode de visualisation iconique, comme le suggèrent Keskessa *et al.* (2007).

5.3. De nombreuses observations similaires malgré des contextes différents

Malgré les différences pouvant exister entre la Belgique francophone et la France au niveau de la formation des enseignants mais aussi au niveau de la formulation des prescrits, les résultats observés sont la plupart du temps équivalents, ce qui permet d'identifier des conceptions, des perceptions et des pratiques déclarées relativement similaires entre les deux pays. La comparaison des résultats obtenus auprès des enseignants du primaire et du secondaire/collège semble également montrer des similitudes, et ce malgré le caractère généraliste associé à la formation des instituteurs primaires (contrairement à celle des enseignants du secondaire inférieur/collège). Parmi les similitudes les plus marquantes se trouve le taux d'enseignants ne sachant pas définir ou décrire l'utilité du domaine.

Des différences sont cependant observées, par rapport à plusieurs aspects. L'une des principales différences concerne les priorités assignées au domaine. Comme indiqué ci-dessus, les enseignants du primaire mettant davantage l'accent sur la manipulation des instruments que leurs homologues du secondaire/collège. Cette différence est susceptible de créer des ruptures entre les deux niveaux d'enseignement, comme susmentionné. Afin de limiter ces ruptures, un enjeu est de pouvoir penser des formations qui soient en cohérence avec un réel continuum pour les élèves. Cet enjeu apparaît d'autant plus important en Belgique francophone avec la mise en place, avec la RFIE, du tronc commun. Celui-ci vise à faciliter les transitions entre les niveaux d'enseignement puisque des enseignants issus de formations différentes seront amenés à enseigner dans les années charnières entre les niveaux d'enseignements. Par exemple, un enseignant ayant suivi la formation de section 3 (anciennement secondaire inférieur) pourra enseigner de la 5^e année primaire à la 3^e année du secondaire.

5.4. Limites et prolongements

Le type d'échantillon (échantillon de convenance), sa taille mais aussi la durée de l'enquête et donc l'investissement que représente la participation à cette enquête font de cet échantillon un échantillon particulier et empêchent certainement d'obtenir des résultats représentatifs. Au-delà de cette première limite, comme nous avons pu le souligner auparavant, la complexité de certaines questions, que ce soit au niveau de la formulation utilisée ou de la réponse attendue, notamment les questions ouvertes relatives aux conceptions sur la définition et l'utilité de la géométrie, nous invite à rester prudents dans les interprétations des résultats. Une autre limite évidente concerne le fait que l'enquête s'appuie sur des déclarations des enseignants, qu'elles soient relatives à leurs perceptions ou leurs pratiques, qui sont soumises au biais de désirabilité sociale. D'ailleurs, un décalage entre les pratiques déclarées et celles effectives est à suspecter.

Si de premières analyses des résultats de l'enquête ont ici été présentées en vue de mettre en exergue, dans une perspective exploratoire, des conceptions, perceptions et pratiques déclarées, les analyses menées pourraient être poursuivies en croisant par exemple les résultats à d'autres questions ou en intégrant d'autres variables sociologiques (ex. ancienneté) qui pourraient permettre de poursuivre les investigations.

Par ailleurs, comme mentionné dès l'introduction, nous considérons que les résultats ici présentés peuvent servir de point de départ permettant d'orienter de futures recherches. D'une part, l'enquête peut déboucher sur des analyses des pratiques effectives d'enseignants, au regard

de certains points d'attention mis ici en évidence, par exemple de la place accordée aux activités de construction. En effet, l'enquête est d'une part basée sur les pratiques déclarées et se focalise sur les choix généraux réalisés par les enseignants (choix de matériel, place accordée à certains aspects, ...). Des analyses approfondies du contenu des activités d'apprentissage proposées par ces derniers apparaissent nécessaires pour une meilleure compréhension des pratiques enseignantes. D'autre part, elle ouvre la voie à des recherches expérimentales portant par exemple sur l'évaluation de la pertinence des matériels d'apprentissage (Seha *et al.*, 2023 ; Beauset & Duroisin, 2024) étant donné les observations se rapportant aux pratiques déclarées. En effet, comme le recommandent Widder *et al.* (2019), mieux comprendre les difficultés visuelles des apprenants face aux représentations de solides utilisées devraient permettre de fournir des recommandations aux enseignants vis-à-vis des supports d'apprentissages à utiliser.

Enfin, les résultats obtenus peuvent permettre d'amener quelques premiers éléments de réflexion quant aux enjeux et aux besoins relatifs au contenu de la formation initiale et continue des enseignants (besoin de renforcement des connaissances épistémologiques, besoin de recommandation relative aux choix de matériel, ...). Des analyses complémentaires, et notamment une analyse fine des liens qui unissent les conceptions et perceptions des enseignants avec les pratiques actuellement déclarées et celles considérées comme efficaces d'après la littérature scientifique mais non mises en œuvre d'après les déclarations des enseignants, apparaissent cependant nécessaires pour mener à bien cette réflexion sur les besoins et enjeux relatifs à la formation des enseignants. À l'heure, notamment, de la Réforme de la Formation Initiale des Enseignants en Belgique francophone entrée en vigueur en septembre 2023 et visant la masterisation de la formation, et avec, en France, la masterisation de la formation effective depuis 2008 l'arrivée d'un nouveau concours de recrutement (CRPE) depuis 2011 ou la création des INSPÉ en 2019, et au vu de certains résultats observés dans l'enquête, cette réflexion sur le contenu de la formation apparaît incontournable.

Conclusion

La géométrie constitue un domaine d'apprentissage important au primaire et au secondaire, présentant des objectifs divers mais dont l'enseignement peut être caractérisé comme étant complexe. D'ailleurs, les résultats des élèves dans ce domaine peuvent s'avérer décevants. Dans ce contexte, cet article propose une exploration des conceptions, des perceptions ainsi que de certaines pratiques déclarées des enseignants amenés à enseigner ce domaine en Belgique francophone et en France en présentant les résultats d'une enquête menée auprès de ces derniers.

Les résultats, et ce malgré l'échantillon limité ($N=207$), permettent de mettre en évidence des conceptions différentes de la géométrie, tant pour définition que pour les fonctions que les enseignants lui donnent. De plus, les conceptions de certains enseignants semblent fébriles à cet égard, particulièrement en géométrie 3D.

En comparaison avec les autres domaines des mathématiques, l'utilité de la géométrie (particulièrement l'utilité scolaire) est assez haute, surtout chez les enseignants du primaire. Il en va de même pour la géométrie 3D, même si elle est globalement perçue comme moins utile que la géométrie en général. Malgré cette perception plutôt positive de la géométrie, les résultats de l'enquête indiquent aussi qu'elle est le deuxième domaine le plus délaissé par les enseignants, s'ils manquent de temps pour terminer l'entièreté du programme. Par ailleurs, un lien est observé entre ce délaissement et l'utilité assignée, même si l'importance des raisons utilisées pour justifier ce délaissement varie entre enseignants des deux niveaux scolaires et des deux pays.

Les conceptions relatives aux éléments jugés prioritaires à enseigner en géométrie sont également différentes entre les répondants du primaire et du secondaire/collège : les enseignants du primaire mettent la priorité sur l'utilisation des instruments tandis que leurs homologues du secondaire/collège privilégient le développement du raisonnement. Cela traduit deux conceptions assez différentes de la géométrie dans ces deux niveaux scolaires, et pourrait aller dans le sens d'une géométrie plus instrumentée en primaire qui évoluerait (devrait évoluer) vers une géométrie plus déductive en secondaire/au collège. Pour autant, aux différents niveaux, ceux qui peuvent donner une utilité aux activités de construction parlent le plus souvent du développement de la précision, du soin, de la motricité ou encore de la dextérité, qui ne se rapporte pas à des aspects purement mathématiques. Il est peu probable que les activités qu'ils proposent permettent de raisonner sur les propriétés au travers des constructions, ni d'associer à chacune l'instrument matériel qui la préfigure. Cela confirme la présence de conceptions fragiles et interroge sur le sens que ces enseignants peuvent donner aux activités de géométrie ou à leur connaissance des particularités didactiques de son enseignement.

Paradoxalement, les enseignants interrogés sont plutôt confiants sur leur aisance dans la maîtrise des contenus et de leur méthode. La plupart des répondants sont cependant conscients que la géométrie est difficile à apprendre. Une formation disciplinaire plus poussée semble propice à cette prise de conscience, en effet les enseignants belges et du primaire sont plus nombreux à trouver la géométrie facile à apprendre et sont également ceux qui se déclarent significativement moins à l'aise avec la matière à enseigner.

Il n'est pour autant pas certain que les enseignants identifient précisément quelles sont ces difficultés, et surtout qu'ils savent comment les gérer en classe. Dans le cas de la géométrie 3D, par exemple, si les enseignants sont conscients des difficultés de lecture et d'interprétation des représentations 2D, les pratiques déclarées démontrent certaines incohérences dans les choix réalisés. Ces derniers déclarent n'accorder que peu de temps à l'accompagnement des élèves à ce sujet, et utilisent parfois ce type de représentations lorsqu'il est question d'évaluer les élèves sans qu'il ne soit utilisé auparavant lors des apprentissages.

Grâce à l'exploration des conceptions, perceptions et pratiques des enseignants, nous pouvons en conclure que les enseignants, avec leurs conceptions et leurs perceptions différentes et parfois fragiles de la géométrie, déclarent délaissé certains chapitres, certains aspects ou mettre en place des pratiques très différentes qui ne permettront pas toujours une transition fluide entre les niveaux primaire et secondaire/le collège. De tels résultats invitent à poser une réflexion sur le contenu de la formation des enseignants du primaire et secondaire, que ce soit en Belgique francophone et en France. Une formation renforcée sur les plans théoriques didactiques et épistémologiques, ainsi que sur l'accompagnement dans la mise en œuvre des pratiques soutenues par la recherche semble indispensable.

Références bibliographiques

- Audibert, G. (1990). La perspective cavalière. *Publication de l'A.P.M.E.P.*, 75, 1-225.
- Bakó, M. (2003). Different projecting methods in teaching spatial geometry. *European Research in Mathematics Education III*, 7, 1-9.
- Beuset, R. & Duroisin, N. (2023). Problèmes de reproduction de figures en fin d'enseignement primaire. *Revue Québécoise De Didactique Des Mathématiques*, 4, 37-75.

<https://rqdm.recherche.usherbrooke.ca/ojs/ojs-3.1.1-4/index.php/rqdm/article/view/75>
(consulté le 10/06/24).

- Beauset, R. & Duroisin, N. (2024). L'évaluation des habiletés spatiales au service de l'enseignement-apprentissage de la géométrie tridimensionnelle : qu'en est-il des environnements virtuels 2½D ? Dans N. Loye et N. Duroisin (dir.), *Évaluation des apprentissages et technologies numériques : évolution, nouveautés et défis actuels*. Peter Lang.
- Bulf, C. & Mathé, A.-C. (2018). Agir-parler-penser en géométrie. Un point de vue sémiotique sur l'enseignement et l'apprentissage de la géométrie à l'école primaire. Dans *Actes du 44^e Colloque de la COPIRELEM Épinal les 13, 14 et 15 juin 2017 - Manipuler, représenter, communiquer : quelle est la place de la sémiotique dans l'enseignement et l'apprentissage des mathématiques ?* (pp. 29-56). ARPEME.
- Camou, B. J. (2012). *High school students' learning of 3D geometry using iMAT (integrating Multityperesentations, Approximations and Technology) engineering*. [Thèse de doctorat, University of Georgia].
- Christou, C., Pittalis, M., Mousoulides, N. & Jones, K. (2005). Developing 3D dynamic geometry software: Theoretical perspectives on design. Dans F. Olivero & R. Sutherland (éds.), *Visions of mathematics education: Embedding technology in learning* (pp. 69-77). University of Bristol.
- Clements, D. & Sarama, J. (2007). Effects of a preschool mathematics curriculum: summative research on the Building Blocks project. *Journal for Research in Mathematics Education*, 38, 136-163.
- Douaire, J., Emprin, F. & Rajain, C. (2009). L'apprentissage du 3D à l'école. *Repères*, 77, 23-52.
- Duroisin, N. (2015). *Quelle place pour les apprentissages spatiaux à l'école ? Étude expérimentale du développement des compétences spatiales des élèves âgés de 6 à 15 ans*. [Thèse de doctorat, Université de Mons].
- Duval, R. (2005). Les conditions cognitives de l'apprentissage de la géométrie : Développement de la visualisation, différenciation des raisonnements et coordination de leurs fonctionnements. *Annales de Didactique et de Sciences Cognitives*, 10, 5-53.
- Eysseric, P., Guille-Biel Winder, P., Mangiante-Orsola, C., Petitfour, É., Simard, A. & Tempier, F. (2022). *Document-cadre pour la formation des professeurs des écoles à l'enseignement des mathématiques : version 2*.
<https://publimath.univ-irem.fr/numerisation/WO/IWO23001/IWO23001.pdf>
- Gonzales, G. & Herbst, P. (2006). Competing arguments for the geometry curse: why were American high school students supported to study geometry in the twentieth century? *International journal for the history of mathematics education*, 1(1), 7-33.
- Gutiérrez, A. (1996). Visualization in 3-dimensional geometry: In search of a framework. Dans L. Puig & A. Gutiérrez (éds.), *Proceedings of the 20th conference of the International Group for the Psychology of Mathematics Education*, vol. 1, (pp. 3-19). Universidad de

Valencia.

- Houdement, C. & Kuzniak, A. (1999). Géométrie et paradigme géométrique. *Petit x*, 51, 5-21.
- Hoyles, C. & Healy, L. (2007). Curriculum change and geometrical reasoning. Dans P. Boero (éds.), *Theorems in school: from history, epistemology and cognition to classroom practice* (pp. 81-115). Sense.
- Keskessa, B., Perrin-Glorian, M.-J. & Delplace, J.-R. (2007). Géométrie plane et figures au cycle 3, une démarche pour élaborer des situations visant à favoriser une mobilité du regard sur les figures de géométrie. *Grand N*, 79, 33-60.
- Kondo, Y., Fujita, T., Kunimune, S., Jones, K. & Kumakura, H. (2014). The influence of 3D representations on students' level of 3D geometrical thinking. *Proceedings of PME 38 and PME-NA*, 36(4), 25-32.
- Marchand, P. (2006). Comment développer des images mentales liées à l'apprentissage de l'espace en trois dimensions ? *Annales de Didactique et de Sciences Cognitives*, 11, 103-121.
- Martin, V. & Thibault, M. (2017). Enquête sur les pratiques déclarées d'enseignement des probabilités au primaire et au secondaire au Québec : esquisse d'un portrait statistique. *Actes du Colloque du Groupe de didactique des mathématiques du Québec*. Montréal
- Mathé, A.C., Barrier, T. & Perrin-Glorian, M.-J. (2020). *Enseigner la géométrie élémentaire. Enjeux, ruptures et continuités*. Paris : L'Harmattan.
- Mithalal, J. (2014). Voir dans l'espace : est-ce si simple ? *Petit x*, 96, 51-73.
- Parzysz, B. (1988). "Knowing" vs "seeing". Problems of the plane representation of space geometry figures. *Educational Studies in Mathematics*, 19(1), 79-92.
<https://doi.org/10.1007/BF00428386>
- Parzysz, B. (2006). La géométrie dans l'enseignement secondaire et en formation. *Quaderni di Ricerca in Didattica*, 17, 121-144.
- Perrin Glorian, M.-J. & Godin, M. (2018). Géométrie plane : pour une approche cohérente du début de l'école à la fin du collège. *Actes du Concertum de la CORFEM*, 1-41.
- Pittalis, M. & Christou, C. (2013). Coding and decoding representations of 3D shapes. *The Journal of Mathematical Behavior*, 32(3), 673-689.
- Reuter, Y., Cohen-Azria, C., Daunay, B., Delcambre, I. & Lahanier-Reuter, D. (2013). *Dictionnaire des concepts fondamentaux des didactiques*. Louvain-la-Neuve : De Boeck Supérieur.
- Royal Society and Joint Mathematical Council (2001). *Teaching and Learning Geometry Pre-19*.
https://royalsociety.org/~media/royal_society_content/policy/publications/2001/9992.pdf
- Sarama, J. & Clements, D. H. (2009). *Early childhood mathematics education research: learning trajectories for young children*. Routledge.

- Seha, M., Beuset, R. & Duroisin, N. (2023). Mettre la recherche en didactique de la géométrie et en psychologie cognitive au service des pratiques enseignantes. *Cahiers pédagogiques*, 586, 31-32.
- Sinclair, N. & Bruce, C. D. (2014). Research forum: spatial reasoning for young learners. Dans P. Liljedahl, C. Nicol, S. Oesterle & D. Allan (éds.), *Proceedings of the joint meeting of PME 38 and PME-NA, 36 (vol. 1)* (pp. 173-203). PME.
- Soury-Lavergne, S. & Maschietto, M. (2015). Articulation of spatial and geometrical knowledge in problem solving with technology at primary school. *ZDM The International Journal on Mathematics Education*, 47(3), 435-449.
<https://doi.org/10.1007/s11858015-0694-3>
- Van de Walle, J. A. (2001). Geometric Thinking and Geometric Concepts. Dans J. A. Van de Walle, K. S. Karp & J. M. Bay-Williams (éds.), *Elementary and Middle School Mathematics: Teaching Developmentally, 4th ed.* (pp. 306-312). Allyn and Bacon.
- Van Hiele, P. M. (1959). The Child's Thought and Geometry. *Classics in Mathematics Education Research*, 61-65.
- Waller, D. & Nadel, L. (2013). *Handbook of spatial cognition*. American Psychological Association.
[https://doi.org/10.1037/13936-000\\$](https://doi.org/10.1037/13936-000$)
- Widder, M. & Gorsky, P. (2013). How students use a software application for visualizing 3D geometric objects to solve problems. *Journal of Computers in Mathematics and Science Teaching*, 32(1), 89-120.
- Widder, M., Berman, A. & Koichu, B. (2019). An *a priori* measure of visual difficulty of 2-D Sketches Depicting 3-D Objects. *Journal for Research in Mathematics Education*, 50(5), 489-528.
<https://doi.org/10.5951/jresmetheduc.50.5.0489>
- Ministère de l'Éducation nationale, de l'enseignement supérieur et de la recherche (2015). *Programmes pour tous les cycles 2-3-4*.
<https://www.education.gouv.fr/au-bo-special-du-26-novembre-2015-programmes-d-enseignement-de-l-ecole-elementaire-et-du-college-3737>
- Ministère de l'Éducation nationale et de la Jeunesse - Direction de l'évaluation, de la prospective et de la performance (DEPP) (2023). Panorama statistique des personnels de l'enseignement scolaire 2022-2023.
<https://www.education.gouv.fr/panorama-statistique-des-personnels-de-l-enseignement-scolaire-2022-2023-379668#:~:text=Dans%20le%20secteur%20public%2C%2074,par%20agent%20et%20par%20an.>
- Ministère de la Communauté Française (1999). *Socles de compétences*. Enseignement

fondamental et premier degré de l'enseignement secondaire. Enseignement de la communauté française, Administration Générale de l'Enseignement et de la Recherche scientifique, Service général des Affaires pédagogiques, de la Recherche en Pédagogie et du Pilotage de l'Enseignement organisé par la communauté française.

Fédération Wallonie-Bruxelles (2019). *Décret définissant la formation initiale des enseignants (7 février 2019)*. Moniteur belge, 5 mars 2019, p. 23808.

Fédération Wallonie-Bruxelles (2022). *Référentiel de mathématiques*.
<http://www.enseignement.be/index.php?page=28597&navi=4920>