

ÉTAT DES LIEUX EN VUE DE LA CONCEPTION D'UNE RESSOURCE INCLUSIVE POUR FORMER À L'ENSEIGNEMENT DE LA GÉOMÉTRIE

| PETITFOUR* ÉDITH

Résumé | Nos travaux visent à la conception d'une situation de formation à l'enseignement de la géométrie pour des élèves de 9-11 ans. L'étude présentée dresse un état des lieux des besoins d'étudiants de master et de professeurs des écoles en formation à l'enseignement spécialisé pour un enseignement de la géométrie s'adressant à la diversité des élèves et prenant en compte les obstacles liés au savoir enseigné.

Mots-clés : ressource, formation des enseignants, géométrie, diversité des élèves, enseignement spécialisé

Abstract | Our work aims to design a training situation for teaching geometry to students aged 9-11. The study presented takes stock of the needs of master's students and teachers training to become specialist teachers for geometry teaching that addresses the diversity of students and takes account of the obstacles associated with the knowledge being taught.

Keywords: Inclusive resource, teacher training, geometry, student diversity, special education

Cette recherche, menée au sein d'un institut de recherche sur l'enseignement des mathématiques (IREM de Rouen, France) en collaboration avec des formateurs de professeurs des écoles, vise à la conception d'une situation de formation à l'enseignement de la géométrie à des élèves de 9-11 ans, en prenant en compte la diversité des élèves en classe et celle des professeurs des écoles en formation, initiale ou à l'enseignement spécialisé. Elle s'inscrit dans la continuité de nos travaux sur l'enseignement de la géométrie par la construction instrumentée dans le cadre de l'inclusion scolaire (Petitfour, 2017a, 2018, 2022, 2024). L'étude présentée constitue la première étape d'un projet¹ de production d'une *ressource pédagogique inclusive* dont l'objectif est double : outiller les enseignants à la prise en compte des besoins des élèves pour permettre des apprentissages géométriques ; outiller les formateurs à la prise en compte de la diversité des étudiants et enseignants se formant à l'enseignement de la géométrie.

Nous présentons les fondements théoriques de notre recherche et nos outils d'analyse, des éléments de contexte et de méthodologie, puis exposons nos analyses avant de conclure.

I. FONDEMENTS THÉORIQUES ET OUTILS D'ANALYSE

1. Enseignement de la géométrie à la transition école-collège

De nombreuses recherches en didactique ont étudié les difficultés des élèves à conduire un raisonnement en appui sur les figures. Houdement et Kuzniak (2006) ont pointé une rupture liée au paradigme géométrique de travail qui évolue d'une géométrie à l'école où l'on produit et vérifie les propriétés aux instruments (*Géométrie 1*) à la géométrie du collège où la validation se fait par des démonstrations (*Géométrie 2*). Houdement (2007) a mis en évidence certains malentendus en formation des maîtres liés à la coexistence de ces paradigmes, chacun propice à du raisonnement. D'autres recherches (Duval et Godin, 2005 ; Perrin-Glorian et Godin, 2014 ; Mathé, Barrier et Perrin-Glorian, 2020) ont pointé le rôle potentiel du dessin instrumenté dans la conceptualisation géométrique en étudiant des conditions pour favoriser une entrée des élèves dans la géométrie théorique *via* la

* Université de Rouen Normandie, LDAR, IREM de Rouen – France – edith.petitfour@univ-rouen.fr

¹ Projet *A³ Géom* soutenu par l'INSPE Normandie Rouen-Le Havre et par le PIA3 100 % IDT.

construction avec des instruments de tracé. Une condition concerne l'exclusion des instruments de mesure pour travailler d'abord sur les grandeurs géométriques (longueurs, angles) ; une autre concerne les instruments de tracé à disposition qui doivent suivre des *règles d'usage géométrique*. Un tel usage pour l'instrument « règle non graduée » est par exemple énoncé ainsi : « Pour placer la *règle*, il faut deux points ou un segment déjà tracé. » (Perrin-Glorian, 2024, p. 12)

Dans des recherches antérieures (Petitfour, 2017a, 2017b, 2018), nous avons porté une attention particulière aux difficultés rencontrées par des élèves dyspraxiques² dans des tâches de construction instrumentée, ayant un impact sur leurs apprentissages géométriques. Nous avons alors déterminé deux critères de réussite d'une construction instrumentée — la *justesse* et la *précision* —, la réussite nécessitant une articulation de différents types de connaissances activés lors d'une séquence d'actions instrumentées mises en œuvre. Précisons qu'une action instrumentée consiste en l'usage d'un objet technique (un instrument de géométrie), dans un environnement de travail donné, pour produire ou analyser un objet graphique (une partie d'un dessin) représentant un objet géométrique. Nous présentons dans la partie suivante ces critères de réussite et types de connaissances. Nous les utiliserons par la suite dans nos analyses.

2. Critères de réussite d'une construction instrumentée et connaissances en jeu

La *précision* d'une construction est liée à celle des instruments. Par exemple, pour le tracé d'un segment d'une mesure de longueur donnée, la précision permise par l'épaisseur de la mine du crayon et par les graduations de la règle correspond à un millimètre. Le tracé d'un angle droit est *précis* si les côtés de l'angle tracés suivent bien les côtés de l'angle droit de l'équerre.

La mise en œuvre de *compétences visuo-spatiales* permet d'apprécier la *précision* de façon perceptive en premier lieu : un dessin *non précis* diffère visuellement du dessin envisagé. Un contrôle instrumenté par vérification des propriétés géométriques représentées ou par superposition sur le dessin d'un calque du dessin attendu (fourni par l'enseignant, un manuel, etc.) permet de confirmer la qualité de la *précision*.

Des *connaissances manipulatoires* liées aux aspects matériels (mécaniques) des instruments et corporels de leur manipulation, ainsi que des *connaissances organisationnelles* concernant la planification des actions et l'organisation matérielle du tracé sont utiles pour obtenir de façon efficace un *dessin précis*. Voici quelques exemples de telles connaissances pour le tracé du second côté d'un angle droit de sommet A ou B, un segment [AB] étant donné. Tracer avec l'équerre un petit trait d'extrémité le sommet de l'angle droit (figure 1a) en vue de le prolonger à la règle permet une moins bonne *précision* que placer avec l'équerre un point éloigné du sommet de l'angle droit en vue de tracer une droite passant par ce point et le sommet de l'angle (figure 1b). Orienter le support par rapport à soi pour ne pas avoir les mains croisées lors du tracé et répartir les appuis en écartant les doigts sur l'instrument utilisé pour le maintenir pendant le tracé (figure 1c *versus* figure 1d) favorisent la production d'un *dessin précis*.

² Élèves porteurs d'un trouble développemental de la coordination, se manifestant principalement dans les habiletés gestuelles (INSERM, 2019).

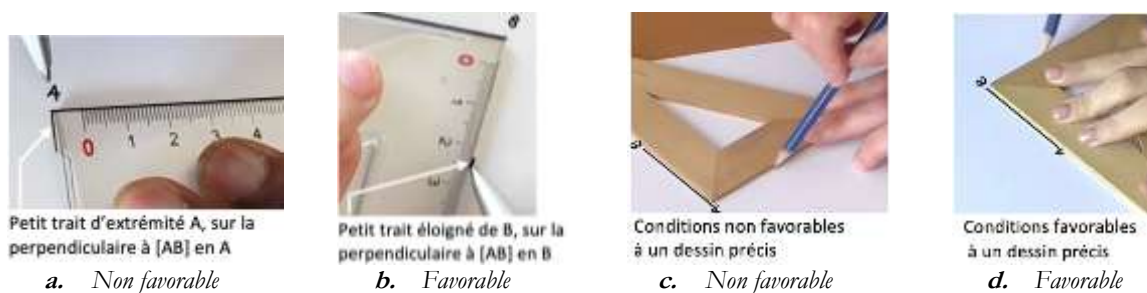


Figure 1 – Précision d'une construction : conditions favorables ou non

La *justesse* d'une construction porte sur l'action instrumentée et le dessin obtenu. Au niveau de l'action instrumentée, la *justesse* est déterminée par le choix de l'instrument approprié et par la mise en œuvre de l'usage spécifique de cet instrument pour produire ou analyser un tracé. Reprenons l'exemple précédent du tracé du second côté d'un angle droit. Nous pouvons observer une construction *juste* d'un angle droit en B sur la figure 2a : un côté de l'angle droit de l'équerre est sur le segment [AB] et le sommet de l'angle droit sur le point B. Les deux autres constructions en revanche ne sont pas *justes* : l'équerre est orientée de façon perceptive pour former un angle droit de sommet A, avec un bord placé sur le point A (figure 2b) ; le trait de la graduation 0 de l'équerre, détourné de son usage, est utilisé pour former un angle droit en B avec le bord gradué (figure 2c).

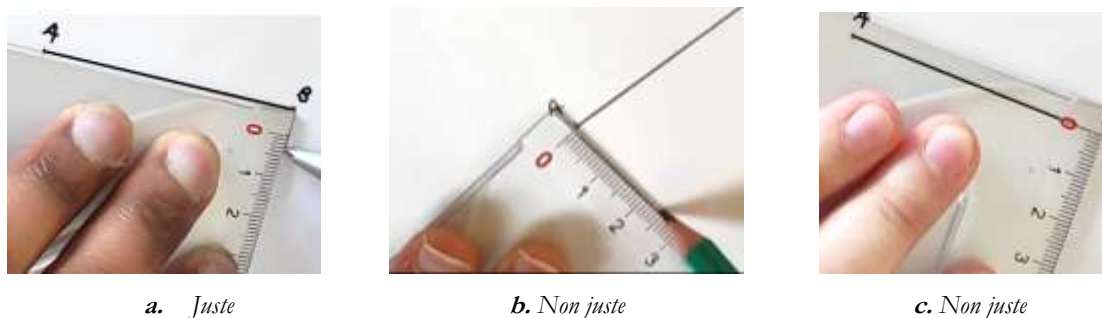


Figure 2 – Évaluation de la justesse d'une action instrumentée

Par ailleurs, le dessin obtenu est *juste* si les propriétés géométriques qui se déduisent de la construction instrumentée (les inférences) sont vérifiées sur le dessin. En *Géométrie 2*, ces propriétés se démontrent ; en *Géométrie 1*, elles se vérifient à l'aide des instruments (pour les angles ou les longueurs) ou de façon visuelle (pour des alignements, les points de concours). Par exemple, si on trace un quadrilatère ayant deux angles droits consécutifs et les côtés de ces angles de même longueur, on pourra apprécier la *justesse* du dessin comme représentant d'un carré, à la *précision* permise par les instruments, en vérifiant à l'équerre que les deux autres angles sont droits et le quatrième côté de même longueur que les trois autres. Des *connaissances techniques* sur les instruments, à savoir sur leurs fonctions et usages spécifiques, sont nécessaires pour réaliser une construction *juste*. Elles s'expriment dans l'action et peuvent se formuler dans un *langage technique géométrique*, par la mention de l'instrument adéquat et l'expression des relations entre certaines de ses parties et des éléments du dessin. Des *connaissances graphiques* (informations graphiques du dessin à interpréter géométriquement) sont aussi nécessaires, ainsi que des *connaissances géométriques* portant sur les objets, propriétés et relations géométriques.

II. ÉLÉMENTS DE CONTEXTE ET DE MÉTHODOLOGIE

Dans la perspective de concevoir une situation de formation à l'enseignement de la géométrie en fin d'école primaire - début de collège (élèves de 9-11 ans), le but de la présente étude est de faire un état des lieux des connaissances mises en jeu dans des tâches de construction instrumentée par différents publics : des élèves, des étudiants en formation initiale au professorat des écoles et des enseignants préparant le certificat d'aptitude professionnelle aux pratiques de l'éducation inclusive³ (CAPPEI). Il s'agit d'une part de repérer les difficultés et les réussites des élèves, et d'autre part d'identifier les besoins en formation des étudiants et des enseignants pour un enseignement s'adressant à la diversité des élèves et contribuant à lever les obstacles à la conceptualisation en géométrie. Par la suite, nous nous appuyerons sur cet état des lieux pour développer une ressource pour la formation qui réponde aux besoins identifiés.

Ainsi, nous avons proposé des tâches de construction géométrique en fin d'année scolaire à une cohorte de 28 élèves de cours moyen (CM) provenant de deux écoles en réseau d'éducation prioritaire⁴ (REP et REP+). Nous nous intéressons à la première tâche (figure 3). Nous avons filmé 21 constructions, réalisées individuellement (14 élèves) ou en binôme (14 élèves).

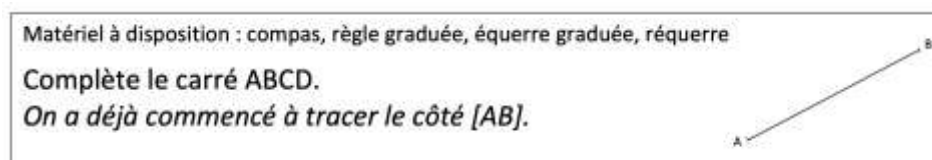


Figure 3 – Tâche de construction géométrique

Nous avons proposé cette tâche à 50 étudiants en fin de première année de master Métiers de l'enseignement, de l'éducation et de la formation (M1, master MEEF) et à 34 enseignants débutant leur préparation au CAPPEI. La consigne était pour eux de produire une capsule vidéo destinée à des élèves de CM comme correction ou aide à la construction instrumentée proposée. Les étudiants disposaient d'une équerre graduée et les enseignants des mêmes instruments que les élèves. Sur le support des élèves et des étudiants, le segment [AB] était en haut de la feuille ; sur celui des enseignants, il était au milieu. Les étudiants et les enseignants, tout comme les élèves, ont été filmés à partir du moment où ils ont découvert la tâche à réaliser, ils n'ont pas eu de temps de préparation, ni la possibilité de communiquer entre eux. Nos données sont composées de 105 courtes vidéos et des dessins obtenus. Nous les analysons en nous intéressant à la *justesse* des constructions, en appui sur l'analyse *a priori* présentée dans la partie suivante. Nous évaluons aussi la *précision* des dessins. Nous repérons les connaissances se manifestant dans la mise en œuvre des actions instrumentées, et, pour les étudiants et enseignants, se manifestant aussi dans le discours accompagnant ces actions, destiné à des élèves qui auraient eu des difficultés à réaliser la tâche.

III. ANALYSE A PRIORI

La tâche « compléter le carré ABCD à partir du côté [AB] » est une conversion (Duval, 2005) d'un texte en un dessin. L'objet géométrique est désigné par son nom : carré ABCD. Le côté déjà tracé contraint l'orientation du dessin sur le support uni. Il est incliné par rapport à la verticale et à

³ En France, ce certificat permet à un enseignant d'être affecté à titre définitif sur un poste qui relève de l'adaptation scolaire ou de la scolarisation des élèves en situation de handicap.

⁴ Les REP+ concernent les quartiers connaissant les plus grandes concentrations de difficultés sociales ayant des incidences fortes sur la réussite scolaire.

l'horizontale pour favoriser la mise en jeu de propriétés géométriques plutôt qu'un unique appui sur la perception visuelle qu'encouragerait une représentation prototypique du carré. Le côté a une longueur de 6 cm (mesure entière) pour limiter les imprécisions qui seraient liées à la lecture de la mesure. Deux tracés de carré sont possibles, l'un dans le sens direct (en dessous de [AB]), l'autre dans le sens indirect (au-dessus de [AB]). La position de [AB] en haut du support ne laisse donc qu'une possibilité de tracé : ABCD dans le sens direct.

Nous décomposons la construction du carré en actions élémentaires. Le tableau 1 présente la construction du côté [AD] consécutif à [AB]. La construction du côté [BC] est analogue. La première colonne exprime en langage géométrique les objets construits, la deuxième l'action instrumentée correspondante en *langage technique géométrique* et la troisième montre le dessin à obtenir, avec le codage des propriétés géométriques données par construction.

Tableau 1 – Actions instrumentées élémentaires pour la construction du côté [AD]

Langage géométrique	Langage technique géométrique	Dessin
Construction de l'angle droit du carré en A par le tracé de d_A demi-droite d'origine A perpendiculaire à [AB].	Action 1 - Prendre l' équerre et placer un côté de l'angle droit sur le côté [AB], avec le sommet de l'angle droit sur le point A. Tracer le long de l'autre côté de l'angle droit de l'équerre.	
Report de la longueur AB sur la demi-droite d_A à partir du point A : r_A (ou tracé d'un arc de cercle de centre A, de rayon AB)	Action 2a - Placer les graduations le long du côté [AB] avec la graduation 0 sur le point A et lire la mesure x_B au niveau du point B. Puis placer les graduations le long de d_A avec la graduation 0 sur le point A et mettre le point D au niveau de x_B . Action 2b - Prendre le compas , placer la pointe sur le point A, la mine sur le point B et tracer un arc de cercle qui coupe d_A en D. <i>NB : L'action 2b peut être réalisée avant l'action 1.</i>	

Nous exposons quatre techniques de construction du carré possibles à partir de deux côtés consécutifs, sans appui sur le tracé des diagonales et en utilisant l'équerre pour obtenir des angles droits⁵ (figure 4). La technique T_1 consiste à tracer la demi-droite d_B perpendiculaire à [AB] d'origine B, du même côté de (AB) que le côté [AD] (ou alors la demi-droite d_D perpendiculaire à [AD] d'origine D), puis à placer le point C sur d_B en reportant la longueur AB à partir du point B, et enfin à tracer [CD]. La *justesse* de la construction se contrôle en vérifiant que $CD = AB$ et que les angles sont droits en C et D. Une variante T_1^* consiste, pour la dernière action, à tracer d_C perpendiculaire à [BC] en C. Le dessin est *juste* si d_C passe par le point D, $CD = AB$ et l'angle en D est droit. La technique T_2 consiste à tracer d_B et d_D , se coupant au point C. La *justesse* se contrôle en vérifiant que l'angle en C est droit et que $DC = CB = AB$. La technique T_3 consiste à tracer deux arcs de cercle de rayon AB, l'un de centre B et l'autre de centre D, se coupant en un point, sommet C du carré, puis à tracer [CD] et [CB]. La *justesse* se contrôle en vérifiant que les angles en B, C et D sont droits.

⁵ La construction de la médiatrice au compas n'est pas abordée en CM, elle l'est seulement en début de collège.

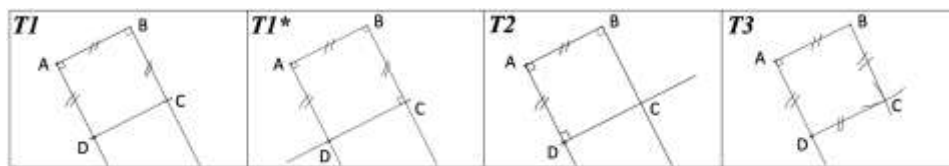


Figure 4 – Dessins codés selon les différentes techniques de construction instrumentée du carré ABCD

IV. ANALYSE

Nous présentons les résultats de l'évaluation des constructions instrumentées réalisées par les élèves, les étudiants et les enseignants. L'annexe 1 les récapitule.

1. Résultats des élèves de CM

Quatre élèves, soit 14 % de la cohorte, réalisent une construction *juste* (une est *précise*). Trois élèves ont utilisé la réquerre, une avec la technique T1 et un binôme avec la technique T1*, en traçant directement les côtés du carré de la longueur voulue une fois la réquerre bien orientée. Le positionnement de la réquerre n'est pas immédiat, plusieurs tentatives sont réalisées. Un élève utilise la technique T1 avec un usage conjoint et maîtrisé de la règle graduée et de l'équerre. Par ailleurs, aucun des quatre élèves ne contrôle la *justesse* du dessin obtenu.

Vingt-quatre élèves, soit 86 % de la cohorte, réalisent une construction *non juste* (Deux sont *précises*). Un élève construit un triangle au lieu d'un carré. Deux élèves (en binôme) utilisent l'équerre graduée pour tracer les côtés [BC] et [CD] du carré sans tenir compte du décalage de la graduation 0 par rapport au sommet de l'angle droit de l'instrument. L'un, percevant que le dessin obtenu ne convient pas (« Ça fait pas trop carré » [sic]), contrôle les quatre angles à l'équerre. Le binôme gomme et refait le dessin de la même façon, sans repérer la cause de l'erreur. Deux élèves utilisent le trait de la graduation 0 de l'équerre pour l'orienter afin de tracer [BC] et [CD] de longueur 6 cm ; ils ne réalisent aucun contrôle des angles droits à l'équerre. Dix-neuf élèves ne tiennent pas compte des angles droits du carré dans leur construction. Parmi eux, certains (5) tracent le carré à la règle de façon perceptive, ne tenant pas compte non plus des égalités de longueurs des côtés. Les autres élèves (14) se focalisent sur ces égalités en positionnant perceptivement la règle, l'équerre ou la réquerre pour tracer des côtés de longueur 6 cm. Onze d'entre eux n'effectuent aucun contrôle instrumenté ; une élève contrôle la mesure du dernier côté, gomme et refait le dessin et un binôme refait cinq fois le dessin, toujours « au jugé », suite à des contrôles perceptifs (« Ça fait trop écarté ») et instrumenté (mesure de la longueur du dernier côté).

2. Résultats des étudiants de M1

Trente-deux étudiants, soit 64 % de la cohorte, réalisent une construction *juste* avec l'équerre graduée : dix-neuf utilisent la technique T1, treize la technique T1*, aucun la technique T2. Dans les commentaires donnés par ces étudiants, des *connaissances géométriques* sont formulées sur les propriétés des angles et des longueurs des côtés du carré par dix étudiants et seulement sur les longueurs par six étudiants. Vingt-quatre étudiants ne donnent aucune information sur le positionnement de l'équerre et les huit autres n'en donnent que très peu. Concernant la *justesse* du dessin, cinq étudiants la contrôlent entièrement, douze partiellement (absence de la mesure du quatrième côté ou de vérification d'angles droits), quinze pas du tout. Une part non négligeable des constructions, quatorze contre dix-huit, est réalisée dans des conditions peu favorables à la *précision* comme présenté sur la figure 1a. En outre, parmi les dix-huit étudiants traçant dans des conditions favorables à la *précision*, seuls dix font des traits de construction permettant le report de longueur sur une demi-droite, les huit autres prolongent un

segment jusqu'à atteindre la longueur de 6 cm. Treize constructions sur cinquante manquent de précision. Six constructions parmi ces treize sont des constructions *justes*.

Dix-huit étudiants, soit 36 % de la cohorte, réalisent une construction *non juste*. Treize ont utilisé un trait de graduation pour tracer un côté de longueur 6 cm perpendiculaire à [AB] (figure 2c). Certains vérifient la *précision* de l'angle ensuite ; une d'entre eux procède par ajustements successifs : une fois l'angle droit tracé à l'aide du trait de graduation, elle en contrôle la *précision* avec l'angle droit de l'équerre, gomme s'il ne convient pas, le retrace avec le trait de graduation et vérifie de nouveau. Six constructions *non justes* proviennent d'une orientation perceptive de l'équerre (figure 2b) pour tracer un côté de longueur 6 cm. Deux étudiants ont procédé ainsi par défaut, ne parvenant pas à mettre le côté non gradué de l'équerre sur [AB] avec la graduation 0 sur le point A. Une étudiante enfin ne prend pas en compte les égalités de longueur des côtés. Elle trace à l'équerre deux segments perpendiculaires à la droite (AB), l'un d'extrémité A, l'autre d'extrémité B, d'une longueur prise perceptivement. Elle relie les deux autres extrémités des segments pour obtenir le côté [CD]. Elle vérifie les angles en C et en D à l'équerre et rectifie « au jugé » le tracé de [CD] pour rendre les angles droits. On peut remarquer dans sa façon de tracer des conditions non favorables à la *précision* telles la figure 1c. Elle nous précise à la fin : « J'ai toujours du mal à faire des traits droits, j'arrive jamais à tenir l'équerre ou la règle correctement » (*sic*). Elle attribue ainsi l'*imprécision* du dessin à ses difficultés manipulatoires, sans remettre en cause la *justesse* de la construction, alors qu'il le faudrait aussi.

3. Résultats des enseignants en formation CAPPEI

Vingt-huit enseignants réalisent une construction *juste*. Treize utilisent le compas pour les reports de longueur et quinze les graduations. Vingt-deux enseignants utilisent la technique T1, cinq la technique T1*, aucun la technique T2 et un la technique T3. Un sixième des enseignants ayant réalisé une construction *juste* contrôle la *justesse* du dessin, un tiers la contrôle de façon partielle et la moitié ne la contrôle pas. Parmi les vingt-huit constructions *justes*, huit sont *imprécises*. Trois des constructions *justes*, dont deux *imprécises*, ont été réalisées dans des conditions peu favorables à la *précision* comme présenté sur la figure 1a.

Six enseignants réalisent une construction *non juste*. Parmi ceux-ci, deux ont utilisé le trait de graduation 0 de l'équerre pour orienter l'instrument afin de tracer [BC] et [CD] de longueur 6 cm. Un des dessins est *précis*, l'autre non malgré un contrôle à l'équerre des quatre angles droits. Une enseignante, utilisant la technique T1, oublie de faire le report de longueur annoncé et obtient une construction *imprécise*. Une autre enseignante utilise l'équerre graduée pour tracer les côtés du carré sans tenir compte du décalage de la graduation 0 par rapport au sommet de l'angle droit. Enfin, une enseignante interprète mal la consigne en prenant le segment [AB] comme diagonale du carré à tracer et une autre ne sait comment terminer la construction après avoir tracé deux cercles de rayon AB, l'un de centre A, l'autre de centre B.

V. DISCUSSION ET CONCLUSION

Selon les programmes scolaires français du cycle 3 (élèves de 9-11 ans), les situations faisant appel à des types de tâches mettant en jeu des actions instrumentées sont proposées aux élèves « afin de faire émerger des concepts géométriques (caractérisations et propriétés des objets, relations entre les objets) et les enrichir. » (MEN, 2020, p. 97) Résoudre des problèmes de construction instrumentée doit donc conduire les élèves vers la conceptualisation en développant leurs connaissances géométriques et l'exercice du raisonnement. La tâche de construction instrumentée analysée dans notre étude — compléter un carré à partir d'un de ses côtés — nous permet d'avoir un premier aperçu sur les acquis

en géométrie d'élèves (28) après une ou deux années de cycle 3 d'une part, et sur les besoins en formation d'étudiants (50) se destinant au professorat des écoles et ceux d'enseignants (34) souhaitant exercer dans l'enseignement spécialisé d'autre part.

Nos analyses des constructions instrumentées, tant au niveau des actions instrumentées que du dessin produit, ont été réalisées suivant les critères de *justesse* et de *précision*. Nous avons relevé principalement deux types d'actions instrumentées ne validant pas le critère de *justesse* : celles réalisées avec une orientation perceptive de l'instrument pour produire des angles droits, et celles où la fonction d'une graduation est détournée de son usage. Le premier type d'actions témoigne d'un manque de connaissances géométriques relatives aux angles droits que possède un carré. C'est le cas pour 79 % des élèves et 12 % des étudiants qui se focalisent uniquement sur les égalités de longueur des côtés du carré, avec l'usage des graduations (à l'exception de 11 % d'élèves qui ne tiennent pas compte de ces égalités non plus). Un moyen de contrer cette centration sur la mesure serait d'exclure les graduations des instruments à disposition pour travailler sur les grandeurs, à l'instar de Perrin-Glorian (2024).

Le second type d'actions est réalisé par 7 % des élèves, 26 % des étudiants et 6 % des enseignants. Il peut être motivé par un souci d'*économie gestuelle* (Offre, Perrin-Glorian et Verbaere, 2006) pour tracer en un seul geste le second côté d'un angle droit de la mesure voulue. L'équerre matérielle à disposition, avec la graduation 0 décalée du sommet de l'angle droit, contraint en effet à deux actions distinctes si on respecte l'usage spécifique de l'instrument (ou alors à associer l'usage simultané d'une règle graduée). Un trait de graduation forme effectivement un angle droit avec le bord gradué de l'équerre ou de la règle. Cet angle, de par son très petit côté, offre des conditions peu favorables à la *précision* des tracés. Cela n'empêche pas d'obtenir un dessin *précis* – et donc valide en *Géométrie 1* – pour qui a de bonnes *compétences visuo-spatiales*, quitte à faire des vérifications instrumentées et réajustements si besoin. Nous excluons cependant cet usage des constructions *justes* car il ne favorise pas, pour les élèves, l'identification des propriétés géométriques mises en jeu. L'orientation de l'instrument suivant le trait de graduation est peu visible, si bien que les élèves peuvent facilement confondre ce positionnement avec un positionnement « au jugé » et évacuer la propriété que doivent vérifier les angles d'un carré (cas de 4 élèves sur 5). Ce détournement des graduations serait acceptable pour l'élève expert qui saurait précisément quelle propriété géométrique il met en jeu par ce procédé. L'enseigner aux élèves ne nous semble pas propice aux apprentissages visés, d'autant plus si la verbalisation est du type : « J'utilise l'équerre pour faire un angle droit », « Je mets bien mon équerre » (extraits de capsules produites par des étudiants et enseignants). Cet usage détourné du trait de graduation peut aussi être motivé par un évitement des traits de construction. Globalement, peu d'étudiants (20 %) et d'enseignants (44 %) ne s'autorisent à en faire et un seul élève en fait. Or les traits de construction permettraient d'associer à une action instrumentée une seule propriété et ainsi de mieux identifier les propriétés géométriques en jeu lors de la construction instrumentée (tracé d'une demi-droite, puis report de longueur sur cette demi-droite). Enfin, peu d'étudiants et d'enseignants contrôlent explicitement la *justesse* du dessin obtenu (12 % des étudiants et 18 % des enseignants font un contrôle, 24 % des étudiants et 29 % des enseignants font un contrôle partiel). Ce contrôle est certes inutile si le dessin réalisé est *précis*, cependant faire des inférences à partir de propriétés obtenues par construction nous semble utile pour pouvoir contribuer à l'exercice du raisonnement des élèves en vue du travail ultérieur au collège en *Géométrie 2*.

Nous avons mis au jour des erreurs et difficultés pour une part importante d'élèves de CM lors de la réalisation de la construction instrumentée analysée, mais aussi pour certains étudiants et enseignants. Une part non négligeable de ces derniers ne valident pas le critère de *justesse* quant aux actions instrumentées qu'ils réalisent et davantage encore quant au contrôle instrumenté du dessin. Par ailleurs, les explications données dans les capsules vidéo par les étudiants et les enseignants expriment peu de

connaissances techniques qui pourraient mener les élèves à la réalisation d'une construction *juste*, notamment pour l'usage de l'équerre. Notre situation de formation à l'enseignement de la géométrie pourrait donc cibler le développement de ces connaissances associées à l'utilisation des instruments et aux connaissances géométriques dont ils sont porteurs. L'utilisation d'un *langage technique géométrique* accompagné de gestes associés aux actions instrumentées est un moyen que nous avons exploité pour permettre des apprentissages en géométrie aux élèves dyspraxiques (Petitfour, 2017b). Ce pourrait être un levier du côté de l'enseignant pour favoriser l'identification des propriétés géométriques en jeu et l'exercice du raisonnement. Nous intégrerons donc ces éléments dans les scénarii d'enseignement de la géométrie à expérimenter, pour l'un en classe, pour l'autre en formation, dans les prochaines étapes de notre projet de conception d'une ressource inclusive pour la formation à l'enseignement de la géométrie.

RÉFÉRENCES

- 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. <https://bibnum.publimath.fr/IST/IST05010.pdf>
- Duval, R. et Godin, M. (2005). Les changements de regard nécessaires sur les figures. *Grand N*, (76), 7-27.
- Houdement, C. et Kuzniak, A. (2006). Paradigmes géométriques et enseignement de la géométrie. *Annales de Didactiques et de Sciences Cognitives*, 11, 175-193.
- Houdement, C. (2007). À la recherche d'une cohérence entre géométrie de l'école et géométrie du collège. *Repères-IREM*, (67), 69-84.
- INSERM - Institut National de la Santé et de la Recherche Médicale (2019). *Trouble développemental de la coordination ou dyspraxie*. EDP Sciences.
- Mathé, A. C., Barrier, T. et Perrin-Glorian, M. J. (2020). *Enseigner la géométrie à l'école*. L'Harmattan.
- Ministère de l'éducation nationale [MEN]. (2020, 30 juillet). *Programmes du cycle 3, en vigueur à la rentrée 2020. D'après le BOEN n° 31 du 30 juillet 2020*. Ministère de l'éducation nationale de France.
- Offre, B., Perrin-Glorian, M.-J. et Verbaere, O. (2006). Usage des instruments et des propriétés géométriques en fin de CM2. *Grand N*, (77), 7-34.
- Perrin-Glorian, M.-J. et Godin, M. (2014). De la reproduction de figures géométriques avec des instruments vers leur caractérisation par des énoncés. *Math-école*, (222), 26-36.
- Perrin-Glorian, M.-J. (2024). Enseigner la géométrie plane en cohérence de 6 à 15 ans. *Revisita Matematica, Ensino e Cultura-REMATEC*, 47, article e2024001 <https://www.rematec.net.br/index.php/rematec/issue/view/51>
- Petitfour, E. (2017a). Outils théoriques d'analyse de l'action instrumentée, au service de l'étude de difficultés d'élèves dyspraxiques en géométrie. *Recherches en Didactique des Mathématiques*, 37(2-3), 247-288.
- Petitfour, E. (2017b). Enseignement de la géométrie en fin de cycle 3. Proposition d'un dispositif de travail en dyade. *Petit x*, (103), 5-31.
- Petitfour, E. (2018). Quel accompagnement en géométrie pour des élèves dyspraxiques ? *Grand N*, (101), 45-70.

Petitfour, E. (2022). Quel accès aux apprentissages géométriques pour les élèves dyspraxiques ? *Au fil des Maths*, (545), 5-13.

Petitfour, E. (2024). Approach to teaching geometry to dyspraxic students. Dans T. Lowrie, A. Gutierrez et F. Emprin (dir.), *Pre-proceedings of the 26th ICMI study conference “Advances in geometry education”* (p. 245-252). ICMI.

ANNEXE 1

Le tableau 2 recense l’évaluation des 105 constructions instrumentées analysées. La colonne « Précision » indique les effectifs d’élèves, d’étudiants et d’enseignants ayant produit un dessin *précis* ou *non précis*. La colonne « Justesse » indique ceux ayant produit une construction *juste* ou *non juste*. Cette dernière catégorie se décline en trois cas : les constructions dont les angles droits ont été produits avec un trait de graduation ou avec une orientation perceptive de l’instrument (« au jugé ») et les autres cas. La dernière colonne indique pour les constructions *justes* si un contrôle de la *justesse* du dessin a été réalisé par son auteur de façon complète, partielle ou pas du tout.

Tableau 2 – Évaluation des 105 constructions instrumentées

	Précision		Justesse					Contrôle		
	PRÉCIS	Non précis	JUSTE	Non juste			Oui	Partiel	Non	
				Angle avec graduation	Angle au jugé	Autre				
28 élèves	3	25	4	2		19	3	0	0	4
50 étudiants	37	13	32	11	2	4	1	5	12	15
34 enseignants	21	11	28	2		0	4	5	10	13

Les diagrammes en barres (figure 5) permettent de comparer la qualité des productions obtenues entre élèves, étudiants et enseignants. Les diagrammes circulaires (figure 6) donnent à voir le type d’erreur ayant abouti à une construction *non juste* pour chacun des trois groupes étudiés.

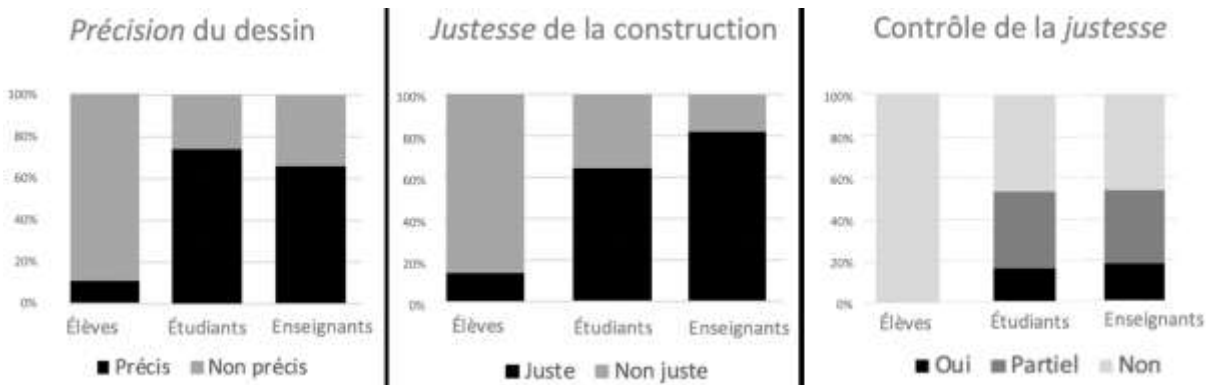


Figure 5 – Justesse et précision des constructions

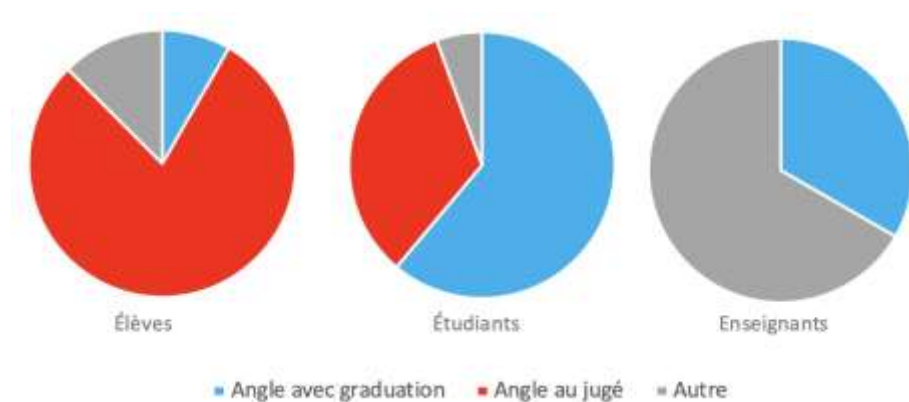


Figure 6 – Origine de la non justesse des constructions