Enseignement de la géométrie à des élèves dyspraxiques visuospatiaux inclus en classe ordinaire

Teaching geometry to pupils with visual spatial dyspraxia included in ordinary class

Édith Petitfour

Édition électronique

URL : <https://journals.openedition.org/ree/6794>

DOI : 10.4000/ree.6794

ISSN : 1954-3077

Éditeur

Université de Nantes

Édition imprimée

Date de publication : 1 octobre 2015

Référence électronique

Édith Petitfour, « Enseignement de la géométrie à des élèves dyspraxiques visuospatiaux inclus en classe ordinaire », *Recherches en éducation* [En ligne], 23 | 2015, mis en ligne le 01 octobre 2015, consulté le 17 juin 2021. URL : <http://journals.openedition.org/ree/6794> ; DOI : <https://doi.org/10.4000/ree.6794>

Recherches en éducation est mise à disposition selon les termes de la Licence Creative Commons Attribution - Pas d'Utilisation Commerciale - Pas de Modification 4.0 International.

Enseignement de la géométrie à des élèves dyspraxiques visuospatiaux inclus en classe ordinaire

Édith Petitfour¹

Résumé

Les méthodes d'enseignement de la géométrie plane, qui s'appuient sur des constructions instrumentées avec règle, équerre, compas, et sur une perception fine des figures, sont productrices d'échecs pour les élèves dyspraxiques visuospatiaux. À partir de nos observations en classe, lors de séances de géométrie, de dix élèves dyspraxiques visuospatiaux de CM2 et de sixième, inclus en classe ordinaire, nous présentons tout d'abord les difficultés et obstacles auxquels ils sont confrontés, et qui entravent leurs apprentissages. Nous cherchons ensuite à déterminer si le recours à un environnement numérique pourrait permettre de favoriser les apprentissages pour ces élèves. Nous analysons enfin différents types d'aides apportées à ces élèves dans différents dispositifs de travail dans l'environnement papier-crayon afin de dégager celles qui pourraient être judicieuses pour leur permettre de progresser.

La dyspraxie peut être définie comme un trouble de la planification spatiale et temporelle de l'action intentionnelle et finalisée, qui se traduit par une anomalie de la réalisation gestuelle. En dépit d'un apprentissage habituel, l'enfant dyspraxique ne parvient pas à une réalisation automatisée et harmonieuse du geste, et ce, en l'absence d'une déficience mentale et de troubles moteurs ou sensoriels (Mazeau, 2008). Les apprentissages géométriques peuvent donc sembler irréalisables pour des élèves dyspraxiques, maladroits dans l'accomplissement de leurs gestes, si l'enseignement qu'ils reçoivent fait appel à un travail avec des objets matériels. C'est le cas à l'école primaire et en début de collège dans des travaux où sont manipulées des formes et dans les problèmes de construction avec les instruments de géométrie. Les activités d'enseignement qui exploitent le tracé instrumenté nous laissent augurer des difficultés importantes pour ces élèves, plus encore s'ils ont des troubles visuospatiaux, lorsque les activités s'appuient sur une approche perceptive des figures.

Dans cet article, nous nous intéressons à l'enseignement de la géométrie plane à des élèves dyspraxiques visuospatiaux inclus en classe ordinaire lors de la transition école primaire - collège. Dans un premier temps, nous présentons les difficultés et obstacles rencontrés par ces élèves dans des activités de géométrie réalisées dans l'environnement papier-crayon, en lien avec leur handicap. Nous étudions ensuite un travail dans un environnement numérique comme voie de recours, en exposant quelques potentialités ainsi que quelques contraintes qui en entravent la mise en œuvre sur le terrain. Nous catégorisons enfin les aides qui peuvent être apportées à ces élèves à partir d'analyses du fonctionnement de différents dispositifs de travail dans l'environnement papier-crayon mis en place dans des classes où nous avons mené nos observations.

1. Activité géométrique d'élèves dyspraxiques visuospatiaux inclus en classe ordinaire

Les activités géométriques qui nécessitent des manipulations de matériels sont source de grandes difficultés et d'échecs pour les élèves dyspraxiques visuospatiaux. De nos observations de l'activité autonome de tels élèves confrontés aux mêmes types de tâches de construction

¹ Doctorante en didactique des mathématiques, Laboratoire de Didactique André Revuz (LDAR), Université de Paris Diderot.

instrumentée, et dans les mêmes conditions que les élèves standards, nous avons relevé plusieurs facteurs qui font obstacle à la réussite de leurs travaux et à leurs apprentissages. Ces facteurs sont liés à leur handicap et non à des connaissances géométriques qui ne seraient pas encore acquises.

Nos observations ont été effectuées durant la période 2011-2013, lors de séances de géométrie, sur dix élèves dyspraxiques visuospatiaux inclus en classe ordinaire : deux dans une même classe de cours moyen deuxième année (CM2) et huit en sixième dont quatre issus d'une Unité Localisée pour l'Inclusion Scolaire (ULIS). Les huit élèves de sixième étaient répartis dans quatre classes dont deux avaient le même enseignant. Parmi les dix élèves, une seule ne bénéficiait pas de l'aide d'un auxiliaire de vie scolaire (AVS). Nous avons enregistré onze séances en classe avec cette élève et pris des notes de nos observations. Un élève de sixième a été filmé pendant sept séances et une élève de CM2 pendant deux séances. Pour les autres élèves, nous avons pris des notes lors de nos observations durant une séance. Nous avons eu également un entretien avec chacun des quatre enseignants. Nous présentons ci-après les manifestations communes, constatées en géométrie, des troubles spécifiques des apprentissages de ces élèves et en donnons un éclairage en nous appuyant sur des travaux en sciences cognitives.

■ ***Production de l'élève dyspraxique en géométrie et interprétations***

Les tracés réalisés par l'élève dyspraxique sont rarement jugés satisfaisants par l'enseignant mais également par l'élève lui-même. Très souvent, sa production se présente sur un fond d'essais mal gommés, avec des écarts perceptibles à l'œil nu au niveau de la mesure des longueurs ou des angles et avec des imprécisions au niveau des relations d'incidence (par exemple, les points sont un peu à côté des lignes sur lesquelles ils devraient être). Ainsi, le résultat obtenu est brouillon et n'est pas exploitable comme support pour des vérifications de propriétés géométriques, pour l'émission de conjectures ou pour le raisonnement. Il laisse à supposer de la précipitation, de la négligence, un manque d'attention ou d'application : c'est ce type de remarques que l'élève reçoit constamment alors que ses productions lui demandent généralement beaucoup plus de temps qu'aux autres élèves. Le résultat peut aussi laisser penser à l'enseignant, lorsqu'il n'a pas vu l'élève construire avec ses instruments, qu'une technique incorrecte a été mise en œuvre, alors que cela peut ne pas être le cas. Plusieurs facteurs, imputables au handicap de ces élèves, concourent à cela.

■ ***Troubles praxiques et conséquences sur les productions***

Tout d'abord, ces élèves font preuve d'une extrême maladresse dans la manipulation de leurs instruments de géométrie. Elle se manifeste par une gestuelle saccadée, sans modulation, avec un freinage tardif, et également par une coopération malhabile des mains. Cela conduit à des positionnements d'instruments très approximatifs (règle mal ajustée sur un segment à prolonger), à des appuis mal dosés (la règle bouge car l'appui de la main qui trace est plus fort que celui de la main qui maintient la règle), et à des tenues d'instruments inadaptées (doigts qui dépassent du bord de la règle le long duquel il faut tracer).

Par ailleurs, l'élève dyspraxique semble dépourvu de tout sens pratique dans la manipulation des outils scolaires, par exemple lorsqu'il gomme sans maintenir son support, ou alors en maintenant sa règle sur le trait qu'il essaie d'effacer. Il est capable de surinvestir les conseils qui lui sont donnés comme pour ce qui est de tracer avec un crayon bien aiguisé, taillant et retaillant son crayon très fréquemment et sur une durée démultipliée, parce que la mine casse sans cesse, se coince dans le taille-crayon, parce que le taille-crayon se renverse, etc.

Ces difficultés manipulatoires de l'élève trouvent leur origine dans ses troubles praxiques qui le placent dans une incapacité à programmer, puis à contrôler et ajuster en temps réel des séquences de gestes qui répondent à ses intentions. Les coordinations gestuelles ne se mettent pas en place dans les délais habituels pour l'élève, ou sinon, d'une façon déficitaire et inefficace, alors qu'il a bénéficié d'un enseignement habituel (Mazeau & Le Lostec, 2010). Ainsi, l'enfant dyspraxique conçoit bien les gestes, mais il n'arrive ni à les organiser ni à les exécuter en

concordance avec son intention. Ces difficultés apparaissent naturellement pour tout élève lors de l'apprentissage des gestes spécifiques à la manipulation des instruments : utilisation d'une règle pour relier deux points en cours primaire (CP), du compas pour tracer un cercle en cours élémentaire deuxième année (CE2), etc. Généralement, ces gestes appris deviennent automatisés après un certain nombre d'entraînements et peuvent être réalisés ensuite avec succès, sans nécessité d'une grande attention et sans fatigue. Pour les élèves dyspraxiques, il n'en est rien : « *Ils ne peuvent réaliser facilement ni "routiniser" des traitements de "bas niveau" (sensorimoteurs, gestuels et spatiaux), traitements qui font normalement l'objet d'une acquisition implicite puis d'une automatisation chez les enfants tout-venant.* » (Mazeau & Le Lostec, 2010, p.21)

Cette absence d'automatisation constitue un handicap caché pour ces élèves alors en incapacité de réussir une double tâche. Par exemple, une tâche telle que relier deux points à la règle, complexe pour tout élève de CP en phase d'apprentissage, mais banale et routinière pour un élève standard de fin d'école primaire ou de collège, nécessitera tout au long de la scolarité de l'élève dyspraxique un contrôle volontaire extrêmement coûteux dans l'organisation des différentes actions à exécuter pour aboutir au tracé escompté. Pendant que l'élève cherchera à placer sa règle un peu en dessous des deux points pour tenir compte de l'épaisseur de la mine de son crayon, à la maintenir d'une main, doigts écartés en pattes d'araignée bien répartis sur la règle, sans dépasser sur le bord, à tracer de l'autre main, en démarrant d'un point et allant vers l'autre, en appuyant assez fort sur le crayon pour laisser une trace le long de la règle, mais pas trop pour qu'elle ne bouge pas, il ne sera pas en mesure d'écouter et de comprendre ce que pourra être en train d'expliquer l'enseignant.

À ces troubles du geste, qui compromettent fortement la précision de la construction instrumentée, viennent s'ajouter des troubles de l'organisation spatiale, qui constituent des obstacles souvent inaperçus des enseignants.

■ **Troubles de l'organisation spatiale et conséquences sur les productions**

Un défaut d'organisation conduit fréquemment l'élève à ne pas disposer de façon rapide en classe de son matériel : son activité se réduit alors soit à ne pas savoir comment se le procurer et à attendre, soit à le chercher pendant plusieurs minutes, de façon désordonnée, en retournant toutes ses affaires dans son sac ou sur la table. Pendant ce temps, les autres élèves réalisent leur construction si bien qu'un décalage se crée entre l'activité de la classe et celle de l'élève dyspraxique. Les explications qui font suite sont perdues pour l'élève dyspraxique s'il décide de faire la construction une fois son matériel trouvé, puisqu'il ne peut à la fois être concentré sur la manipulation des instruments et écouter l'enseignant. Ou alors elles lui sont moins accessibles, s'il décide d'écouter et de ne pas faire la construction, puisqu'elles se réfèrent à des techniques et raisonnements qu'il n'a pas eu l'occasion d'élaborer.

Un défaut d'organisation conduit aussi à des constructions sur des supports instables avec comme conséquence un tracé échoué : échoué parce que la « règle bouge » lorsqu'elle est en déséquilibre sur le grand cahier d'exercices posé sur une table encombrée d'affaires ; échoué parce que « l'équerre bascule » lorsqu'elle est moitié sur le bas du cahier, moitié dans le vide ; échoué parce que le « compas dérape » lorsque le support est une feuille de papier posée sur la table dans laquelle la pointe du compas n'a pas d'accroche, etc.

Des difficultés dans la représentation spatiale pour certains, des troubles visuospatiaux pour d'autres, empêchent également toute anticipation d'une occupation rationnelle de l'espace de la feuille de papier pour les constructions de figures. Les tracés devront être refaits parce qu'il faudrait sinon « sortir de la feuille » pour les terminer ou alors parce qu'ils se chevaucheraient avec d'autres figures ou avec du texte. Lorsqu'aucune contrainte de dimension n'est donnée, les tracés peuvent être démesurés, peu lisibles lorsqu'ils sont trop grands ou lorsqu'ils sont trop petits ou encore avec des codages (égalités de longueur, angles droits, noms d'objets géométriques) disproportionnés par rapport à la figure.

Les troubles visuospatiaux conduisent aussi à une appréhension non fiable des figures.

« Les yeux ne peuvent pas explorer la figure, ou le modèle, de façon cohérente et régulière. Ils “sautent” sans logique d’un endroit à un autre, se posant à plusieurs reprises sur certains secteurs et en ignorant d’autres, sans percevoir l’ensemble ni l’organisation spatiale des diverses parties. » (Mazeau & Crouail, 2009, p.60)

Une bonne perception des objets géométriques et de leurs propriétés est donc compromise par ces anomalies du regard. La prise de repères sur support quadrillé l’est également, et tout autant l’évaluation du degré de précision d’une construction, un tracé pouvant être estimé précis alors qu’il ne l’est pas, et non précis alors qu’il est acceptable.

■ **Conséquences sur les apprentissages géométriques**

Les difficultés que nous venons de présenter pour ces élèves dyspraxiques visuospatiaux ont des conséquences néfastes sur leurs apprentissages géométriques. Que leur technique de construction soit géométriquement correcte ou non, ils se focalisent uniquement sur la recherche de la précision du résultat final, encouragés aussi à cela par les remarques de l’enseignant sur leur production. Ainsi, certains élèves semblent obnubilés par la recherche d’une précision rarement atteinte malgré leurs efforts. Leurs tracés ne sont jamais réussis du premier coup et sont à tout instant gommés et refaits pour l’une ou l’autre des raisons exposées précédemment. Ces états de fait les conduisent à être plus lents que les autres dans la réalisation des mêmes tâches. Ils épuisent plus rapidement leurs ressources attentionnelles sur des tâches de « bas niveau », automatisées pour les autres élèves. Ils sont alors plus fatigables qu’eux et donc moins disponibles pour exercer leur raisonnement alors que leur compétence à ce niveau est préservée.

Tout cela porte à penser que tout tracé dans l’environnement papier-crayon, avec le matériel scolaire classique de géométrie, est à proscrire des méthodes d’enseignement aux élèves dyspraxiques, si aucune aide spécifique ne leur est apportée en classe. Ne serait-il pas finalement plus judicieux de dispenser ces élèves d’un enseignement en géométrie au regard de leur incapacité ?

2. Quelle alternative pour permettre des apprentissages en géométrie à des élèves dyspraxiques visuospatiaux ?

■ **Pourquoi enseigner la géométrie à des élèves dyspraxiques visuospatiaux ?**

Ce choix de ne pas enseigner la géométrie à des élèves en grande difficulté scolaire, et donc en particulier à des élèves dyspraxiques, est un choix que nous avons souvent vu adopté par des enseignants à l’école primaire. Ceux-ci privilégient en effet pour ces élèves un enseignement en mathématiques dans les domaines de la numération et des opérations : abandon de la géométrie au profit d’apprentissages qui semblent pour certains plus essentiels pour contribuer à rendre l’élève autonome dans sa vie quotidienne, par exemple lorsqu’il devra faire des achats ou lorsque plus tard, il aura un budget à gérer. Un des élèves dyspraxiques dont nous avons étudié les travaux en mathématiques tout au long de sa scolarité, n’a, par exemple, plus fait d’activités géométriques à l’école primaire après le CP quand il a suivi une scolarité partagée entre classe ordinaire et Classe d’Inclusion Scolaire (CLIS) en mathématiques avec un enseignant spécialisé.

Nous souhaitons proposer une voie de recours à l’évitement, parce qu’il nous semble important de ne pas priver ces élèves des apports que pourraient avoir pour eux des apprentissages en géométrie, à savoir en particulier tout ce qui concerne le développement du raisonnement, compétence préservée, rappelons-le, chez l’élève dyspraxique, tout comme le sont la mémoire et

le langage. La géométrie, en effet, offre très tôt dans la scolarité un champ riche de problèmes permettant de s'initier à l'activité de démonstration : partir de prémisses, émettre des conjectures, faire des déductions en fonction de ce que l'on sait. Elle permet aussi de développer la rigueur et l'esprit critique. De plus, des raisonnements complexes, non algorithmisables, peuvent être abordés assez tôt dans la scolarité, ce qui n'est pas le cas dans le domaine numérique (Perrin-Glorian & Salin, 2010). Enfin, les objets sur lesquels s'élaborent les démarches de recherche, les figures géométriques, sont plus accessibles que n'importe quel terrain des sciences expérimentales, à condition que les troubles spatiaux soient pris en compte dans l'enseignement.

La construction instrumentée dans laquelle les élèves sont défaillants est un réel obstacle au développement du raisonnement qui est visé. Pourtant, la manipulation des instruments n'est pas un but en soi : ce n'est qu'un moyen utilisé dans l'enseignement pour conduire à une conceptualisation des notions géométriques.

« L'enfant dyspraxique est ainsi très souvent mis en difficulté par la méthode d'enseignement, les procédures préconisées et/ou le matériel pédagogique utilisé (et non par les connaissances ou le concept à acquérir). » (Mazeau & Le Lostec, 2010, p.9)

■ **Préconisations institutionnelles**

Si le dessin instrumenté prend une grande place dans l'enseignement de la géométrie à l'école primaire et en début de collège, c'est aussi parce que cette méthode d'enseignement est encouragée par les programmes officiels. Par exemple, dans les commentaires du programme de sixième relatifs à la symétrie axiale (BO Spécial n°6 du 28 août 2008), il est précisé que *« dans la continuité du travail entrepris à l'école élémentaire, les activités s'appuient encore sur un travail expérimental (pliage, papier calque) permettant d'obtenir un inventaire abondant de figures simples à partir desquelles sont dégagées les propriétés de conservation de la symétrie axiale. »* Des situations de pliage d'une feuille de papier suivant une ligne droite puis découpage ou décalquage de formes pour travailler la notion de symétrie axiale sont par exemple proposées. Ces manipulations laissent progressivement place au tracé avec les instruments usuels de géométrie. La capacité à les utiliser avec précision fait partie des injonctions institutionnelles : une des compétences attendues à la fin du CM2 dans le deuxième palier pour la maîtrise du socle commun est que l'élève soit *« capable d'utiliser la règle, l'équerre et le compas pour vérifier la nature de figures planes usuelles et les construire avec soin et précision »* (BO n°3, 19 juin 2008, Hors-Série). L'importance de leur maniement dans les apprentissages est également soulignée. En effet, dans les programmes du collège (BO Spécial n°6 du 28 août 2008), il est stipulé que *« les constructions géométriques, avec leurs instruments traditionnels – règle, équerre, compas, rapporteur – aussi bien qu'avec un logiciel de géométrie, constituent une étape essentielle à la compréhension des situations géométriques. »*

Ainsi les directives institutionnelles promeuvent un travail expérimental ainsi que l'usage des instruments de géométrie pour apprendre. En vue de déterminer des moyens de contourner le dessin instrumenté, sans perdre les apports nécessaires aux apprentissages géométriques, nous avons étudié ce qu'il pouvait apporter.

■ **Quels sont les apports de la construction instrumentée dans les apprentissages ?**

Une *construction géométrique instrumentée* consiste en la réalisation par le sujet d'*objets de l'espace graphique* à l'aide d'instruments, dans un environnement papier-crayon ou dans un environnement numérique. La trace graphique obtenue représente des *objets géométriques* qui sont des objets idéaux, théoriques, résultant d'une construction de l'esprit (Houdement, 2007). Par exemple, un trait droit, objet graphique obtenu par un tracé au crayon le long d'une règle, représente une droite, objet géométrique que l'on conçoit comme une ligne sans épaisseur, infinie, formée de points alignés.

Dans l'approche instrumentale de Rabardel (1995), les instruments jouent un rôle fondamental dans l'élaboration et la production de connaissances. Un *instrument* est défini comme le produit de l'utilisation par le sujet d'un *artefact*, objet matériel ou symbolique avec des caractéristiques spécifiques permettant d'assurer l'accomplissement de buts spécifiques. L'artefact devient un instrument au cours d'un processus de *genèse instrumentale*, révélé par des schèmes d'utilisation activés par le sujet, résultant d'une construction propre du sujet ou de schèmes sociaux d'utilisation, et consistant en un ensemble d'actions organisées pour réaliser la tâche. La genèse instrumentale consiste en un double processus d'évolution des relations sujet-artefact :

- l'*instrumentalisation*, où les diverses potentialités de l'artefact sont progressivement découvertes par le sujet, éventuellement transformées, voire « détournées » : l'usager adapte l'artefact à ses habitudes de travail ;
- l'*instrumentation*, relative à l'émergence et à l'évolution des schèmes pour la réalisation d'un type de tâches : les contraintes de l'artefact contribuent à structurer l'action de l'usager.

Par exemple, le compas, objet matériel, est un artefact que l'on peut utiliser pour tracer un cercle dont le centre et un point sont donnés. Le compas devient un instrument lorsque sont élaborées et mises en œuvre les actions suivantes : piquer la pointe du compas sur le centre, écarter l'autre branche jusqu'à placer la mine sur le point donné du cercle, puis faire tourner le compas d'un tour autour de la pointe en laissant une trace avec la mine, tout en conservant l'écartement des branches. Des connaissances relatives au cercle peuvent alors se développer à travers les interactions de l'élève avec le compas comme « un cercle est entièrement déterminé par son centre et l'un de ses points » ou bien « les points du cercle sont à la même distance de son centre ». Ainsi, le compas, et de la même façon l'équerre, la règle et le rapporteur, sont porteurs de *connaissances géométriques* et ont un impact sur l'activité cognitive d'un élève qui en fait usage dans une construction instrumentée. L'utilisation des instruments pour réaliser une construction mène donc à la mise en œuvre de techniques qui mobilisent des connaissances relatives à des concepts géométriques dans les raisonnements sous-jacents qui conduisent les *actions techniques* de l'élève. Les connaissances émergent ainsi de l'action sur un milieu matériel.

Par ailleurs, le maniement des instruments nécessite des savoir-faire pratiques, liés aux aspects matériels des artefacts et aux conditions effectives de leur manipulation. L'habileté à tenir compte de ces différents facteurs et à les optimiser pour permettre la réussite des tracés est indispensable à l'obtention d'une production précise. Dans l'exemple précédent, la manipulation du compas sera facilitée si l'on veille à avoir un support qui laisse pénétrer suffisamment sa pointe afin qu'elle ne glisse pas au cours du tracé et si l'on tient compte de l'épaisseur de la mine en réalisant des ajustements pour que la ligne passe bien par le point voulu. Il faudra aussi régler la hauteur de la mine, tourner le compas en le tenant par le haut, de la main dominante, et en exerçant une pression plus forte sur la pointe que sur la mine, tout en ayant l'autre main à plat sur le support pour qu'il ne bouge pas. Tous ces savoir-faire, qui ne mettent aucunement en jeu des concepts géométriques, engendrent des *actions manipulatoires* et sollicitent des *connaissances pratiques*, plus souvent acquises en situation de façon implicite et par l'expérience, en faisant appel au bon sens, que par un enseignement explicite.

Dans la réalisation d'une construction géométrique, les actions manipulatoires et les actions techniques sont fortement imbriquées et contribuent ensemble à la réussite de la production graphique. Lorsqu'une inadéquation entre ce qui était visé et ce qui est obtenu comme trace graphique apparaît, cela peut être imputé à des erreurs au niveau de la technique mise en œuvre ou à des erreurs d'ordre manipulatoire. Ainsi un tracé effectué avec précision offre des rétroactions sur la validité de la technique employée, celle-ci peut être à coup sûr remise en cause lorsque la production diffère de celle attendue. Un tracé précis donne aussi la possibilité de contrôler avec les instruments des propriétés géométriques déduites de celles qui ont été injectées pour obtenir la production. Et enfin, il favorise l'émission de conjectures dans des situations de démonstrations.

Nous faisons l'hypothèse que seules les actions techniques sont essentielles et que les actions manipulatoires ne sont d'aucun apport au niveau de la conceptualisation en géométrie. L'idéal serait donc de supprimer, ou tout au moins de minimiser, les aspects purement manipulatoires présents dans la réalisation des constructions instrumentées. Un travail dans un environnement numérique plutôt que dans l'environnement papier-crayon ne pourrait-il pas permettre cet allègement ?

■ Environnement numérique

• Intérêts et limites

Un travail dans un environnement numérique semblerait plus accessible aux élèves dyspraxiques et donc plus propice aux apprentissages. Les activités géométriques peuvent en effet être réalisées avec un logiciel qui intègre des instruments virtuels de mesure et de tracé, elles peuvent aussi être effectuées avec un logiciel de géométrie dynamique. Ce dernier permet de tracer des figures géométriques à partir de différents outils (point, droite parallèle, milieu, etc.), et offre la possibilité de déplacer des éléments de base avec la souris, en laissant invariantes les propriétés géométriques données dans la construction et celles qui en découlent. Ces deux types de logiciel présentent différents intérêts compensatoires à des manifestations du handicap. Tout d'abord, les aptitudes motrices requises se réduisent à des manipulations de commandes au clavier de l'ordinateur ou à la souris. Les divers gestes de motricité fine ainsi que la coordination bimanuelle sollicités dans l'environnement papier-crayon sont remplacés par un unique geste de clic avec l'index et par un déplacement de la souris. Les tracés peuvent alors être réalisés plus rapidement, facilement effacés et refaits si besoin, le résultat restant soigné. Ensuite, la planification des tâches à réaliser à l'écran est facilitée puisque les actions à effectuer sont nécessairement successives. Enfin, les objets graphiques peuvent être facilement agrandis, colorés, épaissis ou cachés, ce qui permet des tracés lisibles, et ce qui peut favoriser par exemple la focalisation du regard sur des éléments graphiques. La verticalité de l'écran offre aussi un confort dans le balayage visuel et la prise de repères, notamment lorsque l'élève doit passer de la lecture du tableau de la classe à celle de son écran. L'instrument virtuel, lui, a l'avantage non seulement de pouvoir être placé de façon progressive dans la position souhaitée, mais aussi de rester fixe en l'absence de commande. Par exemple pour le tracé de la perpendiculaire à une droite passant par un point, l'équerre virtuelle pourra d'abord être placée avec un côté de l'angle droit sur la droite, par glissement puis pivotement, et elle pourra ensuite être déplacée tout en conservant son orientation, par glissement, jusqu'à ce que l'autre côté de l'angle droit soit sur le point. L'équerre restera alors dans cette position pendant le tracé de la perpendiculaire avec le crayon virtuel.

Un temps de prise en main des différentes fonctionnalités des logiciels est évidemment nécessaire, de même que sont à prendre en compte des contraintes qui n'existent pas dans l'environnement papier-crayon. Ainsi, lorsqu'un instrument virtuel doit sortir partiellement de la zone de travail, il n'est déplaçable que si le pointeur est mis sur un endroit de la partie de l'instrument qui restera visible à l'écran, d'où la nécessité d'anticiper ou alors celle de faire plusieurs essais. Autre illustration avec un logiciel de géométrie dynamique où un point d'intersection n'existe que s'il a été créé : par exemple, en plus d'avoir tracé deux droites sécantes, il faudra penser à créer leur point d'intersection avec le logiciel, alors que cette action n'a pas lieu d'être dans l'environnement papier-crayon.

Les techniques de construction avec les outils matériels ou les outils virtuels qui les imitent (comme ceux de Mathenpoche²) ne sont pas exactement transposables d'un environnement à l'autre. Par exemple, un élève peut instrumentaliser le crayon numérique s'il exploite le fait que des lignes droites peuvent être tracées sans règle : la technique de prolongement d'un segment en est alors modifiée. Autre exemple avec le tracé d'une droite parallèle à une droite donnée : on peut la tracer par un simple glissement de la règle virtuelle, alors que cette technique n'est pas valide dans l'environnement papier-crayon où la conservation de l'orientation de la règle doit être contrôlée avec l'équerre. Ainsi, une technique par tâtonnement dans l'environnement papier-crayon ne l'est plus dans l'environnement numérique. Cette conservation de l'orientation de

² <http://mathenpoche.sesamath.net>

l'instrument par le logiciel, nécessaire à la construction, peut passer inaperçue pour l'élève puisqu'il ne la met pas en jeu de façon volontaire, ni ne la prend en charge. Les techniques de construction avec le logiciel de géométrie dynamique diffèrent totalement des techniques de construction aux instruments. Avec le logiciel, la trace graphique d'un objet géométrique s'obtient à partir de la sélection de ses éléments caractéristiques : pour obtenir la parallèle à une droite passant par un point, il suffira de sélectionner l'outil « droite parallèle » en cliquant sur son icône, puis de cliquer sur la droite donnée et sur le point. Ce ne sont pas des instruments matériels ou leurs représentations imagées qui sont ici manipulés, mais des icônes et des termes écrits du langage géométrique et il faut prendre en compte explicitement les droites et les points.

- *Réticences et obstacles*

Sur le terrain, un travail dans un environnement numérique ne semble pas si aisé à mettre en place. Les élèves dyspraxiques que nous avons observés possédaient tous un ordinateur portable, alloué par la Maison Départementale des Personnes Handicapées (MDPH) comme un des moyens de compensation de leur handicap. Pourtant, neuf d'entre eux ne l'utilisaient pas en géométrie, et le dernier l'utilisait très peu.

Différentes raisons, exprimées par les professeurs de ces élèves, et confortées par l'expression d'autres enseignants lors de formation sur « Les troubles des apprentissages et leur prise en compte pédagogique », apportent quelques éclairages sur leurs réticences. Parmi les quatre enseignants des élèves observés, deux ne perçoivent pas l'importance des difficultés éprouvées par l'élève dyspraxique, élève parmi d'autres avec son handicap invisible, ses productions n'étant pas plus ratées que celles d'autres élèves de la classe, non soigneux ou trop pressés. Par ailleurs, les quatre enseignants évoquent des contraintes institutionnelles : la nécessité d'évaluer les compétences du socle commun, de respecter les programmes officiels, mais aussi de préparer leurs élèves aux évaluations nationales, où figurent des constructions instrumentées et où le manque de soin et de précision est pénalisé, que ce soit dans les évaluations nationales de CM2 ou dans les épreuves du Diplôme National du Brevet. Ainsi, ces enseignants se trouvent en porte-à-faux dans la conception de leurs évaluations par rapport aux exigences des programmes officiels, ou par souci d'équité vis-à-vis des autres élèves. Ils sont aussi gênés parce qu'ils ne connaissent pas exactement les adaptations qui seront accordées à l'élève handicapé : ils choisissent donc de s'appuyer sur l'hypothèse la plus défavorable concernant les aménagements d'examen pour éviter les mauvaises surprises ce jour-là.

Un seul des quatre enseignants s'est montré vraiment opposé à l'utilisation de logiciels de géométrie comme moyen de substitution à la construction avec des instruments matériels, par conviction de l'importance de la maîtrise d'un savoir-faire avec les instruments dans la vie courante, pour des tâches de bricolage par exemple. Cet enseignant estime que la classe de sixième offre une dernière occasion aux élèves d'acquérir ces compétences, y compris à l'élève dyspraxique. Les trois autres enseignants, non catégoriquement opposés à ce que l'élève dyspraxique utilise aussi des outils numériques en géométrie, ne l'intègrent pas pour autant dans leur pratique. Les obstacles qui apparaissent inévitablement les conduisent à l'abandon de cette idée. Il faut en effet nécessairement prendre en compte le fait que ce que font les autres élèves dans l'environnement papier-crayon n'est pas transférable tel quel à l'environnement numérique. Ensuite, le temps de prise en main du logiciel n'est pas à négliger et savoir qui a la charge d'accompagner l'élève dyspraxique dans cette prise en main n'est pas toujours clairement défini. Nous avons vu parfois cette tâche laissée à l'AVS ou à l'ergothérapeute dans des séances privées de rééducation ; cependant l'un et l'autre ne sont pas toujours à l'aise par rapport aux connaissances mathématiques en jeu et on peut se demander aussi s'il est pertinent de dissocier ces dernières de la prise en main du logiciel. En outre, l'élève ne peut évidemment pas retirer le bénéfice de l'allègement des tâches praxiques de façon immédiate. Il semblera au départ moins performant que s'il prenait ses instruments, ce qui peut le conduire à abandonner s'il n'est pas encouragé à persévérer. L'apprentissage à l'usage du logiciel en rééducation sera vain si le travail n'est pas réinvesti au fur et à mesure en classe. Cela ne pourra être si l'utilisation en classe est conditionnée par l'attente d'une efficacité immédiate.

D'autres obstacles peuvent encore surgir et contribuer à dissuader de l'utilisation de l'outil informatique (droits d'utilisation de tel logiciel, dysfonctionnements informatiques). Un ultime obstacle, crucial, peut provenir de l'élève dyspraxique lui-même, il peut être réticent à utiliser en classe son ordinateur, peut-être parce qu'il est un signe de « l'élève différent ». Ce choix est encouragé par l'enseignant lorsqu'il privilégie la socialisation de l'élève plus que ses apprentissages et donc l'idée « de faire comme tout le monde pour être comme tout le monde ». Nous faisons l'hypothèse que les outils numériques ont un potentiel d'aide pour les élèves dyspraxiques parce qu'ils réduisent les aspects manipulatoires convoqués dans la construction instrumentée. Cependant, vu les résistances et obstacles que nous venons de décrire et que nous avons rencontrés lors de nos observations, nous n'avons que très peu de données quant à l'intégration de l'outil informatique en classe comme moyen d'enseignement de la géométrie pour les élèves dyspraxiques visuospatiaux. Notre recherche s'est donc tournée sur les aides apportées à ces élèves par un tiers (l'enseignant, l'AVS ou un pair) dans l'environnement papier-crayon.

3. Analyse des aides apportées à des élèves dyspraxiques visuospatiaux dans des activités géométriques de construction instrumentée

■ Cadre théorique

Les élèves dyspraxiques ont des difficultés dans la manipulation des instruments mais leurs capacités langagières sont préservées, c'est pourquoi il nous paraît important d'étudier les relations entre langage et gestes liés aux figures dans la conceptualisation en géométrie.

Afin d'analyser les processus d'apprentissage en géométrie d'élèves dyspraxiques dans des activités de construction instrumentée, nous avons emprunté à Arzarello (2006) la notion de *faisceau sémiotique*. Il le définit comme une collection d'ensembles sémiotiques et de relations entre ces ensembles, un ensemble sémiotique étant constitué :

- a) de signes produits par différentes actions ayant un caractère intentionnel telles que parler, écrire, dessiner, faire des gestes, manipuler un artefact ;
- b) de modes de production et de transformation de ces signes ;
- c) de relations entre les signes et leurs significations.

Arzarello (2006) considère que les processus d'apprentissage se produisent d'une façon multimodale dans un faisceau sémiotique en développement dynamique. Une *analyse synchronique* permet l'étude des relations entre les différents ensembles sémiotiques activés simultanément par le sujet ; une *analyse diachronique* permet l'étude des relations entre les différents ensembles sémiotiques activés dans des moments successifs par le sujet.

Nous avons cherché à déterminer l'impact des ressources sémiotiques sur les apprentissages d'élèves dyspraxiques en étudiant plus particulièrement les faisceaux sémiotiques de gestes, de discours, du couple artefact-instrument et des traces graphiques.

Nous avons défini différentes catégories de gestes, en nous appuyant à la fois sur la typologie des gestes communicatifs de McNeill (1992) et sur nos observations de productions de gestes réalisés en classe en lien avec l'activité géométrique. McNeill (1992) précise que les gestes jouent un rôle non seulement dans la communication, mais aussi dans le processus de conceptualisation. Il distingue les gestes de structuration du discours, comme les *gestes de battements* rythmant le discours ou les *gestes cohésifs* liant des parties du discours, des gestes propositionnels. Ces derniers ont une composante principale imagée et sont dits *iconiques* s'il existe une relation de ressemblance avec le contenu de la parole, *métaphoriques* s'ils présentent un contenu imagé d'une idée abstraite, *déictiques* s'ils se réfèrent à un objet, un événement ou un lieu indiqué par pointage du doigt. Nous nommons *gestes mathématiques* les gestes réalisés dans l'air ou sur un support, porteurs d'une signification en lien avec les mathématiques. Ces

gestes peuvent évoquer un objet, une propriété ou une relation géométrique. Ils peuvent aussi mettre en lien l'instrument et la trace graphique. Nous considérons ainsi les *gestes déictiques* lorsqu'un pointage ou un parcours d'objets géométriques ou graphiques, ou encore un parcours de parties d'instruments, est réalisé ; les *gestes mimétiques* lorsqu'est effectué un mime de manipulation d'instrument, avec ou sans l'instrument ; et enfin les *gestes iconiques* qui expriment une propriété mathématique. Ces derniers peuvent être parfois considérés comme des gestes pivots (Bartolini Bussi & Mariotti, 2008). Par exemple, la propriété d'égalité de longueurs peut être évoquée par l'écartement pouce-index de la main qui se déplace ; ce geste avec le pouce et l'index peut être aussi associé à l'image d'un compas avec les branches écartées.

Nous avons considéré différentes catégories de langage. Le *langage géométrique* est relatif aux objets, relations ou propriétés géométriques, il relève de la langue mathématique (Laborde, 1982) constituée d'éléments d'écriture symbolique, de termes lexicaux ayant un sens spécifique en mathématiques et de tournures syntaxiques privilégiées. Le *langage courant* est le langage usuel, il est constitué de termes de la langue naturelle. Nous appelons *langage technique* un langage qui permet de décrire les actions techniques et qui évoque donc les relations entre les artefacts et les objets graphiques ou géométriques.

■ **Aides apportées à des élèves dyspraxiques visuospatiaux**

Les élèves dyspraxiques ne peuvent seuls réaliser correctement les figures dans le temps imparti en classe, c'est pourquoi nous avons cherché à étudier la nature des aides pour dégager celles qui pourraient favoriser les apprentissages conceptuels.

• *Cadre d'analyse*

Nous appelons aide toute intervention du tiers produisant l'effet escompté. Nous considérons aussi les interventions non nécessaires comme des aides. En effet, quand l'aide est donnée avant que l'élève n'en ait manifesté le besoin, on ne peut pas savoir de façon certaine s'il aurait pu s'en passer, de plus, certaines aides, notamment celles via le langage, peuvent avoir des effets à long terme. Nous distinguons deux types d'aide se divisant chacun en deux catégories en fonction de leur visée.

Les aides du premier type ont pour finalité l'obtention d'un objet graphique précis et soigné. Elles sont rattachées uniquement à des connaissances pratiques. Elles peuvent avoir une visée manipulatoire, relative à des actions corporelles à réaliser sur les artefacts, ou une visée organisationnelle dont le but est de mettre l'élève dans de bonnes conditions d'obtention de l'objet graphique. Nous parlerons d'*aide manipulatoire* et d'*aide organisationnelle*.

Les aides du second type ont pour finalité la mise en œuvre de techniques de construction faisant appel à des connaissances géométriques portées par les instruments, plutôt que des techniques de construction par tâtonnement qui s'appuient sur la perception visuelle. Elles sont rattachées à des connaissances géométriques. Elles peuvent avoir une visée technico-figurale, relative aux actions techniques à réaliser avec les artefacts pour obtenir les objets graphiques représentant d'objets géométriques, ou viser à définir un objet géométrique ou la trace graphique qu'elle représente. Nous parlerons d'*aide technique* et d'*aide géométrique*.

Nous avons analysé les aides apportées à trois des élèves dyspraxiques observés, dans des types de tâches de construction instrumentée dans l'environnement papier-crayon. Les distinctions des différents types d'aide que nous avons été amenée à faire ont été affinées par nos observations. Notre étude porte sur différents dispositifs de travail en dyade : un élève de sixième avec l'AVS et ce même élève avec l'enseignant, une élève de sixième avec l'enseignant et cette même élève avec un pair lorsqu'elle était en CM2, et enfin une élève de CM2 avec un pair. Leurs interactions au sein de la dyade ont été filmées.

• Résultats

Nous présentons ici les différentes aides que nous avons pu observer, avec quelques illustrations. Elles sont classées en fonction des catégories définies précédemment.

Les *aides manipulatoires* visent à compenser les troubles praxiques de l'élève et se présentent sous forme :

- d'actions manipulatoires, comme le maintien de la règle ou de l'équerre pendant que l'élève trace le long, la tenue du support pendant que l'élève trace un cercle avec son compas, l'ajustement de la règle ou de l'équerre sur une ligne ou sur un point, etc.
- d'actions techniques effectuées en suivant les instructions de l'élève dyspraxique, données dans un langage courant, technique ou géométrique et accompagné ou non de gestes déictiques, iconiques ou mimétiques, comme un tracé suite à l'instruction « Prends ton compas à l'écartement de 12 cm, en piquant sur I, trace l'arc de cercle » ou suite à « Tu fais la même longueur que celui-là [parcours du segment avec l'index], tu vas piquer là [pointage] avec le compas, et hop [geste mimétique de l'utilisation du compas] », etc.
- de conseils ou d'instructions, donnés dans un langage oral et parfois accompagnés de gestes déictiques : « Tu vas repasser bien fort dessus avec ton crayon de papier », « Tu vois mieux la mine de ton compas ? », « Tiens-le en haut, ton compas », « N'appuie pas de trop », « T'essaies de ne pas bouger », « Si tu poses ta main par dessus, tu vas avoir du mal à voir si tu langes bien le segment », etc.

Les *aides organisationnelles* visent à compenser les troubles de l'organisation de l'élève. Elles se présentent sous forme :

- d'actions réalisées pour lui : l'instrument qu'il souhaite utiliser lui est donné, l'espace graphique de tracé lui est délimité, etc.
- d'actions périphériques à l'action instrumentée principale comme gommer les tracés ratés, tailler un crayon, « apprêter » un compas en mettant un crayon, etc.
- de conseils méthodologiques ou pratiques : « Sors un peu plus la mine. Ta mine est trop petite, il faut que tu la changes », « Tu vas trop vite, il faut que tu voies ce que tu fais », « Descends ton cahier », « Enlève ton cahier, c'est pas plat, tu ne vas pas faire un tracé propre », « Mets une pochette en dessous pour que ça glisse un peu moins quand tu fais ton tracé », etc.
- d'un questionnement non inducteur sur les actions à effectuer : « Qu'est-ce qu'il doit y avoir ? », « Qu'est-ce qu'il faut faire ? », « Tu commences par quoi maintenant ? », etc.

Les *aides techniques* sont relatives aux relations entre les objets géométriques ou graphiques et les artefacts. Elles se présentent sous forme :

- d'actions techniques, comme le positionnement de la règle sur un segment à prolonger ou le positionnement le long d'une règle de l'équerre que l'élève n'a plus qu'à coulisser, comme des positionnements d'instrument suivis du tracé, réalisés à la place de l'élève, etc.
- d'instructions décrivant les actions à effectuer avec les artefacts pour obtenir les tracés, données dans un langage technique, suppléé parfois par des gestes déictiques, iconiques ou mimétiques : « On pointe sur l'axe de symétrie [pointage du point avec l'index], la distance de ce point à M [pointage], [l'élève prend l'écartement avec son compas], et tu le reportes de l'autre côté [déplacement de l'écartement pouce-index] », « Tu piques ici [pointage], tu traces et tu t'arrêtes là, stop, stop ! », etc.

Les *aides géométriques* évoquent les objets graphiques ou géométriques, leurs propriétés, ainsi que des relations entre ces objets. Elles se présentent sous la forme :

- d'énoncés dans un langage courant, géométrique ou mixte : « Il faut qu'on ait la même distance de la droite aux points », « T'appelles le point d'intersection E », etc.
- de gestes déictiques : geste de parcours avec l'index de l'objet à considérer (la droite, le segment, le cercle) : le parcours est souvent effectué plusieurs fois, l'allongement de la durée du geste en favorise la perception ; geste de pointage de l'objet avec l'index qui permet de le mettre en évidence.

- de gestes iconiques ou de gestes mimétiques comme les deux mains côte à côte, paumes vers le haut, avec l'une qui vient se refermer sur l'autre, ceci évoquant le pliage, la superposition de figures après retournement ou la notion de symétrie axiale.
- de traces graphiques comme le surlignage des éléments à prendre en compte dans la construction.

Les aides manipulatoires et organisationnelles permettent de compenser le handicap de l'élève dyspraxique sans empiéter sur son autonomie de penser et de raisonner. Les aides techniques et géométriques lui permettent, comme à tout autre élève, de s'approprier progressivement les connaissances géométriques visées. Il n'est pas facile de trouver un équilibre qui préserve les apprentissages conceptuels dans les aides apportées, que ce soit par l'enseignant, par un pair ou par l'AVS. En effet, l'enseignant peut se focaliser sur des aides manipulatoires, ce qui minimisera l'importance de l'objet mathématique d'apprentissage pour l'élève. Une relation dissymétrique peut aussi s'instaurer au sein de la dyade élève dyspraxique - élève standard au détriment de l'élève dyspraxique qui se sous-investira dans la réflexion. Et enfin, l'AVS peut être tenté de donner des aides du second type à l'élève avec la même intensité et dans la durée, notamment s'il recherche la réussite immédiate, en ne laissant pas de place à l'erreur. Cela peut s'expliquer par sa volonté d'accompagner l'élève pour qu'il soit en phase avec le temps didactique de la classe, ou bien par un manque de discernement des finalités des différentes aides, s'il ne maîtrise pas l'enjeu des savoirs mathématiques enseignés ou s'il ne dispose pas d'un temps de concertation avec l'enseignant.

Conclusion

Notre étude a mis en évidence les difficultés et obstacles auxquels sont confrontés des élèves dyspraxiques visuospatiaux, scolarisés en classe de CM2 ou de sixième ordinaire, relativement à un enseignement dans le domaine de la géométrie plane, lorsqu'ils ne bénéficient d'aucune aide. Nous avons présenté et analysé quelques pistes susceptibles de favoriser les apprentissages, comme l'utilisation de logiciels de géométrie ou l'apport d'une aide humaine, en pointant différentes résistances ou limites qui ne permettraient pas la mise en œuvre du dispositif ou l'atteinte de l'objectif poursuivi.

Les apprentissages en géométrie pour les élèves dyspraxiques visuospatiaux nous semblent possibles si l'enseignement qu'ils reçoivent prend appui sur leurs compétences préservées, à savoir les compétences auditivo verbales, mnésiques et le raisonnement, et s'ils sont libérés de toutes les tâches praxiques et organisationnelles. Il nous semble donc pertinent de développer, dans les aides manipulatoires que nous avons présentées, les actions techniques réalisées par un tiers, actions guidées par des instructions données par l'élève dyspraxique, à l'aide d'un langage technique précis, au plus proche de la manipulation technique des instruments, le langage pouvant être accompagné de gestes mathématiques. Nous faisons l'hypothèse que l'élève dyspraxique visuospatial pourra ainsi entrer dans un processus de conceptualisation en géométrie. C'est cette hypothèse que nous cherchons à vérifier dans notre travail de thèse.

Bibliographie

ARZARELLO F. (2006), « Semiosis as multimodal process », *RELIME* Numéro spécial, p.267-299.

BARTOLINI BUSSI M.G. & MARIOTTI M.A. (2008), *Semiotic mediation in the mathematics classroom: artifacts and signs after a Vygotskian perspective*, L. English, M. Bartolini Bussi, G. Jones, R. Lesh, & D. Tirosh (éd.), *Handbook of International Research in Mathematics Education, second revised edition*, Lawrence Erlbaum, Mahwah, NJ., p.746-805.

HOUEMENT C. (2007), « À la recherche d'une cohérence entre géométrie de l'école et géométrie du collège », *Repères IREM*, n°67, p.69-84.

LABORDE C. (1982), *Langue naturelle et écriture symbolique Deux codes en interaction dans l'enseignement mathématique*, Thèse en didactique des mathématiques DE.

MAZEAU M. (2008), *Conduite du bilan neuropsychologique chez l'enfant*, Paris, Elsevier Masson.

MAZEAU M. & GROUAIL A. (2009), *Rééduquer dyscalculie et dyspraxie. Méthode pratique pour l'enseignement des mathématiques*, Paris, Elsevier Masson.

MAZEAU M. & LE LOSTEC C. (2010), *L'enfant dyspraxique et les apprentissages. Coordonner les actions thérapeutiques et scolaires*, Paris, Elsevier Masson.

MCNEILL D. (1992), *Hand and Mind: What gestures reveal about thought*, Chicago, Chicago University Press.

PERRIN-GLORIAN M.-J. & SALIN M.-H. (2010), « Didactique de la géométrie. Peut-on commencer à faire le point ? », *Actes du séminaire national de didactique des mathématiques de 2009*, Paris, AREM & IREM, p.47-81

RABARDEL P. (1995), *Les hommes et les technologies. Approche cognitive des instruments contemporains*, Paris, Armand Colin.