

ENSEIGNEMENT DE LA GEOMETRIE A DES ELEVES DYSPRAXIQUES VISUO-SPATIAUX

Édith PETITFOUR

PIUFM, IUFM de Bar-Le-Duc, Université de Lorraine
LDAR, Paris 7

edith.petitfour@univ-lorraine.fr

Résumé

Les apprentissages géométriques peuvent sembler inaccessibles aux élèves ayant des troubles praxiques quand l'enseignement s'appuie sur des manipulations d'objets lors d'expérimentations avec du matériel ou lors de tracés instrumentés. Ces élèves, en effet, sont maladroits dans les actions à réaliser car il résulte de leur handicap une incapacité à programmer des séquences de gestes et à les automatiser. À cela peuvent s'ajouter des troubles visuo-spatiaux empêchant une exploration fiable des figures.

Nous cherchons à déterminer ce qui, dans l'action didactique, permet la construction de connaissances et une évolution de la conceptualisation en géométrie plane, lors de la transition école primaire-collège, pour ces élèves porteurs de troubles spécifiques des apprentissages.

Nos observations ont été réalisées dans une classe de sixième où sont scolarisés quelques élèves « Dys ». Notre étude porte sur l'enseignement de la symétrie axiale au moment où les élèves doivent passer d'une appréhension globale à une appréhension ponctuelle des figures. Nous analysons l'impact des ressources utilisées par l'enseignant sur les apprentissages des élèves, tels les gestes, le discours, les signes écrits et graphiques et l'utilisation d'artefacts dans un environnement numérique.

I - INTRODUCTION

Pour permettre aux élèves d'accéder à une conceptualisation en géométrie plane, l'enseignement à l'école primaire fait appel à des expériences dans le monde sensible (manipulation de formes, pliage, travail expérimental avec calque, ...) et à des constructions instrumentées. Dans les programmes de l'école primaire (BO n°3 du 19 juin 2008), il est spécifié que « *L'objectif principal de l'enseignement de la géométrie du CE2 au CM2 est de permettre aux élèves de passer progressivement d'une reconnaissance perceptive des objets à une étude fondée sur le recours aux instruments de tracé et de mesure.* ». Ce travail se poursuit au collège : « *Les constructions géométriques, avec leurs instruments traditionnels – règle, équerre, compas, rapporteur – aussi bien qu'avec logiciel de géométrie, constituent une étape essentielle à la compréhension des situations géométriques.* » (BO Spécial n°6 du 28 Août 2008).

Les activités qui s'appuient fortement sur le tracé aux instruments et sur une perception « naturelle » des figures¹, c'est-à-dire considérée comme allant de soi, nous laissent augurer des difficultés importantes dans la réalisation des apprentissages géométriques des élèves dyspraxiques visuo-spatiaux. En effet, les troubles visuo-spatiaux de ces élèves provoquent une représentation défailante des figures et les empêchent donc d'avoir une bonne perception des objets géométriques et de leurs propriétés : « *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 et Crouail, 2009).

Ces anomalies du regard rendent difficiles les activités de reproduction de figures, et notamment celles des lignes obliques. Elles rendent impossible l'accès à une image mentale figurative fiable, ce

¹ Nous entendons par figure le dessin matériel doté de propriétés graphiques réglées au plan théorique par des propriétés géométriques

qui compromet toute anticipation d'un tracé sur un support. Par ailleurs, la prise de repères sur quadrillage ou réseau pointé est défaillante. Difficiles aussi les activités de reconnaissance de figures, qu'il s'agisse de percevoir une figure simple dans une figure complexe ou d'émettre des conjectures, concernant par exemple la nature des angles ou les égalités de longueurs, à partir de dessins géométriques.

Les troubles praxiques de ces élèves les rendent maladroits et lents dans leurs actions à réaliser avec du matériel ou avec des instruments de géométrie. En effet, il résulte de leur handicap une incapacité à programmer des séquences de gestes. Mazeau (Mazeau, 2010) définit les gestes comme un ensemble de mouvements, coordonnés dans le temps et dans l'espace dans l'intention de réaliser une action finalisée. Les dyspraxies se caractérisent alors par des coordinations qui ne se mettent pas en place dans les délais habituels, ou sinon, d'une façon déficitaire, anormale et inefficace et ce, en l'absence d'une déficience mentale et de troubles neuromoteurs, neurosensoriels ou neuromusculaires, alors qu'un apprentissage habituel a été effectué. Ainsi, l'enfant dyspraxique conçoit bien les gestes mais il n'arrive pas à les organiser ni à les exécuter en concordance avec son intention. Pour les élèves dyspraxiques que nous avons observés dans des tâches de tracé instrumenté, cela se manifeste par exemple par une coopération des mains malhabile, une gestuelle saccadée, sans modulation, avec un freinage non réalisé à temps, avec pour conséquences des positionnements d'instruments approximatifs et des productions très imprécises, brouillonnes.

Habituellement, tous les gestes appris deviennent des routines après un certain nombre de répétitions et peuvent être réalisés sans y prêter attention et sans fatigue. Pour les élèves dyspraxiques, il n'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, 2010). Cette absence d'automatisation constitue un handicap caché pour ces élèves alors en incapacité de réussir une double tâche. Par exemple, des tâches telles que tracer une ligne le long d'une règle en la maintenant, ou faire tourner un compas en exerçant une pression adaptée, nécessiteront en permanence un contrôle volontaire extrêmement coûteux pour ces élèves, toutes leurs ressources attentionnelles et cognitives seront mobilisées au détriment du raisonnement qu'ils seraient pourtant en capacité d'exercer.

Sachant qu'un enfant présentant des troubles spécifiques des apprentissages peut s'appuyer sur ses compétences préservées pour suppléer à ses dysfonctionnements, que pour un élève dyspraxique l'utilisation des canaux auditivo-verbal et mnésique est préconisée et que des adaptations pédagogiques peuvent favoriser un accès aux apprentissages scolaires (Mazeau et Crouail, 2009), nous nous sommes interrogés sur ce qui, dans l'action didactique, permettait la construction de connaissances et une évolution de la conceptualisation en géométrie plane, lors de la transition école primaire-collège.

Nous avons choisi de nous intéresser plus particulièrement au concept de symétrie axiale, concept dont l'enseignement prend fortement appui sur la perception et sur différentes manipulations, et qui peut donc sembler inaccessible a priori aux élèves dyspraxiques de par leurs troubles. Par ailleurs, l'évolution du mode d'appréhension de la symétrie axiale dans la transition CM2-6ème est source de difficultés en général pour l'élève, qu'il soit dyspraxique ou non. Ainsi, pour répondre à nos interrogations, nous avons tout d'abord examiné cette évolution à partir des programmes de 2008, puis nous avons observé une séquence d'enseignement de la symétrie axiale dans une classe de sixième, durant l'année scolaire 2010-2011. Nous avons filmé plus particulièrement un élève dyspraxique visuo-spatial scolarisé dans cette classe et accompagné d'une Auxiliaire de Vie Scolaire (AVS). Nous avons sélectionné les activités intégrant la construction du symétrique d'un point par rapport à une droite réalisées tout au long de la séquence. Ce type de tâches apparaît dès la première séance où une technique de construction à l'équerre et au compas est institutionnalisée. Il est rencontré de nombreuses fois par la suite, que le point soit isolé ou dans une figure. Nous avons alors analysé l'impact des ressources utilisées par l'enseignant sur les apprentissages de l'élève dyspraxique, tels les gestes, le discours, les signes écrits et graphiques et l'utilisation d'artefacts dans un environnement numérique.

Dans ce qui suit, nous présentons une partie de nos analyses et résultats.

II - ENSEIGNEMENT DE LA SYMETRIE AXIALE A LA TRANSITION ECOLE-COLLEGE

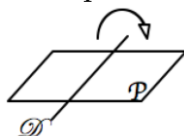
1 Étude à partir des textes officiels

À la fin de l'école primaire, d'après les programmes de 2008 (B.O. n°3 du 19 juin 2008), les élèves doivent être capables de percevoir un axe de symétrie, de reconnaître le(s) axe(s) de symétrie d'une figure, de tracer le symétrique d'une figure sur papier quadrillé et de compléter une figure par symétrie. En sixième, la progression consiste à faire évoluer les conceptions de l'élève en le faisant passer du travail expérimental (pliage, utilisation de papier calque) portant sur des objets de l'espace sensible à des constructions à l'aide des instruments usuels (règle, équerre et compas) fondées sur la mise en œuvre de propriétés portant sur des lignes et des points. Dans les commentaires du programme de sixième (B.O. spécial n°6 du 28 août 2008) apparaît une volonté de continuité avec le travail entrepris à l'école élémentaire conduisant à dégager les propriétés de « conservation » de la symétrie axiale (distances, alignement, angles et aires) à partir d'un inventaire de figures simples obtenu par pliage ou par utilisation de papier calque. En fin de sixième, l'élève doit être capable de construire le symétrique d'un point, d'une droite, d'un segment, d'un cercle (que l'axe de symétrie coupe ou non la figure) et plus généralement le symétrique d'une figure donnée, en utilisant ses instruments. Le rôle de la médiatrice comme axe de symétrie d'un segment est mis en évidence mais cette notion n'est exigible pour le socle qu'en classe de cinquième.

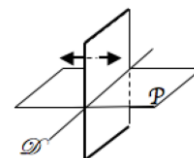
À l'école primaire et au collège, les élèves rencontrent deux aspects différents du concept de symétrie. En effet, les problèmes de reconnaissance et de construction mettent en jeu soit une figure symétrique, soit deux figures symétriques. Dans le cas d'une figure symétrique dont le(s) axe(s) sont à reconnaître ou qui est à compléter, la symétrie est vue comme une propriété de la figure ; dans le cas de deux figures symétriques, l'une est considérée comme l'image de l'autre par symétrie en tant que transformation géométrique.

Nous pouvons souligner enfin une rupture dans l'enseignement de la symétrie axiale. A l'école primaire, l'introduction pragmatique du concept conduit à la considérer comme une transformation portant sur des surfaces en passant par l'espace. On propose en général aux élèves un dispositif expérimental qui permet d'obtenir, par manipulations simples, le symétrique d'une figure donnée ou de contrôler la symétrie d'une configuration par rapport à un axe donné. La symétrie axiale dans un plan P par rapport à une droite D de ce plan peut être conçue comme la restriction à ce plan des deux transformations de l'espace suivantes :

- un demi-tour autour de la droite D



- une symétrie orthogonale par rapport au plan perpendiculaire au plan P et contenant la droite D



Pour la première transformation, le plan peut être représenté par une feuille transparente et le demi-tour obtenu par pliage de la feuille suivant la droite D ou par retournement de la feuille autour de la droite D . Dans cette manipulation, on ne tiendra pas compte des positions intermédiaires prises par les objets en déplacement. De plus, il sera nécessaire d'identifier les deux faces de la feuille pour que celle-ci ait les caractéristiques du plan qui est sans épaisseur et qui n'est pas biface. Cette abstraction non explicitée peut être source de difficulté comme l'illustre Figure 1 l'objection d'une élève utilisant l'image mentale associée au demi-tour autour de l'axe de symétrie.

« Si le chat tourne autour de la droite on ne doit plus voir sa queue. »

(Commission Collège de l'APMEP-Lorraine, 2002)

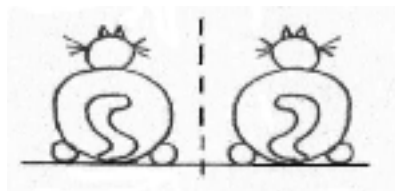


Figure 1

Pour la seconde transformation, on peut utiliser un objet plan réfléchissant représentant le plan de symétrie, tel un miroir ou un Géomiroir, et le placer perpendiculairement au plan P sur l'axe de symétrie. On peut ainsi visualiser les effets de la symétrie axiale en observant le reflet d'une figure. Cette matérialisation n'est pas basée sur l'idée de mouvement géométrique comme avec le pliage ou le retournement du calque. Ici, la transformation est invisible, on observe seulement son résultat : la figure située d'un côté de l'axe et son image virtuelle.

Pliage, retournement du calque ou visualisation du reflet favorisent la construction d'images mentales relatives à la symétrie axiale mais peuvent amener aussi des conceptions erronées. Par exemple, la symétrie pourra être perçue comme une transformation d'un demi-plan délimité par l'axe dans l'autre demi-plan et dans un seul sens. Les élèves considéreront alors comme impossibles des constructions de symétriques de figures traversées par l'axe de symétrie.

Le mode d'appréhension de la symétrie axiale va progressivement évoluer en sixième, elle sera considérée comme une transformation ponctuelle. Faisant référence aux travaux de Duval (Duval, 1995), nous pouvons remarquer qu'une déconstruction dimensionnelle est nécessaire, à savoir un passage d'une visualisation des figures en termes de surfaces à une visualisation des figures en termes de lignes et de points. Ce changement de point de vue sur les figures est amorcé à l'école primaire dans le cas d'activités de tracé du symétrique d'une figure par rapport à une droite sur papier quadrillé mais il peut rester minime si, une fois le symétrique d'un point placé, ce sont des propriétés portant sur les surfaces qui sont prises en compte, comme la conservation de la forme et de la taille, et le retournement de la figure. Par ailleurs, les points isolés sur quadrillage peuvent être vus comme des sommets de triangles et les constructions peuvent n'être réalisées qu'en s'appuyant sur une perception de surfaces.

L'approche ponctuelle des figures prépare l'accès à la géométrie déductive étudiée au collège mais constitue un obstacle pour les élèves puisqu'elle va à l'encontre de la manière spontanée et prédominante de voir les figures. Dans notre étude, nous nous appuyons sur les unités constitutives d'une figure géométrique définies par Duval (Duval, 1995) pour caractériser les différents types de points dont les élèves seront amenés à construire le symétrique.

2 Les unités constitutives d'une figure géométrique

Dans le registre des représentations géométriques, Duval (Duval, 1995) définit les unités figurales élémentaires comme des figures de dimension 0 (0D) : un point, de dimension 1 (1D) : une ligne ou de dimension 2 (2D) : une zone dans une surface. Les lignes et les zones peuvent avoir des formes rectilignes ou courbées qui peuvent être ouvertes ou fermées pour les zones. De l'analyse des figures géométriques en fonction de ces unités figurales élémentaires, il ressort différents constats qui permettent d'expliquer des difficultés rencontrées par les élèves lors de l'apprentissage de la géométrie. D'une part, la perception visuelle des unités de dimension 2 prédomine sur celles de dimension 1 ou 0, Duval précise que les élèves évitent au maximum de transformer une unité figurale de dimension 2 en une configuration d'unités figurales de dimension 1 ou 0, cette déconstruction dimensionnelle allant à l'encontre des processus spontanés d'identification visuelle des formes, alors que le traitement d'une situation mathématique représentée par une figure nécessite que l'on considère les unités figurales de dimension inférieure. Par exemple le carré est perçu comme une figure unique mais il est défini par des propriétés sur les unités figurales de dimension 1 qui le composent : quatre côtés de même longueur, des angles droits, des axes de symétrie, ...

D'autre part, un même objet mathématique peut être représenté par des unités figurales différentes. Par exemple le point peut être représenté par trois unités figurales différentes : celle typique de dimension 0, le point pouvant être en dehors ou sur une autre unité figurale et celles moins typiques de dimension 2 comme « coin » (sommet) ou « croix » (intersection). Dans ces dernières représentations, le point sera plus difficilement identifié.

Nous avons repéré, dans la séquence d'enseignement observée, tous les épisodes de construction instrumentée du symétrique d'un point par rapport à une droite. Nous avons alors distingué le point isolé, unité figurale de dimension 0 situé en dehors de toute autre unité figurale, représenté par une croix, des autres points :

- le point sur une figure : point situé sur une autre unité figurale, visible par une marque qui le désigne ou non (point sur une droite, sur un cercle ou un segment ; point extrémité d'un segment ; point centre d'un disque, ...) ;
- le point sommet d'un polygone ;
- le point résultant de la relation d'incidence de deux lignes (intersection d'un arc de cercle et d'une droite, intersection de droites, ...).

III - ÉVOLUTION DES APPRENTISSAGES DE L'ÉLÈVE DYSPRAXIQUE VISUO-SPATIAL AU COURS DE LA SÉQUENCE

1 Méthodologie de l'analyse

Nous avons déterminé différentes natures d'aide nous permettant de repérer les ressources sémiotiques utilisées par l'enseignante ou par l'AVS pour amener l'élève dyspraxique à intégrer des schèmes de construction instrumentée. Nous nous appuyons pour cela sur le concept d'ostensif introduit par Bosch et Chevallard (Bosch et Chevallard, 1999) dans le cadre de l'approche anthropologique. Ceux-ci distinguent deux types d'objets unis par une dialectique :

- Les ostensifs sont des objets qui ont un caractère matériel, perceptible par le moyen des sens, et qui peuvent être manipulés par la voix, par le regard, de façon motrice, ... Ce sont des objets matériels quelconques tels un crayon, une règle, un compas, ... ou d'autres particuliers : les gestes ; les sons, dont les mots de la langue, et plus généralement le discours ; les graphismes, schémas, dessins ; les écritures et les symboles. La manipulation des ostensifs est guidée et contrôlée par les non-ostensifs.
- Les non-ostensifs, tels des notions, des concepts, des intuitions, des idées, ne peuvent être manipulés. Ils existent institutionnellement et ne peuvent qu'être évoqués à travers la manipulation d'ostensifs associés.

Dans la réalisation d'un type de tâches, les ostensifs constituent la partie visible de l'activité, leur manipulation réglée par les non-ostensifs correspond à la mise en œuvre d'une technique.

Bosch et Chevallard considèrent que les objets ostensifs sont les ingrédients premiers des techniques, des technologies et des théories et qu'ils peuvent être regardés « comme des instruments de l'activité mathématique, des outils matériels sans lesquels l'action ne peut pas se réaliser ». Ils caractérisent les différents objets ostensifs par le registre auquel ils appartiennent : oral, écrit, graphique, gestuel et matériel. A partir de ces caractérisations, mais aussi de nos observations en classe, nous distinguons :

- *le langage oral* : discours adressé collectivement à la classe ou personnellement à l'élève ;
- *le langage écrit* auquel l'élève peut se référer : écrits au tableau, dans le cahier, dans le manuel, dans les interfaces d'Apprenti-Géomètre et de Mathenpoche ;
- *la gestuelle* : tout mouvement des mains ou des bras réalisé « dans l'air » ou sur un support, destiné à évoquer un non-ostensif dans le cadre d'activité mathématique ;

- **les manipulations d'objets matériels** : cela peut être des manipulations de dispositifs expérimentaux (pliage, retournement de calque ou utilisation de Géomiroir) ou des manipulations d'instruments géométriques (équerre, règle, compas) ;
- **les manipulations d'objets virtuels** dans un environnement numérique : animations d'objets géométriques effectuant un demi-tour autour de l'axe de symétrie avec le logiciel Apprenti-Géomètre ou manipulations d'instruments géométriques virtuels dans la base d'exercice en ligne Mathenpoche ;
- **les signes graphiques** : cela peut être un schéma, un symbole, un codage de propriétés (angle droit, égalité de longueurs), un surlignage.

Dans l'environnement Papier-Crayon, l'élève dyspraxique que nous avons observé a toujours été conduit à utiliser une même technique de construction d'un point M' , symétrique d'un point M par rapport à une droite (d) , à l'équerre et au compas.

Nous avons décomposé ce type de tâches en treize actions, réparties en trois étapes illustrées Figure 2. La première étape consiste en la construction à l'équerre du segment $[MP]$, avec P projeté orthogonal de M sur la droite (d) : il s'agit pour cela de prendre l'équerre, de placer un côté de l'angle droit de l'équerre contre la droite (d) du côté où se trouve le point M , de glisser l'équerre jusqu'à ce que l'autre côté de l'angle droit soit sur le point M , de maintenir l'équerre et de tracer le segment $[MP]$. La deuxième étape consiste en un prolongement du segment $[MP]$ grâce à un glissement puis maintien de l'équerre. La troisième étape consiste en la construction d'un arc de cercle de centre P et de rayon MP interceptant la droite (MP) en un point M' : il s'agit de prendre le compas, d'écarter les branches de l'écart MP , de tracer l'arc et de repérer le point M' .

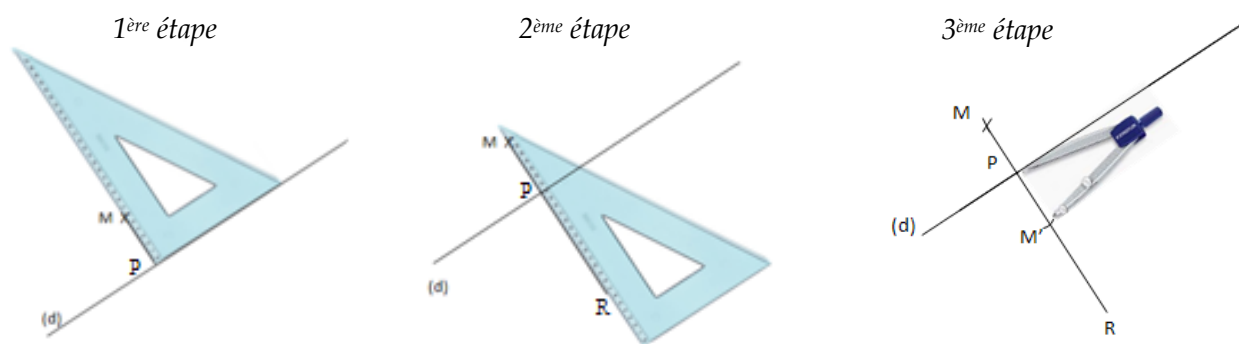


Figure 2

À partir du visionnement et de la transcription des épisodes où l'élève dyspraxique visuo-spatial était amené à construire le symétrique d'un point M par rapport à une droite (d) à l'équerre et au compas, nous avons relevé les aides apportées par l'enseignante ou par l'AVS au cours des différentes étapes de la construction selon leur nature (orale écrite, gestuelle, manipulatoire, graphique), ainsi que leurs effets sur l'action de l'élève. Nous avons distingué les aides mathématiques des aides compensatoires du handicap. Les premières sont relatives aux connaissances mathématiques à mettre en jeu dans la construction instrumentée. Une aide forte de ce type peut être une formulation ou une évocation de la propriété géométrique à mettre en œuvre : « Trace la perpendiculaire à (d) passant par M » ; reporte la distance de M à (d) sur la perpendiculaire à partir de ce point ; ... ». Elle peut être aussi une instruction sur le positionnement des instruments à effectuer ou sur une action à réaliser avec : « Place un côté de l'angle droit de l'équerre contre l'axe de symétrie ; glisse ton équerre le long de la droite ; mets la pointe du compas sur le point M ; ... ». Elle peut être enfin une action exécutée à la place de l'élève, sans instruction de sa part. Une aide mathématique faible sera une formulation d'une action réalisée par l'élève, cette formulation lui servant de rétroaction. Aucune aide mathématique ne sera apportée si l'élève réalise l'action de façon autonome ou s'il donne une instruction permettant à un tiers de l'effectuer. Les aides compensatoires au handicap pallient les déficits praxiques, visuo-

spatiaux ou organisationnels. Ces aides sont fortes lorsqu'un tiers exécute les actions à la place de l'élève, avec ou sans ses instructions (ajustement de la position de l'équerre, maintien de l'équerre, ...) ; elles sont faibles lorsqu'un questionnement non inducteur est conduit (« Que faut-il faire maintenant ? ») ou lorsque des conseils sur la tenue des instruments sont donnés (« Tiens le compas par le haut », « Appuie plus sur la pointe », « Ecarte les doigts sur l'équerre », ...).

Dans les différentes constructions analysées, nous avons calculé le pourcentage d'aides données à l'élève dyspraxique visuo-spatial, en affectant un coefficient 2 aux actions fortement aidées, un coefficient 1 aux actions faiblement aidées, un coefficient 0 aux actions autonomes, que les aides soient mathématiques ou compensatoires au handicap. Une aide forte dans toutes les actions revient à 100% d'aide se décomposant en 43 % d'aide mathématique et 57 % d'aide compensatoire au handicap.

2 Analyse et résultats

Pour étudier l'évolution des apprentissages de l'élève et ce qui les favorisait, nous avons analysé plusieurs épisodes de constructions instrumentées du symétrique d'un point par rapport à une droite, en nous intéressant à différents types de points. Pour chacune des treize actions mise en jeu pour réaliser la construction, nous avons regardé le type d'aide apportée (aide mathématique ou aide compensatoire au handicap), la nature de cette aide (orale, écrite, gestuelle, manipulatoire, graphique) et nous en avons déterminé l'intensité. Nous avons également analysé les effets de ces aides sur l'activité de l'élève.

Nous présentons Figure 3 les pourcentages d'aide apportée dans différents épisodes de construction du symétrique d'un point dans une configuration composée d'un point isolé et d'une droite, sur support uni. Les cinq premières constructions sont réalisées dans l'environnement Papier - Crayon sauf la troisième qui est faite par l'élève au tableau, interrogé par l'enseignante. Les trois dernières sont réalisées avec les instruments virtuels de Mathenpoche.

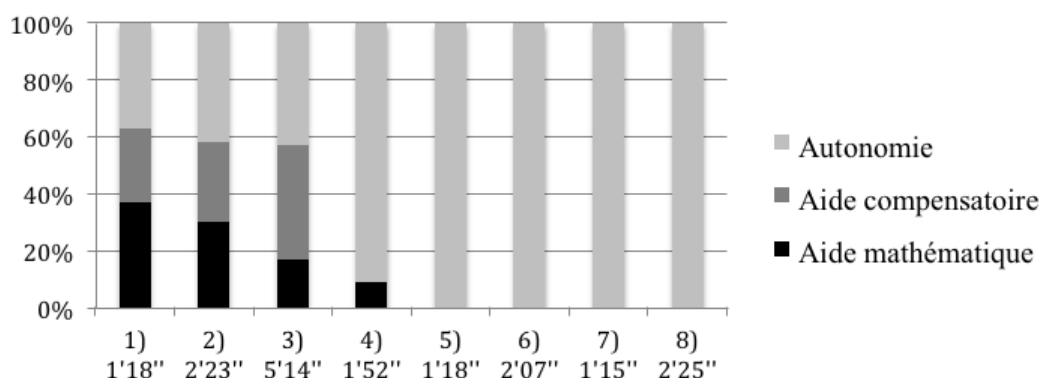


Figure 3. Construction du symétrique d'un point isolé (0D)

Le pourcentage d'aide mathématique diminue progressivement. Dans ses premières constructions, l'élève ne prend pas en compte la propriété de perpendicularité de façon instrumentée. Il utilise bien l'équerre en faisant passer un côté de l'angle droit par le point considéré, mais il oriente ce côté perpendiculairement à l'axe de symétrie de façon visuelle. Pour le positionnement de l'équerre, des traitements spatiaux complexes sont à mettre en œuvre lorsqu'il faut considérer simultanément l'orientation de l'équerre, celle de la droite ainsi que la position du point. Différentes interventions ont permis d'aboutir à un positionnement correct : l'enseignante ou l'AVS attire l'attention de l'élève sur l'axe de symétrie en le mentionnant, en le montrant ou en lui demandant de le repérer. L'une ou l'autre fait également le lien entre les objets géométriques (axe de symétrie, point, angle droit) et les côtés de l'équerre dans un discours oral appuyé de gestes (parcours des éléments mentionnés avec le doigt). Dans la deuxième construction, l'AVS organise les actions de l'élève en le contraignant d'abord à tenir compte de l'axe, elle y maintient une règle contre laquelle l'élève doit faire coulisser son équerre jusqu'au point. A partir de la quatrième construction, l'élève place l'équerre en la glissant le long de l'axe et jusqu'au point. La maîtrise de

cette technique de positionnement de l'équerre est cependant occultée par une imprécision importante dans le tracé : les difficultés praxiques de l'élève l'empêchent de bien ajuster son équerre puis de la maintenir tout en traçant. Cette imprécision est provoquée aussi parfois pour d'autres raisons comme par exemple une gêne occasionnée par le graphisme du nom d'un point écrit dans la zone de tracé par manque d'anticipation, ou alors à cause d'un déséquilibre de l'équerre dans une construction réalisée en bas de page de cahier. Une absence d'aide compensatoire à ce niveau conduit donc à une production peu satisfaisante si l'enseignant garde un niveau d'exigence de précision identique à tous les élèves de la classe.

Dans les quatre premières constructions, et cela apparaîtra aussi par la suite dans des constructions avec d'autres types de points, l'élève considère la construction terminée une fois le prolongement du segment [MP] tracé. Le point symétrique cherché est selon lui à l'extrémité du prolongement. Ce peut être la conséquence d'une perception syncrétique du segment où longueur et direction sont prises globalement en compte. L'évocation du report de longueur par l'AVS enclenche alors la fin de la construction.

En fin de la séquence d'apprentissage, l'élève dyspraxique a acquis les schèmes d'utilisation de l'équerre et du compas concernant la technique qui lui a été enseignée pour réaliser le type de tâche de construction du symétrique d'un point par rapport à une droite, dans le cas d'un point isolé. Il est d'ailleurs capable d'adapter de façon autonome cette technique dans l'environnement numérique de Mathenpoche, une fois effectuée la prise en main des instruments virtuels. Ses constructions sont alors réalisées dans une durée analogue à celle des autres élèves.

L'élève ne s'est pas montré capable de réinvestir de façon autonome sa technique de construction lorsque le point n'est plus isolé ou lorsqu'il est en présence de « lignes parasites », telles d'autres droites qui ne sont pas l'axe de symétrie par exemple. Nous présentons en Figure 4 les pourcentages d'aide apportée pour trois constructions de ce type.

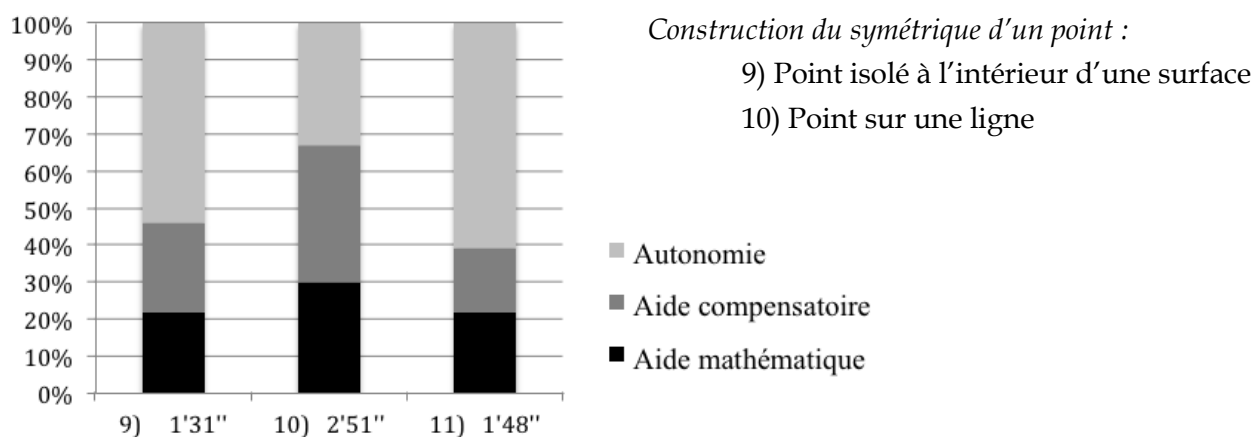


Figure 4.

La construction 9) est celle du symétrique du centre d'un cercle, la construction 10) celle du symétrique d'un point d'une droite sécante à l'axe de symétrie. 46 % d'aide pour la première et 67 % pour la seconde ont permis la mise en œuvre d'une technique correcte. Moins d'aide a été apportée pour la construction 11) où figurent sur un support plusieurs droites et points isolés, cependant le report de longueur a été effectué en autonomie par l'élève de façon incorrecte (point D' de l'Annexe). Une construction avec une « droite parasite » dans Mathenpoche n'a pas non plus abouti.

Nous attribuons assez naturellement les difficultés de repérage de l'élève à ses troubles visuo-spatiaux, ce repérage pouvant être amélioré par la qualité des supports proposés (supports agrandis, axe à considérer coloré ou surligné). Toutefois, il semble que ce ne soit pas la seule origine des difficultés. Elles viennent aussi de l'appréhension qu'il a des objets géométriques et de leur représentation. Ce rapport aux figures est commun à d'autres élèves de classe, même non dyspraxiques visuo-spatiaux, qui ne perçoivent par exemple la droite que comme un trait qu'on ne peut prolonger et qui ne possède que deux points : les extrémités du trait. Ces élèves ne

parviennent pas à aller au-delà de leur vision prédominante des figures : la ligne, unité figurale de dimension 1, n'est pas perçue comme un ensemble de points.

IV - ETUDE DE L'IMPACT DE RESSOURCES SÉMIOTIQUES

Pour l'élève dyspraxique observé, c'est principalement le langage oral, en lien avec une aide gestuelle ou manipulatoire, qui l'a conduit à organiser et à réaliser ses actions pas à pas et de façon autonome. Nous développons ci-après l'impact de l'utilisation de gestes et celui de la manipulation d'instruments virtuels.

1 Aide gestuelle

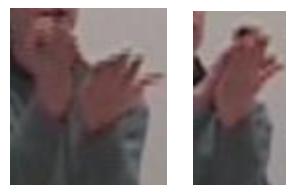
L'aide gestuelle intervient à différents niveaux. Certains gestes sont produits par l'enseignante et sont adressés à l'ensemble des élèves dans des phases de travail collectives. Nous avons pu en observer l'appropriation et l'exploitation par une partie de la classe, notamment pour ce qui est des gestes issus de la matérialisation de la symétrie axiale effectuée en début de séquence, à savoir le pliage. D'autres gestes, destinés directement à l'élève dyspraxique et proposés dans le cadre d'une relation duale avec l'enseignante ou avec l'AVS, se sont avérés être une aide compensatoire aux difficultés engendrées par la dyspraxie visuo-spatiale.

1.1 Gestuelle issue du pliage

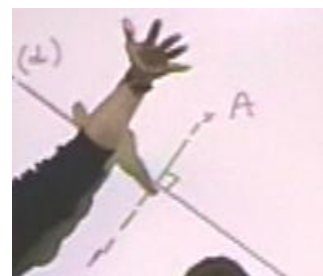
La notion de symétrie axiale a été introduite par l'enseignante à partir d'un travail expérimental, une activité de pliage, dans la continuité de ce qui est réalisé à l'école élémentaire.

Il s'agissait pour les élèves de décalquer « la cocotte », forme figurative représentée à côté d'une droite inclinée sur leur support papier, après avoir plié la feuille le long de la droite. L'enseignante amenait alors les élèves à faire des observations relatives à des propriétés géométriques de la configuration obtenue et à les vérifier avec leurs instruments. De la matérialisation de la symétrie axiale par le pliage ont émergé différents gestes avec les mains permettant d'évoquer cette manipulation, et, à travers elle, la transformation géométrique qu'elle représente. Cette évocation gestuelle s'est installée lors de la phase de synthèse qui a fait suite à l'activité de pliage.

Tout d'abord, à la superposition de figures symétriques placées de part et d'autre d'une droite, présentée par un mouvement réitéré de pliage-dépliage d'une feuille de papier, se substitue un mouvement analogue avec les mains : mains côte à côte, paumes vers le haut, puis l'une des deux se retourne et se pose sur l'autre.



C'est ce mouvement de la main qui est réalisé ensuite, paume posée sur une figure puis retournement autour de l'axe pour se poser dos sur la figure symétrique, sur les supports non pliables tels que tableau, cahiers d'élèves ou écran d'ordinateur. Ces gestes, réalisés au départ par l'enseignante en accompagnement de son discours, reproduits puis exploités par l'AVS auprès des élèves dyspraxiques, permettent de soutenir la représentation mentale de superposition de figures après retournement autour de l'axe.



La signification de ces gestes se construit pour chaque élève, de façon implicite et personnelle. Ces gestes apparaissent spontanément et ne sont pas institutionnalisés. Certains élèves les réinvestissent dans des situations de communication pour exprimer ce qu'ils ne parviennent pas encore à formuler dans un langage mathématique. Ces gestes, ou d'autres qui en dérivent, sont aussi utilisés dans la résolution de certains types de tâches de construction comme moyen d'anticiper ou de contrôler la position du symétrique d'un point ou d'un autre objet géométrique (segment, droite, cercle, ...), ou comme aide à la reconnaissance d'axes de symétrie de figures.

Nous avons observé à différentes reprises l'efficacité de l'évocation verbale et gestuelle du pliage pour des élèves, dont l'élève dyspraxique. Elle s'est cependant révélée inopérante pour beaucoup lorsqu'il a fallu déterminer si une diagonale d'un rectangle était axe de symétrie ou non de ce rectangle : le recours au pliage effectif a été nécessaire pour aller contre les conceptions erronées des élèves.

1.2 Gestuelle en lien avec les objets, relations et propriétés géométriques

Certains gestes ont permis de focaliser l'attention de l'élève sur les objets géométriques à considérer dans les activités de construction qui lui étaient proposées :

- *le geste de tracé*, consistant en un parcours avec l'index de l'objet, l'axe de symétrie par exemple ; souvent un va-et-vient est effectué sur l'objet, l'allongement de la durée du geste en favorise alors la perception ;
- *le geste de pointage*, consistant à montrer avec l'index l'objet évoqué dans le discours, ce qui permet de le repérer plus facilement et limite les malentendus.

Ces gestes ont parfois pu être remplacés ou renforcés par une aide graphique, comme le surlignage au feutre fluorescent du point et de l'axe de symétrie à prendre en compte dans la construction, dans le cas d'une configuration qui présente des lignes et des points « parasites ». Ce type de support, source de difficulté importante pour l'élève dyspraxique visuo-spatial, résulte souvent d'un souci d'économie de place du concepteur de l'exercice qui met les figures de plusieurs énoncés sur une même feuille. (Voir Annexe).

Certains gestes, en collaboration avec le langage, sont destinés à permettre à l'élève **de construire des relations entre l'instrument, les objets mathématiques et la propriété géométrique mobilisée**. Nous l'illustrons par deux exemples.

Dans le premier épisode choisi, l'élève dyspraxique visuo-spatial est interrogé au tableau par l'enseignante lors d'une phase de rappel. Il présente à la classe la première étape de construction du symétrique d'un point isolé A par rapport à une droite (d), à l'aide de la grande équerre du tableau.

Il propose un positionnement de l'équerre erroné avec le sommet de l'angle droit sur A et un côté de l'angle droit visuellement perpendiculaire à la droite (d). Par un aller-retour avec l'index à partir du point A le long de ce côté de l'équerre, il montre le tracé qu'il souhaite effectuer, en le formulant par bribes en réponse à un questionnement de l'enseignante. Celle-ci reprend alors ce que l'élève a exprimé en accompagnant son discours de gestes qui mettent en évidence les objets géométriques à considérer :



Enseignante : Il faut bien tracer la droite perpendiculaire à (d), elle parcourt la droite (d) avec son crayon, passant par A // Elle pointe le point A.

Elle établit ensuite le lien avec l'instrument :

Enseignante : Bon, maintenant, pour tracer une perpendiculaire, il faut une équerre et il faut placer l'angle droit de l'équerre // elle effectue avec son crayon deux va et vient sur les côtés de l'angle droit de l'équerre, où ?

Elève : sur A

Enseignante : sur A ? // Elle parcourt l'angle droit de l'équerre.

Elève : sur la droite

Enseignante : Ah, sur la droite. Est-ce qu'elle est sur la droite ? Elle parcourt l'angle droit de l'équerre.

Suite à cela, l'élève déplace l'équerre et la positionne de façon correcte. Ainsi, des gestes de tracé et de pointage ont contribué à la mise en relation des côtés de l'angle droit de l'équerre avec l'angle droit à obtenir à partir de l'axe de symétrie et du point considéré.

Notre deuxième exemple est issu des échanges entre l'AVS et l'élève dyspraxique visuo-spatial lors de phases d'apprentissage de la construction du symétrique d'un point par rapport à une droite à l'équerre et au compas. Nous avons observé un type de gestes produit par l'AVS et déclencheur de la prise en compte par l'élève de la propriété d'égalité de longueurs dans ses constructions. Ce geste a émergé lors de la première construction instrumentée du symétrique d'un point par rapport à une droite que les élèves devaient réaliser individuellement après qu'elle ait été présentée collectivement à la classe par l'enseignante.

AVS : Là, il faut qu'on ait la même distance // Elle place son pouce sur le point M et son auriculaire sur son projeté orthogonal.

de la droite // Elle lève son pouce et appuie sur son auriculaire.

au point // Elle appuie sur son pouce et lève son auriculaire.

Elle décale ensuite sa main, pointe sur le projeté orthogonal de M puis sur l'emplacement du symétrique de M par rapport à la droite.



Dans les constructions qui suivront, ce geste, qui se présente dans sa forme la plus condensée par l'écart pouce-index de la main, va être évocateur pour l'élève du report de longueur à effectuer et de l'instrument à utiliser pour cela, à savoir le compas.

Au vu de ce qui précède, les gestes produits par l'enseignant, l'AVS ou les élèves, et associés au discours, semblent avoir eu un rôle déterminant pour permettre à l'élève dyspraxique visuo-spatial d'élaborer et de mobiliser des schèmes de construction instrumentée du symétrique d'un point par rapport à une droite dans l'environnement Papier-Crayon. Voyons maintenant ce qu'il en est de l'utilisation d'instruments virtuels.

2 Manipulation d'instruments virtuels

A la fin de la séquence sur la symétrie, nous avons expérimenté la réalisation du type de tâches de construction du symétrique d'un point par rapport à une droite dans un environnement numérique avec des instruments virtuels (crayon, équerre et compas) afin de dégager les conséquences d'une utilisation de cette ressource sur le comportement d'élèves faibles et sur leurs apprentissages.

Nous avons choisi de travailler avec Mathenpoche pour le confort visuel que cela présente pour l'utilisateur. L'emploi de couleurs et d'animations permet de guider le regard, la clarté dans la présentation donne une bonne lisibilité, ce qui est essentiel pour favoriser l'entrée de l'élève dyspraxique dans l'activité et ce qui n'est pas négligeable pour les autres non plus.

Nous avons observé l'élève dyspraxique visuo-spatial ainsi qu'un élève dyslexique, dans les quatre premières constructions de l'exercice 3 de la deuxième série d'exercices « Construction de points » du chapitre 5 « Symétrie axiale » du domaine de la géométrie en sixième dans Mathenpoche. La tâche de construction du symétrique d'un point par rapport à une droite se complexifie graduellement avec l'orientation de l'axe : vertical (Q1), horizontal (Q2) puis oblique (Q3). Dans la quatrième construction (Q4), l'axe est également oblique mais un axe vertical « parasite » est présent. Après une prise en main du crayon, de l'équerre et du compas, les élèves ont démarré leur activité.

2.1 Vers l'activité

L'énoncé se présente sous la forme d'un texte écrit accompagné de la figure à compléter. Le texte, pour chacune des trois questions, est présenté ainsi :

Question N°1 :

Le point H est le symétrique du point F par rapport à l'axe (d) : place-le avec précision en te servant de l'équerre et du compas.

Tout d'abord, nous notons à travers la consigne une rupture avec le contrat didactique habituel de la classe : l'ostensif utilisé par l'enseignante pour nommer le symétrique d'un point - lettre correspondant au nom du point initial affecté du symbole « ' » n'apparaît pas ici (dans l'exemple, le symétrique de F aurait été nommé F'). Ensuite, de nos observations des élèves ressort le fait qu'aucun d'entre eux ne lit le texte de la question n°1 jusqu'au bout et de façon correcte :

- l'élève dyspraxique visuo-spatial ne voit pas ce qu'il faut faire ; l'enseignante lui demande de lire le texte, ce qu'il fait de façon approximative et manquant de fluidité ; elle lui relit la consigne, cela ne l'aide pas plus ; elle lui fait alors remarquer qu'en classe, ils ont nommé F' le point nommé ici H et reformule la tâche en utilisant F' ; l'élève comprend alors la tâche ;
- l'élève dyslexique ne lit le texte que partiellement à mi-voix « Le point H est le symétrique du point F », décide de sortir les outils disponibles en cliquant sur leurs icônes, puis relit en s'arrêtant au même endroit ; il voit le point F sur la figure mais pas le point H et reste bloqué ; l'enseignante intervient en lui demandant de lui lire le texte, ce qu'il fait dans une lecture non fluide qui ne l'empêche pas de comprendre alors la consigne : « Le point H, il est ... ah oui, j'ai compris, faut que H il se retrouve là, en face, OK ».

Nous retrouvons des comportements déjà observés dans l'environnement Papier-Crayon, à savoir une lecture superficielle ou approximative des consignes. La présence de la figure et des outils disponibles permet de suggérer la tâche à réaliser. Cet exercice sur Mathenpoche a permis de mettre en évidence l'importance qu'a prise l'ostensif graphique « F' » pour l'élève dyspraxique sur la compréhension de l'expression « le symétrique de F ».

2.2 Genèse instrumentale

Nous présentons maintenant la genèse instrumentale relative à la construction instrumentée avec crayon, équerre et compas virtuels.

Dans l'approche instrumentale de Rabardel (Rabardel, 2005), un artefact, objet matériel ou symbolique, devient un instrument au cours d'un processus de genèse instrumentale, qui consiste en l'élaboration de schèmes d'utilisation de cet artefact, résultant d'une construction propre du sujet ou de schèmes sociaux d'utilisation. De l'artefact à l'instrument, la genèse instrumentale consiste en un double processus d'évolution des relations « sujet - artefact » :

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

Les schèmes d'utilisation du crayon, de l'équerre et du compas ne sont pas analogues dans l'environnement numérique et dans l'environnement Papier-Crayon. En premier lieu, les outils virtuels sont manipulés par des commandes au clavier ou à la souris, ce qui libère l'élève de tâches praxiques telles le positionnement manuel et la tenue de la règle ou de l'équerre ou telle la manipulation du compas. Celle-ci en effet nécessite des aptitudes motrices importantes dans l'environnement Papier-Crayon lorsqu'il s'agit d'écarter les branches du compas, de le tenir par le haut en donnant une pression plus forte sur la pointe ou de mouvoir le poignet avec souplesse pour tracer un arc de cercle. L'allègement du coût de ces tâches rend l'élève dyspraxique plus disponible pour le repérage visuel et pour l'organisation de ses actions. Contribuent aussi à cela la fixité des outils en l'absence de commande ainsi que l'absence de gestion d'actions simultanées telles que tenir l'équerre et tracer le long ou tenir la règle et y faire coulisser l'équerre.

La zone de travail restreinte a l'avantage de focaliser l'attention sur la tâche à effectuer mais elle rend plus difficile le bon positionnement des instruments lorsqu'ils doivent en sortir (la copie d'écran présentée Figure 5 en est un exemple). En effet, il faut d'une part anticiper sur la partie qui restera visible pour pouvoir les manipuler et d'autre part une vision partielle peut perturber l'élève dans la suite des actions à effectuer.

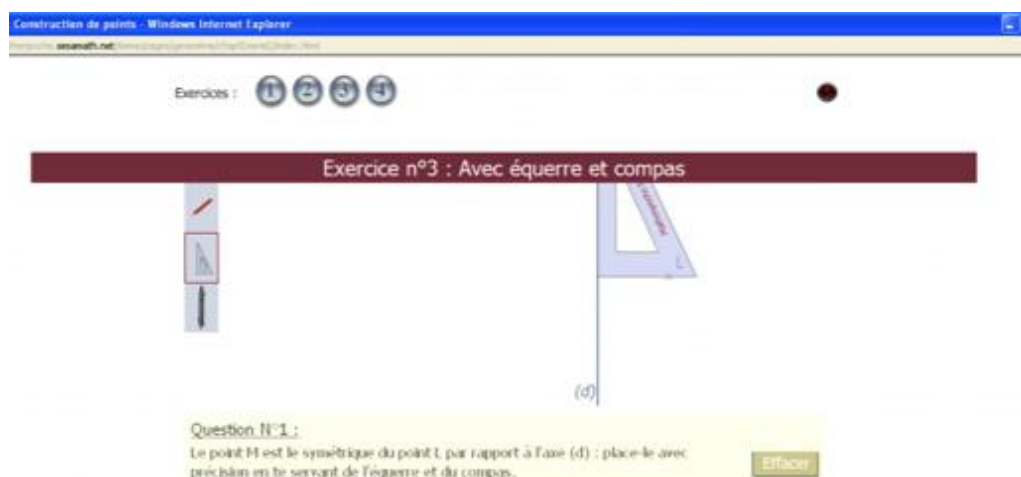


Figure 5.

En second lieu, un même outil peut avoir des caractéristiques qui diffèrent selon l'environnement, ce qui conduit à des phénomènes d'instrumentation et d'instrumentalisation. Nous allons illustrer cela à partir de nos observations du comportement des élèves.

Dans le tableau suivant sont exposés les schèmes élaborés par chacun des deux élèves dans l'environnement numérique au cours des trois premières questions des situations expérimentées.

Elève dyslexique	Elève dyspraxique visuo-spatial
- Sort l'équerre. - Tourne l'équerre jusqu'à la placer avec un côté de l'angle droit contre l'axe dans le demi-plan où se situe le point. - Déplace l'équerre pour amener l'autre côté de l'angle droit sur le point.	
- Prend la distance du point à l'axe avec le compas, le retourne et trace un arc de cercle.	- Trace un segment du point en allant le long de l'équerre puis en prolongeant de l'autre côté de l'axe (Voir Figure 7).
- Glisse l'équerre jusqu'à ce que le côté qui passe par le point intercepte l'arc (Voir Figure 6).	- Prend la distance du point à l'axe avec le compas, le glisse et trace un arc de cercle.
- Trace un segment le long de l'équerre du point jusqu'à plus loin que l'arc.	
- Place le point.	

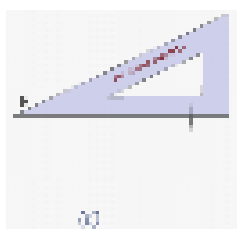


Figure 6.

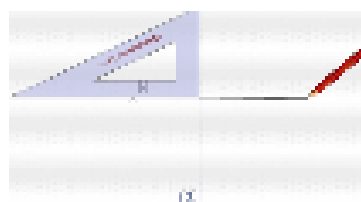


Figure 7.

Dans l'environnement Papier-Crayon, pour tracer le symétrique d'un point par rapport à un axe, les élèves ont le plus souvent utilisé la construction que nous avons décomposée en trois étapes.

Pour la première étape, les deux élèves ont réinvesti leur technique de placement de l'équerre. La deuxième étape, consistant à prolonger le segment [MP] pour obtenir une droite perpendiculaire à l'axe passant par le point M, n'est pas transposable dans l'environnement de Mathenpoche. En effet, il n'est possible de tracer avec le crayon qu'une ligne droite, si l'on en trace une seconde, la première s'efface automatiquement. L'action de l'utilisateur doit donc s'adapter à cette contrainte.

Pour cela, l'élève dyslexique utilise la conservation de l'orientation de l'équerre lorsqu'on la glisse (Figure 6). Cette action n'est pas valide dans l'environnement Papier-Crayon car sans support pour coulisser, l'équerre peut tourner. L'élève dyspraxique utilise la possibilité donnée par le crayon de tracer un segment en donnant une extrémité (le point dont on veut le symétrique) et une direction (donnée par l'équerre), le prolongement pouvant être réalisé sans déplacement de l'équerre (Figure 7). Cette procédure n'est pas non plus transposable à l'environnement Papier-Crayon. Dans l'aide proposée par Mathenpoche, apparaissent les étapes explicitées Figure 8.

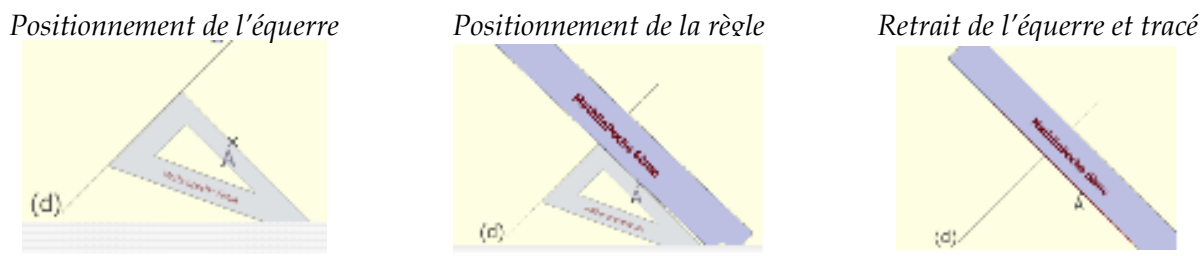


Figure 8.

Au regard de cela, nous pourrions penser que les élèves observés instrumentalisent l'équerre ou le crayon pour tracer la perpendiculaire à une droite passant par un point car la procédure de tracé proposée par les concepteurs est bien transposable dans l'environnement Papier-Crayon. Toutefois, cette procédure n'est pas réalisable avec les instruments proposés dans l'exercice 3 : équerre, compas et crayon.

2.3 De l'activité vers les rétroactions

Nous présentons maintenant la prise en compte de la réponse de l'élève et ses effets. Si l'élève place le point symétrique au bon endroit, l'affichage « BRAVO ! » apparaît et le compteur du score est mis à jour.

La position des instruments n'est pas vérifiée, seule celle du point symétrique l'est, et nous avons parfois observé une rétroaction validant une réponse obtenue par une méthode incorrecte. A sa première erreur, l'élève reçoit le conseil d'utiliser l'aide, si son deuxième essai est erroné, il est envoyé directement sur la première page de l'aide. Dans les deux cas, il est libre de la consulter ou non. Il obtient ensuite sa construction corrigée (symétrique placé avec codage de la perpendicularité et de l'égalité de longueurs) avant de passer à la question suivante.

Le contenu de l'aide est toujours le même, il s'agit de la présentation des étapes de construction, chacune étant décrite par un texte, une figure sur laquelle on visualise le positionnement dynamique des instruments et le codage des propriétés. Il arrive que l'aide ne soit pas adaptée à l'activité de l'élève, ne l'éclairant pas sur la nature de son erreur, comme par exemple le mauvais choix de l'axe dans Q4 pour l'élève dyspraxique.

Mises à part des difficultés de lecture du texte, dues entre autres à un manque de repères pour l'élève dyspraxique, et à certains écrits qui ne restent pas longtemps à l'écran, les élèves ne réussissent pas toujours à saisir de façon autonome les indications qui leur seraient utiles dans l'aide d'autant plus que certaines actions présentées ne sont pas en adéquation avec celles attendues dans l'exercice. Par exemple, les élèves n'ont pas la possibilité de coder leur figure au fur et à mesure des constructions. L'intervention de l'enseignant est alors nécessaire pour permettre aux élèves de l'utiliser de façon efficace.

Nous constatons une instrumentation réussie avec Mathenpoche pour les deux élèves dans les trois premières constructions. Déjà performants dans des constructions de ce type dans l'environnement Papier-Crayon, ils n'ont pas eu de difficulté à élaborer des schèmes valides en s'adaptant aux contraintes de Mathenpoche. Au cours de la séquence, les progrès de l'élève dyslexique dans l'environnement Papier-Crayon ont été beaucoup plus rapides que ceux de l'élève dyspraxique qui a eu longtemps besoin d'aides procédurales et manipulatoires. L'élève dyspraxique a gagné en précision avec Mathenpoche, à noter que son temps moyen de

construction (1 min 56) pour Q1, Q2 et Q3 est meilleur que celui de l'élève dyslexique (3 min 04) : allégé du coût attentionnel existant pour lui dans l'environnement Papier-Crayon, il est plus disponible pour élaborer de façon autonome une démarche de construction avec Mathenpoche. Ceci est un atout indéniable d'un travail dans un environnement numérique pour un élève dyspraxique.

V - CONCLUSION

Dans la séquence d'enseignement observée, des difficultés propres à la dyspraxie visuo-spatiale sont apparues dans l'apprentissage du concept de symétrie axiale, que ce soit au niveau de la perception visuelle, de la manipulation des instruments ou de l'organisation d'actions à mettre en œuvre dans des activités de reconnaissance ou de construction. Tout cela n'a pas pour autant rendu totalement impossible tout apprentissage. A la fin de la séquence, l'élève dyspraxique visuo-spatial est capable de réaliser en autonomie une construction instrumentée du symétrique d'un point par rapport à une droite une fois qu'il repère bien ces deux objets géométriques.

L'élève dyspraxique visuo-spatial a reçu une aide individualisée importante, il s'est approprié progressivement une technique de construction instrumentée grâce à une « séquentialisation » des actions à effectuer, donnée de façon orale et accompagnée d'évocations gestuelles.

Enfin, les quelques expérimentations réalisées avec Mathenpoche nous laissent penser que les constructions instrumentées dans un environnement numérique sont plus accessibles pour les élèves dyspraxiques. Reste à déterminer si les constructions avec des instruments virtuels peuvent se substituer à celles réalisées dans l'environnement Papier-Crayon pour conduire l'élève à des apprentissages géométriques.

VI - BIBLIOGRAPHIE

BOSCH M. & CHEVALLARD Y. (1999). La sensibilité de l'activité mathématique. Objet d'étude et problématique, *Recherches en Didactique des Mathématiques*, **19/1**, 77-123.

Commission collège de l'APMEP-Lorraine (2002) Interrogations naïves mais sérieuses sur la symétrie. *Le Petit Vert*, Bulletin de la régionale Lorraine de l'A.P.M.E.P, **71**.

DUVAL R. (1995). Sémiosis et pensée humaine. Chapitre IV Figures géométriques et discours mathématique. Berne : Peter Lang.

MAZEAU M. & CROUAIL A. (2009). Rééduquer dyscalculie et dyspraxie. Méthode pratique pour l'enseignement des mathématiques. Editions Masson.

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

RABARDEL P. (2005). *Éléments pour une approche instrumentale en didactique des mathématiques*. Modèles du sujet pour la conception. Dialectiques activités développement. Rabardel P. et Pastré P. (eds). Octarès :Toulouse.

VII - ANNEXE

- 6** Sur la figure ci-contre,
- a. construis les points A' et B' symétriques des points A et B par rapport à (d) ;
 - b. construis les points C' et D' symétriques des points C et D par rapport à (d₁) ;
 - c. construis les points E' et F' symétriques des points E et F par rapport à (d₂).

