

TGT : un outil pour construire la géométrie ?

Il est habituellement reconnu que les enfants présentant des troubles moteurs purs ou des troubles praxiques rencontrent fréquemment des difficultés dans certaines tâches scolaires et tout particulièrement dans les activités mathématiques. C'est en effet dans ce domaine qui privilégie pourtant le raisonnement que l'on trouve paradoxalement le plus de manipulations et de tâches praxiques et /ou spatiales : tout petit c'est le comptage d'une collection ; plus grand, c'est la pose d'opérations en colonnes, les tableaux à double entrée ; et plus tard encore, c'est principalement l'épreuve des tracés géométriques.

A l'école, la plupart du temps, une fois prévenu, l'enseignant contourne les obstacles par des démarches et des outils appropriés ou bien évite tout simplement d'exposer ces élèves à ces tâches : ces élèves ne réaliseront donc pas de tracés géométriques.

Cependant, ce qui peut être toléré à l'école ne l'est plus aussi facilement à l'arrivée au collège qui s'accompagne d'exigences plus fortes.

Immédiatement, surviennent les fameuses évaluations nationales de 6^{ème} et leurs épreuves de mathématiques dans lesquelles ces élèves auront à répondre comme les autres à des exercices sollicitant certes des compétences de raisonnement et de calcul mais aussi de traçage.

Souvent lents et écrivant mal, voire pas du tout, bon nombre de ces enfants pourtant intelligents sont en grande difficulté dans ces épreuves. La réponse habituelle est alors un recours systématique à l'ordinateur. En effet, cet outil limitant les praxies à mobiliser, ces élèves acquièrent dans l'ensemble une meilleure efficacité scolaire. Mais est-ce toujours le cas et en particulier pour les tâches de traçage ?

Dans le cadre de l'adaptation sur ordinateur des évaluations nationales de 6^{ème} pour les élèves handicapés moteurs, plusieurs exercices de tracés géométriques posaient problèmes : pouvait-on recourir à des outils de production automatique alors qu'il fallait précisément évaluer une compétence de traçage et non pas tant une connaissance de la géométrie ?

Il nous est très vite apparu que l'usage de constructeurs géométriques automatiques ne convenait pas et qu'il était nécessaire de réaliser une trousse d'outils virtuels de mesure et de traçage regroupés dans le logiciel TGT (Trousse GéoTracé).

Dessins et figures géométriques

Le dessin et la figure ont de multiples rôles en géométrie :

- *La représentation d'objets géométriques* : Ces représentations graphiques facilitent la représentation mentale. La perception de la notion de cercle par exemple est assez difficile sans un support visuel et selon certains professeurs de mathématiques, l'usage d'un outil qui réalise automatiquement un cercle plutôt que sa construction à l'aide d'un compas, même virtuel, peut donner une perception différente de cette notion.
- *Le support à une action* : Le dessin et la figure permettent de faire des mesures, des calculs, des évaluations.
- *L'illustration d'un énoncé* : C'est une aide au raisonnement, à l'expérimentation et plus tard à la démonstration. Le dessin ou la figure permet de conjecturer, de justifier, de vérifier. Un exercice de géométrie est souvent très difficile à réaliser sans le passage par la figure. Le dessin, ou la figure, est parfois même le seul but de l'exercice.

Dessin et figure géométrique sont de nature différente.

Le **dessin géométrique** fait plutôt référence à une géométrie "du faire". On demande à l'élève d'effectuer avec l'aide du crayon une suite d'actions et de manipulations d'instruments de tracé, règle, équerre, compas et éventuellement rapporteur. Cela fait appel à la fois à un raisonnement qui se développe dans l'espace et dans le temps et surtout à des « savoir faire ». Le dessin géométrique est en final bien ou mal réalisé et les appréciations de l'élève ou de son professeur sont chargées d'une certaine connotation esthétique.

Au contraire, **la figure géométrique** fait, elle, référence à une géométrie plus "théorique". L'énoncé est de style déclaratif et fait référence non pas à des « savoirs faire » mais à des savoirs théoriques, les propriétés géométriques. La figure est relativement neutre d'un point de vue émotionnel, elle ne doit pas être appréciée par son esthétique, elle est juste ou ne l'est pas.

Ainsi les logiciels de tracés « géométriques » pourraient être

- plutôt des logiciels de tracé de figures où l'on fait référence à des définitions et des propriétés, ils sont d'ailleurs très nombreux et très puissants,
- d'autres plutôt des logiciels de tracé de dessins mettant en jeu des manipulations d'instruments, il n'en existe pratiquement pas !

Dans le cadre d'une progression pédagogique, il est habituel de passer du dessin à la figure, c'est-à-dire de la pratique du traçage à la conception de la figure et à la compréhension de ses propriétés. Dans le cas d'élèves présentant des limitations ou des troubles de l'intégration des mouvements fins des membres

supérieurs, faut-il s'interdire cette démarche qui construit les concepts géométriques à partir de manipulations simples et n'autoriser que l'usage d'outils de construction automatiques de figures ? Nous pensons au contraire qu'il peut être intéressant de proposer à ces élèves des outils d'aide au traçage, c'est pourquoi nous avons réalisé la Trousse GéoTracé.

Le logiciel TGT

Développé par l'équipe informatique du CNEFEI, TGT¹, pour « TrousseGéoTracé », intègre des instruments virtuels de mesure (règle, équerre, rapporteur) à une feuille de traçage enrichie d'un crayon et d'un compas. Cet outil permet de réaliser toutes sortes de tracés et de mesures rencontrés à l'école primaire et au collège.

Ces outils virtuels sont manipulables à la souris mais également partiellement par balayage et à l'aide d'un contacteur. Des menus d'options assurent un paramétrage fin et étendu de chacun des outils (taille, couleur, positionnement, valeurs des pas de translation ou de rotation).

L'élève dessine ses figures géométriques en appelant un à un des instruments de traçage, par exemple le crayon puis la règle qui s'affiche horizontalement et au milieu de l'écran. Placé tout près de la règle le crayon s'aimante sur celle-ci et il suffira de le tirer pour tracer un segment. Afin d'améliorer la lisibilité de la mesure du traçage, le déplacement du crayon génère sur la règle une onde de réécriture dans une autre couleur. Ainsi par exemple les chiffres et les traits correspondant aux mesures en centimètre ou en millimètre passent du rouge au noir dans le paramétrage de couleur proposé par défaut.

Outre cela, TGT offre plusieurs ressources particulièrement utiles aux élèves handicapés moteurs et/ou dyspraxiques

Manipuler les instruments à l'aide d'icônes : Un clic sur une icône de translation ou de rotation déplacera la règle par exemple d'un pas paramétrable, ce qui pourra faciliter grandement la manipulation.

Simplifier l'affichage des mesures sur la règle, l'équerre et le rapporteur : On peut décider de paramétrer un instrument pour n'avoir que les centimètres ou les dizaines de degré, on pourra ainsi habituer l'élève à encadrer une mesure de longueur ou d'angle ou bien affiner progressivement le repérage visuel d'une mesure. De même on peut simplifier l'apparence d'un instrument en coloriant

¹ TGT est un logiciel téléchargeable gratuitement sur le site du Centre National d'Etudes et de Formation pour l'Enfance Inadaptée (www.cnefei.fr) en sélectionnant sur le menu d'entrée « Ressources » puis « Productions ». Ce logiciel ne fonctionne convenablement que dans l'environnement Windows XP.

différemment les centimètres et les millimètres ou bien encore en supprimant des icônes de manipulation s'ils sont inutiles à l'élève.

Travailler sur plusieurs calques : On dessine une figure sur un calque de base mais on peut ajouter autant de calques supplémentaires souhaités rendus visibles ou invisibles, protégés ou déprotégés. Cela peut permettre à l'enseignant de créer sur un premier calque, visible mais protégé, l'énoncé et la figure de base, de proposer un deuxième calque de travail à l'élève, rendu visible et actif, et même de réaliser à l'avance un troisième calque de correction qui sera bien sûr rendu invisible et inactif. Cela peut également lui permettre de présenter à l'élève en difficulté de repérage, calque par calque, une figure complexe, un triangle par exemple, puis la construction des médianes, puis le cercle circonscrit.

Afficher une grille : Le calque de traçage peut présenter une grille paramétrable au niveau de la mesure entre deux nœuds et de la couleur du trait. L'usage d'une grille s'avère intéressante pour nos élèves handicapés lorsqu'ils doivent travailler sur les symétries ou bien plus grands quand ils doivent représenter le graphe d'une fonction.

Faire apparaître un repère : associé ou non à une grille, l'apparition d'un repère orthogonal paramétrable permet de représenter simplement et proprement des fonctions affines étudiées en classe de 3^{ème} de collège.

Flécher un segment : Sur un segment préalablement tracé et sélectionné, il est possible de faire apparaître une flèche directionnelle à l'une ou l'autre de ses extrémités. De même, on peut faire apparaître des marques sur un segment. Tout cela permet de créer facilement des supports pour la géométrie vectorielle étudiée au collège.

TGT ne se substitue pas aux grands logiciels mathématiques de construction géométrique tels Cabri Géomètre, Chamois, Atelier de Géométrie ou Géométrix, que nous apprécions et préconisons dans une seconde étape. Il ne s'agit pas au début de produire automatiquement des tracés géométriques mais de les construire pas à pas à l'aide d'une manipulation, parfois un peu laborieuse, d'outils virtuels. L'élève peut ainsi s'approprier naturellement des notions jusqu'alors difficiles par manque d'expérience de manipulation. TGT peut être particulièrement utile au début des apprentissages géométriques du primaire et du collège. Bien entendu, il sera efficacement relayé par des outils de production automatique plus performants une fois les concepts géométriques installés.

Notre hypothèse d'expérimentation et notre population d'élèves:

« TGT est utile aux élèves présentant des troubles moteurs « purs » mais également aux élèves modérément dyspraxiques » telle était notre hypothèse d'étude.

En vue de tester l'utilité de TGT, de mieux cibler son public prioritaire et d'affiner son utilisation, nous avons mis en place, durant cette année scolaire, une petite étude sur trois lieux :

En milieu ordinaire. Il s'agit ici du suivi d'intégration individuelle par un Sessad² à la fois

- de deux élèves handicapés moteurs âgés de 10 ans en CM2 ; comme troubles associés, l'un présente des troubles visuels, praxiques et de coordination bimanuelle, l'autre uniquement des troubles visuels
- et d'un élève handicapé moteur de 8 ans intégré après un redoublement en CE1. Cette petite fille rencontre des difficultés à mentaliser et elle présente des troubles visuels associés.

En milieu ordinaire mais en CLIS4³, donc en intégration collective avec un groupe de 11 élèves principalement IMC, de niveaux scolaires allant du CP au CE2. Ces enfants tous handicapés moteurs et âgés de 8 à 11 ans sont atteints de troubles praxiques et/ou d'hémiplégies empêchant l'utilisation efficace d'outils traditionnels de tracés géométriques. Trois élèves ont été particulièrement observés :

A.⁴, 9 ans 6 mois en mars dernier, présente une importante dyspraxie visuo-spatiale, mais compense beaucoup intellectuellement.

B.⁵, 9 ans 9 mois, souffre d'une très importante dyspraxie (dyspraxie visuo-spatiale et dyspraxie constructive). Il n'écrit pratiquement pas manuellement tant son écriture est illisible.

C.⁶, 10 ans 3mois n'est pas dyspraxique mais il est atteint de troubles cérébelleux importants.

² Sessad « Fondation Richard », Lyon, 69, avec Martine Faron-Gabillaud, ergothérapeute, martine.f-g@wanadoo.fr

³ Clis4 Edouard Herriot, Lyon, 69, tenue par Hélène Terrat, professeur des écoles, enseignante spécialisée, formatrice associée à l'IUFM de Lyon, (helene.terrat@free.fr)

⁴ Selon son ergothérapeute, à la passation de la batterie rapide des fonctions cognitives (BREVE), on note pour lui un effondrement des items non verbaux et en particulier ceux qui demandent une recherche visuelle et une orientation visuo-spatiale. Cette discordance entre ses capacités verbales qui sont normales, voire supérieures, pour son âge signe une dyspraxie visuo-spatiale importante mais A. peut concevoir les obliques.

⁵ On ne peut même pas utiliser le test de la BREVE, car ses résultats se situeraient en amont.

⁶ A la BREVE ses scores sont moyens et beaucoup plus resserrés autour de son âge tant sur le plan verbal que non verbal, il n'est pas dyspraxique.

En établissement spécialisé⁷ et en classe de 6^{ème} avec principalement deux adolescentes présentant des formes sévères d'épidermolyse bulleuse qui limitent considérablement leur possibilité de tracés.

Dans un premier temps : Un bilan moteur et praxique a été réalisé pour objectiver les difficultés des enfants et une observation en situation de classe a été menée, quand c'était possible, avec les outils traditionnels.

Dans un second temps une appropriation de l'outil informatique est mise en place puis des exercices sont proposés en fonction de la liste des compétences à atteindre en fin de cycle 2, de cycle 3 pour les élève de primaire. En section collège, nous avons repris les quelques épreuves de géométrie des évaluations nationales passées en début d'année et comparé l'autonomie dans la réalisation et les résultats obtenus avec et sans TGT.

Résultats :

Ils sont globalement positifs.

Les deux élèves de 6^{ème} atteintes d'épidermolyse bulleuse et scolarisées en établissement spécialisé, peuvent enfin dessiner des figures géométriques, des segments des cercles, qu'elles aiment d'ailleurs agrémenter de couleurs dès qu'elles le peuvent (On retrouve ici la dimension esthétique et émotionnelle du dessin).

C., élève non dyspraxique de Clis4 rend maintenant des travaux de traçage plus propres qu'il réalise plus rapidement et plus facilement.

Deux des trois élèves intégrés apprécient l'aide du logiciel car elles réalisent, là encore, des tracés plus propres, et plus rapidement. L'élève intégré présentant des troubles praxiques trouve un intérêt plus limité au logiciel. Cela l'aide car il peut corriger et rendre un traçage plus soigné mais il rencontre encore des difficultés à manipuler les outils virtuels.

B., élève très dyspraxique de la Clis4 qui ne pouvait faire seul la plupart des tâches d'écriture ou de mesurage et aucune tâche de traçage, réalise maintenant mais encore très laborieusement quelques tracés.

A., élève dyspraxique mais capable tout de même de réaliser quelques actions de mesurage et de traçage avec un rendu difficilement supportable au niveau du soin. A. réalise pour la première fois avec TGT des tracés impeccables avec le compas qu'il apprécie tout particulièrement.

Ce travail nous permet dès à présent de pointer, à la fois,

⁷ Centre de Rééducation Fonctionnelle, Romans Ferrari, 01, avec Eric Saint Quentin, professeur de mathématiques.

- d'une part, **les bénéfices de TGT qui donne de nouvelles possibilités** aux des élèves présentant des troubles moteurs sévères mais sans troubles associés de dessiner des figures géométriques et ainsi de construire plus facilement les concepts géométriques grâce à la manipulation (élèves hémiplésiques ou les deux jeunes atteintes d'épidermolyse bulleuse)
- d'autre part, **des limites de son utilisation** avec des élèves trop lents, trop sévèrement atteints sur le plan praxique et/ou neurovisuel.

Conclusion:

Cette expérimentation pédagogique modeste confirme doublement notre hypothèse de départ : Les enfants qui tirent le bénéfice le plus important de l'utilisation de la trousse TGT présentent des troubles de coordination visuo-manuelle et de coordination bimanuelle (significatifs et évaluables au test de la B.R.E.V.). En revanche, des capacités de discrimination visuelle, les gnosies, sont nécessaires. De plus les troubles praxiques ne doivent pas être trop massifs. Il est nécessaire, pour un enfant, d'avoir en particulier la capacité d'orienter une oblique dans le plan.

Ainsi donc, l'usage de TGT peut donner un accès facilité à la construction géométrique des élèves handicapés moteurs des membres supérieurs sans troubles majeurs associés mais les élèves fortement dyspraxiques ou présentant des troubles visuels importants rencontrent encore des difficultés à manipuler le logiciel certainement encore trop complexe⁸ : Sur la manipulation même des outils de la trousse, un enfant fortement dyspraxique sera presque autant en difficulté avec la trousse qu'avec des instruments réels. Cependant l'intérêt de la trousse est sa possibilité de corriger une construction plus facilement, plus rapidement et surtout plus proprement que sur le papier : en effet sur ce support, le fait de gommer un segment mal tracé risque de conduire tantôt à froisser, plier voire déchirer la feuille, et de gommer non seulement la partie du segment visée mais également des éléments de la figure autour. Le résultat final sale et imprécis complique l'analyse de la figure et perturbe le raisonnement de l'élève.

TGT améliore tout cela et c'est tout de même déjà un progrès pour la scolarité de ces enfants.

Jack Sagot

Professeur au Cnefei

⁸ Ce logiciel conçu et réalisé par Max Durand (max1durand@wanadoo.fr) et Jack Sagot (jack.sagot@ac-versailles.fr), tous deux professeurs au Cnefei, n'est pas encore figé dans sa version définitive. Des versions téléchargeables gratuitement permettront d'étendre son utilisation et de l'améliorer à partir des suggestions et critiques de chacun. (Ministère de l'Education nationale, CNEFEI, Département Informatique, 58-60 av des Landes, 92150 Suresnes)