TRAVAIL SCIENTIFIQUE DE NATURE RÉFLEXIVE

L'APPRENTISSAGE DE LA GEOMETRIE AU COLLEGE AVEC LE LOGICIEL LIBRE GEOGEBRA

Henry-Michel ROZENBLUM
Collège Diderot – Massy (91)

Université Cergy Pontoise
ESPE 2018 – 2019

Sous la direction de ***Mme Maha ABBOUD BLANCHARD***

SOMMAIRE

INTRODUCTION

On connaît la célèbre citation de René Descartes : « *La géométrie est l'art du raisonnement correct à partir de figures mal dessinées.* » Citation que mon père m'avait apprise alors que j'étais enfant et que je n'ai compris que plus tard. Quand je l'ai citée lors de mon premier cours de géométrie en classe de 5ème, je crois que mes élèves n'ont pas non plus compris la portée du message. La définition donnée par Descartes reste parfaitement juste mais la révolution numérique est passée par là en apportant aux enseignants et aux élèves de nouveaux outils d'apprentissages. Comme le rappelle Mattiussi (2013) : « *Après un démarrage lent dans les années quatre-vingt-dix, les années 2000 ont marqué l'envolée historique*[1] *du recours informatique dans l'enseignement des mathématiques portée par la nouvelle génération des jeunes professeurs.* »

Pour autant, mettre des ordinateurs et des logiciels à disposition des élèves n'a d'intérêt que si cela s'accompagne « *d'un processus réfléchi et durable d'utilisation de l'ordinateur*[2] *dans le projet pédagogique.* » Comme le précise Mattiussi (2013), le recours informatique ne vaut que s'il s'insère pleinement dans le scenario pédagogique général de l'étude d'une notion, bien situé et articulé dans le processus général de l'apprentissage. Ce qui est vrai pour l'ensemble des outils numériques, l'est en particulier pour la géométrie dynamique. Cela fait près de trente années qu'a été lancée la première version de Cabri-Géomètre. L'un de ses successeurs, GeoGebra, connait une gloire internationale. Plusieurs études[3] tendent à démontrer que son emploi favoriserait l'apprentissage de la géométrie, augmenterait la motivation des élèves.

[1] En 2010, il y avait 5,6 élèves par ordinateur contre 3,6 en 2017, soit une croissance supérieure 50%. Source : DEPP. D'après Mattiussi (2013), en 2010, au moins un tiers des professeurs de mathématiques de l'académie de Toulouse utilisaient l'ordinateur pour enseigner. On peut supposer que ce taux a au minimum suivi la croissance de l'équipement des établissements, et qu'aujourd'hui, plus de 50% des enseignants intègrent l'informatique à leurs cours.

[2] Lagrange, J-B. et C-Dedeoglu, N. (2009). Usages de la technologie dans des conditions ordinaires. Recherches en Didactique des Mathématiques.

[3] Dogan (2010), Herceg, D., & Herceg, D. (2010), Shadaan & Leong (2013), Bhagat & Chang (2014)

Quelles sont donc les caractéristiques propres à GeoGebra qui le rendraient si efficace ? Quelles sont les situations d'apprentissage qui profiteraient le mieux de ce logiciel ? Quels avantages possèdent-il par rapport aux tâches « Papier / Crayon » ? Quelles sont ses limites ? Autant de questions qui seront abordées dans les pages suivantes.

CE QUE DISENT LES TEXTES[4]

Les compétences :

Chercher : S'engager dans une démarche scientifique, observer, questionner, manipuler, expérimenter (sur une feuille de papier, avec des objets, à l'aide de logiciels), émettre des hypothèses, chercher des exemples ou des contre-exemples, simplifier ou particulariser une situation, émettre une conjecture.

Raisonner : Démontrer : utiliser un raisonnement logique et des règles établies (propriétés, théorèmes, formules) pour parvenir à une conclusion.

Communiquer : Expliquer à l'oral ou à l'écrit (sa démarche, son raisonnement, un calcul, un protocole de construction géométrique, un algorithme), comprendre les explications d'un autre et argumenter dans l'échange.

Les inspecteurs :

L'usage raisonné de plusieurs types de logiciels est particulièrement adapté en mathématiques; il en est ainsi des tableurs, des logiciels de construction géométrique et des logiciels de calcul formel… Les logiciels de construction géométrique ont aussi un rôle à jouer dans l'apprentissage de la notion de figure géométrique, par l'éclairage nouveau qu'ils donnent au rôle des propriétés dans les figures. Ils permettent, en déplaçant les points tout en conservant

[4] Document de cadrage de l'usage des TICE rédigé par l'IGEN, Compétences du socle (Eduscol)

les propriétés, de donner aux élèves une vision plus générale de la figure. On peut ainsi faciliter l'accès à des conjectures, au raisonnement et à la démonstration… Les logiciels de géométrie permettent de varier « à l'infini » les cas de figure dans une situation donnée.

Utilisation en « salle d'informatique » ou « salle multimédia » : Pour une telle séance, il convient que les trois conditions suivantes soient remplies :

- La séquence informatique est simple et progressive de sorte que tous les élèves puissent effectivement travailler pendant la totalité de la séance et arriver à un résultat, même modeste ;
- la manipulation sur l'ordinateur est complétée par un travail mathématique écrit ; une conjecture est validées par une démonstration, un contre-exemple s'intègre dans la restitution, etc. ;
- un compte rendu de TP est demandé et corrigé par le professeur.

QUELQUES DÉFITIONS ET PROPRIÉTÉS

L'objectif de ce travail n'est pas de présenter GeoGebra. Il existe de nombreux et excellents guides[5], sites Internet et tutoriels[6] en ligne qui lui sont consacrés. Pour des raisons internes à mon établissement scolaire, les élèves ont utilisé la version Internet de GeoGebra : https://www.geogebra.org/graphing.

Découverte expérimentale des mathématiques :

GeoGebra est un logiciel de géométrie dynamique. Pour Jean-Pierre Massola, cité par Rigaut (2013) : « *La notion de géométrie dynamique recouvre deux phénomènes : le fait qu'une figure puisse être modifiée a posteriori et le fait que toute construction garde ses propriétés dans le déplacement des objets de base qui ont servi à sa construction.* » Rigaut (2013)

[5] https://app.geogebra.org/help/docufr.pdf

[6] https://wiki.geogebra.org/fr/Tutoriels

précise qu'un logiciel de géométrie dynamique permet de déplacer certains points non liés et non fixés dans tous les sens possibles ou le long de droites et de segments, à l'inverse de la géométrie statique. Cela permet de visualiser de nombreuses configurations de la figure tout en conservant ses propriétés géométriques, qui restent invariantes lors des déplacements. Ce que l'élève doit imaginer lorsqu'il travaille sur papier, se produit sur son écran à l'aide du logiciel. Cela n'est possible pour Restrepo (2008) que dans la mesure où l'élève mobilise ses connaissances mathématiques pour pouvoir faire une construction qui pourra être validée par le déplacement.

Selon Capponi (2000), en construisant avec un logiciel de géométrie, on fait passer l'élève de la réalisation technique d'un dessin à la production explicite d'une procédure de construction faisant appel à des primitives géométriques. L'accès direct à ces primitives très évoluées, sans passer par des étapes intermédiaires, donne à l'utilisateur des possibilités de constructions très différentes de celles qui sont disponibles dans la géométrie « Papier / Crayon ». Autre avantage notable par rapport au « Papier / Crayon », le déplacement en temps réel des objets permet une exploration très rapide et des essais successifs très peu coûteux en temps et en effort.

ORGANISATION DES OBSERVATIONS

Les élèves de la classe de cinquième dont j'ai la charge ont participé à cinq séances d'une heure en salle multimédia. Ces séances se sont déroulées les 1er et 8 février, 23 et 30 mars, 5 avril. Elles ont été organisées en classe entière, soit 25 élèves ; chaque ordinateur était partagé par deux élèves qui travaillaient ensemble. La classe est composée d'une petite dizaine d'élèves de bon niveau et d'une dizaine d'élèves qui ont accumulé de sérieux retards depuis probablement plusieurs années. De nombreux élèves de cette classe, tous niveaux confondus, posent des problèmes de discipline constatés à l'occasion des deux premiers conseils de classe. Ces élèves n'avaient suivi aucune session GeoGebra en salle informatique durant leur année de sixième. Leurs professeurs de sixième utilisaient GeoGebra en classe dans le cadre de leurs cours. J'évoquerai plus loin mon propre usage de GeoGebra en classe normale.

La préparation des séances

Le temps de préparation est long pour le professeur, surtout débutant. Il se décompose en plusieurs étapes :

- **Choix du thème**. Bien qu'il existe dans les manuels des élèves comme sur Internet de nombreuses mises en situation avec GeoGebra, celles-ci m'ont paru souvent peu ambitieuses[7] et assez peu focalisées sur l'expérimentation. D'un autre côté, il est probable que le peu de connaissances acquises jusqu'en cinquième limite les possibilités.
- **Écriture de la feuille de route**. J'ai fait le choix de détailler les consignes, surtout pour les premières séances. La multiplication des détails entraîne le risque d'erreurs d'où une relecture minutieuse.
- **Test complet.** L'ensemble des consignes est reproduit sous GeoGebra en me mettant à la place d'un élève.

Mon positionnement vis-à-vis des élèves :

J'ai adopté et conservé le même positionnement vis-à-vis des élèves au cours de toutes les séances. Comme le souligne Abboud-Blachard (2013) : « *l'enseignant en séance TICE passe plus de temps à s'adresser à des petits groupes que de temps en interventions collectives.* ». Mes interventions en séances se sont résumées à :

- l'accueil des élèves, présentation de l'objectif de la séance et mise en activité ;
- des interventions pour corriger une erreur ou pour préciser un passage du texte dès que je constate un blocage général sur une consigne.

J'ai repris à mon compte l'attitude « *balayage systématique* » décrit par Abboud-Blachard (2013). J'observe chaque groupe en passant d'un groupe à l'autre selon une trajectoire circulaire, les postes de travail étant alignés le long des murs de la salle. Si un élève lève le bras pour m'appeler, je lui demande d'attendre que ma trajectoire m'amène à lui. Comme le décrit Shadaan-Leong (2013), le rôle de l'enseignant est celui d'un facilitateur.

[7] Ces séances GeoGebra m'ont fait changer d'avis : c'est moi qui avait trop d'ambitions.

Voici le plan des cinq sessions de cinquième :

1er février	Présentation générale du logiciel. Exercices de familiarisation
8 février	Propriétés des symétries centrales
23 mars	Aire d'un triangle redécouverte à partir de propriétés
30 mars	Construction de parallélogrammes à partir de leurs propriétés
5 avril	Découverte du théorème des milieux avec les parallélogrammes

Pour compléter mes observations, les élèves de la classe de sixième dont je suis également le professeur, ont participé à trois séances d'une heure en salle multimédia, par demi-groupe (14 élèves par groupe), les 30 mars, 5 et 12 avril. Il y avait un ordinateur par élève. La classe est composée d'une dizaine de bons ou très bons élèves, d'une demi-douzaine d'élèves d'un niveau très faible et d'une élève indienne avec qui il est plus simple de s'exprimer en anglais mais qui s'est fort bien débrouillée.

Voici le plan des trois sessions de sixième :

30 mars	Présentation générale du logiciel. Exercices de familiarisation
5 avril	Cercle et triangle équilatéral
12 avril	Symétrie axiale

Organisation de chaque session :

Toutes les sessions, pour les deux classes, ont été organisées selon un schéma unique. Une feuille de route était distribuée à chaque élève dès leur arrivée en classe. Ce support se composait de :

- toutes les consignes à suivre ;
- de questions à trous ;
- de questions nécessitant une rédaction pour lesquelles les réponses devaient être apportées directement sur la feuille.

Les feuilles de route étaient récupérées en fin de session, une feuille par groupe de deux. Elles étaient notées.

Évaluer les productions des élèves :

Pour Mattiussi (2013), si les activités traditionnelles sont évaluées, le travail informatique doit l'être aussi de la même manière. Ne pas l'évaluer le dévaluerait et le relèguerait à un mode mineur ou ludique. En conséquence, j'ai octroyé aux notes de ces productions le même poids que les devoirs sur table. L'objectif était de soutenir la motivation des élèves à aller le plus loin possible. Par ailleurs, constatant que les séances en classe entière génèrent un niveau sonore inacceptable, j'ai introduit une « note de bruit » à partir de la troisième séance : La note sur 20 se décomposant en une note sur 15 pour évaluer le travail réalisé, et une note sur 5 pour mesure le bruit produit par chaque groupe. L'idée n'était pas d'appliquer ce barème mais de faire baisser le niveau sonore. J'ai été satisfait d'observer que la menace avait été dissuasive.

Observation des séances de présentation générale de GeoGebra dans les deux classes

Séance d'initiation pendant laquelle les élèves devaient suivre plusieurs protocoles de construction leur permettant de découvrir les principales fonctionnalités du logiciel en rapport avec les objets d'étude de leur programme respectif.

<u>Pour la classe de cinquième</u> :

- Placer, déplacer, punaiser, renommer, supprimer des points ;
- Tracer un segment, placer son milieu, observer que si une extrémité du segment est déplacée, le point représentant le milieu se déplace pour conserver sa propriété ;
- Tracer un triangle, un quadrilatère, modifier sa couleur
- Tracer la médiatrice d'un segment, les trois médiatrices d'un triangle et observer qu'elles sont concourantes (vu en cours). Vérifier que les trois droites restent les médiatrices quand on déplace l'un des sommets du triangle.

Cette première session n'a pas été évaluée. Aucune question n'était posée.

Pour la classe de sixième :

- Placer, déplacer, punaiser, renommer, supprimer des points ;
- Tracer un segment, placer son milieu, observer que si une extrémité du segment est déplacée, le point représentant le milieu se déplace pour conserver sa propriété ;
- Afficher la longueur du segment ;
- Afficher une perpendiculaire et une parallèle à une droite ;
- Retrouver par l'observation deux théorèmes sur les droites parallèles et perpendiculaires.

Cette première session n'a pas été évaluée. Pas de réponses obtenues pour la dernière partie car le sujet était beaucoup trop long.

OBSERVATIONS EN CLASSE DE CINQUIÈME

SESSION DU 8 FEVRIER : SYMÉTRIE CENTRALE

Présentation de la feuille de route :

L'objectif est de vérifier des propriétés de la symétrie centrale à l'aide de constructions robustes. Les élèves vont s'initier au déplacement et à l'usage de la trace laissée par un point. Cette session se déroule après la séquence sur la symétrie centrale.

1ère partie :	Rappel du cours par un texte à trous. Construction « Papier / Crayon » d'un symétrique
2ème partie :	Symétrique d'un point avec GeoGebra. Vérification que le centre de la symétrie est le milieu du point et de son symétrique.

3ème partie : Symétrie d'un segment en observant la trace laissée par le symétrique d'un point se déplaçant le long du segment. Observer que les deux segments possèdent la même longueur.

Constater que le symétrique d'une droite est une droite parallèle

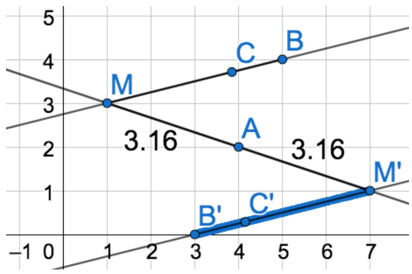
4ème partie : Conjecturer sur l'image d'un cercle en observant la trace laissée par le symétrique d'un point se déplaçant le long du cercle. Observer que le centre du symétrique est le symétrique du centre.

Production des élèves :

24 travaux rendus dont 12 intéressants. Les douzes autres sont ceux d'élèves qui n'ont pas travaillé sérieusement et/ou qui n'ont pas enregistré suffisamment d'information lors de la séance d'initiation de la semaine précédente. Les élèves « non sérieux » ont tous reçu la note de 10 avec la menace d'une transformation en zéro si leur production n'évoluait pas dès la séance suivante. Trois élèves ont réussi à faire tout ou presque. Trois autres ont été au bout de la troisième partie. Les autres ont fait au moins les deux premières parties et entamé la troisième. Il est probable que le sujet était un peu long pour tenir sur une heure avec des élèves qui se retrouvaient pour la seconde fois seulement face à GeoGebra, et bien que toutes les commandes aient été explicitées dans le détail.

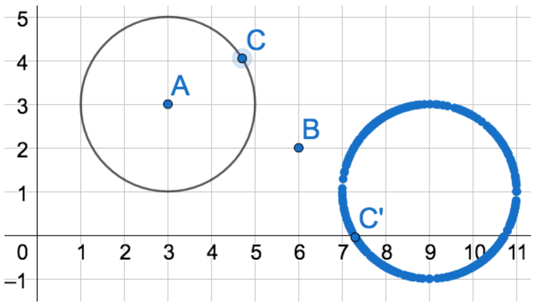
1ère partie : Rappel d'une séquence vue en décembre mais déjà en partie oubliée par certains élèves. 50% élèves n'ont pas compris l'expression « *Vérifient l'égalité* », voire la signification mathématique même du mot « *égalité* ».

2ème partie : Peu de difficultés constatées dans la construction GeoGebra du symétrique d'un point. Les questions de conjecture et d'observation ont remporté moins de succès. En cours, les élèves ont été



familiarisés avec le mot « *conjecture* » ; par contre l'emploi du mot « *relation* » dans la question « *Quelle relation peux-tu conjecturer…* » a posé un problème. Seulement six élèves ont répondu par une relation d'appartenance entre le point A et (MM'). Trois ont répondus que A est le milieu de [MM']. Enfin cinq ont répondu que A est le « *milieu ou le centre de la droite (MM').* » Après avoir affiché les valeurs de [MA] et [AM'], treize élèves ont bien noté l'égalité des longueurs ou des valeurs quand ils ont réutilisé le vocabulaire de GeoGebra.

3ème partie : Grâce à l'outil trace, trois élèves ont observé et conjecturé que l'image d'un segment est un segment. Trois autres ont constaté que les deux points restaient symétriques quand on déplaçait l'un des deux. Enfin deux ont remarqué que le C' parcourait tout le segment image. Sept élèves ont constaté que les deux segments possédaient la même longueur. Enfin cinq d'entre eux ont remarqué que les deux droites symétriques étaient parallèles.



4ème partie : Un seul élève a conjecturé à propos de l'image d'un cercle que « *si on bouge le point C cela forme un autre cercle.* »

Ce que m'a appris cette séance :

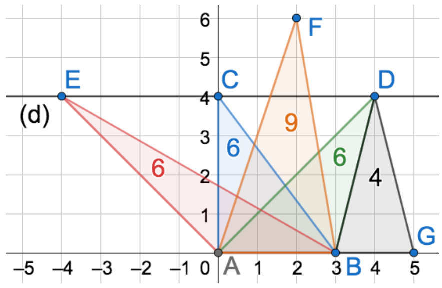
- Être particulièrement attentif au choix du vocabulaire utilisé et n'employer que des mots et des expressions vus et expliqués en cours.
- J'avais une appréhension concernant l'outil « trace ». En fait, aucune difficulté de la part des élèves pour manipuler cet outil si important de GeoGebra.
- Modérer mes ambitions quant à la richesse et à la longueur du sujet de la séance. Il m'a fallu plusieurs séances pour l'admettre.

SESSION DU 23 MARS : AIRE DU TRIANGLE

Présentation de la feuille de route :

L'objectif est de retrouver un résultat connu : l'aire d'un triangle ne dépend que de la longueur d'un côté et de la hauteur issue du sommet opposé. L'expérience comporte des exemples et des contre-exemples devant conduire l'élève à rédiger la propriété, en s'appuyant sur les calculs d'aires de GeoGebra.

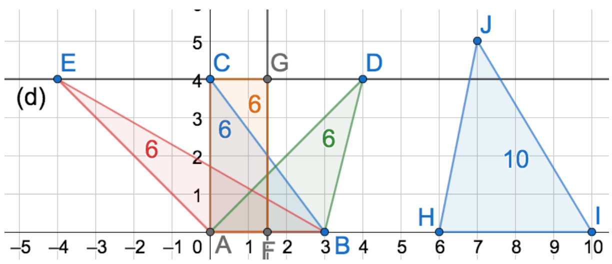
1ère partie : Il s'agit d'afficher l'aire du triangle et de tracer une droite passant par un sommet du triangle.



2ème partie : On fait tracer deux autres triangles dont la base est identique au premier et dont les sommets sont alignés sur celui du premier triangle. L'élève doit constater l'égalité des aires de ces trois triangles.

3ème partie : L'élève doit observer qu'en déplaçant la droite des sommets des triangles, ces derniers conservent une aire commune. On crée un quatrième triangle dont le sommet n'est pas aligné avec les trois sommets précédents. L'élève doit constater que l'aire de ce triangle n'est pas égale à celle des autres. Enfin un cinquième triangle est créé dont le sommet est aligné avec les trois autres mais dont la base est de longueur différente. L'élève doit à nouveau constater une aire différente pour ce dernier triangle.

4ème partie : Première tentative de synthèse des résultats obtenus à l'aide d'un texte à trous. Puis on trace un rectangle de largeur égale à



la moitié de la base de ABC et de hauteur celle de ABC. L'élève constate que ce rectangle possède la même aire que les trois triangles. Il doit écrire que la base du triangle est égale au double du côté du rectangle et rappeler la formule donnant l'aire d'un triangle. On termine par un exercice d'application avec un autre triangle.

Production des élèves :

Aucun élève n'a réussi à traiter le sujet jusqu'au bout. L'élève doit attendre le visa du professeur avant d'entamer la partie suivante.

1ère partie : Tous les élèves ont réussi cette partie. Pour un quart des élèves, cela a été laborieux : tracer un triangle puis la perpendiculaire à une droite et l'affichage de l'aire du triangle. L'explication peut se trouver dans la durée de six semaines séparant cette séance de la précédente. Bien qu'aucune information d'unité d'aire ne fût précisée, quatre élèves ont écrit « 6 cm^2 » au lieu de « 6 » et six élèves ont écrit « 6 cm », ce qui est plus problématique.

2ème partie : Tous les élèves ont réussi cette partie sauf deux qui n'ont pas pu observer l'égalité des aires puisque leur construction était erronée et indiquait des aires différentes. Par ailleurs, ces deux élèves n'ont pas été plus loin.

3ème partie : Quatre élèves ont constaté que le mouvement des sommets ne modifiait pas l'égalité entre les aires des triangles. Deux autres ont simplement noté que le mouvement ne modifiait les « valeurs » sans qu'on soit vraiment certain qu'ils aient compris ce que mesuraient ces valeurs. Huit élèves ont observé que « *ça bouge* ». Les autres n'ont pas fait part de leurs éventuelles remarques ou celles-ci n'ont rien apporté de nouveau. Douze élèves ont constaté correctement que le triangle ABF n'avait pas la même aire que les autres et sept d'entre eux ont observé que cela s'expliquait par le fait que le point F n'était pas aligné avec les autres sommets. Sept élèves ont bien observé que le triangle BGD n'avait pas la même base que les autres triangles. Deux ont remarqué « BGD ne passait pas par A ». Six ont fait des commentaires qui n'apportaient rien de nouveau. Les autres n'ont pas rédigé d'observation.

4ème partie : Cinq élèves ont correctement noté que les aires des triangles ABC, ABD et ABE ne dépendaient que de AB et AC. Aucun n'a dépassé ce stade.

Ce que m'a appris cette séance :

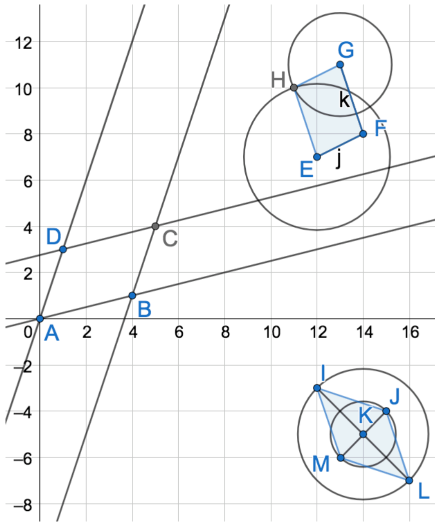
- Quelques problèmes de vocabulaire : un tiers des élèves ne sait pas où se situent l'axe des abscisses et celui des ordonnées.
- À partir de cette séance, le maniement des outils les plus basiques de GeoGebra semble acquis par les élèves.
- L'énoncé était trop long. Selon Mattiussi (2013), « *Si l'objectif didactique est de faire découvrir des propriétés mathématiques, la manipulation de la figure doit être immédiate, simple et se borner à agir sur une figure existante en la modifiant pour en faire apparaitre les propriétés.* » Il aurait en effet été préférable de fournir aux élèves une figure avec les triangles déjà tracés. J'ai été confronté pendant toutes ces séances à des difficultés matérielles générées par la mauvaise qualité de l'équipement informatique.
- Une approche plus simple pourrait être envisagée : construire deux triangles possédant la même base mais dont les sommets n'ont pas la même ordonnée. Demander à l'élève de déplacer le sommet du second triangle pour que son aire soit égale à celle du premier, sans que les deux sommets soient confondus. On pourrait lui demander de conjecturer par les déplacements de ce sommet le lieu géométrique tracé correspondant à l'égalité des aires.

SESSION DU 30 MARS : CONSTRUCTION DE PARALLÉLOGRAMMES

Présentation de la feuille de route :

L'objectif est de construire des parallélogrammes en utilisant leurs propriétés. Les élèves sont autorisés à consulter leur cahier de cours. Cette session se déroule après la première séquence sur les parallélogrammes. La troisième partie s'appuie sur une construction molle que l'élève doit déformer jusqu'à obtenir un parallélogramme.

1ère partie : Trois points A, B et C sont donnés. Après avoir rappelé la définition du parallélogramme, rédiger le protocole de construction permettant de placer le point D formant le parallélogramme.



2ème partie : Trois points E, F et G sont donnés. On rappelle à l'élève que « *si un quadrilatère non croisé a ses côtés opposés de même longueur, c'est un parallélogramme.* » On demande quelles sont les deux égalités de distances pour le parallélogramme EFGH. On trace le cercle de centre E et de rayon FG. L'élève doit expliquer pourquoi H appartient à ce cercle. Enfin il doit tracer un cercle de centre G, dont le rayon n'est pas précisé, auquel doit appartenir H.

3ème partie : Trois points I, J et K sont donnés. On trace deux cercles de centre K et passant respectivement par I et J. L'élève place deux points quelconques L et M sur ces deux cercles. Il trace le quadrilatère IJLM et ses deux diagonales. On lui demande de déplacer L et M afin que IJLM soit un parallélogramme. On lui demande d'expliquer les rôles de [IL] et [JM] pour ces deux cercles et de rappeler la propriété qui permet de conjecturer que les positions L et M sont les bonnes.

Production des élèves :

À la différence des sessions précédentes, je ne demande qu'un seul retour papier par groupe et non pour chaque élève du groupe.

1ère partie : Tous les groupes sauf deux ont rédigé une définition correcte. Pour les deux autres : l'un a fourni une définition mal rédigée et l'autre a inclus plus de conditions que nécessaire. Trois groupes ont rédigé un protocole en s'inspirant de la définition. Cinq groupes ont compris qu'il fallait tracer des parallèles mais leur protocole n'aurait pas permis à un tiers de reproduire la figure. Trois groupes ont mélangé la définition et la propriété sur les égalités de longueurs des côtés opposés pour produire un protocole incomplet et hors sujet. Les deux derniers groupes ont trouvé les coordonnées du point D puis ont relié les points entre eux.

2ème partie : Huit groupes ont écrit les bonnes égalités de distances. Un groupe a noté les valeurs des longueurs des côtés. Quatre groupes n'ont toujours pas compris la notion d'égalité, problème déjà soulevé lors de la séance du 8 février. Trois groupes ont expliqué correctement pourquoi le point H appartenait nécessairement au cercle de centre E et de rayon FG. Seulement deux de ces trois groupes ont su expliquer comment tracer le cercle de centre G et de rayon EF. À leur décharge, la question était peut-être mal rédigée. Dix groupes ont trouvé les bonnes coordonnées de H.

3ème partie : La moitié des groupes a eu le temps de tracer un quadrilatère IJLM. Un seul a réussi à terminer cette partie avec succès. Les autres se sont trompés en suivant les consignes, qui étaient probablement un peu complexes.

Ce que m'a appris cette séance :

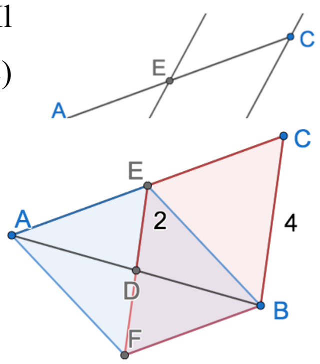
- Bien que nous ayons fait en classe de nombreux exercices de rédaction de consignes de construction, cela reste une tâche complexe pour la majorité des élèves. Certains sont handicapés par la modestie de leur champ lexical, d'autres ne savent pas traduire en consignes claires ce qu'ils observent et beaucoup ne se relisant pas produisent un fatras difficile à décoder.
- Claude Mattiussi (2013) expliquait qu'avec « *des figures pertinentes déjà construites et modifiables, on peut agir sur elles pour en révéler les propriétés.* ». La troisième partie aurait dû débuter par la présentation à l'élève du quadrilatère déjà tracé avec des diagonales ne passant pas par le centre des deux cercles. Cette tâche de construction n'apportait rien de nouveau alors que ce qui était recherché était le rappel par l'élève d'une des propriétés du parallélogramme.

SESSION DU 5 AVRIL : THÉORÈME DES MILIEUX

Présentation de la feuille de route :

Ce théorème n'est pas au programme de cinquième mais tous les outils nécessaires à sa démonstration sont appris dès cette année. La séance est divisée en deux parties : observation puis démonstration. L'observation utilise une construction robuste qui doit aider l'élève à conjecturer ce théorème.

1ère partie : L'élève place trois points non alignés A, B et C. Il place D et E milieux de [AB] et [AC]. Il trace (BC) et (DE) En déplaçant les points du triangle ABC, il note ses observations concernant ces deux droites. Dans un second temps, il fait apparaître les longueurs BC et DE. En déplaçant les points du triangle ABC, il note ses observations concernant ces deux longueurs. À partir de ses observations, l'élève doit rédiger le théorème des milieux.



2ème partie : L'élève place F symétrique de E par rapport à D. Il doit constater puis démontrer que le quadrilatère AFBE est un parallélogramme et en déduire en expliquant que (AE)//(FB) et (EC)//(FB). Il doit constater que FB = AE puis démontrer que FB = EC. Ce qui l'amène à démontrer que EFBC est un parallélogramme puis que (BC)//(DE). Enfin en démontrant que FE = BC, il démontre que BC = 2 x DE.

Production des élèves :

1ère partie : Les constructions avec GeoGebra assez simples de cette séance n'ont pas posé de problèmes aux élèves, libres cette fois-ci de choisir les emplacements des points, ce qui les a surpris. Tous les groupes ont bien observé que (BC) et (DE) restaient parallèles s'ils déformaient le triangle. Tous les groupes ont su afficher les longueurs BC et DE. J'avais oralement ajouté la consigne suivante : noter les valeurs arrondies avec « *un ou deux chiffres après la virgule* » de celles affichées par GeoGebra. La consigne a été respectée et sans erreur d'arrondi flagrante. Si la consigne orale avait été « *au dixième ou au centième près* », elle aurait été moins bien interprétée. Six groupes ont tenté une rédaction du théorème des milieux. Cette rédaction était une question difficile pour eux mais aussi passionnante sur leurs capacités d'observation et d'abstraction. La reproduction des rédactions se trouve ci-dessous.

2ème partie : Six groupes ont reconnus que AFBE était un parallélogramme. Deux autres ont observé un rectangle, trahis par le cas particulier qu'ils avaient construit. Un seul groupe a su rédiger correctement une démonstration ce résultat. Trois autres ont rappelé que les diagonales se coupaient en leur milieu donc qu'il s'agissait d'un parallélogramme mais la rédaction restait fragile. Cinq groupes en ont déduit que (AE) et (FB) étaient parallèles et quatre d'entre eux en ont déduit que (EC)//(FB) en fournissant une explication convenable. 4 groupes ont compris que FB = AE = EC mais deux ont su expliquer pourquoi de manière satisfaisante. Enfin deux groupes ont terminé le reste de la démonstration.

Ce que m'a appris cette séance :

- Cette quatrième session GeoGebra a mieux fonctionné car la structure de la feuille de route était plus lisible pour les élèves qui ont passé moins de temps à construire une figure.
- La structure enseignée des démonstrations « ce que je sais / la propriété que j'invoque / la conclusion » n'est pas acquise. Ce qui est normal en cinquième. Je dois insister davantage sur cet aspect au cours du troisième trimestre.
- La promesse des logiciels de géométrie dynamique est l'apprentissage expérimental de la géométrie. L'une des limites est peut-être le peu de goût de nombreux élèves pour la narration de leurs observations.

Rédactions[8] par les élèves du théorème des milieux :

- *Si une droite parallèle à une autre droite qui passe au milieu des autres droites alors une droite aura le double d'une autre droite.*
- *Un triangle dont les milieux des deux côtés du triangle forment un segment qui est parallèle au 3ème côté et deux fois plus petit que le troisième côté.*
- *Quand on place chaque milieu de 2 côtés d'un triangle, alors la droite qui passe par ces 2 points est parallèle au 3e côté du triangle et aussi sa moitié.*
- *Si un segment croisé à un autre, ils ont chacun leur milieu, on rassemble les deux milieux pour faire un segment, alors ce segment sera parallèle au segment opposé non croisé.*
- *Le théorème des milieux c'est quand y a deux droites parallèles dont l'une a une longueur 2 x plus grande que l'autre.*
- *La règle des milieux est que le segment de deux centres milieux de segments qui ont un point commun mesure la moitié du segment des points de limites du segment si les segments ne sont pas confondus. Le segment joignant les deux milieux de segment est ½ du segment des deux points limitant les segments. De plus ils sont parallèles.*

[8] L'orthographe a été corrigée mais pas la syntaxe ni le style.

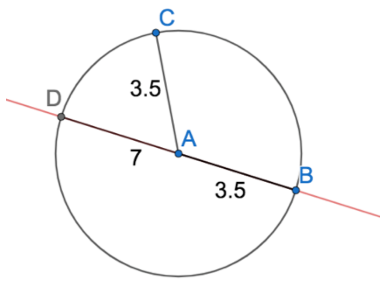
OBSERVATIONS EN CLASSE DE SIXIÈME

SESSION DU 5 AVRIL : CERCLES ET TRIANGLES

Présentation de la feuille de route :

Cette session permet de mener quelques expériences de déplacements de points pour observer que certaines propriétés résistent à ces déplacements. Une petite démonstration conclut la séance.

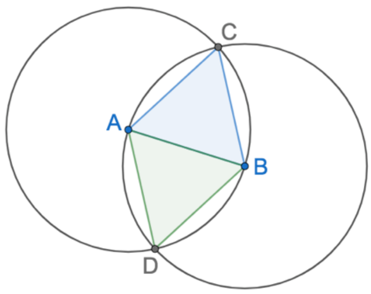
1ère partie : Tracer un cercle. Reconnaître le rayon. Reconnaître que tous les points d'un cercle sont à égale distance de son centre. Reconnaître un diamètre et retrouver que le diamètre est le double du rayon.



2ème partie : Tracer deux cercles dont le centre de l'un appartient à l'autre. Tracer les deux triangles formés par un rayon des cercles et leurs deux points d'intersection. Reconnaître qu'il s'agit de triangles équilatéraux en utilisant GeoGebra.

3ème partie : Démontrer que ces deux triangles sont équilatéraux.

Production des élèves :



1ère partie : Tous les élèves sauf trois ont répondu que [AB] était un rayon. Trois élèves ont répondu par la lettre « *f* » automatiquement affiché par GeoGebra à la création du segment. Tous ont su afficher la valeur du rayon, certains avec tous les chiffres après la virgule tels que affichés par GeoGebra. J'avais oralement donné la consigne d'arrondi. Un seul élève a rappelé la propriété du cercle que j'attendais : tous les points d'un cercle sont à égale distance de son centre. Seize ont constaté que le rayon ne variait pas, ou que AB = AC. Un a observé un changement car son point C n'était pas lié au cercle. Cinq n'ont rien observé et non rien fait de plus pendant la séance. Quatorze ont reconnu un diamètre et rappelé la propriété selon laquelle la longueur d'un diamètre est le double de celle d'un rayon. Un élève n'a pas répondu par le mot « *diamètre* » mais par le nom affiché par GeoGebra et a énoncé comme propriété que « *le diamètre est toujours un segment* ».

2ème partie : Neuf élèves sur les 24 présents n'ont fait que la première partie. Sur les quinze restants, quatorze ont noté qu'ils ne pouvaient pas déplacer directement les points C et D, intersections des deux cercles. Un élève a réussi, par erreur de construction. À la question « En déplaçant A et B, que se passe-t-il pour C et D », les réponses ont été assez variées :

Six : Ils se déplacent mais restent à l'intersection des deux cercles.
Quatre : Ils vont « s'agrandir » et suivre le mouvement.
Deux : Ils se déplacent avec le cercle.
Deux : Ils ne bougent pas ou ils restent sur le cercle.

Les douze élèves qui ont continué ont tous noté que les triangles formés à partir des deux cercles étaient équilatéraux et le restaient si A ou B étaient déplacés. À la question « Comment confirmer cette nature avec GeoGebra », onze élèves ont proposé d'afficher les longueurs des côtés et une élève a noté que la colonne de gauche « Algèbre » affichait les longueurs.

3ème partie : Ces onze élèves ont compris que les trois segments étaient des rayons. Seuls huit d'entre eux ont su exploiter ces informations pour conclure correctement sur la nature des deux triangles. Trois ont rédigé une démonstration incomplète ou trop rapide.

Ce que m'a appris cette séance :

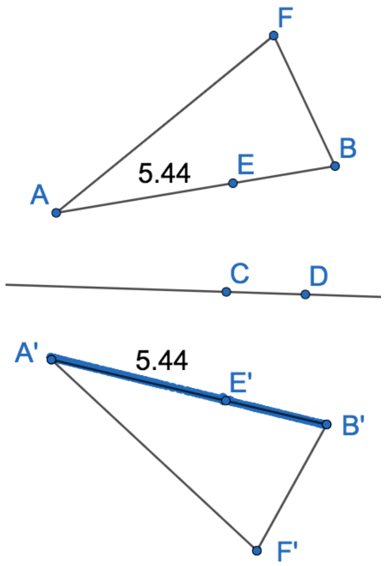
- Le travail en demi-groupe est plus efficace, tant pour les élèves que pour l'enseignant.

- En comparant mes deux classes de niveau différent, je n'observe pas de différence dans la maturité et la qualité des rédactions. La facilité de prise en main du logiciel est comparable dans les deux classes.

SESSION DU 12 AVRIL : SYMÉTRIE AXIALE

La séance doit permettre de retrouver certaines propriétés vues en cours.

Présentation de la feuille de route :



Tracer [AB] et (CD). Placer un point E sur [AB], puis les symétriques de A, B et E par rapport à (CD). Observer qu'en déplaçant E, E' parcourt [A'B']. Mesurer les distance AB et A'B' et constater leur égalité. En déduire la propriété sur le symétrique d'un segment. Placer un point F et tracer les symétriques des segments [FA] et [FB]. En déduire la nature du symétrique d'un triangle par rapport à une droite. (Cette question n'avait pas encore été abordée en cours).

Production des élèves :

Quatorze élèves ont noté que le point E' parcourt un segment qui est [A'B']. Deux n'ont pas précisé le nom du segment. Deux élèves ont identifié une droite. Un dernier a fourni une réponse non exploitable. Quatorze élèves ont affiché les longueurs des deux segments et constaté qu'elles étaient égales. Huit d'entre eux ont rédigé correctement la propriété demandée. Cinq autres ont tenté une rédaction. Sept élèves ont conclu que le symétrique d'un triangle est un triangle. Cinq autres ont en plus noté que les côtés du triangle symétrique avaient la même longueur que les côtés du premier triangle. Un autre a plutôt écrit que les triangles étaient « *pareils* ».

Ce que m'a appris cette séance :

- Cette séance étant la huitième organisée avec l'une ou l'autre des classes, il est possible que je commençais à la fois à produire un scénario adapté et à trouver exactement mon rôle dans ce type d'apprentissage. D'où un résultat assez satisfaisant : 50% des élèves ont été au bout du travail. 25% des élèves ont su rédiger correctement une conjecture et l'expliquer. Au cours de cette séance, il me semble que GeoGebra a permis l'apprentissage expérimental de la géométrie.
- Durant le cours suivant, nous avons terminé la séquence sur la symétrie axiale et nous avons exploité les résultats de cette séance GeoGebra.

ANALYSE

GeoGebra pour l'exploration grâce à une figure « correcte ».

À propos de Cabri, Laborde (2001) cité par Restrepo (2008) évoque l'usage du logiciel, comme « *amplificateur des propriétés visuelles* ». Bien que cet usage soit mineur puisqu'il n'exploite pas la composante dynamique du logiciel, il facilite l'analyse et l'exploration de figures rapidement et parfaitement « dessinées ». En tant qu'enseignant, c'est un véritable avantage pour produire des figures soignées pour mes préparations de cours. En cours, GeoGebra permet de constater des propriétés qui résistent à la variation des paramètres. Le cours doit s'appuyer systématiquement sur une expérimentation préalable, chaque théorème entant d'abord constaté avant d'être démontré. J'ai totalement revu mes séquences de géométrie depuis le second trimestre à la lumière de ces premières remarques : les angles en sixième, les propriétés des parallélogrammes en cinquième, font désormais appel à une série d'enchainements : GeoGebra suivi de la recopie de la figure et rédaction de la définition ou de la propriété par les élèves.

Initiation à GeoGebra : Les points de base d'une figure de géométrie dynamique

La prise en main des outils de construction simples de GeoGebra par un collégien ne semble poser aucune difficulté. Pour autant, limiter la formation au maniement de base est une erreur à éviter[9] car c'est passer à côté de l'essentiel. Lorsqu'un élève réalise une figure « Papier / Crayon », il n'a pas à se préoccuper du déplacement de sa figure une fois terminée et il ne se pose pas la question, centrale à tout logiciel de géométrie dynamique que rappelle Mattiussi (2013) : « *définir et partir des points de base qui assurent les fondations sur lesquelles repose la dynamique de la figure. Une erreur sur les points de base et la figure s'écroule lors de l'animation. Il y a donc un algorithme spécifique de la construction de la figure informatique.* » Il est donc important de consacrer un temps conséquent à la compréhension par les élèves qu'une figure GeoGebra doit suivre un protocole particulier pour que ses propriétés résistent aux déplacements.

Pas d'improvisation et une grande disponibilité intellectuelle.

Abboud Blanchard (2013) : « ... *nous avons observé que souvent pour comprendre le problème que rencontre l'élève, il ne suffit pas de regarder l'écran qui est affiché, notamment lorsqu'il y a peu de traces susceptibles de fournir des indications sur le cheminement de l'élève avant l'arrivée de l'enseignant. Pour être efficace dans ses aides, l'enseignant doit donc bien connaître les tâches proposées dans leur dimension liée à l'utilisation du logiciel.* »

Une séance GeoGebra doit s'appuyer sur un scénario parfaitement mis au point ne laissant aucune place à l'improvisation. En séance GeoGebra, chaque élève est face à son ordinateur et autonome avec sa feuille de route. A la différence d'un cours classique, pendant lequel les élèves sont supposés faire tous ensemble la même activité, à la même vitesse, l'enseignant se retrouve face à autant de situations différentes qu'il y a de postes de travail. Chaque élève entame un dialogue avec le logiciel et n'y associe l'enseignant qu'en cas de difficulté. Ce dernier se retrouve dans une situation comparable à celui d'un champion d'échecs engagé dans une confrontation parallèle avec une vingtaine de jeunes joueurs. Il passe d'un plateau d'échecs à un autre en permanence et doit à chaque fois comprendre la situation actuelle et le cheminement de son adversaire qui l'y a conduit.

[9] Mais que j'ai commise par manque d'expérience.

La prise de notes des élèves et bilan collectif

À l'exception de la dernière séance de chaque classe, les travaux GeoGebra demandés aux élèves se sont déroulés après que les notions mobilisées aient été vues en cours. Il s'agissait donc plus de revenir, ce qui est toujours utile, sur des connaissances supposées connues. Dans ces cas, j'ai mis les corrigés en ligne sur l'application Pearltrees[10] utilisée dans mon collège. Par contre, je n'ai pas eu ou pas pris le temps de revenir en classe sur certains aspects des productions des élèves qui le mériteraient : leurs observations et leurs conjectures. L'idée serait de corriger le vocabulaire mathématique qu'ils emploient avec peu de précision, de dialoguer avec eux afin d'affiner leurs conjectures, de les aider à rédiger. À plusieurs occasions, des élèves m'ont dit comprendre la situation mais être incapables de rédiger.

L'organisation d'une séance GeoGebra (ou plus généralement TICE) rend difficile tout bilan collectif organisé par l'enseignant, surtout s'il manque d'expérience : tous les élèves ne travaillent pas à la même vitesse et ne rencontrent pas les mêmes difficultés, qu'elles soient informatiques ou mathématiques[11]. D'autre part, le temps a toujours manqué en fin de séance afin de consacrer cinq à dix minutes à un bilan, voire à une formalisation des conjectures.

Par contre, comme écrit précédemment, les deux dernières séances se sont déroulées avant le cours. Lors de celui-ci, j'ai intégré les différents aspects de la séance GeoGebra, en manipulant en direct avec GeoGebra vidéo projeté, afin de permettre aux élèves de raccrocher plus facilement les nouvelles connaissances avec leur propre expérimentation quelques jours auparavant. Dans ce cas, c'est le cours qui sert de révision aux élèves sur des notions déjà approchées.

Plus précisément, il s'agissait non pas de reprendre les consignes de construction de la séance GeoGebra, mais d'afficher la figure terminée et de demander aux élèves de reformuler à nouveau des conjectures ; chaque conjecture, corrigée au besoin, était alors

[10] https://fr.wikipedia.org/wiki/Pearltrees
[11] J'ai été agréablement surpris pas le fait que l'usage, encore une fois des fonctions les plus simples de GeoGebra, ne posait pas de difficultés, et cela dès la première séance. Les difficultés rencontrées par les élèves ont été essentiellement d'ordre mathématique.

intégrée au cours sous la forme d'une définition ou d'une propriété. Accessoirement, cela permettait aux élèves qui s'étaient engagés sérieusement dans l'expérimentation de valoriser leur travail.

Limites de l'expérimentation

Dans un monde idéal, GeoGebra pourrait permettre à tout élève de se comporter en « jeune savant cherchant, imaginant, expérimentant, conjecturant ». À l'épreuve de la réalité, cette promesse n'est pas toujours au rendez-vous. À cela plusieurs raisons dont :

- La non collaboration de certains élèves (non abordé ici) ;
- La capacité des élèves à entrer dans une démarche expérimentale ;
- Les limites de l'autonomie
- La confiance excessive dans les apports de l'outil informatique ;
- Les erreurs possibles de l'enseignant (débutant).

<u>La capacité des élèves à entrer dans une démarche expérimentale</u>

Cette capacité n'est pas homogène au sein d'une classe. Elle varie aussi en fonction de l'âge, de la maturité, des préférences des élèves. Tout l'art de l'enseignant est dans son propre savoir-faire à mobiliser cette capacité et à aiguiser la curiosité des élèves aussi différents soient-ils.

Il faut d'abord que l'élève comprenne exactement ce qu'on attend de lui. Dans une séance GeoGebra, même évaluée par une note, il doit comprendre qu'il ne s'agit pas d'un devoir sur table où on lui fournit une liste de questions auxquelles il doit répondre correctement afin de prétendre à une bonne note. Au cours de cette séance, l'élève participe, dans une certaine mesure, à l'énoncé en observant une propriété qui ne lui est pas toujours explicitée, puis en tentant éventuellement de la démontrer. On lui demande donc de chercher plus que de démontrer, or c'est souvent la démonstration mathématique qui pose problème à l'élève.

Il convient également que l'enseignant change de posture. Il met provisoirement entre parenthèses son rôle habituel de transmetteur de connaissances pour devenir un facilitateur, un catalyseur, un référent, voire un aiguilleur pour repositionner un élève perdu sur la bonne voie.

Pour autant, il ne faut pas oublier que l'élève ne peut acquérir de nouvelles connaissances qu'à partir de ce qu'il sait déjà. Et là se pose la vaste question de ce que signifient pour un élève les mots « savoir », « apprendre » ou « comprendre ». Mettons malheureusement de côté les élèves de mes classes qui n'apprennent pas convenablement leur leçon, c'est-à-dire qui ne sont pas capables de restituer les définitions et les propriétés du cours en ne sollicitant que leur mémoire.

Ceux qui apprennent le cours doivent franchir ensuite un nouvel obstacle : reconnaître dans une situation nouvelle que leur propose GeoGebra une configuration proche des images mentales qu'ils ont mémorisées. C'est lorsque ce stade n'est pas franchi, que l'on est confronté aux commentaires du genre « *ça bouge* ».

Limites de l'autonomie

L'élève muni de sa feuille de route est supposé être autonome dans son travail avec l'ordinateur. L'enseignant doit savoir parfois interrompre momentanément cette relation élève-ordinateur. Il ne faut pas perdre de vue que le principal objectif de ces séances n'est pas l'apprentissage de GeoGebra mais celui de la géométrie, c'est-à-dire la découverte de propriétés d'objets et de transformations géométriques. En conséquence, si l'enseignant observe qu'un élève rencontre trop de difficultés à produire la figure demandée en suivant un protocole particulier, il doit l'aider en construisant une partie ou la totalité de la figure, en accompagnant son intervention de commentaires utiles à la progression de l'élève. Évidemment, en procédant ainsi, l'élève perdra une partie du bénéfice de l'usage de GeoGebra, qu'il pourra peut-être acquérir à l'occasion d'une séance suivante. Ainsi, cet élève pourra se consacrer à la phase essentielle d'observation et de conjecture.

Cela renvoie à une question plus large et fondamentale pour l'enseignement : est-il le lieu de l'autonomie de l'élève ou plutôt le lieu de l'apprentissage de l'autonomie par l'élève. Dans ce dernier cas, le professeur, aidé par l'institution, doit bien réfléchir à sa façon d'enseigner afin d'aider l'élève à « apprendre à apprendre ».

La confiance excessive dans les apports de l'outil informatique

Un esprit chagrin pourrait rappeler que pendant au moins trois mille ans l'homme n'a pas eu besoin de l'informatique pour acquérir des connaissances en géométrie. Ce serait oublier que la connaissance n'était accessible qu'à une frange très étroite et privilégiée de la population.

L’accès à l’informatique est arrivé à peu près en même temps que les politiques volontaristes d’amener le plus grand nombre à un niveau minimal, le baccalauréat. La massification de l’enseignement impose une plus grande variété d’approches pour répondre à une plus grande diversité des élèves. L’usage systématique des ordinateurs s’est imposé. L’acquisition des connaissances, voire des compétences passe de plus en plus par eux. Par ailleurs, dans une société du tout numérique, on ne comprendrait pas que l’École ne suive pas le mouvement.

Un logiciel comme GeoGebra est un automatisme insuffisamment performant pour s’adapter à chaque élève, même si les progrès rapides de l’intelligence artificielle[12] risquent de contredire cette dernière affirmation. Quand l’apprentissage vise la créativité, l’ordinateur ne peut pas rivaliser avec l’enseignant ; la mission devient davantage celle d’un coach. Seul l’enseignant peut prendre en charge la dimension sociale essentielle pour le progrès de l’élève.

Les erreurs possibles de l’enseignant (débutant).

Abboud Blanchard (2013) : « … *nous constatons que l’activité expérimentale de l’élève est souvent réduite à suivre une fiche élève très guidée réduisant considérablement la part de prise d’initiative et par là même des apports potentiels dus à l’activité de l’élève*. » J’ai fait le choix tout à fait discutable d’un encadrement très étroit des élèves à travers les feuilles de route. Si ce choix est totalement justifié pour les deux premières séances afin d’installer l’usage des principaux outils de GeoGebra, on peut se poser la question d’un autre fonctionnement par la suite : donner l’objectif à l’élève puis le laisser choisir son parcours. Je compte choisir cette démarche l’année prochaine. L’étendue des initiatives que pourra prendre l’élève est corrélé à ses connaissances déjà acquises. Qu’est-on en droit d’espérer comme initiative : faire apparaître des objets intermédiaires non mentionnés dans l’énoncé comme des points, des droites, des angles ? C’est-à-dire faire le choix d’un protocole de construction ?

[12] Un texte court et instructif sur un possible futur : 26 Impacts positifs et potentiels de l'arrivée de l'intelligence artificielle en éducation par Thierry Karsenti, titulaire de la chaire de recherche du Canada sur les technologies en éducation de l’université de Montréal – http://www.karsenti.ca/26ia.pdf

CONCLUSION

Restrepo (2008) énonçait à propos de Cabri-Géomètre une constatation qui reste valable pour GeoGebra : « Cabri-Géomètre étend les possibilités du perceptif. » L'élève ne doit pas s'appuyer sur un dessin qui peut donner de fausses informations (par exemple, l'orthocentre d'un triangle est toujours situé à l'intérieur du triangle) et en même temps croire un dessin présenté par l'enseignant à titre de contre-exemple.
Rigaut (2013) rappelait : « *L'objectif est d'amener les élèves à passer d'une géométrie portant sur des dessins, la validation étant essentiellement d'ordre perceptif, à une géométrie portant sur des figures, la validation s'appuyant sur des raisonnements construits sur des objets conceptuels.* » Le déplacement de la figure et la conservation des propriétés constituent un moyen intéressant pour favoriser la production, la validation ou la réfutation de conjectures. Les figures robustes sont un outil assez efficace pour faire constater ou illustrer une propriété. Les déplacements pour conjecturer une propriété mathématique sont plus efficaces dans les constructions molles. L'élève possède alors une marge de manœuvre qui donne du sens au travail mathématique et à la conjecture éventuellement émise.

Pour l'enseignant GeoGebra constitue un amplificateur qui donne un éclairage vivant aux définitions et aux propriétés avant leur démonstration. Pour les élèves, il convient peut-être de ne pas surestimer leur autonomie et leur capacité à entrer dans une démarche expérimentale. Une étude plus poussée, menée sur une durée plus longue et sur des nombres d'élèves, de classes et d'établissement plus importants, serait utile pour mesurer les acquis apportés par l'usage de GeoGebra en matière de démarches de preuves et de démonstrations.

SOURCES & SITOGRAPHIE

Maha Abboud Blanchard (2013) – Les technologies dans l'enseignement des mathématiques. Études des pratiques et de la formation des enseignants. Synthèses et nouvelles perspectives. https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-00846323/document

Kaushal Kumar Bhagat & Chun-Yen Chang (2014) – Incorporating GeoGebra into Geometry Learning, A lesson from India.
http://www.ejmste.com/Incorporating-GeoGebra-into-Geometry-Learning-A-lesson-from-India,74912,0,2.html

Bernard Capponi (2000) – De la géométrie de traitement aux constructions dans Cabri-Géomètre II au college , IREM de Grenoble (2000).
http://numerisation.univ-irem.fr/WR/IWR00024/IWR00024.pdf

DEPP – Éditions 2010 et 2017 du « Repères et références statistiques ».
https://www.education.gouv.fr/cid57096/reperes-et-references-statistiques.html

Herceg, D., & Herceg, D. (2010) – Numerical integration with GeoGebra in high school. The International Journal for Technology in Mathematics.
https://www.learntechlib.org/p/109513/

Colette Laborde (2001) – Integration of technology in the design of geometry tasks with Cabri-geometry.
http://zeus.nyf.hu/~kovacsz/Laborde.pdf

Mustafa Dogan Rukiye Icel (2010) – The Role of Dynamic Geometry Software in the Process of Learning: GeoGebra Example about Triangles.
http://www.time2010.uma.es/proceedings/papers/a026_paper.pdf

Claude Mattiussi (2013) – Étude du recours informatique dans l'enseignement des mathématiques au collège.

https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-01010959/document

Jean-Baptiste LAGRANGE, Nuray C.-DEDEOGLU (2009) – Usages de la technologie dans des conditions ordinaires.
http://jb.lagrange.free.fr/Preprints/RDM_Lagrange_Caliskan.pdf

Praveen Shadaan & Kwan Eu Leong (2013) – Effectiveness of Using Geogebra on Students' Understanding in Learning Circles.
https://www.researchgate.net/publication/288260002_Effectiveness_of_Using_Geogebra_on_Students'_Understanding_in_Learning_Circles

Angela Maria Restrepo (2008) – Genèse instrumentale du déplacement en géométrie dynamique chez les élèves de 6ème , Université Joseph Fournier de Grenoble 1.
https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-00334253/document

Julien Rigaut (2013) – Le passage du dessin à la figure grâce à l'utilisation des logiciels de géométrie dynamique.
https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-00861877/document

Document de cadrage de l'usage des TICE rédigé par l'IGEN
https://euler.ac-versailles.fr/IMG/pdf/cadrage_math_et_tice.pdf

Compétences du socle
http://cache.media.eduscol.education.fr/file/College_2016/74/6/RAE_Evaluation_socle_cycle_4_643746.pdf