

INTÉGRATION D'UN LOGICIEL DE GÉOMÉTRIE DYNAMIQUE DANS LA PRÉPARATION AU CRPE

Floriane Wozniak

Université Lyon 1, IUFM de Lyon
floriane.wozniak@univ-lyon1.fr

René Thomas

Université Lyon 1, IUFM de Lyon

Mathias Front

Université Lyon 1, IUFM de Lyon

Yves Grégor

Université Lyon 1, IUFM de Lyon

Résumé

L'équipe MATICE (Mathématiques & TICE) de l'IUFM de Lyon présente une expérience de formation initiale en mathématiques intégrant les TICE, avec des étudiants préparant le CRPE. L'objectif est de favoriser par homologie, l'intégration de logiciels de géométrie dynamique dans les pratiques des futurs enseignants de l'école. Cette pratique s'appuie sur le choix de dispositifs qui permettent aux étudiants d'éprouver des changements épistémologiques dans la géométrie pratiquée induit par les TICE.

Après avoir présenté le dispositif de formation, le choix du logiciel, l'auteur met en perspective, dans deux séances, des types de tâches mathématiques et instrumentales. Ces activités sont décrites comme un moment d'initiation-exploration qui se prolonge dans un entrelacement qui vise la construction des connaissances mathématiques.

Ces éléments sont évalués dans le cadre général de la formation et une enquête permet de situer le rapport personnel que les étudiants ont établi avec l'usage du logiciel en mathématique.

Le bilan général est globalement positif sur la pertinence de cette démarche pour préparer à la fois le concours et une évolution dans l'intégration future des logiciels de géométrie dynamique à l'école élémentaire.

1 INTRODUCTION

L'objet de cette présentation est de partager l'expérience de la mise en œuvre d'un module de formation dans le cadre de la préparation au CRPE – concours de recrutement de professeurs des écoles – que nous avons expérimenté durant l'année 2008-2009 à l'IUFM de l'académie de Lyon. Plutôt que d'envisager une formation visant l'intégration des TICE – Technologies de l'Information et de la Communication pour l'Enseignement – fondée seulement sur l'analyse des pratiques de classe ou l'accompagnement voire le développement de séquences d'enseignement, nous avons exploré la possibilité d'aborder cette question aussi sous l'angle de la formation disciplinaire en géométrie.

1.1 Des constats

Concernant le recours aux TICE à l'école, le récent rapport de l'IGEN sur *L'enseignement des mathématiques au cycle 3*, indique page 57 que « l'utilisation des TICE est quasi-inexistante » et que « le recours à l'informatique pour l'enseignement des mathématiques relève de l'exceptionnel » (Durpaire, 2006). Or de récents travaux, dans le cadre de la théorie anthropologique du didactique (Wozniak, 2007), ont montré que lorsque le professeur et les élèves se retrouvent autour d'un savoir à enseigner, les

conditions et les contraintes qui prévalent alors ne se limitent pas à celles immédiatement identifiables dans la classe comme la disponibilité de tel matériel, de tel logiciel ou les connaissances du professeur et des élèves, etc. Ainsi, par exemple, Imbert (2008) montre que si les instructions officielles évoquent la possibilité d'utiliser les logiciels de géométrie dynamique – LGD – nulle part ne sont décrits les types de tâches à enseigner. Une enquête qu'il a réalisée auprès des 93 inspecteurs en charge des TICE en France¹ semble montrer qu'elles sont considérées comme adaptées d'abord aux projets transversaux plutôt qu'aux domaines disciplinaires. Et lorsque Jean-Louis Imbert demande quels sont les logiciels qui sont recommandés en mathématiques seulement 3 réponses sur 21 mentionnent un LGD.

Le « message » de l'Institution apparaît donc ambigu : la pertinence des TICE est à chercher du côté des compétences transversales et pourtant l'enseignement des mathématiques doit intégrer les TICE et ceci, en absence (relative) de ressources pour les professeurs. C'est ainsi que l'institution scolaire renvoie la responsabilité aux professeurs eux-mêmes d'imaginer et concevoir les situations d'enseignement qui intègrent les TICE. Ceci explique sans doute, pour partie, pourquoi les formations qui visent à l'intégration des TICE se fondent sur l'analyse des pratiques de classe qu'il s'agisse de formations reposant sur l'homologie et la monstration (Houdement & Kuzniak, 1996) que de formations visant la mutualisation, l'accompagnement voire le développement de séquences d'enseignement. À l'IUFM de l'académie de Lyon, par exemple, la formation visant l'intégration des TICE à l'école en PE2 se base sur la présentation des fonctionnalités de certains logiciels et de leurs potentialités didactiques, parfois – suivant les compétences et expériences propres des formateurs – illustrées par le compte rendu d'activités réalisées dans les classes.

1.2 Le projet MATICE

Au CRPE certaines questions complémentaires peuvent porter sur « des scénarios possibles pour des séances faisant appel aux TICE ». Souhaitant aborder selon un point de vue renouvelé la question de la formation à l'intégration des TICE tout en préparant efficacement les étudiants au CRPE, nous avons expérimenté durant l'année 2008-2009 un enseignement de la géométrie qui intègre un logiciel de géométrie dynamique (LGD). Ce dispositif de formation a été élaboré par le groupe MATICE² (**Mathématiques & TICE**) qui s'est constitué suite à un appel à projets de notre institut relatif à l'étude de l'impact de la formation professionnelle initiale ou continue sur les pratiques d'enseignement.

L'objet de notre travail est d'étudier si un enseignement de la géométrie qui intègre un logiciel de géométrie dynamique (LGD) en 1^{re} année de formation des professeurs des écoles (PE1) peut agir comme une condition facilitatrice à l'intégration des TICE dans l'enseignement des mathématiques à l'école. Nous faisons l'hypothèse que l'utilisation d'un LGD pour « apprendre » de la géométrie permet aux futurs professeurs de percevoir *in proprio* comment le recours à un LGD participe de l'acquisition de savoirs géométriques. Ainsi, ayant éprouvé par eux-mêmes les changements épistémologiques que le recours à un LGD induit dans la construction du rapport personnel à la géométrie, nous supposons que les professeurs des écoles seront plus enclins à intégrer cet outil dans leurs pratiques professionnelles. L'aspect novateur de ce projet repose donc sur une ingénierie de formation *disciplinaire* qui intègre les TICE.

1.3 Intégrer un LGD : conditions et contraintes

Certains travaux fondés sur la conception et l'expérimentation d'ingénieries visant l'intégration des LGD dans des classes de collège et lycée (Clarou, Laborde et Capponi, 2001) ou au cycle 3 de l'école primaire

¹ Il existe un inspecteur par département en charge des TICE qui coordonne le travail des conseillers pédagogiques et des maîtres animateurs en informatique au sein des circonscriptions.

² Ce groupe est constitué de 4 formateurs de l'IUFM de l'académie de Lyon travaillant sur les 3 sites de l'IUFM : Mathias Front (site de Bourg-en-Bresse), Yves Grégor (site de Lyon), René Thomas (site de Saint-Étienne) et Floriane Wozniak (responsable du projet MATICE, site de Lyon).

(Assude & Grugeon, 2003) ont permis de révéler certaines des conditions qui prévalent à leur intégration. Nous pouvons évoquer par exemple la nécessité de prendre en charge les connaissances instrumentales, la gestion de la dialectique entre savoirs géométriques anciens et nouveaux (Assude & Gélis, 2002) – comme l’accomplissement dans un nouvel environnement de types de tâches géométriques déjà maîtrisés – ou les modifications dans les règles de fonctionnement du contrat didactique. Mais ces conditions agissent comme autant de contraintes, notamment sur la gestion du temps (Assude & Grugeon, 2003 ; Assude 2005). Les savoirs liés à la genèse instrumentale (Trouche, 2005) et leur temps d’apprentissage obligent en effet le professeur à prendre en charge la gestion du temps de travail des élèves par rapport à l’avancée du temps didactique (Sensevy, 1996), notamment par l’élaboration d’organisations didactiques et mathématiques spécifiques à ces types de situations d’enseignement. Artigue (1998) a, par ailleurs, identifié deux obstacles importants : la nécessité que l’usage des TICE soit perçu comme justifié et légitime pour l’enseignement des mathématiques – « The ‘educationnal legitimacy’ of computer technologies » –, d’une part, la prise en charge d’une double transposition didactique – “The underestimation of issues linked to the computer transposition of mathematical knowledge” –, l’une relative aux savoirs mathématiques enseignés, l’autre relative aux savoirs instrumentaux spécifiques aux TICE, d’autre part.

Nourris de ces divers travaux, nous avons ainsi tenté de concevoir un enseignement de la géométrie dans lequel la reprise de l’étude était réalisée à l’aide d’un logiciel de géométrie dynamique.

2 LE DISPOSITIF DE FORMATION

2.1 Organisation de la formation

Nous avons conçu une formation à la préparation au CRPE en géométrie qui intègre l’usage d’un LGD de sorte que les futurs professeurs soient mis en situation d’*apprendre avec* un LGD plutôt que seulement *apprendre à enseigner avec* un LGD. Le dispositif de formation que nous avons conçu contient deux volets : une formation disciplinaire qui intègre un LGD de sorte que les professeurs des écoles puissent éprouver eux-mêmes les changements épistémologiques que le recours à un LGD induit dans le rapport personnel à la géométrie ; un module de formation didactique sur l’usage d’un LGD pour l’enseignement de la géométrie au cycle 3 qui soit conforme aux attendus du CRPE. Notre dispositif de formation a été expérimenté auprès de 112 étudiants PE1 aux profils divers et répartis sur les 3 sites de formation de l’IUFM de l’académie de Lyon. Il s’est décliné en 2 séances en demi-groupes en salle informatique et en 3 conférences :

Séance 1: genèse instrumentale

Conférence 1: synthèse à l’issue de la 1^{re} séance

Séance 2 : résolution de problèmes en géométrie, la démonstration

Conférence 2 : aspects didactiques de l’utilisation d’un LGD

Conférence 3 : cours sur la géométrie dans l’espace illustrée à l’aide d’un LGD 3D.

Compte tenu des contraintes locales, notre projet initial n’a pu être mis en œuvre de la même façon sur les trois sites de formation. Nous ne présenterons donc ici que les deux séances en salle d’informatique et évoquerons le contenu de la conférence de synthèse suite à la première séance. Notons enfin que le dispositif que nous présentons ici s’est ajouté aux séances d’enseignement du plan de formation de l’IUFM de l’académie de Lyon dans lesquelles les questions didactiques de l’intégration des TICE en général sont habituellement abordées.

Nous savions que les formateurs engagés dans ce projet ne pourraient pas assurer des séances de travaux dirigés de même durée³, aussi ont-elles été systématiquement conçues comme devant se prolonger par un travail personnel au-delà des séances elles-mêmes. En général, il a été laissé 3 semaines aux étudiants pour terminer le travail et rendre les documents aux formateurs. La conférence 1 s'est tenue un mois après la première séance et la séance 2 de travaux dirigés a eu lieu près d'un mois plus tard. Ainsi, par exemple, sur le site de Bourg-en-Bresse le calendrier a été le suivant : séance 1 en demi-groupe le 17 septembre 2008 puis conférence de synthèse le 24 octobre 2008 et 2^e séance de travaux dirigés le 14 novembre 2008.

Au-delà de la prise en compte des contraintes spécifiques liées au temps imparti pour les séances en demi-groupe, nous avons proposé de poursuivre le travail en classe par un travail personnel afin d'inciter les étudiants à installer le logiciel de géométrie dynamique sur leur ordinateur personnel. Il nous paraissait plus efficace que les étudiants soient incités à installer un LGD chez eux autrement que par une simple recommandation. Nous y avons vu aussi un moyen de prendre en charge la gestion différentielle du temps de travail des élèves et de l'avancée du temps didactique.

Quel choix de logiciel ?

Il était essentiel pour nous que les étudiants puissent utiliser le LGD en dehors des séances d'enseignement. Le recours à un logiciel gratuit et librement téléchargeable sur l'Internet s'est donc imposé. D'autre part, dans une perspective d'utilisation ultérieure dans les classes, nous souhaitions utiliser un logiciel dont la communauté des utilisateurs soit active, ce qui est une condition d'évolution du logiciel. Des fonctionnalités comme la *trace*, le *protocole* ou les possibilités algébriques du logiciel Geogebra⁴ ont constitué des éléments décisifs dans notre choix.

2.2 La première séance : une initiation à l'utilisation de Geogebra

Cette première séance avait un double objectif : d'une part elle constituait une reprise de l'étude de la géométrie plane puisqu'il s'agissait de la première séance d'enseignement de l'année en ce domaine et d'autre part elle intégrait la nécessaire prise en charge de l'exploration des fonctionnalités du logiciel. En effet, encore de nos jours les LGD sont assez peu utilisés dans les enseignements de mathématiques au collège et au lycée et de nombreux préparateurs au CRPE n'ont pas souvent utilisé de tels logiciels durant leur scolarité⁵. La préparation du CRPE représente alors le moment d'une première rencontre avec ce type de logiciel.

Dans le document distribué aux étudiants (voir annexe 1), un petit préambule présentait le logiciel, les conditions de son téléchargement ainsi que son ergonomie générale grâce à des copies d'écran. Cette présentation préliminaire, bien qu'insuffisante pour prendre en charge les savoirs liés à la genèse instrumentale, était conçue pour permettre une utilisation par les étudiants en autonomie, condition indispensable pour que le formateur puisse aider individuellement ceux qui seraient en difficulté. C'est ainsi que toutes les actions à réaliser sont décrites et que pour chaque question posée une place est réservée dans le document pour la réponse. Comme évoqué plus haut, nous avons fait le choix de proposer un ensemble d'activités qui dépasse la durée d'une séance de travaux dirigés et de différer d'un mois la synthèse, il était donc indispensable de laisser une place pour garder la trace des réponses. Cette première séance était structurée autour de 6 parties.

Une première partie intitulée *Les outils de base, point, droite, cercle* visait à permettre aux étudiants de découvrir les premières fonctionnalités du logiciel et notamment d'appréhender la distinction entre les

³ Le temps consacré à la première séance a été de 1 h 45 à 2 h 30 suivant les sites et de 2 à 3 heures pour la séance 2.

⁴ Ce logiciel est utilisable en ligne ou téléchargeable à l'adresse : <http://www.geogebra.org/cms/index.php?lang=fr>

⁵ Dans notre petit échantillon de 112 étudiants, 70 % d'entre eux n'avaient jamais utilisé de LGD au cours de leur scolarité.

points – ou plus généralement, les objets – libres et liés. Cette distinction est évidemment essentielle car elle traduit la construction d'un objet géométrique comme lié à un autre objet géométrique⁶.

Dans la deuxième partie, d'autres commandes étaient explorées au travers de l'étude de trois types de problèmes : établir une conjecture à propos de la droite d'Euler, explorer une figure pour déterminer une propriété de la configuration considérée avant de la démontrer et enfin observer la propriété liant arc et angle inscrit. Cette seconde partie visait à amorcer une réflexion autour de la distinction entre construire, conjecturer, expérimenter et prouver et permet de revisiter des savoirs géométriques anciens dans un nouveau milieu qui génère des techniques d'étude des figures spécifique notamment au travers du déplacement des objets géométriques.

La troisième partie était consacrée aux « figures robustes », c'est-à-dire aux figures dont les propriétés sont invariantes par déplacements⁷, afin de faire percevoir aux étudiants la distinction entre une figure et un dessin⁸. Pour ce faire, nous avons choisi d'utiliser le carré dont les propriétés sont bien connues des étudiants, même en début de formation.

La quatrième partie portait sur le *protocole* qui a une fonction d'historique au travers de la liste des actions conduites qu'elle fournit. Il était demandé aux étudiants, à partir de la donnée d'un protocole, de déterminer les propriétés utilisées dans la construction d'une figure géométrique et d'en déduire la nature de la figure obtenue. Au-delà du réinvestissement de la distinction rencontrée précédemment entre une figure et un dessin, ceci permet aux étudiants de découvrir une possibilité offerte par l'usage de ce type de logiciel qui n'existe pas dans un environnement « papier/crayon ». La fonction protocole apparaît alors comme un outil didactique spécifique qui permet d'effectuer des activités géométriques d'un type de nouveau.

La cinquième partie donnait aussi l'occasion d'explorer un nouveau type de tâche : l'étude de « boîtes noires ». En ce cas, les étudiants sont amenés à utiliser la propriété dynamique du logiciel pour déterminer une relation entre deux objets (ici, un point et un triangle) donnés.

Enfin, la sixième et dernière partie était constituée de trois problèmes. Dans le premier problème une construction en environnement papier/crayon laisse supposer qu'il y a un alignement, alors que dans un environnement LGD, la fonction de zoom permet de percevoir que ce n'est pas le cas. Ce problème a donc été proposé pour amener les étudiants à dépasser l'observation et aller vers la recherche d'une preuve et passer ainsi d'une posture du « vu et du perçu » vers une posture du « su ». Le second problème portait sur l'étude du maximum d'une fonction alors que le dernier problème revenait sur l'étude d'une boîte noire.

2.3 La conférence « faire de la géométrie avec Geogebra »

L'objet de cette conférence était triple : revenir sur la correction des exercices, faire une synthèse sur les fonctionnalités du logiciel et enfin aborder 4 types de problèmes de la géométrie euclidienne telle qu'elle se pratique à l'école : Construire, conjecturer, expérimenter et prouver. Nous avons ainsi explicité la dialectique entre la géométrie comme science physique des faits spatiaux et la géométrie euclidienne comme théorie déductive⁹. En particulier, nous sommes revenus sur la dualité entre l'expérience (graphique) et la notion de preuve en géométrie euclidienne : l'expérience n'y a pas valeur de preuve et les faits spatiaux y sont démontrés à partir des théorèmes, car seul un discours déduit de l'axiomatique et des théorèmes est reconnu valide. Le changement de statut de la preuve par un glissement des

⁶ Un point peut être visuellement sur une droite sans avoir été défini comme lui appartenant, auquel cas le déplacement de la droite n'induit pas le déplacement du point.

⁷ La figure conserve les mêmes propriétés quand on déplace les points qui servent à sa construction. Nous avons parlé indifféremment de figures « robustes » ou « résistantes ».

⁸ La figure est l'objet géométrique idéalisé sur lequel on effectue les raisonnements alors que le dessin n'est que sa représentation « physique » matérialisée par le tracé du crayon sur la feuille de papier par exemple.

⁹ La géométrie euclidienne est ainsi fondée sur des assertions tenues pour vraies – les axiomes, comme par exemple « par deux points passent une unique droite » –, les théorèmes se déduisant alors des axiomes premiers.

raisonnements inductifs vers les raisonnements déductifs¹⁰ est une question vive dans un environnement avec un LGD car les étudiants ont une propension à faire état de l'usage de la fonction dynamique du logiciel comme moyen de validation d'une conjecture. L'étude du problème autour de la droite d'Euler nous a paru de nature à rendre explicite ces aspects. Il s'agit de construire l'orthocentre, le centre de gravité et le centre du cercle circonscrit à un triangle quelconque. L'observation conduit à conjecturer l'alignement de ces trois points. Cette conjecture est alors éprouvée expérimentalement par la mesure de l'angle formé par ces 3 points ce qui conforte les étudiants dans leur observation première mais reste insuffisant du point de vue de la géométrie déductive euclidienne. Les étudiants doivent encore en rédiger la démonstration. Au-delà de la simple correction des activités, la conférence a permis de faire le point sur les changements épistémologiques dans le rapport à la géométrie comme la prise en compte de la décharge des difficultés liées à la maîtrise des instruments de construction (règle, équerre, compas, etc.) et des problèmes de précision des tracés ; la fonction dynamique du LGD qui facilite l'exploration des propriétés d'une figure en permettant à moindres coûts le recours à des « essais » successifs ce qui aide à « sortir » du cas particulier de la figure initiale pour en identifier les invariants; les problèmes relatifs aux lieux géométriques de points qui sont ainsi revisités, sans oublier de citer comment le problème de la « robustesse » des figures permet une évolution du dessin à la figure.

Cependant, la question de la validation et de la preuve reste un point d'achoppement : d'une part il est aisé de déplacer des points pour ajuster le dessin obtenu à ce qui est attendu sans mettre en œuvre les propriétés géométriques¹¹ et d'autre part parce que ce qui se « voit » sur le dessin y est encore plus prégnant. Ceci explique que nous ayons proposé une seconde séance pour permettre aux étudiants de dépasser le stade de la simple conjecture et de l'expérimentation graphique afin d'aller vers l'élaboration de démonstrations pour prouver.

2.4 La deuxième séance : Construction-exploration-conjecture-vérification-preuve

Cette deuxième séance s'est organisée autour de l'étude de quatre problèmes (voir annexe 2). Comme dans le cas de la première séance, un dernier problème était à l'étude en autonomie afin de réguler les différences de rythme de travail des étudiants durant la séance mais aussi de les conduire à poursuivre leur travail avec le LGD en dehors des séances à l'IUFM. Le premier problème était relatif aux propriétés du « cerf-volant », quadrilatère admettant une diagonale comme axe de symétrie. Diverses constructions de cerfs-volants particuliers ont été ainsi demandées. Les fonctions du LGD aidaient les étudiants à explorer les propriétés des figures, ce qui leur permettait de trouver les réponses mais il était aussi demandé les constructions « papier-crayon » lorsque c'était possible. Il est clair que le contrat en PE1 est de préparer les étudiants à réussir le CRPE, nous n'avons donc jamais envisagé l'usage d'un LGD dans la formation comme exclusif du travail dans un environnement papier/crayon qui est d'ailleurs le seul environnement dans lequel les candidats ont à travailler le jour du concours. Les démonstrations étaient ainsi explicitement attendues au travers de la demande de la justification des réponses. Le deuxième problème portait sur la recherche de lieux géométriques de points. Il est clair que des fonctions comme la *trace* ou le *lieu géométrique de points* du LGD modifient l'étude de ce genre de problèmes. Dans le contexte d'utilisation d'un LGD demander de déterminer voire de construire le lieu géométrique des points n'a plus d'intérêt car le logiciel fournit immédiatement la réponse attendue. Ainsi déchargé de ces recherches préliminaires, l'étudiant peut se consacrer à l'étude des propriétés de la configuration afin de justifier pourquoi le lieu des points est ce qu'il est. Un troisième problème était ensuite proposé dans lequel l'exigence de construire une figure « robuste » invariante par déplacements forçait le recours aux propriétés : il s'agissait de construire plusieurs cercles tangents à deux droites sécantes. Le même type de construction dans l'environnement papier-crayon ne contraint pas à recourir aux propriétés de la configuration, car un ajustement graphique à l'aide du compas permet à l'élève de trouver le lieu du centre d'un tel cercle. Si la connaissance de la propriété des bissectrices comme lieu

¹⁰ L'induction est un type de raisonnement qui consiste à tirer des conclusions générales de cas particulier alors que la déduction repose sur le lien de cause à effets entre hypothèse et conclusion.

¹¹ ce qui se produit lorsque la condition de « robustesse » de la figure n'est pas demandée.

géométrique des centres des cercles tangents à deux droites sécantes suffit à réaliser la tâche dans un environnement papier-crayon, ce n'est pas le cas dans l'environnement LGD où les cercles doivent rester tangents lorsque les droites sont déplacées ; il faut encore utiliser la propriété de perpendicularité de la tangente avec le rayon issu du point de tangence. On mesure ici combien le milieu LGD influe sur la tâche à accomplir. Le quatrième problème à étudier était un prolongement de l'exercice 2.3 sur l'arc et l'angle inscrit travaillé au cours de la 1^{re} séance. Il portait sur la propriété relative à la mesure d'un des angles d'un triangle lorsque le sommet de cet angle (3^e sommet du triangle) est à l'extérieur du cercle de diamètre le côté du triangle qui ne porte pas l'angle : le LGD permet de conjecturer cette propriété en considérant les mesures d'un angle dans différentes configurations. Enfin, le problème qu'il restait à étudier en autonomie était le classique problème de Varignon.

3 QUELQUES OBSERVATIONS & ÉLÉMENTS DE RÉFLEXION

Sur le site de Bourg-en-Bresse, un seul groupe de 29 étudiants a été concerné. Aucun des ces étudiants n'étaient de formation initiale scientifique, leurs compétences en mathématiques étaient assez réduites. Parmi eux, 24 possédaient un ordinateur et 20 d'entre eux ont déclaré avoir utilisé un LGD durant leur scolarité.

Sur le site de Lyon, le groupe était formé de 18 étudiants seulement qui avaient reçu une formation initiale plutôt scientifique¹² mais seulement 5 d'entre eux ont déclaré avoir déjà utilisé un LGD.

Sur Saint-Étienne, deux groupes – soit 65 étudiants – étaient concernés, l'un à profil scientifique et l'autre non. Environ un tiers utilisaient un ordinateur personnel et 5 disaient avoir utilisé un LGD au cours de leur scolarité.

Il est impossible actuellement de tirer un bilan précis de cette formation, en particulier du point de vue de son impact sur les pratiques futures des professeurs des écoles. Cependant nous avons quelques indices sur la façon dont les étudiants ont appréhendé à l'issue de cette formation l'apport d'un LGD pour l'enseignement de la géométrie.

3.1 Un questionnaire en fin de formation

Nous avons fait passer un rapide questionnaire en fin de formation (voir annexe 3) afin de mieux connaître les impressions des étudiants sur le recours à un LGD dans le cadre de leur préparation au concours. Un premier constat s'impose : la quasi-totalité des étudiants disposant d'un ordinateur personnel a installé le logiciel *Geogebra*. En revanche son utilisation effective semble liée au niveau d'expertise en mathématique des étudiants : ceux qui ne sont pas à l'aise dans cette discipline semblent avoir été plus enclins à utiliser le LGD, c'est en tous cas ce que laissent supposer les réponses obtenues à Bourg-en-Bresse et Lyon. Les étudiants de ces deux groupes sont en effet de profils assez différents : les premiers sont de formation initiale en sciences humaines et sociales, certains éprouvant de réelles difficultés en mathématiques, ils ont déclaré majoritairement avoir utilisé le LGD pour résoudre des exercices (19/26 soit 73 % des réponses). Les seconds en revanche sont de formation initiale scientifique et la moitié avait déjà présenté le concours avec des notes supérieures à 10 en mathématiques : plus de 93 % (14/15) ont déclaré ne pas avoir utilisé le LGD pour travailler les exercices de géométrie.

Il reste cependant à noter que la formulation de la question « avez-vous utilisé un logiciel de géométrie dynamique pour vos exercices ? » était maladroite car elle ne précisait pas s'il s'agissait des exercices de géométrie autres que ceux liés aux séances en salle informatique. Ainsi, nous ne sommes pas en mesure de préciser si les étudiants ont utilisé le logiciel seulement pour finir le travail commencé en salle informatique ou pour étudier d'autres exercices. Notons encore que nous n'avons pas vraiment été surpris de lire des réponses du type « non mais c'est une bonne idée » tant il apparaît que les LGD ne

¹² 14 étudiants sur 18 ont obtenu un baccalauréat ES ou S et 5 avait fait des études scientifiques (dont un doctorat de Biologie), 4 avaient un master en STAPS. Parmi ces étudiants, 9 avaient déjà présenté le CRPE dont 7 d'entre eux avaient obtenu une note en mathématiques supérieure à 10.

sont pas des outils naturalisés – c’est-à-dire mobilisables sans questionnement – en mathématiques. Enfin, signalons une réponse prometteuse pour les pratiques futures d’enseignant de l’étudiant qui déclare : « Non mais utilisé pour travailler avec un élève en difficultés en mathématiques ».

3.2 Une épreuve de concours blanc

Sur le site de Saint-Étienne l’épreuve de concours blanc du 25 février 2009 contenait une question relative à l’usage d’un LGD dans une activité de reproduction de figure (voir annexe 4). Il s’agissait de déterminer les intérêts de son usage comparativement à un environnement papier-crayon pour une tâche de reproduction de figures et de proposer des dispositifs d’aide dans un tel environnement. Les réponses fournies par les étudiants sont un indice de la façon dont ils ont perçu l’apport didactique de l’environnement informatique. Malheureusement il ne nous a pas été possible de disposer de l’ensemble des réponses des étudiants ce qui nous aurait permis de faire l’inventaire des arguments les plus significatifs pour les étudiants. Nous n’avons pu recueillir qu’un échantillon aléatoire de 9 réponses soient 27 arguments en faveur de l’usage de l’environnement LGD. Sur cet échantillon réduit on peut néanmoins dégager 4 types d’arguments.

Le premier argument, cité 8 fois sur 9 réponses est spécifique du support LGD : il s’agit de l’aspect dynamique du logiciel qui permet d’explorer les figures pour en dégager les propriétés invariantes par déplacements. Le second argument développé (présent dans 7 des 9 réponses) est lié à la spécificité de la tâche – reproduction d’une figure donnée. Cet argument porte en effet sur la facilité et la précision des tracés qui permet d’obtenir « des dessins propres » en dépit d’éventuelles difficultés à manipuler les outils géométriques (règle, équerre, compas). Le troisième argument avancé porte sur la facilité à faire des essais, de rectifier ses erreurs. Enfin, quelques étudiants évoquent le « côté ludique » de l’informatique qui motiverait les élèves. Un seul étudiant sur les neuf de notre très faible échantillon cite un des aspects pourtant présent lors des séances que nous avons proposées en formation, la dimension expérimentale, voici ce qu’il écrit : « les initier à une démarche scientifique : les élèves seront ici amenés à formuler des hypothèses puis à les valider ou les rejeter selon les configurations du rectangle ». En guise d’illustration, on trouvera en annexe 5 trois exemples significatifs des réponses obtenues.

4 UN LOGICIEL DE GÉOMÉTRIE DYNAMIQUE EN PE1: UN PARI RISQUÉ ?

Ce qui a motivé notre projet est la recherche des conditions d’intégration d’un logiciel de géométrie dynamique dans les classes à l’école. Nous faisons le pari qu’une utilisation par les professeurs d’un LGD pour apprendre des mathématiques pourrait agir comme condition facilitatrice : les futurs professeurs des écoles percevant *in proprio* les changements qu’apportent le recours à un tel type de logiciel pour les apprentissages, seraient plus enclins à utiliser cet outil pour enseigner les mathématiques. Mais le contrat moral qui lie un professeur d’IUFM et ses étudiants est qu’il les prépare au mieux au CRPE. Il est donc impératif de se poser cette question d’ordre éthique lorsqu’on expérimente un nouveau dispositif de formation comme celui que nous venons de décrire.

4.1 Le sentiment des étudiants PE1

En fin de formation, nous avons interrogé les étudiants sur la façon dont ils avaient perçu l’intérêt des séances en salle informatique avec le LGD dans la perspective de leur préparation au concours. Aucun des 25 étudiants de Bourg-en-Bresse n’exprime un jugement négatif sur ces séances d’enseignement, la seule réponse mitigée exprime d’abord une difficulté : « assez compliqué car je ne maîtrise pas trop la géométrie mais efficace ». En revanche ces séances sont qualifiées d’« intéressantes » (cité 10 fois), « utiles » (cité 3 fois) ou « bien » (cité 2 fois) voire même « enrichissantes » et par 3 fois elles ont constitué une « aide » pour « comprendre les caractéristiques d’une figure » ou pour découvrir le logiciel. Le premier centre d’intérêt avancé est relatif à la maîtrise du logiciel « ce qui aurait été plus compliqué seul » car « il faut un peu d’entraînement pour la manipulation » et « comprendre le fonctionnement du

logiciel » puisqu'« il est nécessaire de le pratiquer afin de mieux le maîtriser ». En effet, il semble que pour ces étudiants il est nécessaire « d'avoir une première approche d'une méthode qui pourra être développée dans les écoles avec l'essor de l'informatique en classe ». Cet intérêt didactique pour ce type de logiciel vient de ce qu'il permettrait « d'utiliser/d'étudier la géométrie plus facilement », notamment pour « comprendre et assimiler certaines propriétés » car « il permettait de mieux "voir" les figures » parce qu'on peut « faire des constructions plus facilement et de modifier les mesures sans reconstruire une autre figure ». Un étudiant reste cependant insatisfait considérant qu'« il aurait peut-être fallu plus d'explications plus simples sur l'utilisation du logiciel et l'intérêt de cette utilisation ».

Du point de vue de l'intérêt de telles séances dans la perspective d'une préparation au CRPE, 16 étudiants¹³ répondent de façon affirmative considérant que « les manipulations rendent plus claires les tracés et certaines propriétés apparaissent plus clairement », ou que « les exercices d'entraînement sont plus faciles à réaliser ». Le poids de la culture scolaire pèse encore fortement chez certains étudiants, comme pour celui qui n'hésite pas à déclarer : « il m'a aidé à éclaircir certaines propriétés mais je préfère travailler sur papier ». Trois réponses font état de l'intérêt de ces séances pour les questions complémentaires qui sont des questions didactiques. Cependant 5 étudiants ont « un avis mitigé » considérant que « peut-être que ça a aidé à la compréhension et éventuellement ça donne des billes pour l'oral : TICE, aide à la compréhension ». En revanche 3 étudiants répondent négativement à cette question sans donner d'explication. Notons toutefois que nous retrouvons des différences d'appréciation suivant le niveau de compétences mathématiques. Les étudiants lyonnais de formation scientifique ont estimé quant à eux que les séances en salle informatique n'ont pas été utiles dans le cadre de la préparation au concours (13 réponses négatives sur 15). Les étudiants du site de Saint-Étienne sont satisfaits à 70 % de ces séances et 75 % considèrent qu'elles les ont aidés dans leur préparation.

4.2 L'épreuve de mathématiques au CRPE 2009

Nous avons consulté sur le site du ministère de l'éducation nationale¹⁴, les sujets de l'épreuve de mathématiques du CRPE 2009 afin de dégager si la formation que nous avons proposée était pertinente pour préparer le CRPE. Parmi les sujets des 6 groupements académiques, nous avons dénombré 3 sujets complémentaires qui portaient sur la géométrie. Dans le sujet du 1^{er} groupement, les questions complémentaires de l'exercice 1 (sur 5 points) portent sur l'écriture de programme de construction et sur la reconnaissance des propriétés d'un carré. La question 1 c demande au candidat de « proposer un exercice qui permettrait à l'enseignante de s'assurer que l'élève B a acquis ou non la compétence "reconnaître un carré" ». Dans le sujet du groupement 2 les questions complémentaires à l'exercice 3 (sur 5 points) sont relatives à la description d'une figure après que celle-ci ait été reproduite. Enfin, dans le sujet du groupement 5, les questions complémentaires à l'exercice 1 (sur 4 points) concernent la reproduction d'une figure. Dans ces exercices, les types de tâches sont à réaliser par les élèves dans un environnement papier-crayon. Il nous semble, cependant, que nous avons illustré dans les paragraphes qui précèdent combien le « pas de côté » que réalisent les étudiants lorsqu'ils travaillent ces types de tâches dans un environnement LGD contribue à les « dénaturiser » et facilite ainsi la nécessaire prise de distance constitutive d'une analyse didactique.

Si nous considérons à présent la partie proprement mathématique, dans chaque sujet des 5 premiers groupements académiques se trouve un exercice de géométrie (sur 4 ou 5 points). C'est ainsi que pour trois des six sujets du CRPE 2009, la part de géométrie a représenté entre 8 et 10 points sur les 20 attribués à l'épreuve de mathématiques.

L'exercice 1 du sujet du 1^{er} groupement porte sur les lieux géométriques de points C tels que $BC = 2AC$, les points A et B étant donnés. Dans le sujet du groupement 2 il s'agit de déterminer le rayon et le centre d'un cercle au sein d'une configuration. Dans le sujet du groupement 3 le candidat doit déterminer le lieu de deux points sur un segment tels qu'ils forment le sommet de l'angle droit d'un triangle rectangle

¹³ 24 étudiants ont répondu à cette question.

¹⁴ à l'adresse : <http://www.education.gouv.fr/cid24831/sujets-des-epreuves-ecrites.html>

dont les 2 autres sommets sont fixés¹⁵. Dans le sujet du groupement 4 il s'agit de vérifier le parallélisme de deux droites (grâce à la réciproque du théorème de Thalès) et de faire des calculs d'aire. Dans le sujet du groupement 5 l'exercice 1 est très proche de celui que nous avons travaillé au cours d'une de nos séances et porte sur « les propriétés de Varignon ». Si dans le sujet du groupement 6, il n'y a pas d'exercice qui porte sur la géométrie, on constate que l'exercice 3 est relatif au calcul de l'aire d'un triangle dont un des sommets est mobile sur un segment donné.

Au-delà de l'exercice portant sur le problème classique des propriétés de Varignon, nous pouvons constater que trois des exercices évoqués ci-dessous portent sur des questions relatives à des lieux géométriques de points pour lesquelles on peut raisonnablement penser qu'un usage des LGD facilite l'abord. Les étudiants engagés dans la formation que nous avons proposée ont été mis en situation d'utiliser la fonctionnalité dynamique du LGD pour explorer des questions du type « pour quelle position du point M a-t-on ... ? » contribuant ainsi à la construction d'images mentales qui donnent du sens à ce type de problème.

5 CONCLUSION

Nous avons souhaité présenter la formation que nous avons expérimentée durant l'année 2008-2009 comme un premier essai pour mieux intégrer l'usage des TICE dans la formation des professeurs des écoles.

Nous avons bien conscience que la formation expérimentée ne peut suffire, à elle seule, à dépasser le système de conditions et de contraintes qui prévalent pour modifier les pratiques futures de ces professeurs. Ainsi, par exemple tous les professeurs des écoles stagiaires ne préparent pas le concours de recrutement dans un IUFM¹⁶. Cependant, le simple examen du contenu des épreuves de mathématiques de mai 2009 semble attester de la pertinence d'une telle démarche pour la préparation au concours. Nous avons dès lors montré la faisabilité d'une formation ayant les modalités exposées, pour préparer nos étudiants au CRPE et initier une approche complémentaire à celle jusqu'alors existante.

¹⁵ Dans cet exercice le lieu des deux points est déterminé par le calcul d'une distance à une des deux extrémités du segment sur lequel les points cherchés doivent rester. Pour ce faire, il est proposé d'utiliser un tableur afin de calculer une valeur approchée des racines d'un polynôme du second degré.

¹⁶ Un des auteurs de ce texte avait en charge la formation de 3 groupes de professeurs stagiaires PE2 sur le site de Lyon cette année-là et un peu plus du tiers n'avaient pas préparé le concours du CRPE en IUFM (respectivement 7/25 ; 7/26 et 14/20) et seulement 40 % d'entre eux avaient déjà vu un logiciel de géométrie dynamique (respectivement 7/25 ; 17/26 et 4/20).

1 RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Artigue, M. (1998). Teacher training as a key issue for the integration of computer technologies. In Tinsley, D & Johnson, D. C. (Eds), *Information and communications technologies in school mathematics*. IFIP 98, Chapman and Hall. p. 121-129.

Assude, T. & Gélis, J.-M (2002). Dialectique ancien-nouveau dans l'intégration de Cabrigéomètre à l'école primaire. *Educational Studies in Mathematics*, vol. 50, 259-287.

Assude, T. & Grugeon, B. (2003). Intégration de logiciels de géométrie dynamique dans les classes de l'école primaire. *Actes du XXIX^e Colloque de la COPIRELEM*, IREM des Pays de la Loire. p. 227-253.

Assude, T (2005). Time Management in the Work Economy of a Class. A Case Study : Integration of Cabri in Primary School Mathematics Teaching. *Educational Studies in Mathematics*, vol.59.1, 183-203.

Clarou, P., Laborde, C., Capponi, B. (2001). *Géométrie avec Cabri. Scénarios pour le Lycée*. CRDP de l'académie de Grenoble.

Durpaire, J.-L. (rap.). (2006). *L'enseignement des mathématiques au cycle 3*. Rapport IGEN 2006-034. Paris : MENESR.

Imbert, J.-L. (2008). *Influences institutionnelles sur l'intégration des TICE en mathématiques*. Actes du XXXIV^e colloque de la COPIRELEM. IUFM Champagne-Ardenne.

Houdement, C. & Kuzniak, A. (1996). Autour des stratégies utilisées pour former les maîtres du premier degré en mathématiques. *Recherches en didactique des mathématiques*, 16.3, 289-322.

Sensevy, G. (1996). Le temps didactique et la durée de l'élève. Étude d'un cas au cours moyen : le journal des fractions. *Recherches en didactique des mathématiques*, 16.1, 7-46.

Trouche, L. (2005). Construction et conduite des instruments dans les apprentissages mathématiques : nécessité des orchestrations. *Recherches en didactique des mathématiques*, 25.1, 91-138.

Wozniak, F. (2007). Conditions and constraints in the teaching of statistics : the scale of levels of determination. In Pitta-Pantazi, D. & Philippou, G. (Eds.), *Proceedings of the European Society for Research in Mathematics Education*. CERME 5. Larnaca, 22-26 february 2007. (pp. 1808-1818). University of Cyprus.

Disponible sur l'Internet:

<http://ermeweb.free.fr/CERME%205/CERME5%20Proceedings%20Book.pdf>

Annexe 1 : La 1^{re} séance en salle informatique**Annexe 2 : La 2^e séance en salle informatique****Annexe 3 : Un questionnaire en fin de formation**

	Questionnaire	
1	Avez-vous installé un logiciel de géométrie dynamique sur votre ordinateur personnel ?	Oui ☐ Non ☐
2	Avez-vous utilisé un logiciel de géométrie dynamique pour vos exercices ?	Oui ☐ Non ☐
3	Comment avez-vous perçu les séances en salle informatique ?	
4	Pensez-vous que les séances en informatique vous ont aidé à préparer le concours en géométrie ?	

Annexe 4 : Question complémentaire du concours blanc du 24 février 2009 sur le site de Saint-Etienne

Question complémentaire 2 (4 points)

Les documents proposés en **annexes 3 (3.A et 3.B)** sont extraits des manuels suivants : **Mille maths CP** (Editions Nathan), fichier de l'élève (annexe 3.A). **Euromaths CM1** (Editions Hatier), livre de l'élève (annexe 3.B).

1. On s'intéresse dans un premier temps à l'extrait du fichier de l'élève « Mille maths CP » (annexe 3.A). Comment un élève peut-il s'y prendre pour réussir l'activité ? (On décrira deux manières différentes).

1-

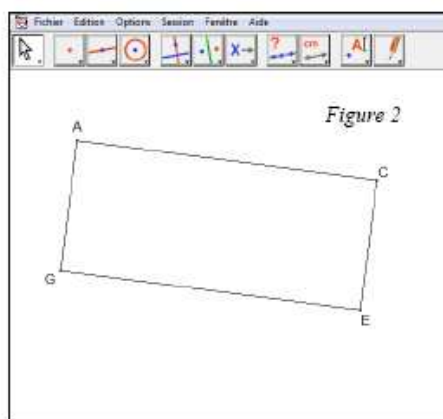
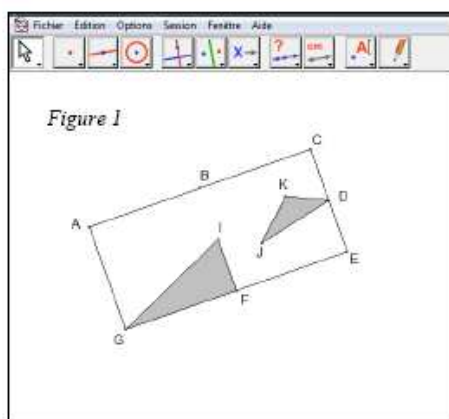
2. On s'intéresse à présent à l'extrait du livre de l'élève « Euromaths CM1 » (annexe 3.B).

- a) Quel est le rôle des questions 1 à 3 dans l'activité proposée ?
- b) Pourquoi, dans cette activité, les concepteurs ont-ils choisi une figure à compléter qui soit d'une taille différente de celle du modèle initial ?
- c) Quelles sont les difficultés qu'un élève peut rencontrer dans la question 4 ?

3. Un enseignant décide de remplacer cette activité « papier crayon » par une séance sur ordinateur avec un logiciel de géométrie dynamique. Les élèves ont déjà utilisé ce logiciel. Les consignes sont : « Ouvre le fichier *figure 1*, observe et manipule cette figure en déplaçant les points A, G ou E. Puis ouvre le fichier *figure 2* : il faut y reproduire la figure que tu as observée. Tu peux si besoin la manipuler de nouveau mais tu n'as pas le droit d'aller voir l'historique, ni les objets cachés. Si tu éprouves des difficultés, des aides sont possibles ».

Ci-dessous, les copies d'écran des fichiers *figure 1* et *figure 2* à leur ouverture.

5



6

- a) Pour cette activité (reproduire la figure 1), décrire trois avantages que peut apporter l'utilisation du support informatique par rapport à un travail sur feuille tel qu'il a été décrit à la question 2.
- b) L'enseignant fait référence à un dispositif d'aide, donner un exemple de ce qu'il a pu prévoir.

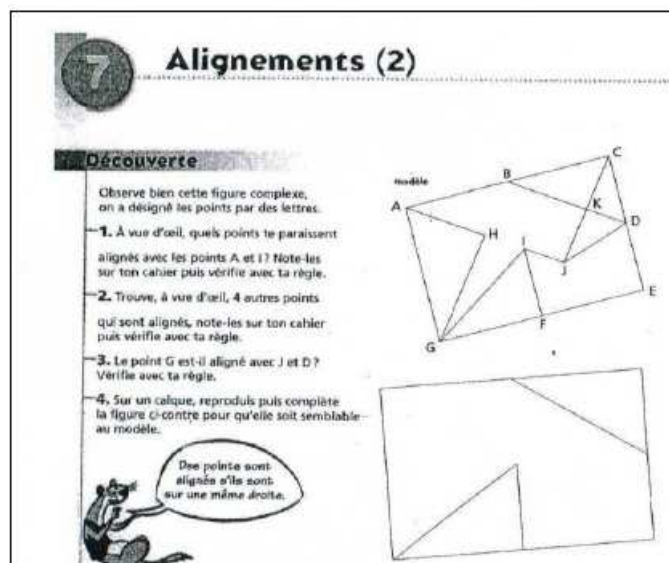
Annexe 4 : Question complémentaire du concours blanc du 24 février 2009 sur le site de Saint-Etienne

Annexe 3

Annexe 3.A : Mille maths CP (Editions Nathan)



Annexe 3.B : Euromaths CM1 (Editions Hatier)



Annexe 5 : Trois réponses à la question complémentaire d'un concours blanc du site de Saint-Étienne

Étudiant 1

a) avantages liés à l'utilisation de l'outil informatique :

- pas de difficultés liées à la manipulation des outils habituels de géométrie (règle, équerre)
- possibilité de faire varier la taille de la figure à loisir dans le but de mieux comprendre le fait que la taille du rectangle initial n'intervient pas (utilisation de points fixes et de points liés)
- gain de temps relatif à la construction papier (figure sale ou illisible à refaire) pour se consacrer à la compréhension de la notion mise en jeu dans l'activité

b) l'enseignant a pu proposer de faire apparaître sur la figure les caractéristiques spécifiques, le marquage (perpendicularité) entre (GE) et (FI), équidistance de J et C par rapport à K). Cela permettra de guider les élèves dans le choix du « bouton » à utiliser pour reproduire la figure.

Étudiant 2

a) l'utilisation du support informatique augmente la précision de la construction. C'est-à-dire que les traits seront parfaitement droits contrairement au travail sur feuille.

L'outil informatique permet à l'élève de se tromper et de recommencer plus souvent car la manipulation informatique est plus rapide que celle d'une règle, d'un crayon et d'une gomme

Le fait de pouvoir déplacer les points permet de mettre en évidence les propriétés des figures. C'est-à-dire que les propriétés comme le parallélisme, la perpendicularité résistent aux déplacements des points

b) L'aide que l'enseignant a pu prévoir est la mise en évidence des traits de construction d'un point. Ainsi l'élève comprend ce que l'enseignant a fait et le reproduira par d'autres points.

Même si les élèves ont déjà utilisés un logiciel, l'enseignant a pu réaliser une fiche de rappel sur les constructions que l'on peut faire avec ce logiciel et comment les faire, quel menu, quel outil utiliser.

Étudiant 3

a) l'avantage premier du logiciel est qu'il met en évidence ce qui est résistant sur la figure et qui doit donc être reproduit. Deuxièmement il permet de tracer facilement des droites et en même temps de vérifier un alignement. Troisièmement il permet à l'élève de valider son travail seul, s'il parvient lui aussi à une figure résistante aux déformations

b) il a pu prévoir de laisser apparents certains traits de construction, des droites qui montrent donc l'alignement des points à utiliser pour construire la figure.

PRÉPARER LE CONCOURS DE PROFESSEUR DES ÉCOLES EN UTILISANT UN LOGICIEL DE GÉOMÉTRIE DYNAMIQUE

Une séance d'initiation à Géogebra

Cette année nous vous proposons aussi de travailler la géométrie en utilisant un logiciel de géométrie dynamique. Il existe de nombreux logiciels de géométrie dynamique, nous avons choisi de vous faire travailler avec GeoGebra. <http://www.geogebra.at/>

Ce logiciel utilisant la technologie Java, peut être utilisé sur tout ordinateur (PC, Mac ...) quel qu'en soit le système d'exploitation (Windows, Linux ...), seul l'environnement Java est nécessaire.

Ce logiciel est libre et GRATUIT, ce qui autorise donc tous les enseignants et tous les élèves à l'installer sur leur ordinateur. Il est utilisable de l'école à l'université pour les mathématiques, mais aussi les sciences physiques, la technologie et pourquoi pas tout simplement le « dessin » !

La communauté des collaborateurs et utilisateurs a à sa disposition :

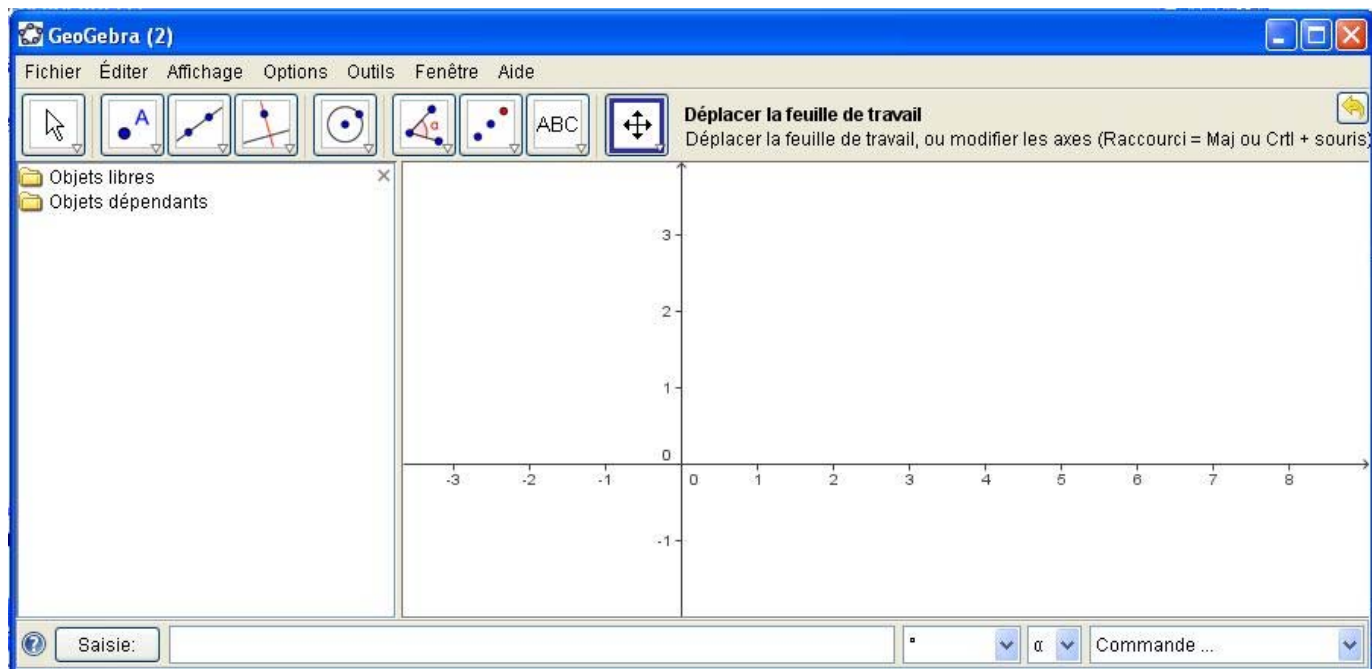
Un forum où chacun peut manifester ses difficultés, ses réussites ou ses désirs :

<http://www.geogebra.at/forum/>

Un wiki : banque de dépôt mutualiste des productions : <http://www.geogebra.at/en/wiki/index.php/French> pour les contributions en langue française.

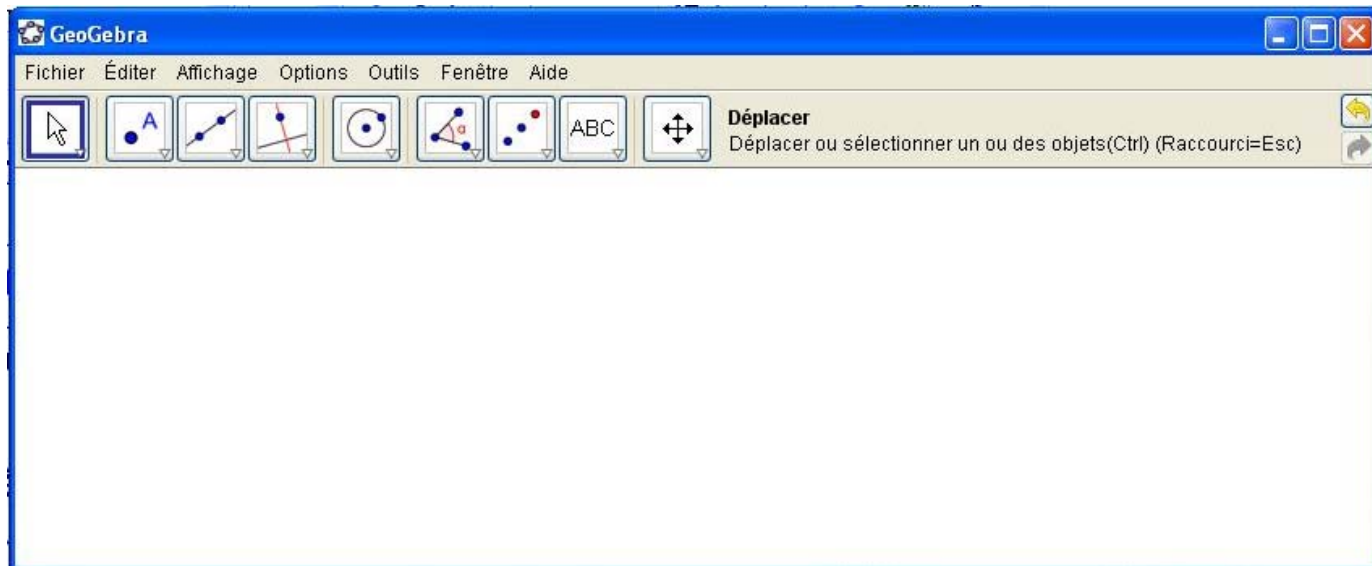
Découverte des objets de base et des outils de GeoGebra.

Une fois ouverte, une feuille de travail « GeoGebra » se présente sous l'aspect suivant :



Sous le nom GeoGebra on peut voir une ligne de menu.

Pour le travail qui nous concerne nous n'avons besoin que d'une seule fenêtre et d'une page blanche sans axe. En cliquant sur le menu « Affichage » vous avez la possibilité de « décocher » trois options : « Axes », « Fenêtre Algèbre » et « Champ de saisie ». Une fois que vous aurez effectué cette opération vous obtenez la forme suivante de la feuille de travail :

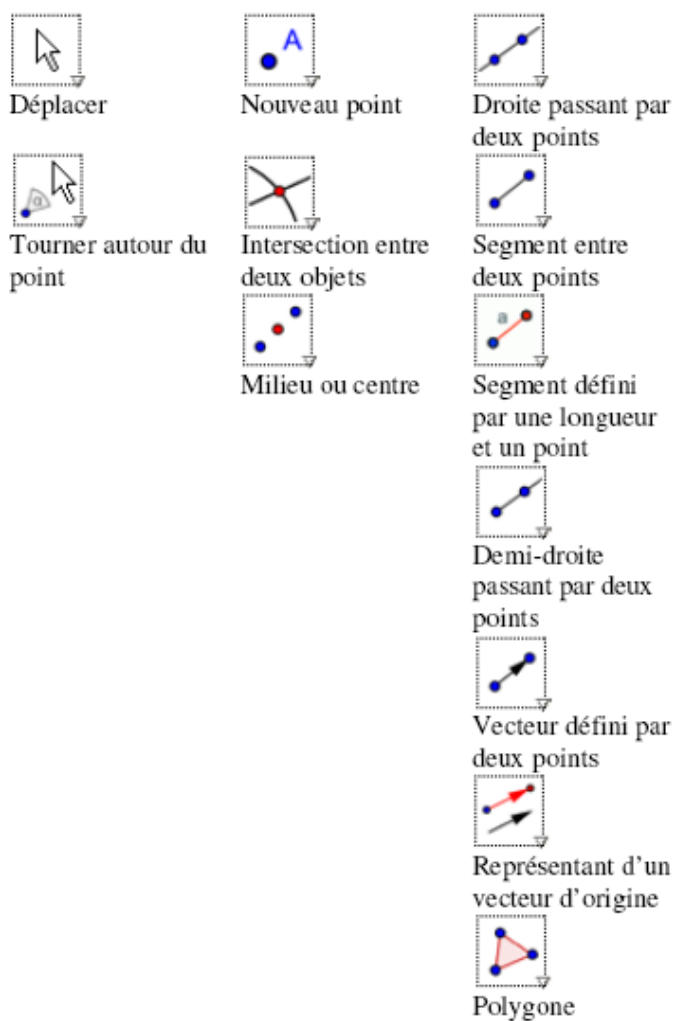


Dernier point à évoquer avant d'aller plus loin, la ligne de boutons.

Il faut savoir que ces boutons sont des portes qui ouvrent sur de nombreux outils.

Un double-clic sur un bouton permet de voir et d'avoir accès aux outils qui sont derrière.

Voici ci-contre ces outils pour les trois premiers boutons.



Dans la suite du texte, les mots soulignés correspondent à des outils de GeoGebra, les *mots en italiques* correspondent à des menus de GeoGebra.

1) Les outils de base : point, droite, cercle

1.1 - Point



Cliquez sur l'outil point puis cliquez sur une partie quelconque de l'écran.

Vous obtenez un point que vous pouvez éventuellement renommer.

Renommer le point, l'appeler B, en utilisant dans le menu *Éditer*, l'option « Propriété » puis l'onglet « Nom ».

Puis renommez le C en utilisant le clic droit de la souris pointée préalablement sur le point.

Vous pouvez créer autant de points que vous le désirez tant que vous ne quittez pas l'outil point.

Vous quitterez cet outil en cliquant sur un autre outil et par exemple sur le pointeur.

Vous pouvez alors déplacer le point à l'aide de la souris (approchez le curseur près du point, et lorsque "**une flèche**" s'affiche sur l'écran déplacez la souris en maintenant enfoncé le bouton de la souris).

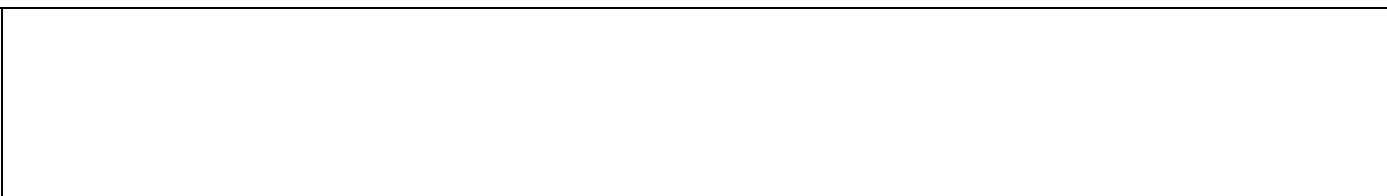
Pour effacer un point (un objet), le sélectionner à l'aide du pointeur et enfoncez la touche « Suppr ». Pour retrouver un écran vierge, on peut, dans le menu *Editer*, tout sélectionner, puis enfoncez la touche Suppr.

1.2 - Droite

Choisissez maintenant l'outil Droite (3^{ème} bouton) et dessinez une droite. Avec le pointeur, vous pouvez déplacer cette droite (il y a deux façons de le faire).

1.3 – Point sur objet, point d'intersection de deux objets

Sélectionnez l'outil point, puis approchez le curseur d'une des droites tracées précédemment. Lorsque cette droite « s'épaissit », cliquez. Déplacez le point ainsi créé. **Qu'observez-vous ?**



Assurez-vous que sur votre écran il y a deux droites sécantes (sinon, créez une telle situation). Avec l'outil point, créez le point à l'intersection de deux droites. Essayez de déplacer ce point. Bougez l'une puis l'autre droite (si possible). **Qu'observez-vous ?**



Synthèse :



1.4 - Cercle

1) Sélectionnez l'outil cercle (5^{ème} icône). Cliquez une première fois pour créer le centre d'un cercle, puis une seconde fois pour fixer son rayon. Avec le pointeur, bougez le centre du cercle, puis la circonférence du cercle et observez les modifications de la figure.

2) Vous pouvez aussi utiliser l'outil Cercle(centre-rayon). Essayez.

2) Premières constructions pour explorer d'autres commandes

2.1 - Droite d'Euler

Dessinez un triangle ABC (en utilisant Polygone, 3^{ème} bouton) et son orthocentre (outil droite perpendiculaire (4^{ème} bouton) , puis point à l'intersection de deux droites). Nommez H cet orthocentre. Déplacez les sommets du triangle. **Que devient H ? Est-ce toujours l'orthocentre ?**

Le regarder sortir ou rentrer dans le triangle !...

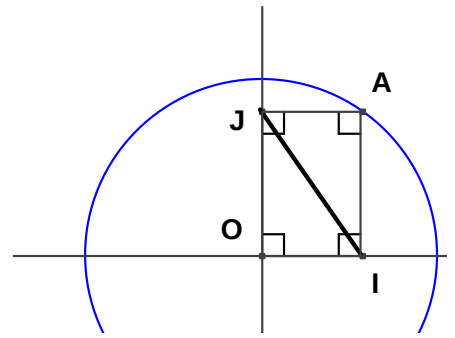
Cachez les hauteurs (Dernier bouton : Afficher/cacher l'objet).

Construisez le centre de gravité G du triangle ABC et le centre du cercle circonscrit O à ABC. Ne laissez visible sur l'écran que le triangle et les trois points H, G et O. **Quelle conjecture peut-on émettre ? Comment peut-on tester cette conjecture avec le logiciel ?**

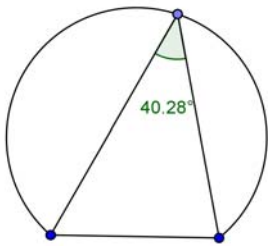
Tracez les segments [OG] et [OH] et les mesurer (outil distance ou Longueur du 6^{ème} bouton). **Les positions relatives de O, G et H semblent-elles particulières ?**

2.2 : On considère un cercle C de centre O , de rayon 4 cm et deux droites perpendiculaires en O . A est un point quelconque du cercle C et on construit le rectangle $OIAJ$, I et J étant les projetés de A sur les deux droites tracées.

Déplacez le point A sur le cercle ; la longueur IJ varie-t-elle ? Justifiez votre observation.



2.3 - Arc et angle inscrit



Construisez un segment $[AB]$ et un arc de cercle créé par trois points d'origine A et d'extrémité B , mais attention, il faut utiliser un point intermédiaire. Cachez ce 3ème point ayant servi à construire l'arc. Prenez un point M sur l'arc AB . Tracez les segments $[AM]$ et $[BM]$, tracer et mesurer l'angle $\widehat{AMB}$ avec l'outil angle.

Déplacez M sur l'arc AB , avec l'outil pointeur. Observez...

3) Figures robustes

On dira que certaines propriétés d'une figure résistent au déplacement, si la figure conserve ces propriétés lorsque l'on déplace n'importe lequel des points ou objets de base de la figure.

3.1 Ouvrir le fichier « carré1 ». Le dessin laisse penser qu'un carré est représenté. Cette propriété apparente est-elle résistante au déplacement ? [carré1](#)

Même question pour « carré2 »

[carré2](#)

3.2 Construire un carré qui reste un carré lorsque l'on déplace n'importe lequel de ses points ou objets de base.

4) Des « protocoles »

Il est possible d'observer a posteriori la procédure utilisée pour la construction en utilisant dans le menu *Affichage* la fonction « Protocole de construction ». (Il est aussi possible d'exporter ces « protocoles »).

4.1 Ouvrir le fichier carré1, faire apparaître le protocole de construction. En étudiant ce protocole, dire quelles ont été les propriétés utilisées ? Quelle est la figure ainsi obtenue ?

4.2 Les deux protocoles suivants correspondent-ils à des figures ayant les mêmes propriétés ?

Compte-rendu de construction

1.  Trace le point **A** avec la valeur pour x **2.86** et pour y **-0.46**.
2.  Trace le point **B** avec la valeur pour x **5.48** et pour y **-0.36**.
3.  Trace la droite **a** passant par les points **A** et **B**.
4.  Trace le cercle **k_a** ayant pour centre **A** et pour rayon **8**.
5.  Coupe **a** avec **k_a**. Les points d'intersection seront désignés par **C** et **D**.
6.  Trace la droite **b** passant par le point **C** et perpendiculaire à **a**.
7.  Trace le cercle **k_b** ayant pour centre **C** et pour rayon **6**.
8.  Coupe **b** avec **k_b**. Les points d'intersection seront désignés par **E** et **F**.
9.  Trace la droite **c** passant par le point **E** et perpendiculaire à **b**.
10.  Trace la droite **d** passant par le point **F** et perpendiculaire à **b**.
11.  Trace le cercle **k_c** ayant pour centre **E** et pour rayon **4**.
12.  Trace le cercle **k_d** ayant pour centre **F** et pour rayon **4**.
13.  Coupe **c** avec **k_c**. Les points d'intersection seront désignés par **G** et **H**.
14.  Coupe **d** avec **k_d**. Les points d'intersection seront désignés par **I** et **J**.
15.  Trace le Pentagone **AGHJI**. Il sera désigné par **P_a** et ses cotés seront les segments suivants: **e** = **[AG]**, **f** = **[GH]**, **g** = **[HJ]**, **h** = **[JI]**, **i** = **[IA]**.

Protocole de construction		
Fichier Affichage Aide		
No.	Nom	Définition
1	Point A	
2	Point B	Point sur Cercle[A, 8]
3	Segment a	Segment[A, B]
4	Droite b	Droite passant par B perpendiculaire à a
5	Cercle c	Cercle avec centre B et Rayon 6
6	Point C	point d'intersection de c, b
7	Point D	point d'intersection de c, b
8	Droite d	Droite passant par C perpendiculaire à b
9	Droite e	Droite passant par D perpendiculaire à b
10	Cercle f	Cercle avec centre C et Rayon 4
11	Cercle g	Cercle avec centre D et Rayon 4
12	Point E	point d'intersection de f, d
13	Point F	point d'intersection de f, d
14	Point G	point d'intersection de g, e
15	Point H	point d'intersection de g, e
16	Pentagone poly1	Polygone A, E, F, G, H

5) Boîtes noires

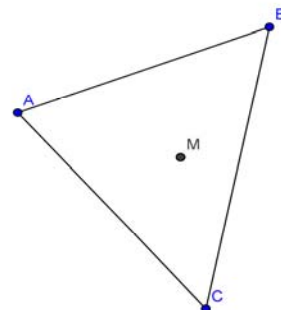
Une boîte noire en géométrie dynamique, est une figure composée d'objets initiaux et d'objets finaux. La construction des objets intermédiaires étant cachée, c'est à celui qui découvre la figure de retrouver cette construction (d'où l'appellation de boîte noire).

L'usage des boîtes noires est un outil qui peut aider le professeur à mettre les élèves en situation où ils devront reconnaître les liens entre les objets d'une figure.

Exemple : ouvrir le fichier « boîte1 », [boîte1](#) .

Les objets initiaux sont les points A, B et C et les segments [AB], [BC] et [CA], l'objet final est le point M.

Pour la figure GeoGebra proposée, existe-t-il un lien entre le triangle ABC et le point M ?



6) Trois problèmes

6.1 : Alignés ou pas ?

Voici un schéma réalisé à main levée

ALP est un triangle rectangle en L.

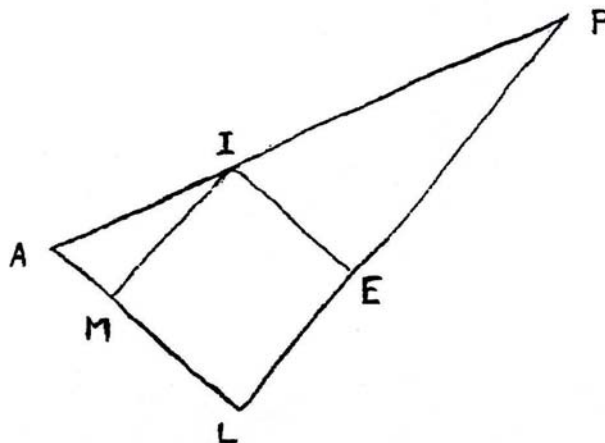
$AL = 6,5$ cm, $LP = 10,5$ cm

MIEL est un carré. E est sur le côté [LP],

M sur le côté [AL] et $LE = 4$ cm.

Construire la figure.

Les points A, I et P sont-ils alignés ?



6.2 : « Le quadrilatère qui tourne »

On considère un rectangle ABCD avec $AB = 6$ cm et $BC = 9$ cm, M sur [AB], N sur [BC], O sur [CD] et P sur [DA] tels que $AM = BN = CO = DP$. Comment varie l'aire du quadrilatère MNOP lorsque M se déplace sur [AB] ? Quelle est sa valeur minimale ? Quand l'obtient-on ?

6.3 : Étudier la boîte noire « sourire » :

[sourire](#)

**PRÉPARER LE CONCOURS DE PROFESSEUR DES ÉCOLES
EN UTILISANT
UN LOGICIEL DE GÉOMÉTRIE DYNAMIQUE**

**Une séance de recherche avec *Geogebra*
en salle informatique, en demi-groupe.**

Exercice 1

**Dans Fichier, ouvrez une nouvelle feuille de travail
Enregistrez le fichier sous le nom de « cerf_volant_1_nom »**

Cet exercice porte sur l'étude des cerfs-volants

D'après le [dictionnaire de l'Académie française](#), le mot « cerf-volant, cerfs-volants au pluriel » viendrait de serp-volante mot d'origine méridionale signifiant « serpent volant » et non pas un cerf. Cette appellation serpent-volant ferait allusion aux textes et légendes mentionnant des serpents ailés et des dragons volants et aurait été appliquée par métaphore au cerf-volant artificiel.

Avant toute chose, il est nécessaire de définir d'une façon univoque cette figure mathématique.

Définition : Un cerf-volant est un quadrilatère admettant une diagonale comme axe de symétrie

1.
 - a. Construire un cerf-volant ABCD.
 - b. Existe-t-il un quadrilatère EFGH admettant un axe de symétrie mais qui ne soit pas un cerf-volant ?
 - c. Quelles sont les propriétés d'un cerf-volant ? Justifiez-les.

Enregistrez le fichier.

**Dans Fichier, ouvrez une nouvelle feuille de travail
Enregistrez le fichier sous le nom de « cerf_volant_2_nom »**

2. Les trois figures suivantes sont-elles constructibles :
 - a. un cerf-volant ayant exactement un angle droit
 - b. un cerf-volant ayant exactement deux angles droits
 - c. un cerf-volant ABCD tel que $AB = 4$ cm, $BC = 3$ cm et l'angle BAD est droit.
- Lorsqu'une des figures précédentes est constructible, la construire ci-dessous :

Enregistrez le fichier.

**Dans Fichier, ouvrez une nouvelle feuille de travail
Enregistrez le fichier sous le nom de « cerf_volant_3_nom »**

On appellera *orthocerf-volant* en A un cerf volant ABCD, d'axe de symétrie (AC) tel que l'angle BAD est droit.

3. Les affirmations suivantes sont-elles vraies ou fausses ? Justifier les réponses.
- a. Les carrés sont des orthocerfs-volants

- b. Les rectangles sont des orthocerfs-volants.

- c. Les orthocerfs-volants dont les diagonales se coupent en leur milieu sont des carrés.

Enregistrez le fichier.

Exercice 2

Soit le cercle de centre A. B et M sont deux points du cercle et N le milieu de [BM].
Quel est le lieu des points N quand M se promène sur le cercle ? Démontrez-le.

Enregistrez le fichier.

Exercice 3

Dans Fichier, ouvrez une nouvelle feuille de travail
Enregistrez le fichier sous le nom de « tangente_nom »

Soit (d) et (d') deux droites sécantes en A.

1. Construire des cercles tangents simultanément aux deux droites.
2. Faire une construction qui résiste aux déplacements des droites (d) et (d') ainsi qu'aux déplacements du point A. Justifiez votre construction.

Exercice 4

Dans Fichier, ouvrez une nouvelle feuille de travail
Enregistrez le fichier sous le nom de « prop_1_nom »

Soit A et B deux points distincts et C le milieu de [AB]. Nous savons que si on place un point D sur le cercle de diamètre [AB], alors le triangle ABD est un triangle rectangle en D. Que pouvez-vous dire de l'angle ADB lorsque le point D est extérieur au cercle ? Démontrez-le.

Enregistrez le fichier.

Exercice 5 (autonomie)

Enregistrez le fichier sous le nom de « varignon_nom »

Ce premier exercice est connu sous le nom du problème de Varignon.

(Pierre Varignon, [mathématicien français](#) né à [Caen](#) en [1654](#) et mort à [Paris](#) le [23 décembre 1722](#). Il enseigna les mathématiques. Physicien, il inventa en 1705 le manomètre, appareil mesurant la pression.)

1.
 - a. Construire un quadrilatère quelconque ABCD.
Placer les points E, F, G et H milieux respectifs de [AB], [BC], [CD] et [DA]
 - b. Quelle est la nature du quadrilatère EFGH ? Démontrer le.

2.
 - a) Construire un quadrilatère ABCD pour que EFGH est un losange.
 - b) À quelle condition sur le quadrilatère ABCD, EFGH est-il un losange ?

3. Autonomie

- a. Construire un quadrilatère ABCD pour que EFGH soit un rectangle
- b. À quelle condition sur le quadrilatère ABCD, EFGH est-il un rectangle?

4. Autonomie

- a. Construire un quadrilatère ABCD pour que EFGH soit un carré
- b. À quelle(s) condition(s) sur le quadrilatère ABCD, EFGH est-il un carré ?

Enregistrez le fichier.