

Apprenti Géomètre : un nouveau logiciel

Deuxième partie : le kit libre^(*)

Nicolas Rouche
avec la collaboration de Ph. Skilbecq

2. Le kit libre

Comparé au *kit standard*, le *kit libre* permet une plus grande diversité d'expériences. Il amène à l'écran des figures variées, déformables continûment. Il permet de réaliser des isométries de figures. Il conduit à réaliser ce que nous avons appelé des fichiers dynamiques. Enfin, il met à la disposition de l'utilisateur des trames de points inspirées du géoplan. Voyons cela en détail.

2.1. Des figures continûment déformables

Pour plus de clarté, repartons du kit standard. Celui-ci amène à l'écran des figures prédéterminées. Par exemple, si l'utilisateur sélectionne *triangle équilatéral*, alors par un clic en un point quelconque de l'écran, il fait apparaître un triangle équilatéral dont il ne choisit ni la grandeur, ni l'orientation. Par contre, l'utilisateur qui a sélectionné *triangle équilatéral* dans le kit libre doit d'abord cliquer en un point A de son choix, puis en un deuxième point B, et le logiciel fait apparaître alors un triangle équilatéral dont AB est un des côtés. L'utilisateur n'a pas le choix du côté de AB où se construit le triangle, puisque ce dernier se dessine dans le sens trigonométrique. La figure 9 montre trois exemples.

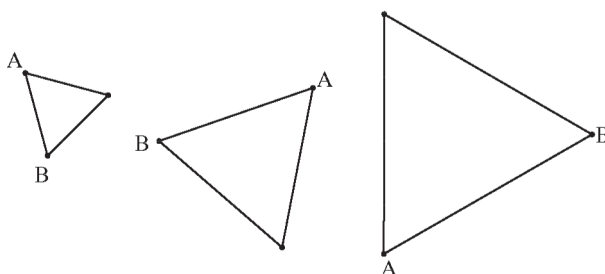


Fig. 9

Le kit libre permet d'amener à l'écran une plus grande variété de figures que le kit standard. Voyons par exemple comment se construit un parallélogramme. L'utilisateur clique en deux points A et B, qui vont donner un premier côté de la figure, puis en un troisième point C, de sorte que BC soit un deuxième côté du parallélogramme. Celui-ci, étant déterminé par la donnée de deux côtés adjacents, apparaît alors. La figure 10 montre trois exemples.

(*) La première partie de ce texte sur le kit standard est parue dans le numéro 457, p. 273-281.

En résumé, chaque figure est déterminée par sa définition et par des éléments (sommets, côtés, ...) qui suffisent à sa construction. Ce mode de construction induit des questions pédagogiquement intéressantes : par exemple, pourquoi un parallélogramme est-il déterminé par deux côtés adjacents ?

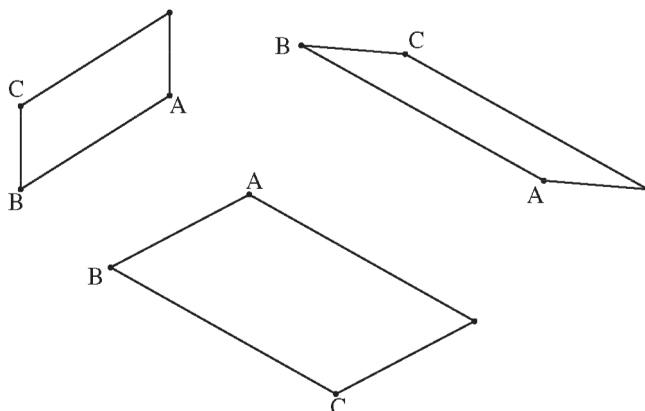


Fig. 10

Une fois qu'une figure est tracée, on peut la modifier « à la souris » sans qu'elle cesse de répondre à sa définition. Par exemple, à partir du parallélogramme ABC de la figure 11, on peut, en tirant sur le point C, engendrer les autres parallélogrammes que montre la figure 11. On peut aussi déformer la figure en tirant sur A, B ou C, mais non sur le quatrième point. Ce type de déformation continue induit aussi des questions intéressantes : par exemple, comment se fait-il qu'en déformant un parallélogramme, on puisse obtenir un rectangle, un carré, un losange ?

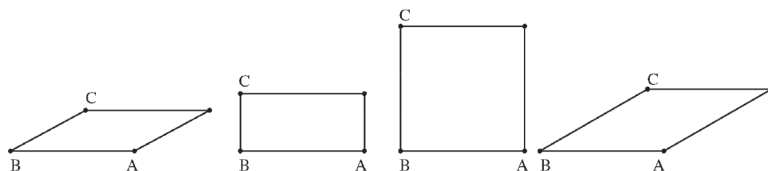


Fig. 11

Les figures disponibles dans le kit libre sont toutes les variétés classiques de triangles et de quadrilatères, les polygones réguliers depuis 5 jusqu'à 12 côtés, les polygones quelconques depuis 5 jusqu'à 10 côtés, et le cercle.

2.2. Des transformations de figures

Dans le kit libre, on peut comme dans le kit standard, glisser, tourner ou retourner les figures. Ces opérations se pratiquent au jugé, sans qu'il faille se soucier de préciser, selon le cas, une direction, un sens, une distance, un centre, un angle ou un axe. Mais le kit libre permet en outre d'appliquer à n'importe quelle figure une translation, ou une rotation ou une symétrie miroir. Voyons cela en détail.

Pour translater une figure, on doit spécifier par un segment AB la direction, le sens et la distance de la translation. La figure 12 en montre deux exemples.

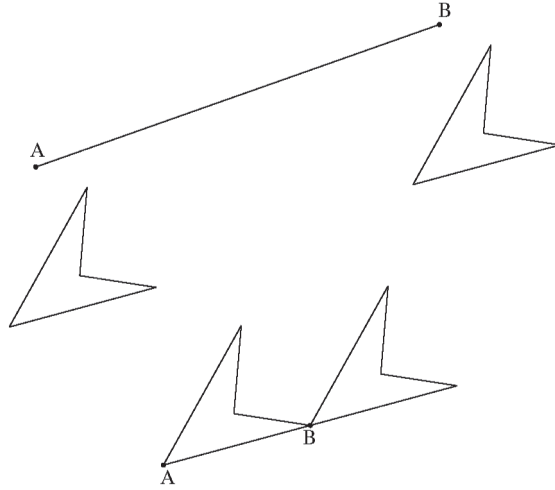


Fig. 12

Pour soumettre une figure à une rotation, on doit spécifier un centre de rotation O et un angle ABC. La figure 13 en montre deux exemples.

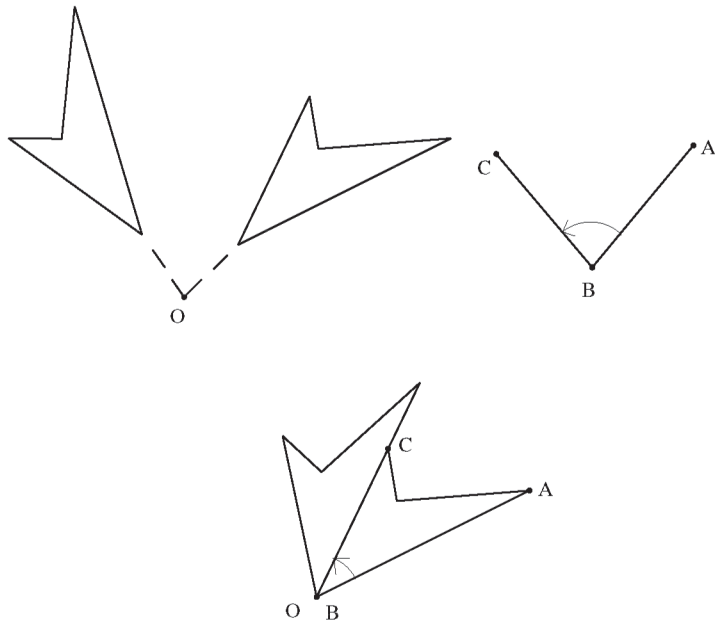


Fig. 13

Enfin, pour soumettre une figure à une symétrie miroir, on doit spécifier, par deux points A et B, l'axe de la symétrie. La figure 14 en montre deux exemples.

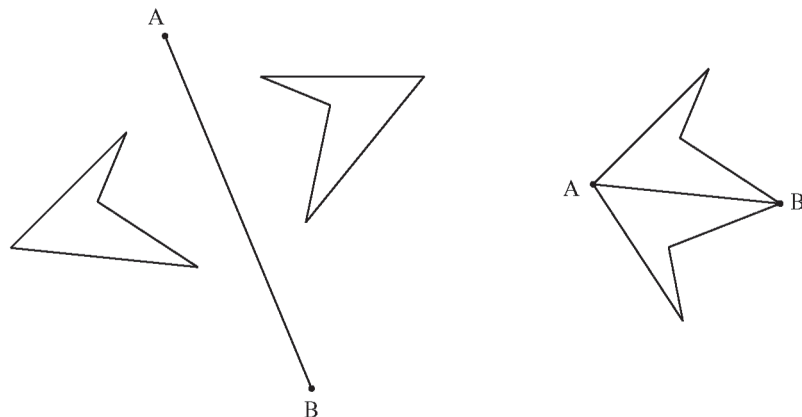


Fig. 14

Une fois qu'une isométrie a été réalisée, on peut modifier continûment, à la souris, le segment qui détermine la translation, ou le centre, ou l'angle de la rotation, ou l'axe de la symétrie. L'isométrie se modifie en conséquence. La figure 15 montre le passage, pour une figure de départ donnée (celle qui est grisée), d'un axe de symétrie AB à un autre A'B' (le passage de l'une à l'autre se faisant continûment).

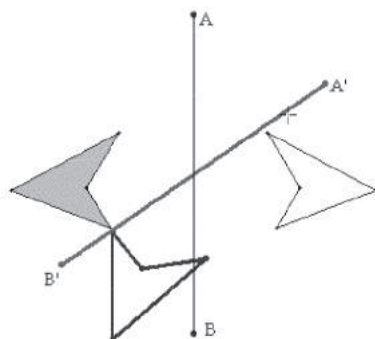


Fig. 15

La figure 16 montre par contre ce qui advient lorsqu'on ne touche pas à l'axe, mais que l'on déforme la figure en tirant le point A vers le point A' (la déformation étant elle aussi continue).

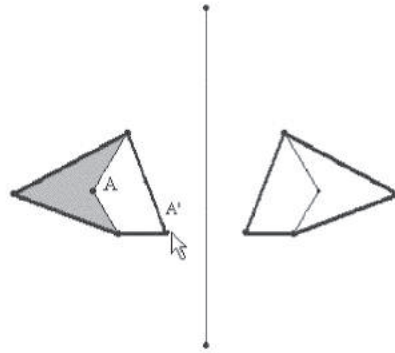


Fig. 16

2.3. Des fichiers dynamiques

Donnons un exemple de ce que l'on peut obtenir en combinant des déformations de figures et des modifications continues d'isométries. Partons d'un quadrilatère quelconque (figure 17). Par une rotation d'un demi-tour (une symétrie centrale) accolons-lui un autre quadrilatère identique. Nous obtenons ainsi un hexagone dont les côtés opposés sont parallèles et de même longueur (figure 18). Par des translations appropriées, assemblons plusieurs hexagones de ce type. Nous obtenons un pavage du plan par ces hexagones, et donc aussi par le quadrilatère de départ (figure 19).



Fig. 17

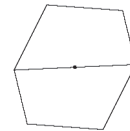


Fig. 18

Ceci fait, si nous déformons à la souris le quadrilatère de départ, tous les autres suivent, et le pavage entier se transforme. Les figures 20, 21 et 22 montrent trois pavages obtenus ainsi par déformation continue du pavage de la figure 19.

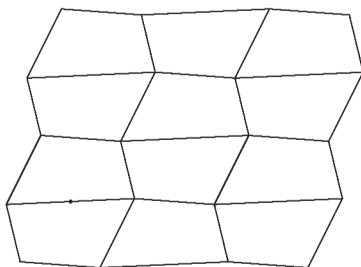


Fig. 19

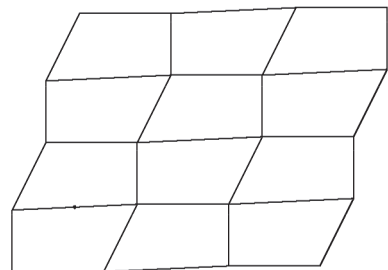


Fig. 20

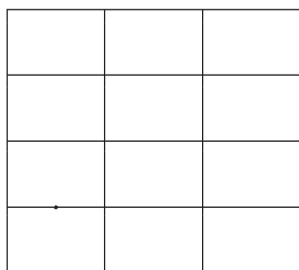


Fig. 21

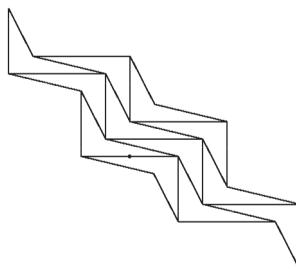


Fig. 22

Nous avons appelé *fichiers dynamiques* les figures ainsi construites en enchaînant (en liant) des créations de figures et des transformations, de sorte que le résultat puisse à la fin se transformer comme un tout.

2.4. Les autres possibilités du kit libre

Ajoutons enfin que les figures du kit libre peuvent, comme celles du kit standard, être découpées, assemblées et fusionnées. Le kit libre permet aussi de dessiner des perpendiculaires et des parallèles. Il permet enfin d'installer à l'écran deux trames de points, l'une à maille carrée et l'autre à maille triangulaire équilatérale. Quand ceci est fait, les sommets des polygones, grâce à la propriété magnétique, s'installent automatiquement sur des points de la trame. Ces trames réalisent à l'écran ce que l'on peut faire avec un géoplan.

3. Deux ou trois idées

Quelques mots enfin sur les principes qui ont inspiré la conception d'AG.

Le kit standard, avec ses figures invariables, aisément reconnaissables, ainsi que ses opérations et ses mouvements simples, est adapté à l'intelligence des situations (voir par exemple H. Wallon [1970]), qui correspond à ce que J. Piaget appelait le stade des opérations concrètes. En ce sens, il convient bien aux petits enfants. Néanmoins, il peut aussi être exploité beaucoup plus loin dans la géométrie euclidienne, la construction des fractions et l'élaboration de la notion de mesure.

Le kit libre par contre, avec ses figures continûment déformables, quoique répondant toujours à une définition, conduit naturellement à une mathématique raisonnée, démonstrative. Les objets qui se présentent sous une infinité d'avatars (de cas de figure) sont identifiables davantage par les propriétés qui les caractérisent que par la perception de leur forme et de leur grandeur (puisque celles-ci sont éminemment variables).

D'autre part, la constance des formes (et même des dimensions) dans le kit standard montre clairement que la géométrie qui s'y pratique est euclidienne. Le kit libre est au contraire un champ d'expérimentation des géométries affine et même projective. En ce sens, la philosophie d'AG est opposée à celle de J. Piaget et B. Inhelder [1947], pour qui l'apprentissage de la géométrie devait aller de la topologie à la projective, puis à l'afine et à la métrique. Mais cette conception de Piaget, qui mériterait pourtant d'être réexaminée en détail, semble aujourd'hui bien dépassée.

Remarquons qu'AG n'offre à l'utilisateur aucune mesure, non plus qu'aucun instrument de mesure tout fait. L'idée est que ce logiciel donne accès essentiellement aux grandeurs non encore mesurées, celles-ci étant le terrain qui motive et rend possible la construction de la notion de mesure.

Ajoutons pour terminer qu'AG est susceptible de rendre ses utilisateurs sensibles à la beauté des figures géométriques. Comme l'a si justement souligné Mach, les symétries suscitent un sentiment esthétique, élémentaire certes, mais réel, et qui est intimement associé à la compréhension des phénomènes géométriques.

3.1. La documentation

Au cours de l'année de la mise au point d'Apprenti Géomètre, l'équipe de recherche s'est aussi attachée à produire une brochure d'accompagnement qui devrait permettre de cerner correctement AG dans ses différentes dimensions. Cette brochure, comprenant trois parties, s'organise comme suit.

- La première a principalement pour but d'exposer le contexte conceptuel. Elle comprend quatre chapitres. Le chapitre 1 contient le mode d'emploi dans lequel l'utilisateur pourra aller puiser l'information nécessaire à la prise en main du logiciel. Le chapitre 2 définit le contexte informatique. Le chapitre 3 expose le champ épistémologique des grandeurs, fractions et mesures. Le chapitre 4 justifie l'existence des familles de figures dans le kit standard.
- La deuxième, comprenant trois chapitres, cerne le cadre pédagogique et comprend quelques activités à réaliser en classe. Le chapitre 5 décrit le contexte pédagogique dans lequel nous avons pensé les activités d'enseignement-apprentissage. Les chapitres 6, 7 et 8, quant à eux, proposent des activités sur base de situations-problèmes pour les classes du CE2 au Collège.
- La troisième comprend les fiches de travail correspondant aux activités. Ces fiches sont photocopiables ou peuvent être imprimées à partir des fichiers pdf disponibles sur le site.

Aux activités des chapitres 6, 7 et 8 correspondent des fichiers informatiques contenus dans trois dossiers intitulés *Initiation*, *Perimaire* et *Intégration* (voir figure 24). Ces dossiers sont aussi à télécharger sur le site.

3.2. Le téléchargement

Le logiciel AG et ses composants (figure 23), les dossiers contenant les fichiers accompagnant les activités préparées (figure 24), ainsi que la brochure d'accompagnement (figure 25) peuvent être téléchargés gratuitement à partir du site suivant :

<http://www.enseignement.be/geometre>



Fig. 23

Il est à noter qu'en ce qui concerne les fichiers composant le logiciel AG (figure 23), seul le fichier *Apprenti Géomètre* peut être ouvert par l'utilisateur, et ce par un double clic de souris. Les autres ne sont pas accessibles, ils permettent le fonctionnement du logiciel.

Les dossiers de la figure 24 contiennent les fichiers à ouvrir à partir d'Apprenti Géomètre et à utiliser au cours des activités décrites dans la brochure aux chapitres 6, 7 et 8.

Les fichiers de la figure 25 sont les documents au format pdf que l'on peut consulter soit au format écran, plus convivial, soit au format papier, prêt à l'impression.



Fig. 24



Fig. 25

On trouve sur ce même site de nouvelles activités construites au cours de la deuxième année de recherche, ainsi que des informations concernant l'utilisation du logiciel. Ce site permet de télécharger tant la version disponible pour Mac que celle fonctionnant sous Windows. Certains fichiers ont été compressés et demandent donc, pour pouvoir les ouvrir après téléchargement, d'employer des logiciels tels que *StuffitExpander* pour Mac ou *WinZip* pour Windows. De même pour la lecture de la brochure d'accompagnement, il est nécessaire de posséder le logiciel *Acrobat Reader*. Tous ces logiciels peuvent être téléchargés à partir des liens prévus sur le site.

4. Bibliographie

R. BKOUCHE [1991], Variations autour de la réforme de 1902/1905, in H. GISPERT et al. coord., *La forme mathématique*, Cahiers d'Histoire et de Philosophie des Sciences et Société Mathématique de France, Paris.

CREM [2003], *Apprenti Géomètre*, Communauté Française de Belgique et Centre de Recherche sur l'Enseignement des Mathématiques, Bruxelles et Nivelles.

H. FREUDENTHAL [1973], *Mathematics as an educational task*, Reidel, Dordrecht.

L. LISMONT et N. ROUCHE coord. [2001], *Formes et mouvements, perspectives pour l'enseignement de la géométrie*, CREM, Nivelles. En vente à l'APMEP.

E. MACH [1922], *L'analyse des sensations, le rapport du physique au psychique*, trad. de l'allemand par F. EGGERS et J.-M. MONNOYER, Éditions Jacqueline Chambon, Nîmes, 1996.

J. PIAGET et B. INHELDER [1947], *La représentation de l'espace chez l'enfant*, Presses Universitaires de France, Paris.

H. WALLON [1970], *De l'acte à la pensée, essai de psychologie comparée*, Flammarion, Paris.