L'enseignement des mathématiques face aux défis de l'école et des communautés

Actes du colloque emf 2006

Apprenti Géomètre, un logiciel de géométrie dynamique pour les enfants à partir de 8 ans

Philippe Skilbecq, *Centre de Recherche sur l'Enseignement des Mathématiques, Belgique*

Résumé

Les développements technologiques en matière informatique influencent de plus en plus la didactique des mathématiques. De nombreuses recherches sont menées pour déterminer l'intérêt, les gains et les conditions optimales de l'utilisation de ces nouveaux outils d'enseignement-apprentissage que sont les nouvelles technologies informatiques. C'est dans ce cadre que le CREM[1], suite à une demande du Ministère de la Communauté française de Belgique, a mis au point un logiciel de géométrie dynamique, nommé Apprenti Géomètre[2], destiné, au départ, à l'enseignement-apprentissage des grandeurs, fractions et mesures. Pour rencontrer ces différents champs disciplinaires, AG[3] propose deux environnements de travail distincts, deux « espaces géométriques » différents. Il a également été conçu pour être un complément original du contexte papier-crayon. Des expérimentations réalisées dans le cadre de la mise en place d'une pédagogie différenciée exposent cette particularité, notamment pour l'enseignement-apprentissage de la notion d'unité de mesure commune.

Introduction

Jusqu'à la fin du siècle dernier, dans une majorité de cas, l'enseignement-apprentissage des éléments de géométrie élémentaire était surtout basé sur une approche descriptive. Les premières notions – figures, points, segments, droites,… – étaient généralement considérées comme des objets donnés que les apprenants observaient dans des situations plus ou moins statiques pour en extraire les caractéristiques[4]. Une autre approche, plus dynamique et plus formatrice d'un point de vue de la construction des raisonnements nous semble-t-il, peut être de manipuler les objets géométriques, de les utiliser pour en construire d'autres, de les faire varier, de les pousser vers leurs limites pour en connaître les caractéristiques. Cette approche semble plus accessible aujourd'hui avec l'entrée des nouvelles technologies dans les écoles. C'est dans cette perspective que le CREM a développé un logiciel appelé Apprenti Géomètre destiné aux enfants de 8 à 12 ans.

Dans la première partie de cet article nous décrivons sommairement les caractéristiques instrumentales et conceptuelles d'AG. Dans la seconde partie, nous exposons une activité concernant l'utilisation de ce logiciel dans le cadre de la complémentarité des contextes papier-crayon et informatique dans la construction de la notion de mesure commune [CREM, 2006].

1 Centre de Recherche sur l'Enseignement des Mathématiques, <http://www.profor.be/crem/index.htm>.

2 Nous utiliserons l'abréviation AG dans la suite de cet article.

3 Notre article concerne la première version de ce didacticiel. La deuxième version, disponible au début 2007, possèdera de nouvelles fonctionnalités et sera ainsi adaptée à une utilisation dans les premières années de l'enseignement secondaire.

4 Mettons cependant en exergue des projets d'animation comme les dessins animés de Nicolet dès le milieu du 20e siècle.

Description du logiciel

Un logiciel proactif

AG permet aux élèves de dessiner des figures, de les modifier et de leur appliquer des transformations géométriques. Par le biais de manipulations – découpages, assemblages, fusionnements, superpositions, etc. – les élèves sont amenés à employer les différents processus de la pensée mathématique tels que représenter, visualiser, généraliser, catégoriser, conjecturer, déduire, analyser, synthétiser, abstraire et formaliser.

1. Deux espaces géométriques

Composé de deux environnements de travail, AG[5] permet de réaliser de nombreuses actions sur des figures géométriques, telles que diviser, découper, fusionner, glisser, tourner, retourner et de leur appliquer des transformations du plan telles que les translation, rotation et symétrie miroir.

Le premier environnement, appelé kit standard, place l'apprenant dans un contexte intuitif pour l'appropriation de savoirs et l'acquisition de compétences mathématiques. Les figures disponibles apparaissent à l'écran par un simple clic de souris avec une orientation et des dimensions prédéfinies. Elles possèdent entre elles des rapports simples de longueurs, d'aires et d'angles. Ces figures sont rangées dans des familles en fonction de ces possibilités de rapports simples. Cette caractéristique permet des comparaisons et des assemblages propices à de nombreux apprentissages. Par exemple, la famille du carré (figure 1) contient, entre autres, le carré, le triangle rectangle isocèle – demi du carré – et le parallélogramme construit en assemblant deux triangles rectangles isocèles. Les familles du triangle équilatéral et du pentagone sont également présentes dans ce premier environnement.

Le travail de l'élève est situé dans un espace géométrique particulier, pouvant être caractérisé comme celui de la figure, contenant des éléments géométriques que l'on pourrait qualifier de « stables », à partir duquel des activités propices à la construction des grandeurs, fractions et mesures sont rendues possibles. Le kit standard, avec ses figures invariables, aisément reconnaissables, ainsi que ses opérations et ses mouvements simples, est adapté à l'intelligence des situations (Wallon 1970), qui correspond à ce que J. Piaget (1970) appelait le stade des opérations concrètes ainsi qu'aux niveaux 0 et 1 de Van Hiele (Cazzaro *et al*. 2002). En ce sens, il convient bien aux petits enfants.

Le kit libre propose à l'utilisateur un environnement de travail où les figures se construisent à partir de leurs caractéristiques géométriques avec l'orientation et les dimensions données par l'utilisateur à l'aide de la souris. Cet environnement permet également de nombreuses déformations de figures et des constructions géométriques à l'aide des transformations dans le plan.

Le travail de l'élève est cette fois situé dans un espace géométrique plus complexe pouvant être caractérisé comme celui du point et de la droite. Ce deuxième environnement, avec ses figures continûment déformables mais répondant toujours à une définition, correspond au niveau 2 de Van Hiele. Il conduit naturellement à une mathématique raisonnée, démonstrative. Les objets qui se présentent sont identifiables davantage par les propriétés qui les caractérisent que par l'unique perception de leur forme et de leur grandeur (puisque celles-ci sont éminemment variables).

5 Rappelons qu'il s'agit bien de la première version du logiciel.

2. Le kit standard

2.1 Des figures et des opérations

Les figures que l'on peut amener à l'écran sont groupées en trois familles principales : celle du carré (figure 1), celle du triangle équilatéral et celle du pentagone régulier. Le terme famille est utilisé ici dans un sens peu usuel en géométrie euclidienne. Par exemple, la famille du carré comprend un carré, un triangle rectangle isocèle – moitié du carré – obtenu en coupant le carré en deux le long d'une diagonale ; un parallélogramme, celui que l'on obtient en accolant deux demi carrés et dont l'aire est égale à celle du carré ; un octogone régulier dont la mesure du côté est égale à celle du côté du carré, un triangle isocèle obtenu en coupant l'octogone en huit triangles superposables.

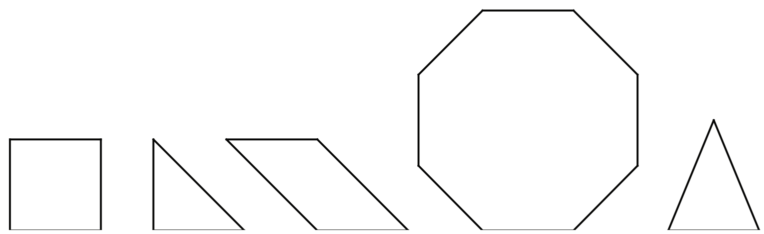


Figure 1

Ces figures sont parentes en ce sens qu'elles ont entre elles des rapports simples de longueur, d'angle et d'aire. De plus, il est possible de construire certaines d'entre elles en en découpant, assemblant et fusionnant d'autres. Nous pouvons constater alors que les polygones d'une famille s'ajustent bien les uns aux autres, et cela de multiples façons. Ces ajustements sont ce que Freudenthal (1973) a appelé du nom anglais de fittings et dont il dit : « The miracles of fitting are a preparation for systematic geometry, but even if this stage is reached, they cannot be dismissed. They remain the rough material of geometric thinking. The pupil should recall them and reconsider the old problems anew at every stage ».

Les opérations dupliquer, diviser, découper et fusionner sont des opérations essentielles pour l'approche de la notion de fraction et de mesure. Elles permettent d'expérimenter des découpages et des assemblages de figures propices à l'étude des fractions et à l'introduction de la notion de mesure. L'utilisateur peut ainsi diviser un segment en 2, 3 ou 5 parties égales. En répétant cette opération, il peut obtenir des divisions en un nombre de parties multiples de 2, 3 ou 5. Les divisions sont marquées par des points. En combinant cette opération avec celle de découper, il peut créer des fractionnements d'une figure quelconque, tout en choisissant la forme des « morceaux ». Ces opérations ont particulièrement été utilisées dans les activités concernant la construction de la notion de commune mesure que nous aborderons dans la seconde partie de cet article.

2.2 Des mouvements

Dans le kit standard, trois mouvements intuitifs sont à la disposition des utilisateurs pour mouvoir une figure, à savoir glisser, tourner et retourner. Ces mouvements sont assez proches de ce que l'utilisateur pourrait réaliser à partir de figures en carton. Si ce n'est qu'il ne peut saisir qu'une seule figure à la fois, qu'il ne peut agir qu'avec un seul mouvement à la fois et, ce qui nous semble essentiel, qu'il doit avoir une intention à traduire dans le choix d'une action avant d'agir sur une figure.

Une combinaison appropriée de ces trois mouvements permet de soumettre la figure à un déplacement ou un retournement quelconque, similaire à ce qui aurait pu être réalisé intuitivement avec la main et une figure en carton. Chaque mouvement généré est ainsi composé de mouvements élémentaires, on pourrait dire de mouvements de base, traduit chacun par un mot dans AG. C'est sans doute là une des principales originalités d'AG par rapport à un contexte de travail classique.

Ainsi, le kit standard est un champ d'expérimentations particulièrement ordonné et intelligible. Il comporte des contraintes qui n'existent pas dans l'univers réel où la plupart des mouvements sont absolument libres. C'est un univers artificiel accordé à la géométrie euclidienne.

Les trois mouvements disponibles ne s'identifient pas aux trois isométries. Le glissement se règle à vue, et l'opérateur ne doit nullement le définir par un vecteur désignant le point d'arrivée d'un point donné de la figure. Il en est de même pour la rotation et le retournement, l'utilisateur ne doit spécifier ni un angle, ni un centre ni un axe pour réaliser ces mouvements. Les transformations en un sens plus technique appartiennent à un stade plus avancé de la géométrie et sont, dans AG, disponibles dans le kit libre. Il est sans doute utile d'accéder ainsi aux isométries à travers les mouvements qui les préfigurent et, en particulier, d'expérimenter les compositions de ces mouvements. Notons que ces enchaînements ne sont pas étudiés pour eux-mêmes et dans l'abstrait. Ils servent à réaliser des assemblages de polygones, des pavages, etc. (dialectique outil/objet ; Douady, 1986).

Cette attention portée aux mouvements de base dans l'apprentissage de la géométrie répond bien au courant de pensée théorique et pédagogique qui, au XIXe siècle et au début du XXe, a cherché à réhabiliter les mouvements dans la géométrie. Ce courant est représenté principalement par Kirchhoff, Méray, Bourlet et Borel.

Notons que l'utilisation des mouvements ne doit en aucun cas remplacer les manipulations de polygones en carton. Au contraire, la manipulation des objets dans l'univers réel est indispensable. Elle relie les mouvements à des perceptions visuelles et tactiles, elle développe la motricité fine et elle apprend à abstraire d'un univers complexe par nature les éléments qui permettent de le reconstruire analytiquement dans le cadre de la géométrie. Notre espoir est que ce premier environnement soit un champ d'expérience original qui facilite, par des transferts appropriés, la compréhension du monde réel.

3. Le kit libre

Comparé au précédent, le kit libre permet une plus grande diversité d'expériences. Il permet de dessiner à l'écran des figures variées et déformables continûment. Il permet de réaliser des isométries de figures. Il conduit à réaliser ce que nous avons appelé des fichiers dynamiques, utilisant les déformations continues des figures et des transformations. Enfin, il met à la disposition de l'utilisateur des trames de points carrée ou triangulaire.

3.1 Des figures continûment déformables

Le kit libre est un environnement qui permet d'amener à l'écran une plus grande variété de figures que le kit standard. Les figures disponibles sont toutes les variétés classiques de triangles et de quadrilatères, les polygones réguliers depuis 3 jusqu'à 12 côtés, les polygones quelconques depuis 5 jusqu'à 10 côtés, et le cercle. Chaque figure y 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 seulement ? Ainsi, pour dessiner un parallélogramme, l'utilisateur doit d'abord cliquer en un point A de son choix, puis en un deuxième point B pour fixer la longueur du premier côté. Ensuite, il doit fixer un troisième point, C, pour déterminer à la fois la longueur du côté adjacent BC et l'angle ABC. Le logiciel dessine alors simultanément les deux autres côtés du parallélogramme.

Lorsqu'une figure est tracée, on peut la modifier « à la souris », de manière continue, sans qu'elle cesse de répondre à sa définition. Ce type de déformation continue induit aussi des questions intéressantes, par exemple : pourquoi en déformant un parallélogramme, peut-on obtenir un rectangle, un carré, un losange ?

Cet environnement de travail introduit donc l'utilisateur progressivement dans un tout autre registre d'activité et de pensée. Les polygones déformables y obéissent à une définition, ils matérialisent un concept. L'utilisateur est invité à passer des opérations concrètes aux opérations formelles décrites par Piaget (1974), de l'intelligence des situations à l'intelligence discursive comme définit par Wallon (1970).

3.2 Des transformations de figures

Dans le kit libre, on peut comme dans le kit standard, glisser, tourner ou retourner les figures. Mais le kit libre permet en outre d'appliquer à n'importe quelle figure une translation, ou une rotation ou une symétrie miroir. Il est cependant nécessaire de spécifier soit un vecteur – défini par deux points –, soit le centre et l'angle de la rotation – ce dernier défini par trois points –, soit un axe – défini par deux points –. Lorsqu'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.

3.3 Les autres possibilités du kit libre

Des trames pointées. Les figures du kit libre peuvent, comme celles du kit standard, être découpées, assemblées et fusionnées. Cet environnement 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.

Des fichiers dynamiques. En combinant le caractère dynamique des figures et des transformations du plan, l'utilisateur peut construire ce que nous appelons des fichiers dynamiques. Ces fichiers peuvent être utilisés dans le cadre de simulations de phénomènes géométriques pour en extraire des caractéristiques, ou dans le cadre de modélisations de situations préalablement explorées à partir de cas particuliers.

L'unité de mesure commune :

> *Leur espoir : voir désormais tous les hommes du monde entier utiliser le globe comme étalon de mesure commun. Leur but : définir la nouvelle unité de mesure, le mètre, comme la dix-millionième partie de la distance qui sépare le pôle Nord de l'équateur.* […] *en remodelant des actions ordinaires dont certaines sont si habituelles que nous les remarquons à peine. Prendre des mesures est un acte des plus courants* […]. *Cependant cette omniprésence, justement, finit par dissiper l'acte lui-même.* (K. Alder)

4. La complémentarité des contextes et des registres

Les activités proposées dans le cadre de notre recherche avaient pour objectif l'apprentissage de la notion de mesure commune par des élèves de troisième et quatrième primaires dans une perspective de transfert dans le domaine des opérations sur les fractions. Pour atteindre cet objectif, le logiciel AG était utilisé dans le cadre d'une pédagogie différenciée.

Dans cet article, nous nous limiterons à exposer une activité réalisée dans le contexte informatique à partir d'un registre géométrique. Mais au cours de la recherche, des liens indispensables entre ce contexte informatique et le contexte papier-crayon ont été établis et mis en évidence avec les élèves. Comme l'indiquent Assude et Gelis (2002), « l'entrelacement des tâches et des techniques Cabri et papier permet l'approfondissement conceptuel même lorsqu'on travaille sur des difficultés instrumentales ». De même, des liens entre différents registres – géométrique, linguistique, numérique – ont été tissés lors des activités de mise en commun et d'institutionnalisation des savoirs.

La question que l'on peut se poser est de savoir ce que l'utilisation d'un logiciel tel qu'AG peut apporter de plus par rapport à la manipulation de figures en carton dans le cadre de la construction de la notion d'unité de mesure commune. Nous pensons que l'intérêt se situe, entre autres, au niveau de l'amorçage de l'activité qui peut avoir des répercussions sur le travail de l'élève d'abord, sur la construction des connaissances par la suite.

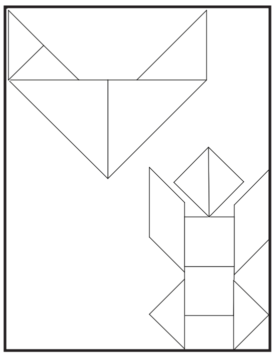
Face à une situation de comparaison de deux ensembles de figures en carton par exemple, intuitivement, bon nombre d'enfants saisissent ces figures et les comparent une à une. Et c'est pratiquement là la seule démarche que l'on peut constater dans un premier temps. Ceci est probablement dû au fait que les figures sont directement disponibles pour les élèves. La même situation dessinée sur une feuille de papier les embarrasse quelque peu. La raison invoquée est qu'ils ne peuvent superposer les figures. Cette contrainte force les élèves à trouver d'autres stratégies telles que l'appariement de figures. Plaçons cette même situation dans un contexte informatique et plus particulièrement dans AG et observons les réactions des élèves. C'est ce que nous décrirons à la section suivante.

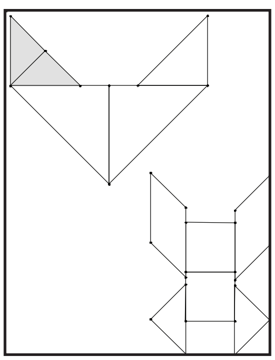
Un autre intérêt, nous en faisons l'hypothèse, se situe au niveau de ce que Duval (2005) désigne comme les manières de voir en géométrie. Plus particulièrement celles qui se traduisent par les manières « constructeur » et « inventeur-bricoleur ». Cette hypothèse est actuellement testée au sein d'une recherche concernant la construction du concept d'aire et des formules d'aire de quelques polygones chez des enfants de 10 à 14 ans.

5. La notion d'unité de mesure commune

5.1 Une situation-problème

La situation-problème suivante (figure ci-dessous) est proposée à deux classes d'élèves de 8 à 10 ans : les élèves doivent comparer les deux assemblages de figures pour déterminer lequel possède la plus grande aire. Pour cette activité de comparaison, nous supposons que les élèves sont capables d'utiliser sans trop de difficultés les fonctions Déplacer, Tourner, Retourner, Ajuster, Fusionner, Diviser et Découper. En tout cas, ces connaissances instrumentales ne constituent plus des obstacles majeurs à la résolution de la situation-problème.





Dans cette situation informatique, comme dans celle de la situation dessinée sur papier, les figures ne sont pas directement accessibles, entendons qu'elles ne peuvent être saisies manuellement. Nous constatons que dans un premier temps, sans les superposer, les élèves essaient d'apparier des pièces. Cependant, ceci n'est réalisable que pour les deux petits triangles isocèles rectangles présents dans chacun des deux assemblages. Dans un deuxième temps, les élèves saisissent la souris pour manipuler les formes. Leur volonté est alors clairement de tenter d'en superposer certaines.

Après quelques essais, ils sont confrontés au fait qu'ils ne peuvent plus superposer les figures, au sens de la superposition géométrique déterminant que deux figures sont isométriques. Les élèves doivent alors rechercher une autre démarche pour poursuivre la comparaison.

Soit recouvrir une figure à l'aide de plusieurs plus petites – addition de grandeurs – mais le chemin est limité ; soit fractionner certaines figures pour compléter la démarche de superposition (figures 2 et 3). Ces fractionnements réalisés à partir de la fonctionnalité découper devraient faire apparaître l'unité de mesure commune qu'est le petit triangle rectangle isocèle (figure 4).

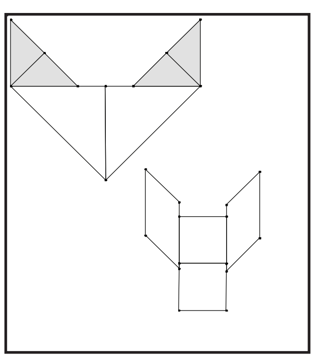


Figure 2

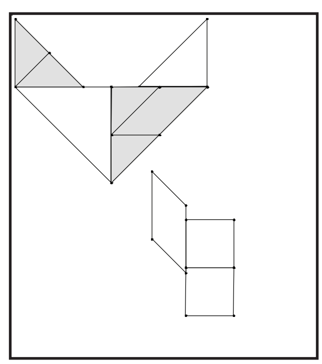


Figure 3

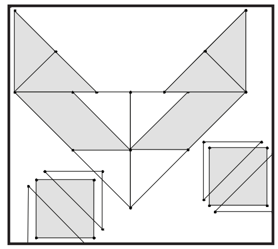


Figure 4 – Les figures grisées sont celles qui ont été déplacées de la figure inférieure vers la figure supérieure

5.2 Différents comportements d'élèves

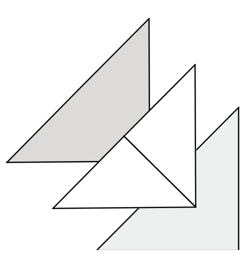
Nous ne détaillerons pas ici les différentes démarches employées par les élèves pour amorcer la résolution de cette situation-problème, ni les différentes activités de différenciation qui permettent à tous les élèves d'approcher la notion d'unité de mesure commune. Cependant, pour des raisons de lisibilité de l'activité, nous les relatons brièvement ci-dessous. Globalement, quatre types de démarches de résolution peuvent être observés :

- La comparaison des nombres de pièces de chacun des deux montages.
- La comparaison des périmètres.
- L'appariement géométrique.
- La recherche et l'emploi d'une unité de mesure commune.

Il faut cependant noter, d'une part, que les deux dernières démarches ne sont pas exclusives. Dans bien des cas, les élèves commencent à apparier puis, comme décrit dans l'activité, ils découpent les figures pour continuer à superposer. En cours de travail, certains voient que les deux assemblages auraient pu être construits à l'aide de petits triangles rectangles isocèles. D'autre part, en début d'activité, lorsqu'ils observent les deux figures, certains élèves se laissent guider par leurs perceptions et comparent les largeur et hauteur des deux assemblages. Les manipulations qui suivent permettent d'infirmer cette première impression.

5.3 Mise en commun

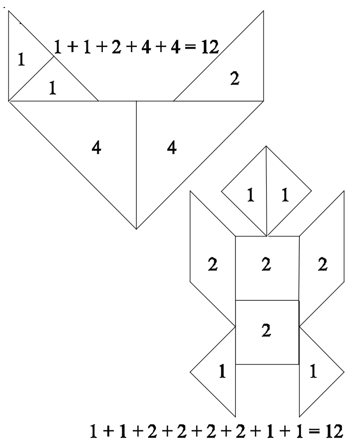
La première partie de l'activité permet d'observer plusieurs démarches pour résoudre le problème proposé. Celles-ci sont décrites ci-dessus.



En cours d'activité, et plus particulièrement encore lors de la mise en commun et de l'institutionnalisation des savoirs, l'équivalence des aires de deux petits triangles isocèles rectangles assemblés et d'un triangle isocèle moyen apparaît. L'intérêt du logiciel AG, par rapport au contexte papier-crayon, se situe au niveau de la réversibilité ou du double sens du travail sur ces figures. En effet, après avoir assemblé ces deux petits triangles isocèles rectangles (figure ci-contre), les élèves peuvent les fusionner et ainsi obtenir un triangle superposable au triangle isocèle rectangle moyen. De même qu'ils peuvent découper un triangle rectangle isocèle moyen en deux – en utilisant le point milieu de l'hypoténuse et le sommet opposé – et constater qu'ils obtiennent deux triangles isométriques, moitiés du précédent. Ce travail à double sens permet de conclure que les deux petits triangles ont, ensemble, la même aire que le triangle moyen.

De même, pour un des deux grands triangles rectangles isocèles, les élèves peuvent superposer un parallélogramme après l'avoir tourné, puis s'apercevoir que le carré doit être découpé en deux triangles à superposer sur le grand triangle (figure 5).

Ce travail de décomposition-recomposition de figures, plus difficile matériellement à réaliser dans un contexte papier-crayon, se poursuit pour mettre en évidence que le petit triangle peut paver l'ensemble des figures proposées. Ceci permet d'investir une nouvelle démarche de comparaison, numérique celle-ci. La comparaison de figures s'effectue alors à partir de la mesure de leur aire respective puis en une comparaison de mesures dont l'unité est le petit triangle, unité de mesure commune (figure ci-contre). Cette démarche numérique s'appuie au départ sur une vision géométrique de la décomposition de figures. Géométrie et numération sont ici intimement liées. Cette démarche est également utilisée dans un tout premier temps de l'activité par certains élèves qui confondent encore à ce stade de leur cursus nombre de figures – quelle que soit leur forme – et aire de la figure – calculée à partir du report d'une même figure.



6. Conclusion

Nous nous posions la question de savoir quel était l'intérêt de l'emploi d'un logiciel tel qu'AG par rapport aux situations classiques proposées dans le contexte papier-crayon. Les expérimentations que nous avons pu mener et les échanges avec les enseignants permettent de mettre en avant trois points essentiels :

- L'absence de mesure chiffrée permet la construction du concept de mesure et plus particulièrement d'unité de mesure commune.
- Le travail séquentiel et l'obligation d'une réflexion a priori de la part de l'élève générés par l'artefact qu'est AG.
- L'abstraction de la démarche nourrie par la motivation à s'extraire du caractère répétitif et fastidieux de certaines manipulations.

Bien souvent, de par leur formation scolaire, les élèves, dans des situations de comparaisons, sont amenés à se référer rapidement aux nombres. C'est ce que nous comprenons lorsque dans un premier temps de l'activité, ceux-ci tentent de comparer le nombre de figures présentes ou de mesurer le périmètre. Poursuivant l'objectif de la construction de la notion d'unité de mesure commune, dans la perspective d'un transfert au niveau des fractions et des opérations sur les fractions – dénominateur commun –, nous avons trouvé intéressant de mettre à la disposition des élèves un matériel qui ne permet pas de mesures chiffrées. Les élèves ont été ainsi forcés d'investiguer des pistes auxquelles ils n'auraient probablement pas pensé si la situation avait été proposée dans un contexte papier-crayon.

La situation de comparaison de deux assemblages de figures, dans un contexte de manipulation de figures en carton, nous l'avons expérimenté à de nombreuses reprises, débute rapidement par la manipulation bien souvent « irraisonnée » et intuitive des pièces. Ce qui arrive peu souvent lorsque la situation est proposée dans le contexte informatique. En effet, si d'un côté les mains agissent d'une manière « presque autonome », de l'autre, il est nécessaire de fournir une information à l'ordinateur pour qu'il agisse. Dans le cadre d'AG, cette information prend la plupart du temps une forme verbale. Une réflexion est donc nécessaire avant toute action. L'élève doit avoir une intention avant d'agir. Ce qui n'est pas nécessairement le cas dans le contexte de la manipulation d'objets réels.

L'utilisation d'un logiciel peut dans de nombreux cas simplifier l'approche d'une situation ou la réalisation d'une tâche. Cependant, dans la situation de comparaison présentée ici, il peut être fastidieux pour l'élève de découper toutes les figures. Ce caractère fastidieux et répétitif des opérations peut être à la base de la motivation à une abstraction de la démarche employée. Il s'agit dans ce cas d'extraire la démarche de décomposition en triangles isométriques.

Nous n'avons pas la prétention d'affirmer que le logiciel AG, comme tout autre outil informatique probablement, doit remplacer les manipulations concrètes et les tracés à main levée ou aux instruments. Nous émettons et nous défendons cependant l'hypothèse qu'il place l'élève dans des situations spécifiques qui permettent des apprentissages différents mais complémentaires aux autres.

Références

Assude, T., et Gelis, J.-M. (2002). La dialectique ancien-nouveau dans l'intégration de Cabri-Géomètre à l'école primaire. *Educational Studies in Mathematics*, *50*(3), 259-287.

Bkouche, R. (1991). Variations autour de la réforme de 1902/1905. *In* Gispert, H. et al. (dir.), La *forme mathématique*. Paris : Cahiers d'Histoire et de Philosophie des Sciences et Société Mathématique de France.

Cazzaro, J.-P., Noël, G., Pourbaix, F. et Tilleuil, P. (2001). *Structurer l'enseignement des mathématiques par des problèmes*. Bruxelles : Paris.

CREM. (2003). *Apprenti Géomètre. Grandeurs, fractions, mesures*. Bruxelles : Communauté Française de Belgique.

CREM. (2004). *Apprenti Géomètre. Rapport de recherche*. Bruxelles : Communauté Française de Belgique.

CREM. (2006). *Apprenti Géomètre, un outil de différenciation des apprentissages*. Bruxelles : Communauté Française de Belgique. Société Mathématique de France.

Douady, R. (1986). Jeux de cadres et dialectique outil/objet. *Recherches en didactique des mathématiques*, *7*(2), 5-31.

Duval, R. (2005). Les conditions cognitives de l'apprentissage de la géométrie : développement de la visualisation, différenciation des raisonnements et coordination de leurs fonctionnements. *Annales de didactique et de sciences cognitives*, *10*, 5-53.

Lebrun, M. (2002). *Des technologies pour enseigner et apprendre*. Bruxelles : De Boeck Université. 2e édition.

Freudenthal, H. (1973), *Mathematics as an educational task*. Dordrecht : Reidel.

Lismont, L. et Rouche N. (2001). *Formes et mouvements, perspectives pour l'enseignement de la géométrie*. Nivelles : CREM.

Mach, E. (1922). *L'analyse des sensations, le rapport du physique au psychique*. Trad. de l'allemand par Eggers, F. et Monnoyer, J.-M. Nîmes : Éditions Jacqueline Chambon (1996).

Piaget, J. et Inhelder, B. (1974). *La représentation de l'espace chez l'enfant*. Paris : Presses Universitaires de France.

Rouche, N. et Skilbecq, Ph. (2004). Apprenti Géomètre, un nouveau logiciel. *Mathématique et Pédagogie*, *149*, 68-84. Le même article, avec de brèves additions, est paru également dans *Bulletin de l'APMEP* (2005), 457, 273-280, 2005 et 458, 387-394. Une traduction en italien paraîtra sous peu dans la revue L'Insegnamento della Matematica.

Rouche, N. et Skilbecq, Ph. (2006). *Apprenti Géomètre, un atelier pour travailler les mathématiques*. Nivelles : CREM.

Wallon, H. (1970). *De l'acte à la pensée, essai de psychologie comparée*. Paris : Flammarion.

Pour joindre l'auteur

Philippe Skilbecq
Centre de Recherche sur l'enseignement des mathématiques (CREM), Belgique
phskilbecq@cfwb.be