DISPOSITIF POUR ABORDER LA NOTION D’ANGLE AVEC DES ELEVES DE 11-12 ANS DANS UNE CLASSE D’ENSEIGNEMENT SPECIALISE DANS LE CANTON DE VAUD (SUISSE).

SERMENT* Jimmy

Résumé – Grâce aux solides de Platon construits avec des baguettes en bois de 50 cm. et des connecteurs spécifiques imprimés à l’imprimante 3D, les élèves en difficultés scolaires d’une classe à effectif réduit dans le cant de Vaud (Suisse) ont abordé la notion d’angle en devant mesurer l’angle dièdre entre deux faces de ces solides.

Mots-clefs : géométrie, angle, manipulation, expérimentation, dièdre

Abstract – Thanks to Plato's solids built with 50 cm. wooden sticks and specific connectors printed on a 3D printer, students in difficulties in a small class in the canton of Vaud (Switzerland) have approached the notion of angle when measuring dihedral angle between two faces of those solids.

Keywords: geometry, angle, manipulation, experimentation, dihedral

I. CONTEXTE

Ma classe accueille des élèves de 11 à 12 ans qui n’arrivent pas à suivre le programme dans une classe ordinaire pour différentes raisons (trouble de l’attention, dyslexie, dyscalculie, phobie scolaire…). La classe est en effectif réduit et compte entre huit et douze élèves. Le plan d’étude (CIIP, 2011) est le même que pour les classes ordinaires. L’objectif de ce dispositif de classe est de fournir un travail individualisé à des enfants aux profils différents et d’éventuellement pouvoir les réintégrer dans des classes ordinaires.

Dans mon cas, au moment de la séquence sur les angles, j’avais huit élèves, dont deux qui ont de la phobie scolaire, trois qui ont des difficultés de type dyslexie-dyscalculie, un allophone et deux avec des problèmes spécifiques liés à la géométrie (dyspraxie).

Des élèves de 11-12 ans doivent être capables de mesurer un angle à l'aide d'un rapporteur et de communiquer le résultat obtenu par un nombre ou par un encadrement. De plus, les apprenants doivent au minimum réussir une attente fondamentale, à savoir : comparer des angles par manipulation (CIIP, 2011). La notion d’angle n’est pas travaillée avant, hormis pour parler de perpendicularité. Cette étude montre un dispositif permettant à des élèves en grande difficulté de travailler sur la notion d’angle, en tant que grandeur.

II. LA NOTION D’ANGLE

1. Universalité et complexité de la notion d’angle

Comme ont essayé de montrer Izard et al. en 2011, certaines notions en géométrie euclidienne semblent être universelles. Les longueurs et les angles sont les premiers facteurs de reconnaissance d’une figure. Les enfants, même très jeunes, sont sensibles aux variations de longueurs et d’angles :

> Preschoolers are sensitive to angle and lengh, can abstract differencies of orientation and position, but they also abstract away sense relations. (Izard & al., p. 329)

Cette notion est donc importante et il ne faut pas passer dessus rapidement, comme on a tendance à le faire à l’école, la cause étant certainement la complexité de cette notion.

---

* HEP Vaud – Suisse – jimmy.serment@hepl.ch / jimmy.serment@vd.educanet2.ch

Le concept d'angle est complexe pour plusieurs raisons. La première est que le mot angle comprend trois conceptions différentes, le secteur angulaire, l'angle de secteur et l'angle de rotation (Berthelot & Salin, 1995). A travers ces trois conceptions, il y a trois notions différentes travaillées, soit la notion de surface, soit la mesure, soit la rotation, trois notions bien différentes pour parler du même mot « angle ». De plus, les deux premières sont statiques et la dernière dynamique, ce qui rajoute de la confusion possible sur le concept d'angle (Browning & al., 2008).

Une deuxième difficulté de la notion est historique. Tout au long de l'histoire les définitions ont changé. Les apprenants sont confrontés aux mêmes difficultés historiques et doivent surmonter ces obstacles qui ont pris des siècles à l'humanité pour les surpasser. Proclus (1948) montre ces difficultés historiques liées au concept d'angle. Les premiers Grecs ont eu tendance à définir l'angle dans une de ces trois catégories : une relation, une qualité ou une quantité. Carpos d'Antioche avait choisi de définir l'angle ainsi :

> une quantité et l'intervalle des lignes ou des surfaces qui le comprennent ; que cet intervalle est dimensionné d'une seule manière, et que pourtant l'angle n'est pas une ligne pour cela, car tout ce qui est dimensionné d'une seule manière n'est pas ligne. (Proclus, p. 114)

Carpos voulait certainement parler à cette époque d'une distance de rotation et non pas d'une distance linéaire. Comme les grecs ne mesuraient que des longueurs, des aires ou des volumes, ils n'avaient pas le vocabulaire nécessaire pour aller vers une définition claire (Keiser, 2004).

Une autre contradiction sur la notion d'angle est la 8e définition des éléments d'Euclide du Livre I :

> un angle plan est l'inclinaison, l'une sur l'autre, dans un plan, de deux lignes qui se touchent l'une l'autre et ne sont pas placées en ligne droite. (Euclide, p. 158)

Cette définition place l'angle comme une relation entre deux lignes. Le problème avec cette définition est qu'elle ne permet pas de distinguer une inclinaison de 60° et de -300° par exemple. Il existe plusieurs angles pour une inclinaison dans cette définition.

D'autres mathématiciens ont tenté de définir l'angle comme une qualité. La chaleur en est une, on peut distinguer plus ou moins de chaleur. Mais peut-on vraiment dire d'une figure qu'il y a plus ou moins d'angle ?

Au final, Proclus dit que l'angle ne peut pas se limiter à une définition. L'angle doit être considéré à la fois comme une quantité, une qualité et une relation.

Piaget (1948) donne aussi deux définitions possibles, la première voyant l'angle comme unidimensionnel en considérant toutes les demi-droites partant du sommet et étant à l'intérieur de l'angle. Sa deuxième définition met l'angle à un niveau bidimensionnel en le considérant « comme l'interférence de deux demi-plans limités par les côtés » (p. 236). Piaget ne s'attarde pas sur ces deux définitions, mais là encore on perçoit un mot qui génère deux notions différentes et peut induire de la confusion chez le lecteur.

2. Expérimentation sur la notion d'angle

La séquence sur les angles dièdres était la 4e phase d'une séquence en comportant 5 :

1. Découverte des polyèdres
2. Solides réguliers et leurs propriétés
3. Propriétés des polygones, polyèdres réguliers et notion de perpendicularité
4. Angle dièdre
5. Représentation en perspective des platoniciens et comparaison d'angles

Pour cette 4e phase, les élèves ont construit, par groupe, les solides de Platon avec des baguettes en bois et des connecteurs spécifiques à chacun de ces solides. Une fois cette première tâche réalisée, les élèves ont dû trouver un moyen de mesurer l'angle dièdre de quatre des solides réguliers. Pour y arriver, les élèves pouvaient utiliser le matériel qu'ils voulaient. Au moment des explications de la consigne, il a fallu expliquer ce qu'est un angle dièdre pour que les élèves puissent savoir ce qui leur était demandé de faire. Je donnai deux explications, la première définissant l'angle dièdre comme l'angle entre 2 faces et la deuxième comme l'angle d'ouverture d'un livre, présentée avec un livre à moitié ouvert puis dessinée en perspective au tableau noir. Une deuxième question fut posée ultérieurement : « Combien y a t-il d'angles dièdres différents dans les solides de Platon ? ».

Avant de les lancer sur cette expérimentation, les élèves avaient déjà vu les propriétés des solides en faisant la bataille des polyèdres et la recherche des polyèdres réguliers (Dias, 2011). Les élèves avaient donc vu les cinq solides avant de commencer l'expérimentation sur les angles. Le matériel était aussi connu de la part des élèves, ils l'ont utilisé pour construire un cube d'un mètre et un de deux mètres d'arête : l'objectif étant de trouver les sections du cube et d'ainsi travailler les propriétés des quadrilatères et triangles. Ils ont également construit un icosaèdre et un dodécaèdre en grand pour travailler la notion de perpendicularité dans des plans internes aux solides. Le thème des isométries avait aussi été traité. Le mot « angle » avait donc déjà été vu par les élèves, ainsi que les types d'angles (aigu, droit, obtus). Ils ont utilisé l'« angle » pour parler des propriétés des polygones sectionnés dans le cube puis en parlant des constructions de certains des polygones réguliers (triangle équilatéral, carré et hexagone régulier), enfin ils ont eu l'occasion de vérifier si un angle était droit lors des thèmes des isométries et de la perpendicularité.

Dans la 5e partie, il fut proposé aux élèves des marches à suivre pour représenter les cinq solides platoniciens en perspective. Sur ces dessins, ils ont dû mesurer puis comparer les différents angles trouvés ; la comparaison se faisant entre les angles sur le dessin en perspective et aussi entre les angles du dessin et ceux de la forme en 3D (angles au sommet des faces des polyèdres et angle dièdre).

Il n'y a pas eu d'évaluation diagnostique avant l'expérimentation, mais quatre de mes élèves viennent de classes ordinaires de 7 et 8H (11-12 ans) et avaient déjà travaillé cette notion, le reste de la classe ne l'avait pas travaillée. Tous présentent de grandes difficultés en mathématiques et je suis donc parti de l'hypothèse que cette notion était soit nouvelle, soit incomprise pour mes élèves.

Le matériel officiel et distribué à tous les élèves concernant les angles est une équerre formant un demi carré, soit un triangle rectangle et isocèle, avec un rapporteur inscrit à l'intérieur.

***Figure 1** – Équerre avec rapporteur des élèves*

3. Justification de l'expérimentation

Piaget (1948) constatait l'importance des expériences pour acquérir une notion, en particulier celle de l'angle. Afin que l'élève puisse généraliser et passer plus loin que l'expérience sensible, il doit avoir fait des expériences concrètes, il doit pouvoir faire des erreurs, modifier ses procédures.

> C'est pourquoi les actions constructives des angles … tout en débutant empiriquement et en donnant lieu … à ces tâtonnements et ces erreurs dont sont coutumières les conduites expérimentales, finissent par se grouper selon le mode de composition réversible des actions devenues opératoires, et engendrent ainsi, par leur coordination même, la possibilité d'une déduction dépassant l'expérience et atteignant à la fois la généralité et la nécessité. (p. 269)

Dans la situation proposée, l'expérience est ouverte (Arsac & Mante, 2007), ce qui laisse une certaine liberté à l'élève d'agir, de proposer différentes procédures. L'apprenant peut constater de lui-même de l'efficacité de ses procédures et il peut les modifier.

Chaque individu se construit une intuition de l'espace grâce aux différentes expériences sensorielles acquises au contact de tout ce qui nous entoure. Or, cette intuition est proche de la géométrie euclidienne. Cette notion d'angle est donc présente intuitivement dès les premières années et est associée aux expériences sensibles de la vie. Il est possible, voire même souhaitable, d'aborder cette notion complexe à l'école à travers des expériences sensibles en 3 dimensions et non pas sur feuille de papier, qui est déjà une forme d'abstraction de la notion d'angle par rapport aux expériences sensibles. Ce dispositif, en 3 dimensions, remplit ces conditions d'expérimentation, ce qui devrait avoir un impact positif sur cette notion au final.

A 11-12 ans, les élèves sont confrontés essentiellement à des problèmes posés sur papier, le recours aux expérimentations concrètes, aux modélisations en taille réelle sont rares voire inexistantes. Pourtant les mathématiques font partie des branches scientifiques, qui prennent leurs sens surtout grâce aux expérimentations, aux travaux pratiques. L'idée est de pratiquer les mathématiques en manipulant, en proposant des situations expérimentales (Munier, 2006). Mes élèves sont confrontés à une situation expérimentale concrète, en devant mesurer les angles dièdres des solides de Platon construits avec des baguettes (50 cm. ou 1 m.) et des connecteurs. L'objectif est que mes élèves puissent réinvestir leurs découvertes plus tard, comme Munier le dit :

> Il semble donc que la confrontation avec une situation spatiale dans laquelle la grandeur angle prend tout son sens conduise à une maîtrise du concept d'angle suffisante pour permettre à certains élèves d'appréhender de nouvelles situations physiques (Munier, p. 81).

Grenier et Tanguay (2008) mettent aussi en avant les pratiques de manipulation en trois dimensions pour que les jeunes appréhendent mieux l'espace. Dans la situation proposée aux élèves, on parle des angles avec des objets tridimensionnels, on parle d'angles dièdres :

> Deux faces adjacentes forment un *angle dièdre*, qui est l'angle dont le sommet est sur l'arête commune et dont les côtés, perpendiculaires à cette arête, portent chacun un segment inclus respectivement dans chacune des faces (Grenier & Tanguay, p. 28).

Il est important de proposer aux élèves un matériel qui n'est pas constitué de faces, car les concepts ne sont pas perçus par les élèves, les faces masquent ce qui est important. De plus, la construction avec les faces se fait sans réflexion particulière mais par assemblage automatique.

> … avec du matériel où les faces sont déjà construites (*Polydron*, polygone en carton et élastiques, développement plans de polyèdres, etc.). Les questions relatives aux éléments conceptuels n'y sont pas à la charge des élèves (Grenier & Tanguay, p. 27).

Pour cela, le matériel proposé aux élèves est composé de baguettes (représentants les arêtes) et de connecteurs (représentants les sommets). Avec un tel matériel, la construction est totale, la réflexion permanente car les élèves doivent concevoir les faces puis le solide.

Figure 2 *– Photographie d'un dodécaèdre régulier avec le matériel baguettes et connecteurs*

La taille des objets construits est importante. Pour que l'engagement des élèves dans l'activité se fasse immédiatement, il faut prévoir des constructions géantes (Pound & Lee, 2010). Avec des baguettes de 50 cm., les élèves vont construire les solides de Platon avant de se lancer dans le problème de mesure de l'angle dièdre[1]. Le dodécaèdre fera plus de 1m. de hauteur, on peut parler de construction géante, comparé à ce qui est proposé communément dans les classes. L'objectif de cette taille est d'impliquer les élèves, ils pourront aussi avoir un autre point de vue sur ces objets, être créatif dans la résolution du problème, cela stimulera leur enthousiasme. Si l'élève trouve de l'intérêt dans l'activité, il va s'engager pleinement, son cerveau, et plus particulièrement la zone du cortex préfrontale, sera activée et il va consolider les apprentissages (Rushton & al., 2010), ce qui est le but recherché d'une telle expérimentation.

Au niveau du plan d'étude, les élèves manipuleront les différents angles dièdres des cinq solides platoniciens, ils entrainent donc l'attente fondamentale. Ils doivent aussi mesurer et communiquer le résultat par un nombre. Cette expérimentation respecte le plan d'étude en vigueur pour des élèves de 7-8e année (11-12 ans) du canton de Vaud.

III. RESULTATS

Comme précisé dans l'expérimentation, la séquence sur les angles n'a pas été consacrée uniquement à l'expérimentation citée ci-dessus. Ce qui suit ne concerne que les observations consacrées à l'angle dièdre.

1. Première approche de l'angle dièdre

Les élèves sont partis sur la construction des solides, puis ont expérimenté diverses tentatives pour mesurer l'angle dièdre. La principale difficulté fut que les faces n'existaient pas, il y avait uniquement les arêtes et les sommets. Les élèves ont donc vite pris des feuilles pour matérialiser les faces. Une méthode fut intéressante, reprise de ma part et mise en commun avec le reste de la classe :

1. le premier élève prend une feuille A3, la plie en deux sur une arête puis recouvre en partie les deux faces dont l'arête est l'intersection.
2. le deuxième prend un morceau de feuille, équivalent A5 ou plus petit, le pose orthogonalement contre la feuille A3 du premier élève.
3. le deuxième élève marque au stylo les intersections des feuilles A3 et A5 sur la petite feuille A5.

[1] Les exercices proposés sont téléchargeables sur le site : https://www.simplyscience.ch/a-faire-enseignants/articles/la-geometrie-dans-lespace-cest-facile.html?_locale=fr

4. les deux élèves prolongent les traits sur une 3e feuilles, jusqu'à ce que les deux droites se croisent.
5. tentative de lecture de la mesure de l’angle grâce au rapporteur de l’équerre.

2. Difficultés et amélioration de la méthode des élèves.

Après avoir pu observer la méthode de mesure de l’angle dièdre de ces deux élèves, il est apparu plusieurs imprécisions dues au matériel utilisé. Les feuilles de papier sont trop molles et ont créé deux obstacles au bon fonctionnement de la méthode. Le premier apparut sur la feuille A3 : il était difficile pour l’élève de la maintenir dans les deux plans voulus sans qu’elle tombe, ondule. Ceci a pour effet de créer des plans non plats ou ayant une autre inclinaison par rapport à l’angle dièdre. La deuxième difficulté apparut sur la petite feuille plaquée contre la feuille A3. Il était difficile de marquer correctement l’angle sur la petite feuille, sans la plier, la bouger et les traits se trouvèrent souvent approximatifs.

Lors de la mise en commun, j’ai suggéré pour améliorer cette méthode d’utiliser du carton rigide à la place des feuilles de papier, mais je n’ai pas modifié la méthode en elle-même proposée par les élèves. Ces suggestions ont facilité la manipulation et ont amélioré la précision des mesures. Les élèves ont mesuré ainsi plusieurs angles dièdres dans un solide et ont trouvé les mêmes valeurs d’angle. Ils en ont conclu qu’il y avait une seule valeur d’angle dièdre par solide.

Les élèves ont trouvé les angles dièdres dans 4 des 5 solides de Platon, le cinquième solide (tétraèdre) étant réservé pour l’évaluation finale quelques semaines plus tard.

3. Evaluation finale

Une des questions de l’évaluation finale était de mesurer l’angle dièdre d’un tétraèdre régulier. Pour ce faire, ils avaient à disposition des baguettes de 50 cm., des connecteurs et du carton. Mes huit élèves ont tous construit le tétraèdre et proposé une valeur en manipulant du matériel, ce qui n’est pas le cas d’autres questions « traditionnelles » sur papier. Ceci me montre un intérêt pour cette question, dû à la recherche concrète et ceci même si cette question prend plus de temps qu’une autre et même si elle est plus contraignante au niveau matériel qu’une autre.

Sur mes huit élèves, cinq ont visiblement utilisé la méthode mise en commun correctement. Parmi les cinq, trois ont trouvé un résultat s’approchant à plus ou moins 10° de la réponse (70,53° d’angle dièdre du tétraèdre) et les deux autres ont eu des difficultés de lecture de l’angle sur l’équerre. Trois ont utilisé une autre méthode montrant des difficultés sur la notion d’angle.

Cinq élèves ont donc su ce qu’ils devaient mesurer et ont appliqué une méthode correcte, ce qui peut signifier que la notion d’angle a été appréhendée d’une manière correcte, ou au moins qu’ils ont retenu la méthode proposée au cours. Un élève a donné le supplémentaire de l’angle cherché, la difficulté se trouve sur le matériel à disposition pour mesurer un angle, à savoir que sur le rapporteur il y a la double graduation angulaire de 0° à 180° et de 180° à 0°. L’autre élève donne 160° alors que son angle se rapproche plus des 60°. Ces deux élèves ont su reporter l’angle correctement, mais la mesure sur papier était compliquée. Ces cinq élèves m’ont donc montré, à travers l’activité, certaines acquisitions de la notion d’angle. Si j’étais resté sur papier, certains de ces élèves n’auraient pas eu l’occasion de me montrer leurs apprentissages par le geste. La tâche a permis à la majorité de mes élèves de me montrer ce qu’ils savent sur le concept de grandeur angle et non sur la mesure.

Pour les trois qui ont utilisé une autre méthode, un élève met 110°, mesure qui ne correspond pas à l'angle sur sa feuille ni à son supplémentaire, je ne peux malheureusement pas en dire plus. Par contre pour les deux derniers, il est intéressant de relever leur méthode. Ils n'ont utilisé qu'un seul petit morceau de carton, sans passer par les plans de faces. Ils ont plié le carton pour marquer un angle dessus, puis ils l'ont déplié pour reporté sur une feuille (on voit le pli du carton au milieu de l'angle). Ces deux élèves ont visiblement posé le petit morceau de carton différemment pour reporter des traits, mais au final ils ont décidé de déplier le carton pour revenir sur papier. Ceci me montre que la notion de grandeur, pour ces deux élèves est stéréotypée dans un plan, la feuille de papier. Il est difficile de repérer un angle en 3 dimensions, cette notion reste ancrée comme une notion abstraite en deux dimensions. Il est aussi pertinent de relever qu'un des deux élèves mesure l'angle correctement : pour lui, l'utilisation du rapporteur est apprise, mais reporter un angle d'un objet n'est pas acquis. Cet élève, avec une évaluation uniquement sur papier aurait mesuré correctement des angles et je n'aurais pas pu remarquer ses difficultés sur la notion de grandeur angle, il a certainement appris par cœur l'utilisation du rapporteur sans pour autant comprendre ce qu'il doit mesurer.

Lors de l'évaluation finale, j'ai également posé la question « Qu'est-ce qu'un angle dièdre ? ». Il est à noter, comme pour la manipulation, que tous les élèves ont répondu. On remarque que trois élèves ont « recopié » ce qui avait été dit avant l'expérimentation, ils ont appris par cœur. Trois élèves proposent une représentation imagée en perspective, soit en l'accompagnant d'un texte, soit sans texte explicatif. L'image proposée est tout le temps la même, celle d'un livre ouvert et avec une marque graphique pour l'ouverture.

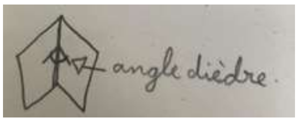

Figure 3 *– Une réponse type à la question : « Qu'est-ce qu'un angle dièdre ? »*

Dans ce cas, j'ai influencé la réponse en proposant une image lors de la définition. Il est quand même intéressant de remarquer qu'autant d'élèves ont retenu une définition texte qu'une définition figurée, d'où l'importance de proposer plusieurs types de support, même pour des définitions qui sont a priori souvent écrites. Il est à relever que trois définitions reprennent en partie ou pas du tout la définition texte proposée en début de séquence et sont complétées par leur auteur. Ils utilisent trois mots nouveaux qui ne sont pas apparu dans la définition textuelle, mais qui ont certainement été utilisé lors de la manipulation : « intérieur », « perpendiculaire » et « inclinaison ». « Intérieur », car ils devaient mesurer l'angle entre deux faces, qui se trouve dans le solide convexe. « Perpendiculaire » est utilisé pour signaler que l'on ne peut pas placer le deuxième petit carton A5 n'importe comment, qu'il doit y avoir des angles droits entre des plans. Je relève que ce mot vient du vocabulaire scientifique spécifique à la géométrie et qu'il est rare pour des élèves en difficulté d'utiliser ce vocabulaire. Ceci me fait penser qu'il a certainement mobilisé d'autres concepts géométriques pendant l'activité afin de réaliser la tâche et qu'il est capable d'y mettre des mots dessus, montrant une certaine maîtrise de la notion et ceci malgré les difficultés de compréhension de sa définition d'un angle dièdre. « Inclinaison », tout comme le mot « intérieur », sont des mots plus imagés ou en rapport avec l'image de la définition proposée, ces deux mots montrent qu'ils ont une certaine idée correcte de la notion d'angle dièdre.

IV. CONCLUSION

J'ai pu constater que la notion d'angle est complexe pour les élèves mais elle l'est également à observer dans les travaux des élèves. Il faut différencier la mesure et la grandeur. Or, dans la plupart des exercices proposés aux apprenants, on passe par la mesure pour faire comprendre la grandeur angle, ceci peut amener les élèves à limiter leur compréhension à la seule mesure. Certains de mes élèves, même s'ils n'ont pas réalisé des mesures correctes, m'ont montré qu'ils appréhendaient correctement les angles en tant que grandeur. A l'inverse, j'ai aussi vu un élève sachant mesurer mais ne comprenant pas la grandeur angle. Dans les classes ordinaires, l'utilisation du rapporteur de l'équerre est l'unique façon d'aborder la notion d'angle. Les élèves doivent mesurer, puis éventuellement construire des angles en 2 dimensions sur papier. La notion de grandeur angle n'est pas abordée, les élèves doivent apprendre à utiliser l'équerre sans pour autant comprendre la notion d'angle. Pour que les élèves puissent penser à la grandeur angle, il a fallu les faire évoluer en 3 dimensions. Les élèves ont au début essayé d'utiliser l'équerre pour mesurer un angle dièdre, mais ils ont vite abandonné ne voyant pas comment la poser. Les élèves ont donc dû penser à la notion d'angle en trouvant un moyen de le représenter sur les objets en 3 dimensions. Une fois représenté sur papier, ils ont cette fois-ci utiliser l'équerre pour mesurer leur report d'angle dièdre. La tâche a permis de séparer la grandeur angle (la recherche d'un angle en 3D) et la mesure angle (mesure associée au rapporteur). En ne travaillant que sur papier, la grandeur angle est plus compliquée à travailler, car les élèves associent immédiatement l'équerre à l'angle. Dans le cas de cette expérimentation, il y a un 1er temps sans rapporteur, qui me permet de voir si les élèves conçoivent la notion d'angle correctement et un 2e de mesure avec rapporteur.

Les élèves devaient travailler par deux au minimum, le matériel utilisé pour ces grandes constructions demande plusieurs mains pour le mettre en place. Par conséquent, quand les élèves veulent mettre en œuvre un système de mesure, ils doivent communiquer ensemble pour s'entendre sur l'expérimentation à faire, puis sur les gestes que chacun doit produire. La collaboration est donc indispensable.

Pour réussir à séparer grandeur et mesure, il m'a fallu proposer un dispositif comprenant :

- des constructions d'objets géométriques de grandes tailles
- proposer un problème de recherche ouvert (Arsac & Mante, 2007)
- laisser les élèves trouver des solutions en collaborant ou confrontant leurs résultats

J'ai aussi pu remarquer que l'instrument de mesure (l'équerre) peut mettre de la confusion auprès des élèves et ne permet pas de faire des liens entre grandeur et mesure. Il faudrait certainement proposer d'autres instruments de mesure et aussi insister avec des comparaisons d'angles par manipulation et non par mesure. Il aurait été intéressant de demander en préambule de l'utilisation du matériel, de faire comparer les angles des différents connecteurs, puis de les faire classer par exemple. J'aurais également pu mélanger tous les connecteurs et à la charge des élèves de retrouver les cinq solides de Platon.

REFERENCES

Arsac G., Mante M. (2007) *Les pratiques du problème ouvert*. CRDP Lyon.

Berthelot R., Salin M-H. (1994-1995) Un processus d'enseignement des angles au cycle III. *Grand N* 56, 69-116.

Browning C., Garza-Kling G. & Sundling E. (2007) What's Your Angle on Angles? *Teaching Children Mathematics* 14(5), 283-287.

CIIP (2011) *Plan d'Etudes Romand*. Récupéré sur http://www.plandetudes.ch

Dais T. (2011) À la recherche des polyèdres réguliers. *Nouveaux cahiers de la recherche en éducation*, 14(1), 29-48.

Euclide (1990) *Les Eléments : volume 1*. Paris : PUF.

Grenier D., Tanguay D. (2008) L'angle dièdre, notion incontournable dans les constructions pratique et théorique des polyèdres réguliers. *Petit x* 78, 26-52.

Izard V., Pica P., Dehaene S., Hinchey D., & Spelke E. (2011) Geometry as a Universal Mental Construction. *Space, Time and Number in the Brain*, 319–332.

Keiser J. M. (2004) Struggles With Developing the Concept of Angle: Comparing Sixth-Grade Students' Discourse to the History of the Angle Concept. *Mathematical Thinking and Learning* 6(3), 285-306.

Munier V., Merle H., & Devichi C. (2006) La construction du concept d'angle à l'école élémentaire à travers la notion de champ visuel. *Repères – IREM* 64, 65-84.

Piaget J., Inhelder B., & Szeminska A. (1948) *La géométrie spontanée de l'enfant*. Paris : PUF.

Pound L., Lee T. (2010) *Teaching mathematics creatively* Chapter 7 *Giant maths*. Londres : Routledge, 86-95.

Proclus (1948) *Les commentaires sur le premier livre des Éléments d'Euclide* (traduction de Paul Ver Eecke). Bruges : Desclée de Brouwer.

Rushton S., Juola-Rushton A., & Larkin E. (2010) Neuroscience, Play and Early Childhood Education : Connections, Implications and Assessment. *Early Childhood Education Journal* 37, 351-361.