Enseigner les angles en Sixième

Jean-Paul GUICHARD
IREM de Poitiers

« L'art de prendre la valeur des Angles est une opération d'un grand usage & d'une grande étendue dans l'Arpentage, la Navigation, la Géographie, l'Astronomie, &c. »

L'*Encyclopédie*, art. *Angle* 1751.

Pour l'enseignement des angles en Sixième quelles informations le programme fournit-il ? Des compétences à retrouver dans la partie *Géométrie* et dans la partie *Grandeurs et mesures* (B.O. 6, 2007). À charge au professeur de les organiser de façon raisonnée et cohérente. Mais où trouver les clés de cette organisation ?

Le programme est muet sur ce point. Nulle part on n'y parle de définitions, de la façon dont vont être établies les propriétés relatives aux côtés et aux angles des figures mises au programme, des raisons d'utiliser telle ou telle méthode pour construire une bissectrice ou reproduire un angle. L'élève doit savoir utiliser un rapporteur, mais rien n'est dit sur la façon de construire la grandeur angle et sa mesure en degré.

Notre démarche[1] a alors été de retrouver le sens de la notion et de la construction du savoir mathématique : Qu'est-ce qu'un angle ? Pourquoi étudier les angles ? Pour résoudre quels problèmes ? Pour cela nous nous sommes tournés vers l'histoire de notre discipline et les usages des angles.

I- À la recherche du sens

Mais où chercher ? Notre démarche a été d'aller voir l'article *angle* dans des encyclopédies de référence, de consulter des traités de Géométrie, d'explorer des domaines d'utilisation, et de regarder comment la question était traitée dans d'anciens manuels de niveau comparable.

L'*Encyclopédie* de Diderot et d'Alembert est un bon endroit pour revenir aux sources des notions, car cela faisait partie du projet des auteurs, et ce Dictionnaire raisonné des Sciences, des Arts et des Métiers tisse de nombreux liens entre ces notions et leurs usages dans la vie des hommes. De plus, c'est un ouvrage facilement accessible sous des formes diverses (Encyclopédie, 1751).

La lecture de l'article sur les angles nous met aussitôt en présence de la définition d'une grandeur, l'ouverture, et non d'un objet géométrique : la définition cinématique permet d'aborder le problème de la mesure par les arcs et donc de donner à la fois des moyens de comparer les angles et d'en trouver une mesure. L'indépendance entre égalité des angles et longueurs des côtés est justifiée. Ensuite, l'article enchaîne aussitôt avec l'importance des angles dans la vie des hommes : arpentage, navigation, géographie, astronomie… et parle alors des instruments et de leur utilisation. Après le partage d'un angle en 2 et en 3, on trouve

[1] Groupe Collège de l'IREM de Poitiers : Chevalarias Thierry, Deligt Frédéric, Guichard Jean-Paul, Lebot Bertrand, Mercier Jean-Paul, Mesnier Walter, Pacaud Gaëlle, Peyrot Sébastien, Redondo Cyril, Tarra Fabrice, Terrade Laurent.

les différentes espèces d'angles en mathématiques et leurs propriétés. L'article se termine par un nombre impressionnant de dénominations d'angles qui montre l'usage de cette notion d'angle dans une pluralité de disciplines : optique, fortification, navigation, astronomie…

Le traité de Clairaut, *Les Éléments de Géométrie* (Clairaut, 1741), est particulièrement intéressant car il présente une géométrie problématisée (Barbin, 1991). C'est une vaste entreprise de construction d'une géométrie naturelle qui ne rebute pas les débutants et qui donne du sens aux mathématiques.

Clairaut part de la vie des hommes, de ce qu'elle a été - et ce qu'elle est encore -, pour organiser le corpus géométrique autour de deux questions fondamentales : Comment calculer des aires ? Comment calculer des volumes ? Et petit à petit le lecteur rencontre la plupart des énoncés classiques des traités de géométrie.

Quelle est la place des angles dans cette construction ? La notion d'angle apparaît pour lever un obstacle à un problème d'arpentage et est définie comme l'inclinaison d'une ligne sur une autre (article XXVII).

On y voit ensuite l'utilisation d'une fausse équerre pour le report des angles et donc la reproduction de figures (article XXVIII). Clairaut donne, à la suite, une autre façon de reproduire un angle à l'aide de cercles, donc réalisable avec une corde sur le terrain ou à la règle et au compas sur une feuille. Et ce n'est que vingt pages plus tard qu'il montre que le report direct d'un angle sur un autre peut avoir des inconvénients (article LI).

Il va donc falloir créer un autre instrument auquel il assigne un cahier des charges précis : permettre de connaître la grandeur absolue des angles et leurs rapports. C'est l'analyse mathématique de la situation à partir de la notion d'ouverture et la mise en relation avec le problème analogue et déjà résolu pour les longueurs (article LII) qui va lui permettre de définir la mesure des angles (article LIII) et donc le principe des deux instruments qu'il décrira un peu plus loin : le demi-cercle sur le terrain d'arpentage pour mesurer les angles et le rapporteur pour tracer sur le papier les angles de mesures données par le demi-cercle. Le nom même de rapporteur s'éclaire.

On comprend mieux alors la genèse des notions mathématiques et de leurs propriétés dans cette interaction entre problèmes de la vie à résoudre et moyens effectifs pour les résoudre.

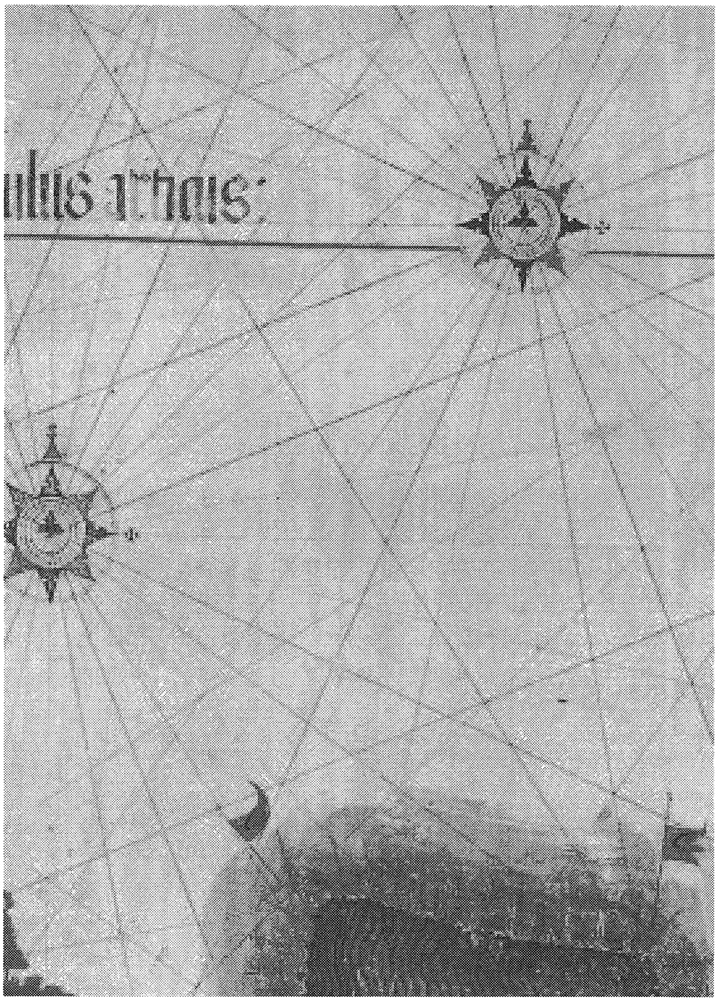
Si, sur terre, les angles sont essentiels à l'arpentage, en mer, dans les airs et parfois aussi sur terre, ils sont indispensables au repérage. Prendre le cap pour se diriger, c'est trouver un angle entre deux directions. Se déplacer en mer ou dans les airs, vers les terres lointaines, impose au navigateur de tracer sa route, son rhumb sur une carte. Se pose alors le problème de l'établissement de cartes, vu la rotondité de la terre, celui du tracé de sa route sur la carte, et celui du suivi de la route dans le milieu naturel.

On se retrouve, comme pour l'arpentage, à gérer deux types d'outils suivant que l'on est sur le « papier » ou sur le « terrain », en articulation avec les mathématiques.

La lecture de deux articles passionnants de Marie-Thérèse Gambin (1996 et 2004) nous ont fait découvrir les cartes portulans qu'ont utilisées les navigateurs couvertes de faisceaux de lignes droites qui sont en fait des roses des vents qui parsèment la carte. La rose des vents, au lieu d'être l'objet anecdotique que l'on retrouve parfois dans des manuels comme exercice de construction, prend alors un tout autre intérêt. Instrument simple à fabriquer, -il ne demande que des bissections-, il a permis et permet toujours de s'orienter facilement.

On retrouve la rose des vents sur les boussoles, sur les compas de navigation, sur la barre des bateaux… alors que la construction d'un rapporteur en degrés impose le partage d'un angle en 3 et 5 parties égales : problème difficile, voire impossible, à résoudre à la règle et au compas.

On réalise ainsi que si l'on veut savoir comment on peut construire un rapporteur, on est immédiatement confronté à un problème mathématique fondamental, celui du partage d'une grandeur, ici l'angle, en parties égales, qui va permettre à la fois de mesurer les grandeurs, de fabriquer des instruments de mesure, et de construire le domaine des nombres généralisés, comme disait Lebesgue (1935), ou réels comme nous dirions aujourd'hui.



Détail de la Carte de Cantino, vers 1502.

Face au savoir émietté que proposent les manuels actuels, nous sommes allés voir comment était présenté le chapitre sur les angles dans des manuels de Sixième avant la réforme des mathématiques modernes. Voici le plan de deux d'entre eux.

- *Nathan*, (Plessier & Morlet, 1965)
  Chapitre 3. Angles, cercles et arcs de cercles.
  I. Plan. Demi-plan. Angles.
  II. Égalité et addition des angles. Multiples et sous multiples.
  III. Cercles et arcs de cercles.
  Chapitre 4. Mesure des angles et des arcs. Longueur du cercle.
  I. Mesure des angles et des arcs. Longueur du cercle.
  II. Calculs sur le nombre mesurant angles et arcs de cercle.
  III. Longueur d'un arc de cercle. Longueur du cercle.

- *Hachette*, (Cahen, 1958)
  Chapitre 2. Angles.
  I. Notion d'angle.
  II. Opérations sur les angles.

III. Mesure des angles.
IV. Opérations sur les mesures d'angles en degrés.

Ce qui frappe à la lecture de ces deux plans, c'est une organisation mathématique similaire : le premier temps est celui de la définition de la notion d'angle à partir de laquelle on définit dans un deuxième temps des opérations sur la grandeur en tant que telle. Addition des angles, multiples et sous-multiples vont permettrent dans un troisième temps d'expliquer en quoi consiste la mesure des angles : c'est là qu'est introduit le rapporteur. Le dernier temps est celui du calcul avec les mesures. Nous sommes en présence d'une organisation structurée des connaissances où la phase de définition et d'arithmétisation de la grandeur angle (Barbin, 2007) est prise en compte, où la notion de mesure d'un angle peut prendre sens et où l'on comprend comment a été conçu l'instrument usuel de mesure d'un angle sur le papier qu'est le rapporteur.

II- Mise en œuvre en classe

Éclairé par ces recherches, notre chapitre sur les angles en Sixième s'est structuré autour de la construction de la grandeur « angle » comme outil permettant :
– de reproduire et de construire des figures polygonales,
– de trouver des distances inaccessibles,
– de tracer sa route sur mer, sur terre ou dans les airs.

Ses trois grandes parties sont :
1. Comparer des angles.
2. Partager des angles.
3 Mesurer des angles.

Cette construction, comme dans la démarche de Clairaut, est intégrative de nombreuses compétences du programme qui retrouvent ainsi une place naturelle qui leur donne du sens. Pour la mettre en œuvre dans la classe, nous avons élaboré une banque de situations pour chacune des trois grandes parties qui nous sert de ressources pour choisir nos activités d'étude, nos exercices et les sujets de nos devoirs. A partir de cette banque, chacun de nous personnalise le parcours du chapitre qu'il va proposer à ses élèves. Celui qui va être esquissé est le reflet de mes choix.

II.1- Comparer les angles : définition de l'angle et fausse équerre

Après un débat avec les élèves sur la question : « *Qu'est-ce qu'un angle ?* », je suis parti de la notion d'ouverture de l'*Encyclopédie* pour définir l'angle et d'une situation de comparaison d'angles (optimisation de l'angle de tir pour la transformation d'un essai au rugby) pour travailler cette notion d'ouverture, élaborer des techniques de comparaison des angles et rencontrer les problèmes de désignations.

L'étude d'autres situations de comparaison d'angles, puisées pour la plupart dans la vie pratique, et de reproduction de figures a fait percevoir l'intérêt de fabriquer un outil pratique pour reporter un angle : la fausse équerre de Clairaut et des menuisiers, mise en œuvre matérielle de la notion d'ouverture. Chaque élève a construit la sienne et l'utilise en classe pour comparer les angles et reproduire les figures.

Le choix des deux tiges par chaque élève, la variété des instruments produits, et l'utilisation constante de la fausse équerre montrent que l'obstacle mis en avant dans les commentaires du programme actuel, n'en est pas un pour mes élèves, comme d'ailleurs pour Clairaut qui se garde bien de le mentionner.

Chapitre 1 ANGLES

1. Comparer des angles

1) Définition

On appelle **angle** l'ouverture formée par deux demi droites de même origine. Cette origine s'appelle le **sommet** de l'angle et les demi droites les **côtés** de l'angle. *Illustrer*

On **marque** les angles par de petits arcs de cercle qui ont pour centre le sommet de l'angle.

Compléter l'illustration

On **désigne** un angle par le nom de trois points avec au dessus un « chapeau » (le dessin d'un angle) : le sommet au milieu, et à droite et à gauche deux points par où passent les côtés.

Notation : $\widehat{APB}$

Remarque : s'il n'y a qu'un angle de sommet *P*, on peut écrire simplement le sommet : $\widehat{P}$

2) Comparaison

Théorème 1 : D'après ce que dit la définition de l'angle :

deux angles sont égaux s'ils ont la même ouverture : donc on peut les superposer.

Un angle est plus petit qu'un autre si son ouverture est plus petite :

- si on les superpose (un côté et le sommet), le deuxième côté du plus petit sera à l'intérieur de l'autre angle ;
- si on trace les écarts entre les deux côtés (à la même distance du sommet), le plus petit angle est celui qui a le plus petit écart.

Outils pour comparer et pour reproduire des angles :

- papier calque (*pour superposer*) ;
- fausse équerre (*pour prendre l'ouverture*) ;
- règle et compas (*pour prendre l'écart*).

(Début du cours noté par les élèves)

Règle, compas et fausse équerre seront nos instruments pour comparer les angles et reproduire nos figures tout au long des deux premières parties du chapitre.

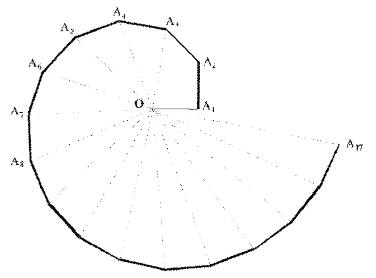
La comparaison des angles dans l'étude d'objets tels que cerf volant, cric, charpente, a été l'occasion de parler de symétrie axiale et d'utiliser cette symétrie à la fois pour comparer des angles et pour construire des figures symétriques : angles égaux, symétrie axiale, figures au programme, programmes de construction et codages des angles trouvent ainsi une place naturelle dans notre chapitre.

La construction de spirales et d'éventails permet ensuite d'aborder le problème de la comparaison relative : multiples d'angles et addition en découlent.

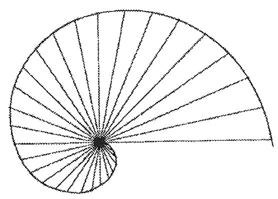
Le souvenir d'un article passionnant d'André Stoll (1999, 2000) sur les spirales m'a fourni un matériau historique intéressant pour faire reconstruire aux élèves des figures qui permettent de bien faire comprendre ce que veut dire multiplier un angle et ajouter des angles. On est dans le cadre de l'arithmétisation de la grandeur angle ce qui a l'avantage de traiter des problèmes géométriques dans un cadre général, chose qui a pratiquement disparu des manuels actuels où les mesures sont omniprésentes.

Ici on ne précise aucune mesure. Dans le premier cas, spirale de Théodore, on part d'un triangle rectangle isocèle quelconque, dans le deuxième cas, d'un angle quelconque. Ces constructions ont permis aux élèves de Sixième de réaliser qu'il pouvait être possible de dépasser un angle plein et de poser des questions à ce sujet.

Spirale de Théodore
donnée à construire aux élèves



Spirale d'Archimède



1) A quoi te fait penser cette figure ?
2) Comment construire cette figure ?
Voici la méthode donnée par Archimède :
- On fait tourner une demi-droite autour d'un point O en décrivant des angles égaux.
- Sur le deuxième côté du premier angle on place un point A_1 (près de O).
- Quand la demi-droite tourne, le point s'éloigne de O avec pour règle : sa distance à O est égale à celle de OA_1 multipliée par le nombre d'angles dont on a tourné.

Choisis un angle et construis une spirale d'Archimède avec au moins dix angles égaux.

II.2- Partager les angles : la rose des vents et le rapporteur

Le partage de l'angle en deux angles égaux est le plus simple : la recherche de la construction de la bissectrice amène à réutiliser le processus pour partager l'angle plein en 2, 4, 8, 16, 32… angles égaux et donc d'avancer dans le problème du partage des angles ; la méthode mise en œuvre pour la rose des vents pouvant se transférer à n'importe quel angle.

On peut montrer aux élèves que cette construction de la rose des vents leur permet de construire les polygones réguliers à 4, 8, 16, 32… côtés, dans le cas général et sans aucune mesure. Et le tracé de ces polygones dont le périmètre se rapproche de celui du cercle circonscrit qui a servi à leur construction nous renvoie à la figure de *La mesure du cercle* d'Archimède et pourra être repris lorsque, plus tard dans l'année, sera abordé le problème de la mesure de la longueur du cercle.

La rose des vents nous permet aussi d'exprimer l'angle entre deux « vents » en fonction de l'angle plein, de l'angle plat ou de l'angle droit. Pour la rose à 16 vents apparaissent alors tous les multiples de $\frac{1}{16}$, $\frac{1}{8}$ ou $\frac{1}{4}$ et des égalités de fractions de dénominateurs différents. Et nous concevons facilement que notre rose à 16 vents nous permet de mesurer n'importe quel angle au $\frac{1}{16}$ d'angle près ; et que si nous voulons augmenter la précision, il suffit de passer à une rose à 32 vents, et ainsi de suite, la précision théorique atteinte étant sans limite, alors que celle à laquelle peut prétendre le navigateur est, elle, limitée. Nous mettons ainsi en œuvre de façon simple, avec les élèves, des méthodes fondamentales des mathématiques : la duplication et la dichotomie. Quant au principe de la mesure des angles, il est mis en place.

Pour transformer notre rose à 8 vents en notre rapporteur circulaire, il suffirait de partager son angle « unité » le huitième de l'angle plein, en 3, puis encore en 3, puis en 5.

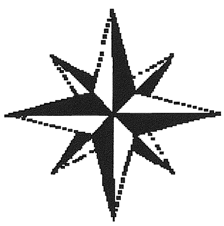
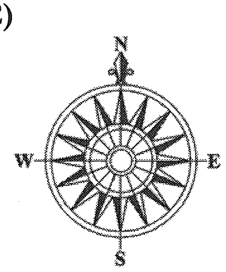
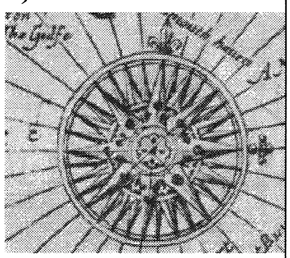
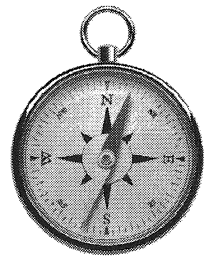
La Rose des Vents

Plusieurs instruments de mesure sont basés sur les mesures des angles, la rose des vents est l'un d'entre eux.

La rose des vents n'est pas une fleur, c'est une étoile à plusieurs branches indiquant les points cardinaux.

Les marins l'utilisaient pour s'orienter en mer. La marche d'un bateau dépendant de sa position face au vent, ils identifiaient le vent dominant qui soufflait puis fixaient leur route en conséquence.

Pour indiquer la direction des vents, on a dessiné sur un cadran une sorte de rosace dont les flèches rayonnent autour du centre comme les pétales d'une rose. Mais ce dessin ne ressemble guère à une rose.

1)	2)	3)	4)
			

1) Observe bien. Combien de directions sont indiquées sur la rose des vents n°1 ? sur la n°2 ? sur la n°3 ? sur la boussole n°4 ?
2) Comment construire les flèches de la rosace ?
3) Sur papier uni, construis une rose des vents à partir d'un cercle de 3,5 cm de rayon.

Nous avons été capables de partager un angle en deux angles égaux : bissectrice et axe de symétrie on trouvé leur place. Serions-nous maintenant capables de partager un angle en trois angles égaux ? Soumettre ce problème historique de la trisection de l'angle à des élèves de Sixième est un vrai bonheur pour les amener à argumenter et à infirmer leur construction qui consiste dans la majorité des cas à diviser une corde en trois parties égales. L'apprentissage de la démonstration ne commence pas en quatrième…

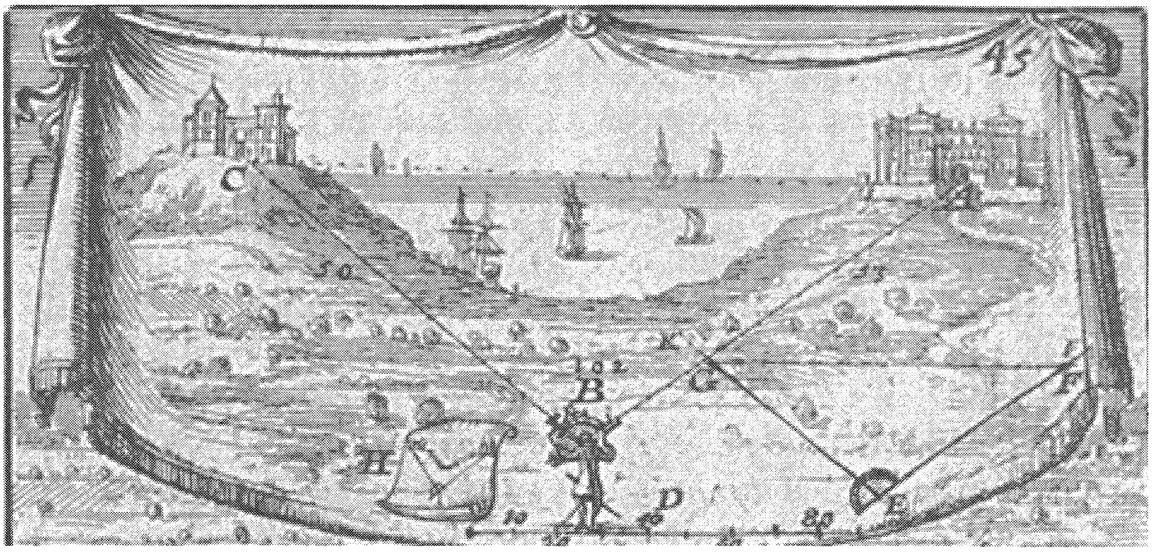
Le principe du rapporteur étant acquis, nous décrivons l'outil, -partage du cercle en 360 parties égales-, et son utilisation : nous allons maintenant pouvoir partager tous les angles et les reproduire. Nous enchaînons alors avec la construction des polygones réguliers à partir d'un cercle et du partage de l'angle plein : division exacte ou approchée de 360°, lien fonctionnel entre le numérique et le géométrique.

II.3- Mesurer les angles : longueurs inaccessibles et navigation

Trouver une longueur inaccessible directement à la mesure mais dont on a besoin pour le calcul de l'aire d'un terrain était la raison de l'introduction et de l'utilisation de la notion d'angle par Clairaut. Trouver une longueur inaccessible est souvent un problème qui s'est posé et se pose aux arpenteurs, mais aussi aux navigateurs, aux cartographes, aux ingénieurs…

La mesure des angles a été et est encore un moyen souvent utilisé pour résoudre ce problème. Il me semblait donc important de soumettre un tel problème à mes élèves et de le leur montrer, dans un cadre historique qui permette à la fois recul et transfert et qui soit l'occasion de se cultiver. Voici celle que j'ai proposée à mes élèves à partir d'un traité fort en vogue au XVIII^{e} siècle (Manesson Mallet, 1702) et dont une grande partie est disponible dans le CDROM *Géoflash* (1998).

Mesurer la largeur d'une baie



On veut connaître la distance entre la porte *A* et la porte *C*, distance inaccessible directement.

- **Les mesures du géomètre sur le terrain**

1. Où se place le géomètre ? Pourquoi ? Que mesure-t-il ? (Observe la gravure)

2. Comment fonctionne l'instrument qu'il est en train d'utiliser ? (Observe les gravures du graphomètre)

3. En *H* est représenté son mémento (ou bloc note) : c'est une feuille de papier qu'on roule (appelée à l'époque mémorial). Que note-t-il sur sa feuille ?

- **La construction du triangle en réduction**

À l'aide de son schéma et de ses mesures, le géomètre va construire avec soin sur un bout de terrain plat ou sur une feuille de papier un modèle réduit du triangle *ABC* : c'est le triangle *EFG* que l'on voit à droite sur la gravure.

Tu vas faire son travail sur ton cahier.

4. Il dessine une échelle bien divisée en graduations égales (elle est représentée en *D*, en bas et au centre de la gravure).

Combien de graduations faut-il prévoir ?

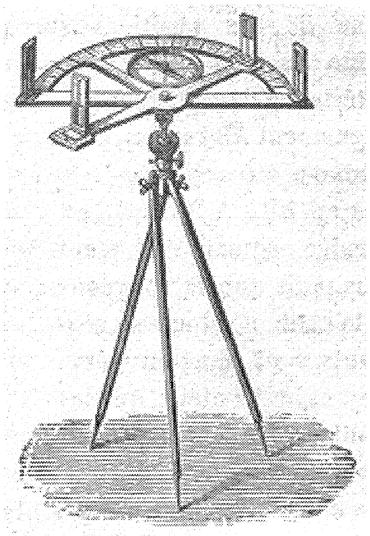
5. Il construit le triangle *EFG*. Écris les étapes de sa construction. Justifie.

6. Pour tracer l'angle *FEG*, comment fait-il ? (Observe l'instrument placé en *E*.)

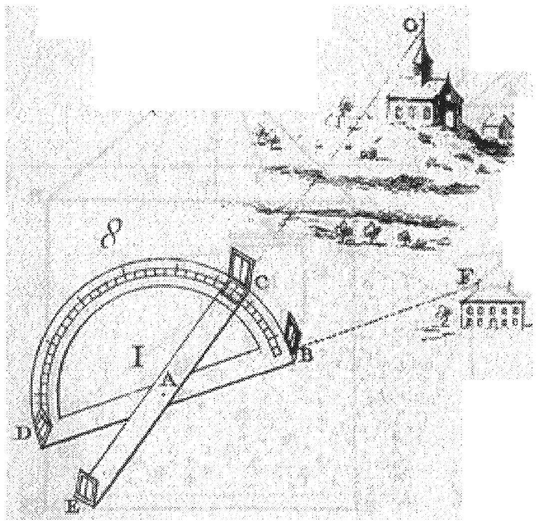
- **La réponse au problème**

7. Comment, avec son triangle *EFG*, le géomètre va-t-il trouver la distance entre la porte *A* et la porte *C* ? Combien trouve-t-il ?

L'instrument du géomètre : le graphomètre

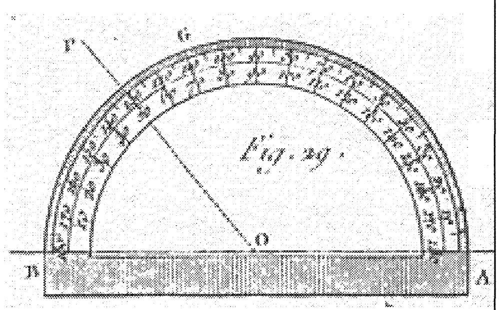


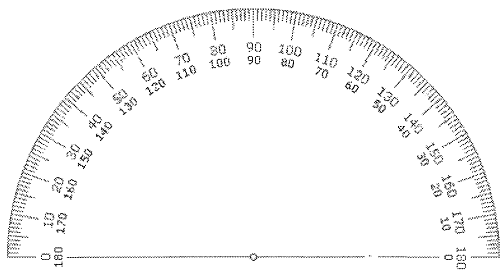
En situation



Son limbe est gradué de la même façon que celui du rapporteur, en 180 parties appelées degrés.
La ligne 0°-180° est appelée la ligne de foi.

L'instrument pour reporter l'angle sur le papier : le rapporteur





Ce travail est repris sous la forme de dictées géométriques : je dicte les données mesurées par un géomètre et je demande la valeur de mesures d'angles ou de longueurs non données. L'élève, pendant la dictée, réalise un schéma à main levée (comme le géomètre sur son mémorial), puis il construit une figure à l'échelle pour trouver les mesures demandées (comme le géomètre dans son cabinet).

On voit la fonctionnalité de la figure à main levée, du codage, d'une figure faite aux instruments avec soin pour évaluer avec précision les mesures inconnues, et la nécessité de savoir tracer un angle de mesure donnée et de mesurer un angle sur une figure. Une tâche qui met en œuvre une pluralité de compétences du programme et qui leur donne du sens. La reproduction de figures à l'échelle 2/1 complète ce travail : les longueurs doublent, les angles sont invariants (c'est eux qui conservent la forme de la figure initiale).

À ce stade de notre chapitre, les élèves ont vu l'utilité des angles pour construire des figures, trouver des distances inaccessibles et pour s'orienter grâce à la rose des vents. Mais ce dernier thème mérite, de mon point de vue, d'être davantage développé vu son importance dans la vie passée et actuelle des hommes. Pour cela, je propose à mes élèves trois situations : le plan de vol d'un aviateur, la marche d'un robot et la route d'un capitaine à l'aide d'une carte portulan de 1559.

En conclusion

La richesse des travaux faits en Histoire des Mathématiques, tout particulièrement dans les IREM depuis plus de 30 ans pourrait permettre d'explorer d'autres pistes comme celle des fortifications, avec en particulier les travaux de Frédéric Métin (2002 et 2008). Une de mes jeunes collègues l'a explorée l'an dernier comme fil rouge de son chapitre sur les angles en sixième, en collaboration avec sa collègue d'Histoire.

Consacrer un chapitre pour travailler une grandeur à partir d'une ou deux questions, comme nous venons de le présenter pour les angles, permet de mettre en synergie plusieurs parties du programme et de travailler ou retravailler un grand nombre de compétences figurant au programme dans un cadre porteur de sens. Un travail de recherche, entrepris depuis trois ans par le groupe Collège de l'IREM de Poitiers en partenariat avec l'INRP, nous a ainsi amené à structurer le programme de sixième autour de six grandeurs constituant les six chapitres de l'année.

Bibliographie

Barbin Évelyne. « Les Éléments de Géométrie de Clairaut : une géométrie problématisée ». *Repères IREM*, 1991, n° 4.

Barbin Évelyne. « L'arithmétisation des grandeurs ». *Repères IREM*, 2007, n° 68.

B.O. hors série n°6, volume 2 du 19 avril 2007. Ministère de l'Éducation nationale : http://www.education.gouv.fr/bo/2007/hs6/default.htm

Cahen Raymond. *Cours de Mathématiques. Classe de Sixième*. R. Maillard (dir.), Classiques Hachette, 1958.

Clairaut Alexis. *Les Éléments de Géométrie de Clairaut* Paris, 1741, chez Lambert et Durand. Réédition J. Gabay, Paris, 2006.

Fac similé de l'édition de 1753, éditions Siloë, Laval, 1987, sous l'égide de la Commission Inter-IREM d'Épistémologie et d'Histoire des Mathématiques. Préface publiée dans « Le musée de Petit x », *Petit x* n° 2. IREM de Grenoble, 1983.

Encyclopédie ou Dictionnaire Raisonné des Sciences, des Arts et des Métiers par une société de gens de lettres ; mis en ordre et publié par M. Diderot,... et quant à la partie mathématique, par M. d'Alembert,... Paris, Briasson, David, Le Breton. Tome 1, 1751.

http://gallica.bnf.fr/ark:/12148/bpt6k50533b/f520.chemindefer

http://fr.wikisource.org/wiki/Page:ENC_1-0461.jpg

CD-Rom : *L'Encyclopédie de Diderot et d'Alembert*. Redon éditeur, 26740 Marsanne.

Gambin Marie-Thérèse. « Des cartes portulans à la formule d'Edward Wright : l'histoire des cartes à « rhumbs ». M : A.T.H., *Mnémosyne* n° 11, IREM de Paris VII, 1996. Repris en partie dans *L'histoire des cartes à « rhumbs »*. In ASSP, Rouen 2005, *Sciences et Techniques aux 15^e et 16^e siècles*, disponible en document pdf, sur le site :

http://assprouen.free.fr/publications/sciences_et_techniques.php

« La cartographie dieppoise ». In É. Hébert (dir.), *Instruments scientifiques à travers l'Histoire*, Paris, Ellipses, 2004.

GÉOFLASH. CD-Rom, Paris, ACL-Les Éditions du Kangourou, 1998.

Métin Frédéric. « Quand les Jésuites enseignaient la fortification ». *Bulletin de l'APMEP* n° 439, Paris : APMEP, 2002.

Métin Frédéric. « Mathématiques et Fortifications : construire la sécurité ». In *Tangente* n° 124, Paris : Éditions POLE, 2008.

Lebesgue Henri. « La mesure des grandeurs ». Monographies de *L'Enseignement Mathématique,* n° 1, Genève, 1935. Rééd. A. Blanchard, Paris, 1975.

Manesson Mallet Allain. *La Géométrie pratique, divisée en quatre livres*. Paris, Anisson, 1702. Livre II, De la Trigonométrie.

Plessier Pierre et Morlet Maurice. *Mathématiques classe de Sixième*. M. Queysanne, A.Revuz (dir.). Nathan, 1965.

Stoll André. « Les spirales ». In *L'Ouvert* n° 96 et 97, IREM de Strasbourg, 1999 et *Repères IREM*, n° 39, Metz, 2000, Topiques éditions. En document pdf, sur le site Le Portail des Irem : http://www.univ-irem.fr/commissions/reperes/consulter/39stoll.pdf.