*Le Groupe de Réflexion sur les Programmes de Mathématiques au Collège (appelé parfois "après EVAPM" du fait qu'il s'appuie sur les analyses faites dans les diverses évaluations EVAPM) termine son travail avec ce dernier texte sur l'enseignement de la géométrie au collège. Vous pouvez retrouver les textes précédents dans les Bulletins ci-dessous :*
* *Connaissance des nombres - Calcul numérique (n° 387).*
* *Constructions géométriques (n° 390).*
* *Calcul littéral (n° 395).*
* *Longueur - aire - volume (n° 402).*
* *Proportionnalité, fonctions linéaires et affines (n° 407).*

# Géométrie dans l'espace

## Groupe de Réflexion sur les Programmes de Collège

*" A l'école élémentaire, les activités géométriques doivent concourir, au même titre que d'autres (par exemple les activités physiques et sportives) à la construction de l'espace chez l'enfant.(...)*

*C'est donc une pédagogie de l'activité qui permet à l'enfant de se constituer un champ d'expériences sur lequel peut se construire la géométrie. C'est pourquoi les activités doivent être construites, tout au moins dans un premier temps, à partir d'objets physiques de l'espace. (...) Peu à peu on amène les élèves, grâce à de nombreuses activités sur ces objets physiques, à changer d'angle de vue, c'est-à-dire à les considérer de façon plus géométrique : cube, pavé, tétraèdre... puis, si on s'attache aux faces : parallélogramme, rectangle, triangle... enfin si l'on s'attache aux arêtes : segment, sommet, milieu... "*

Ecole élémentaire -
Compléments aux programmes et aux instructions du 13 mai 1985 :
ACTIVITÉS GÉOMÉTRIQUES

Le document dont est extrait le texte ci-dessus concerne les anciens programmes de l'école élémentaire, mais les démarches qu'il préconise sont, de notre point de vue, toujours d'actualité à ce niveau.Observations, manipulations et étude d'objets physiques sont aussi primordiales dans l'enseignement de la géométrie dans l'espace au Collège et au Lycée.

L'enjeu principal de la géométrie de l'espace est en effet d'observer puis de modéliser le monde environnant avec ses objets de tailles différentes : les objets qu'on tient dans la main [micro-espace], les objets dans lesquels on se meut (la salle de classe par exemple) [meso-espace], et les objets qu'on voit de loin (immeubles, tours, planètes,...) [macro-espace]. C'est la modélisation visée qui donne une unité à ces différents espaces, et le transfert d'une propriété d'un espace dans un autre est un indice que la modélisation a bien été opérée par l'élève. Il est donc important de prendre des **références** au moins dans les deux premiers espaces (micro et meso), les plus familiers à l'élève ; et il faut avoir présent à l'esprit que ce ne sont pas forcément les mêmes propriétés, ni les mêmes démarches ni les mêmes images mentales qui sont prégnantes dans ces deux espaces et donnent du sens au modèle.

Il faut aussi être conscient que les activités de l'élève sont fondamentalement différentes suivant que les objets considérés se situent dans le plan ou dans l'espace. En dimension 1 ou 2, l'élève peut appréhender l'objet représenté (le signifié) à travers sa représentation (le signifiant). Il assimilera même souvent l'objet mathématique à sa représentation. C'est ainsi qu'il jugera évidentes certaines propriétés qu'on lui demande de démontrer. Par contre, en dimension 3, l'élève ne peut appréhender l'objet qu'à travers les propriétés qu'il projette ou extrait de la représentation et, bien entendu, des manipulations des objets de l'espace physique. Aussi l'appréhension sera largement fonction du mode de représentation et du type d'activités manipulatoires.

Il ne faut pas non plus oublier que l'étude de l'espace débouche sur des problèmes de géométrie plane et sur des traitements numériques ou algébriques. Les situations de l'espace peuvent aussi servir de support à des activités numériques et graphiques. Une telle interaction entre ces différents domaines participe grandement à la modélisation souhaitée. C'est dire l'importance des pratiques pédagogiques et de la nature des activités en regard des contenus des programmes. Ces contenus de programmes et leurs commentaires sont donc ici essentiels. Considérons-les.

## Les programmes à l'école élémentaire et au collège

### École élémentaire

***Cycle des apprentissages fondamentaux***

* *Approche de quelques solides (cubes, pavés) et quelques figures planes usuelles (carré, rectangle, cercle) : reproduction, description.*

***Cycle des approfondissements***

* *A partir d'un travail sur des solides et des surfaces divers (reproduction, description, représentation, construction) notion de :*
  - *face, sommet, arête ;*
  - *côté, segment, milieu, ligne droite, angle ;*
  - *perpendiculaire, parallèle.*
* *Connaissance de quelques objets géométriques usuels (cube, parallélépipède rectangle, carré, rectangle,...)*
* *Représentation plane d'objets de l'espace ; patron.*

On remarque à travers ces extraits que les contenus de géométrie de l'espace précédent ceux de géométrie plane. Cela donne à penser que les objets de l'espace servent de base aux activités de géométrie et de géométrie plane en particulier, ce qui correspond tout à fait à notre point de vue. Mais il est regrettable que ce ne soit pas dit explicitement dans le texte de présentation du programme actuel. Le programme de l'école élémentaire devrait faire référence au texte cité en introduction !

**Collège**

***Sixième***

La seule compétence exigible est : " *Fabriquer un parallélépipède rectangle de dimensions données* ". Mais il n'est pas précisé comment. Un tel libellé est à la fois riche et pauvre :

* Riche car il permet des réalisations variées à l'aide de patrons, bien sûr, mais aussi sous forme de squelettes ou par empilement de petits cubes ou parallélépipèdes (barres de Légo) ou, pourquoi pas, avec de la pâte à modeler. Notons que les matériaux utilisés ont chacun leur spécificité : le papier ou le carton mettent l'accent sur les faces, le fil de fer sur les arêtes et les sommets ; la pâte à modeler, par exemple, ou divers empilements d'un même nombre de petits cubes, mettent en évidence la conservation du volume.
* Pauvre car, contrairement à l'ouverture attendue en général dans les commentaires, ceux-ci ne signalent que la fabrication de patrons. De plus si la description et la représentation en perspective du parallélépipède sont mentionnées dans les commentaires, elles ne figurent pas dans la colonne des compétences exigibles. Or, les mêmes commentaires affirment : " *L'objectif est d'entretenir et d'approfondir les acquis de l'école élémentaire : représen-*

*ter, décrire et construire des solides de l'espace* ". Le programme de se donne donc pas les moyens de ses objectifs car il est à craindre, vu les réductions horaires en Sixième, que les enseignants soient conduits à traiter uniquement ce qui est exigible. Ce programme de Sixième apparaît même en retrait par rapport à celui des approfondissements de l'école élémentaire.

***Cinquième***

Très peu de changements par rapport au programme antérieur : la description d'un prisme ou d'un cylindre n'est pas une compétence exigible ; en revanche, la fabrication d'un prisme droit dont la base est un parallélogramme en devient une. Les commentaires annoncent les mêmes objectifs qu'en Sixième, et nous faisons aussi les mêmes remarques.

***Quatrième et Troisième***

Bouleversement complet : l'étude des pyramides et des cônes passe en Quatrième et celle de la sphère en Troisième. Or, ce profond changement ne s'accompagne d'aucune explication. Nous aurions aimé connaître les motivations des concepteurs des programmes. Les commentaires sont même très laconiques : " *L'objectif est toujours d'apprendre à voir dans l'espace et de calculer des longueurs, des aires et des volumes, ce qui implique un large usage des représentations en perspective et la fabrication de patrons* ". Il est par ailleurs inquiétant de constater que la seule compétence exigible à ce sujet est le calcul du volume, ce qui risque, comme nous le signalions en Sixième, d'être très réducteur au niveau des pratiques, compte tenu des diminutions d'horaire possibles en Quatrième.

Signalons que le transfert des pyramides et cônes en Quatrième est cohérent avec celui de la propriété de Thalès dans le triangle en géométrie plane. L'interaction espace-plan est ici très forte. mais nous aurions souhaité que les commentaires abordent cet aspect. De plus, aucune connaissance n'est exigée sur le parallélisme et l'orthogonalité dans l'espace. La seule allusion qui est faite à ce sujet, en Cinquième et en Quatrième, est la suivante : " *Ces travaux (représentations en perspective et fabrication de patrons) permettront de consolider les images mentales relatives à des situations de parallélisme et d'orthogonalité* ". Mais on pourrait penser que cela concerne seulement les faces des prismes droits ou les sections de cône et de pyramide, donc des plans. Or il faut aussi considérer le parallélisme et l'orthogonalité sur les droites de l'espace : les élèves doivent savoir (et voir) que la hauteur d'un cône ou d'une pyramide est perpendiculaire à la base, c'est-à-dire à toute droite du plan de la base passant par le pied de la hauteur, pour utiliser le théorème de Pythagore. Ils doivent aussi savoir, quand il est question de sections de cônes ou de pyramides, qu'un plan sécant à deux plans parallèles détermine deux droites parallèles pour utiliser le théorème de Thalès dans le triangle. Ces théorèmes sont utilisés sans jamais être " institutionnalisés ". Devant la pauvreté des commentaires, nous renouvelons avec insistance notre demande de compléments aux programmes qui explicitent ces commentaires en proposant diverses approches et des activités variées.

Le projet de programme de Troisième n 'étant pas encore diffusé, nous ne pouvons faire aucune remarque le concernant. Cependant, compte tenu des changements prévus, on pourrait souhaiter que l'accent soit mis, en plus de la sphère, sur les solides de révolution avec les notions d'axe de rotation et de génératrice, et qu'il soit enfin question officiellement de ces théorèmes sur le parallélisme et l'orthogonalité qui sont souvent considérés comme des prérequis pour la géométrie dans l'espace en Seconde. Pour ces théorèmes, il faut une imprégnation et une maturation suffisante à l'occasion des activités de transfert espace-plan en Quatrième et Troisième pour permettre une institutionnalisation " définitive " en début de Seconde.

Pour résumer, on peut observer que, sur les quatre niveaux du collège, le changement de programme le plus important est donc la permutation des contenus de Quatrième et de Troisième, en cohérence avec les changements en géométrie plane. Cela donne, de façon synthétique, la progression suivante :

- en Sixième, on étudie les "carrés" (uniquement des angles droits) ;
- en Cinquième, on étudie les "droits" (avec quelques angles non droits dans un plan vertical de front ou horizontal) ;
- en Quatrième, on étudie les "pointus" ;
- en Troisième, on étudie les "ronds".

Cette progression va de pair avec une complexité croissante du volume : en sixième (abc), en cinquième (Bh) ; en quatrième $\left(\frac{1}{3}\,Bh\right)$ ; en troisième $\left(\frac{4}{3}\pi R^{3}\right)$.

## Les moyens de l'enseignement de la géométrie de l'espace

### * La relation Espace-Plan : les dessins

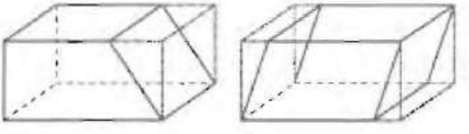
Ce serait une gageure de faire de la géométrie de l'espace uniquement à travers des représentations planes. Le recours aux objets, à leur observation, à leur manipulation est absolument nécessaire et doit précéder toute représentation par des dessins plans qui ne peuvent être interprétés que si on connaît déjà ce qui est en train d'être défini.

On peut distinguer deux sortes de dessins :
- les schémas qui sont destinés à rassembler l'information,
- les dessins précis sur lesquels on peut mesurer, qu'on peut compléter par des constructions planes.

**Observer, fabriquer**

Les activités de base, qui sont aussi les plus accessibles aux jeunes élèves, consistent à observer et à reproduire un objet de l'espace par construction de figures planes extraites de l'objet, en cherchant sur celui-ci des informations nécessairers ou commodes. Cette observation " dynamique " avec recherche d'informations [mesures, dénombrement, propriétés] dans le but de reproduire l'objet est primordiale au collège. Mais cette activité reste de peu d'intérêt si on se contente de pavés droits.

C'est pourquoi, dès la Sixième, la construction (reproduction ou invention d'un cahier des charges) par exemple d'un pavé tronqué est une acti-



vité riche car elle nécessite la construction de trapèzes rectangles et même, éventuellement, d'un parallélogramme non rectangle. L'assemblage puis le désassemblage partiel, procurent des patrons au sens habituel.

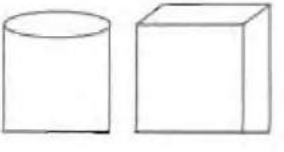
Dans ce type d'activité, les dessins sont des dessins-montages, mais les protocoles ne nécessitent pas vraiment de transposition.

**Observer, schématiser**

Dès qu'on aborde des objets du meso ou macro-espace, on a nécessairement recours à des représentations globales pour y rassembler les informations données ou obtenues.

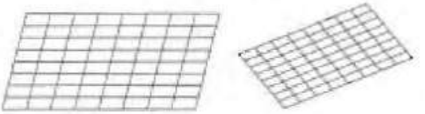
Les représentations globales que font naturellement les élèves sont du type schéma, du moins dès qu'on s'écarte des stéréotypes qu'ils connaissent déjà, scolairement ou socialement.

La perspective cavalière n'est pas en effet " naturelle " pour beaucoup d'entre eux. Il n'est pas rare d'observer des dessins de cylindres ou de pavés droits par exemple, tels que ceux de la figure ci-contre.



Contrairement aux élèves de Seconde qui, en arrivant au Lycée sont susceptibles de connaître déjà, d'une manière plus ou moins implicite, plus ou moins organisée, un certain nombre de propriétés des objets géométriques et pour lesquels le dessin **global** d'une figure de l'espace est l'occasion d'expliciter et de combiner ces propriétés, ce dessin global (perspective cavalière par exemple), s'il est imposé d'emblée au Collège, est le plus sûr moyen de noyer les élèves : ils ne s'y retrouvent pas entre les propriétés du dessin et les propriétés de l'objet dessiné.

L'apprentissage de la perspective (cavalière) passe par la prise de conscience des propriétés géométriques qui permettent d'établir les protocoles de dessin pour obtenir des dessins-montages, sur lesquels on pourra récupérer des informations. Les représentations en perspective ne doivent donc pas se limiter à un apprentissage mécanique de " règles " de la perspective cavalière. Une bonne image mentale d'un dessin en perspective peut consister à considérer ce dessin comme l'" aboutissement " d'une série de photos prises de plus en plus loin et de plus en plus agrandies. Il faut alors montrer le caractère artificiel, mais plus commode (conservation du parallélisme, de rapports de longueurs) de ce type de représentation. C'est pourquoi, dans les activités sur les représentations en perspective, il ne faut pas hésiter à avoir recours aux parallélogrammes quadrillés. C'est la représentation plane d'un rectangle de l'espace ; on peut le fournir aux élèves tout quadrillé ou leur demander de la quadriller pour représenter des carrés de côté donné en leur précisant les dimensions du rectangle. C'est un outil important dans la découverte de la conservation des rapports des longueurs de segments parallèles ; il permet aussi de représenter des figures planes (polygones et cercles) ; il s'intègre dans la recherche de représentations planes de solides : pavés, prismes, pyramides, cyllindres et cônes.



**Dessiner**

La conservation du rapport AB/BC lorsque les points A, B et C sont alignés [ou (AB)//(BC)] est une propriété fondamentale de la représentation en perspective cavalière et le souci de son respect permet d'éviter des dessins aberrants, particulièrement dans les dessins à main levée. Mais elle peut donner lieu aussi à des problèmes de construction dont une méthode de résolution réside en un " aller-retour " entre le dessin en perspective et le dessin en vraie grandeur. En voici un exemple.

*Le quadrilatère D'E'F'G' (figure 1) est une représentation en perspective cavalière du quadrilatère DEFG (dessin en vraie grandeur) de la figure 2.*

*Construire sur la figure 1 la perpendiculaire à la droite (Δ') passant par le point A' milieu de [G'D']. La droite (Δ') passe par B' au tiers de [D'E'] à partir de D' et par C' au quart de [F'G'] à partir de F'.*

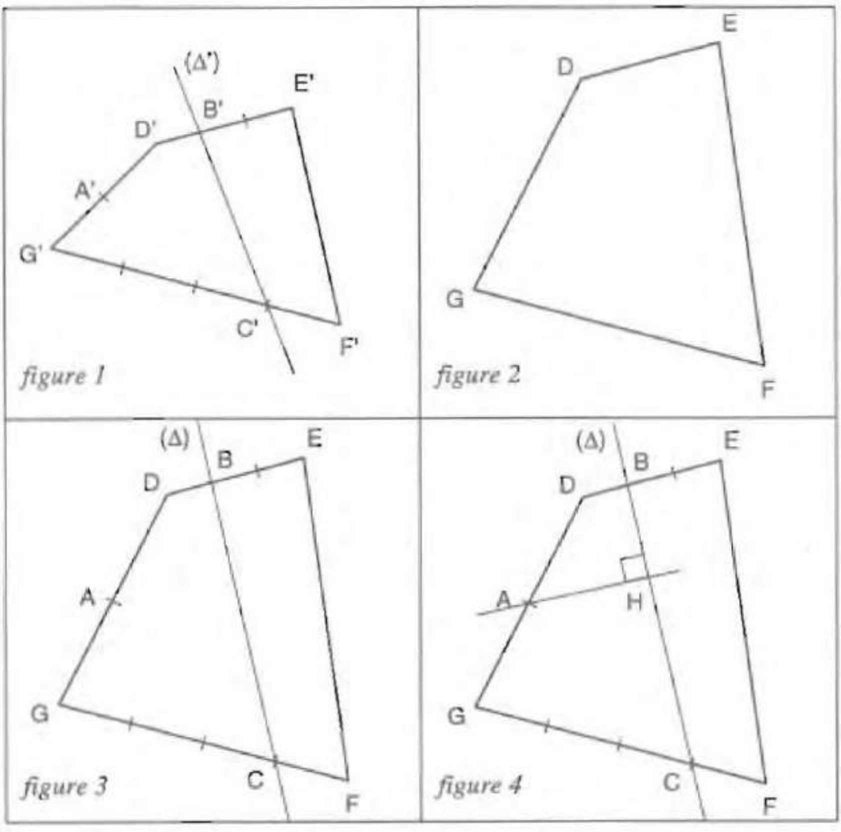



*figure 1* *figure 2* *figure 3* *figure 4*

1°) Les rapports sur [D'E'] et [F'G'] permettent de tracer la droite (Δ) sur le dessin en vraie grandeur (figure 3).

2°) Sur le dessin en vraie grandeur, on trace la perpendiculaire à (Δ) passant par A qui coupe (Δ) en H (figure 4).

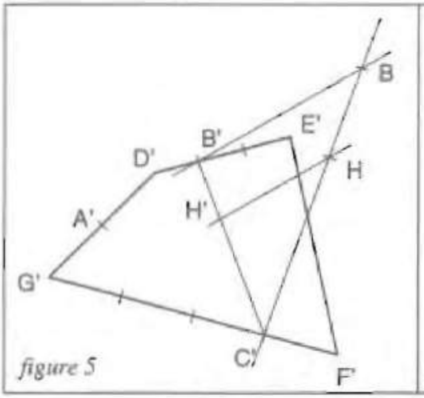


*figure 5*

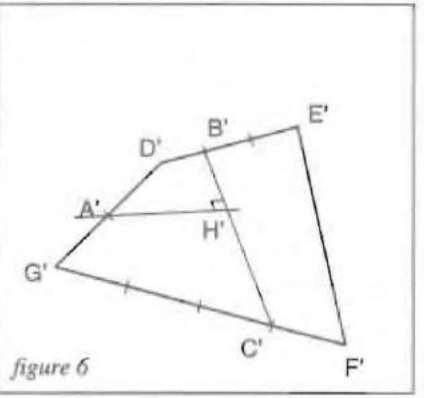


*figure 6*

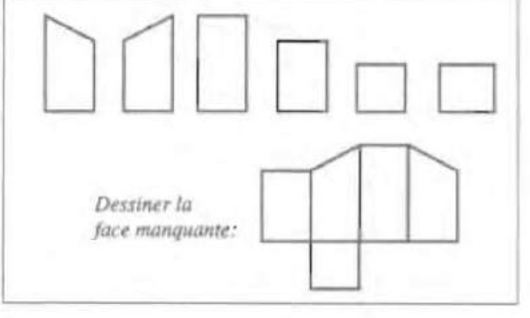
3°) Sur le dessin en perspective, on reporte les longueurs CH et HB sur une demi-droite issue de C', et on construit le point H' par projection sur [B'C'] suivant la direction (BB').

4°) La droite (A'H') est la perpendiculaire cherchée.

**Les patrons**

Le patron oblige à établir des relations entre l'objet physique et sa représentation " éclatée ". Les activités sur les patrons développent donc grandement les représentations mentales des objets de l'espace. Elles ne doivent donc pas se restreindre à la seule réalisation de patrons d'objets de dimensions données :

- Associer des dessins de patron et des dessins d'objets.
- Reconnaître parmi des dessins ceux qui sont des patrons d'un objet précis.
- Réaliser un patron en pièces détachées et chercher plusieurs assemblages, pour trouver quels patrons peuvent se dessiner d'un seul tenant sur une feuille de dimensions données.




- Demander aux élèves de compléter le dessin d'un patron dont une ou plusieurs faces manquent.
- A partir de divers patrons, retrouver les solides ou les types de solides correspondants.

- Mentionnons les problèmes de plus courte distance entre deux points de la surface d'un solide, problèmes qui se résolvent en géométrie plane sur un patron (parfois astucieusement choisi) du solide.

A propos de la fabrication de patron, signalons l'existence de matériels destinés à réaliser des solides à partir d e faces polygonales emboîtables. Le matériel PLOT était précurseur en la matière. L'utilisation de tels matériels facilite les démarches mentales nécessaires pour passer de l'objet " éclaté " à l'objet " massif ".

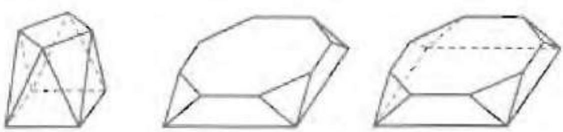
## * Les aides pédagogiques

**Des objets de " récupération "**

Pour caractériser un type de solide et en avoir une bonne image mentale, il faut pouvoir l'observer au milieu d'autres types de solides, et en particulier des solides " ressemblants ". Ainsi, en Sixième par exemple, lorsuq'on étudie le parallélépipède, il ne faut pas hésiter à présenter aussi des prismes, des pyramides ou d'autres solides, et sans en taire les noms. Bien sûr, on précisera que l'étude de ces solides se fera ultérieurement. De même en Cinquième, la caractérisation des prismes et cylindres de révolution devrait se faire par comparaison avec des pyramides, des cônes, des troncs de pyramide ou de cône ou des cylindres à bases non circulaires.

Il ne faut donc pas hésiter à récupérer des boîtes de toutes sortes, et le supermarché est un endroit prévilégié pour observer et se procurer un tel matériel.

- Les boîtes de fromages donnent des cylindres, des parallélépipèdes, des prismes à bases hexagonales ou octogonales, des troncs de pyramide de différentes dimensions (agrandissement-réduction)...
- Les friandises donnent des prismes à base triangulaite (Toblerone) de différentes dimensions, des prismes à bases octogonales non régulières (pastilles Vichy) ou des cylindres de bases ovales...
- Les boîtes de chocolat, à l'approche des fêtes, donnent des solides des plus variés : pyramides, sphères, antiprisme à bases carrées, et bien sûr prismes et cylindres.



- Certaines boîtes de glace sont des parallélépipèdes tronqués dans les " coins ".
- Les diffuseurs (lavande, pin,...) donnent des sphères, des pyramides, des œufs, des hyperboloïdes de révolution.

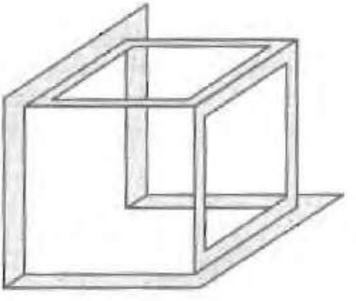
- Les boîtes en carton (médicaments ou autres) donnent des patrons par découpage ou des prismes à base parallélogramme par léger pliage (en enlevant fond et couvercle). Le fait de pouvoir les mettre " à plat " rend commode leur rangement.

**Du matériel peu encombrant pour " bien voir "**

Tous ces matériels de récupération, à part le dernier cité, sont encombrants, surtout si on veut en avoir assez pour que les élèves puissent manipuler au moins par groupe de deux ou trois. Voici trois objets que les élèves peuvent fabriquer personnellement et qui les aideront grandement dans la résolution de problèmes portant sur l'un ou l'autre de ces trois solides.

* *Un cube articulé*

Vous trouverez en annexe une planche permettant d'obtenir un cube " évidé " que chaque élève peut fabriquer et avoir à portée de la main chaque fois que c'est nécessaire. La figure ci-contre montre ce qu'on obtient après avoir fait les découpages et pliages demandés.



* *Un tétraèdre pliable*

Prendre une enveloppe au format 22 × 11(cm). Après avoir collé le rabat, la couper en deux (figure 1). Sur une des parties obtenues, marquer les plis comme indiqué sur la figure 2.

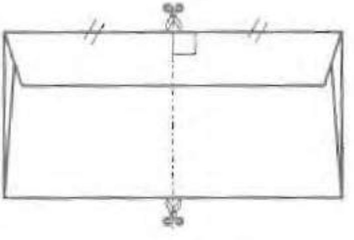


Figure 1

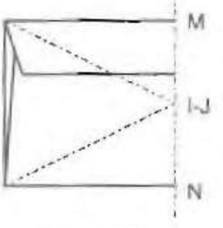


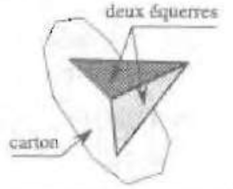

Figure 2

Amener M et N en coïncidence en écartant I et J. On obtient un tétraèdre dont les quatre faces sont identiques : des triangles isocèles dont la base et la hauteur ont la même longueur 11 cm.

On adaptera facilement le programme de construction pour obtenir un tétrtaèdre régulier.

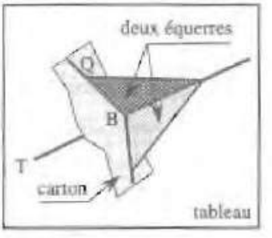
* *Une équerre dans l'espace et une pyramide démontable*

Pour bien se représenter une perpendiculaire à un plan, on peut fabriquer une double équerre en fixant deux équerres par un ruban adhésif.

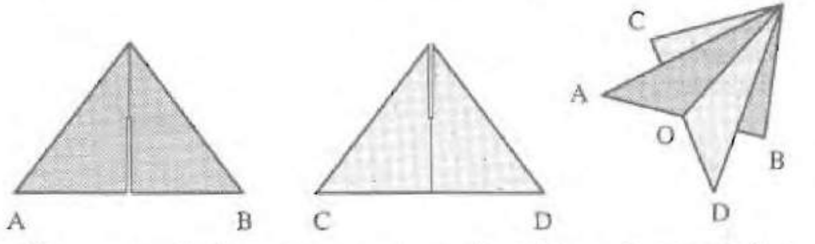



Dans la figure ci-contre, l'arête du dièdre est positionnée perpendiculaire au carton.

Dans cette figure, on positionne un carton perpendiculairement à une droite dessinée sur le tableau en plaçant l'arête le long de cette droite.




Un instrument plus commode est constitué de deux triangles isocèles isométriques en papier fort, fendus à moitié selon la hauteur principale ; c'est une quadruple équerre, plus stable que la double équerre.



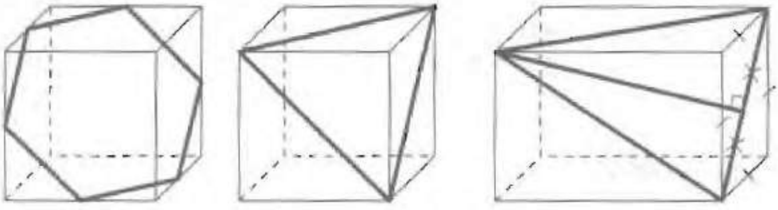

Cette quadruple équerre sera aussi une aide précieuse dans la résolution de problèmes sur les pyramides.

**Le matériel audiovisuel**

Les images fixes (dessins en perspective, photos, diapos (*Autour des solides* - IREM de Poitiers), même proches de la réalité, sont déjà des représentations planes des objets. Et il ne faut pas croire qu'elles peuvent se substituer aux objets eux-mêmes. Il ne faut pas pour autant les proscrire ; disons qu'elles sont une étape vers la modélisation visée.

Les images animées proposées dans les films sont peut-être plus " proches " des objets réels mais sont elles aussi des représentations de ces objets. Les logiciels de géométrie (Géospace, Kappa,...) permettent de créer des images (objets virtuels) et d'agir sur elles. Il apparaît que la création d'images n'est pas toujours à la portée des élèves de collège. En revanche, les images étant fabriquées, l'élève peut utiliser le logiciel pour agir dessus : changement du point de vue, de direction de l'éclairage, représentation massive ou transparente, passage du solide à un patron…

Les films ou les logiciels ne dispensent pas de l'observation et de la manipulation d'objets physiques. La reconnaissance d'un hexagone régulier ou d'un triangle équilatéral comme section d'un cube n'est pas évidente. La représentation de triangles rectangles ou isocèles est parfois difficile. Aussi, l'utilisation de solides réalisés en tiges filetées pour pouvoir tendre des ficelles ou élastiques est nécessaire.

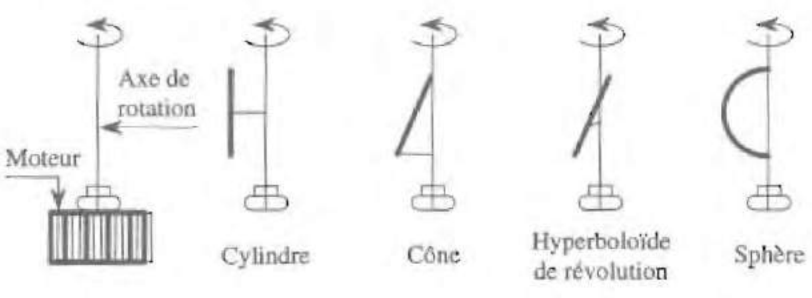


**Les solides de révolution**

Le disque de l'espace et son axe est la figure fondamentale de l'étude des surfaces et solides de révolution qui sont des assemblages de cercles ou de disques de même axe.

Après l'étude du cylindre en Cinquième et celle du cône de Quatrième, une mise au point sur les solides de révolution serait souhaitable en Troisième à l'occasion de l'étude de la sphère.

L'étude du cylindre, du cône et de la sphère mériterait un matériel rotatif - type tout de potier ou perceuse - qui permet de rendre vraiment compte de ce qu'on appelle, pour ces types de solides, une génératrice.



### Conclusion

Ce texte ne prétend pas avoir abordé tous les aspects ni tous les problèmes de l'enseignement de la géométrie dans l'espace. Il n'a pas été question, par exemple, de la projection cylindrique. Sans pour autant en faire la théorie au collège, elle est un excellent outil pour pour introduire la perspective cavalière. Il suffit, à l'aide d'un rétroprojecteur, de projeter sur un mur l'ombre d'un solide (un cube par exemple) réalisé en " fil de fer ". Nous ne pouvons que conseiller la lecture de la brochure APMEP : "***Enseigner la géométrie dans l'espace au collège et au lycée***" réalisée par Bernard Destainville où, justement, il est question de la projection cylindrique. Cette brochure approfondit et complète les éléments de réflexion contenus dans ce texte.

## Bibliographie

APMEP-IREM de Montpellier : *La perspective cavalière*, Brochure n° 75 - 1990.
APMEP-IREM-MAFPEN de Toulouse : *Enseigner la géométrie dans l'espace au collège et au lycée*. Brochure n° 99 - 1995.
IREM de Clermont-Ferrand : *La sphère* - 1989.
IREM de Lille : Groupe de géométrie V - *Sphère, perspective, cube* - 1989
IREM de Nancy : *Géométrie dans l'espace au collège* [Fiches] - 1988.
*Dessiner l'espace - Seconde* [Fiches] - 1988.
*Géométrie dans l'espace - Premières* [Fiches] - 1991.
IREM de Marseille : *Réflexion sur l'enseignement de la perspective cavalière dans les collèges* - 1988
*Analyse du problème SEC : dessin en perspective cavalière et vision de l'espace* - 1989.
*Evolution du thème "FGéométrie dans l'espace" de la sixième à la troisième* - 1990
IREM de Nantes : *Les solides (+ disquette). Images pour la géométrie n° 1* - 1990.
*Le pavé droit (+ disquette). Images pour la géométrie n° 2* - 1991
*De la géométrie dans tous les azymuts* [Lycées] - 1990.
IREM de Picardie (Amiens) : *Mathématiques aux "Bac Pro". Module G. Géométrie plane dans l'espace* - 1989.
IREM de Poitiers : *Programmes de Troisième. Fascicule 2. Géométrie dans l'espace* - 1989.
*Eléments pour une introduction de la géométrie dans l'espace au second cycle* - 1988.
IREM de Rouen : *Equilibre et barycentres dans l'espace* - 1990.

NDC : sans oublier la brochure APMEP n° 75 :
*La perspective cavalière* - 1990.

# ANNEXE

## CUBE ARTICULÉ

Cube articulé de 7 cm d'arête (HG = GC = BC = … = 7 cm) à découper et à plier suivant les instructions portées sur le dessin. Découper un tel " cube " de préférence sur un support plastifié. (représenté ici à l'échelle 0,8)