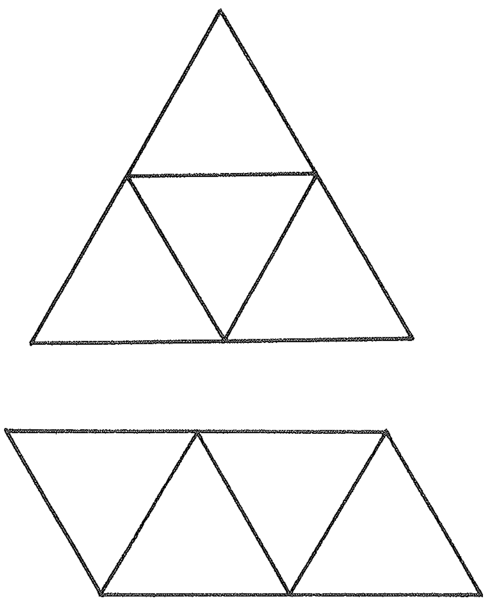
Propositions
7

Activités géométriques pour les écoles professionnelles

... et les autres



Groupe d'Enseignement Mathématique
Louvain-la-Neuve

Sous le titre général

PROPOSITIONS

le GEM diffuse des textes divers à l'intention des professeurs de mathématiques des écoles secondaires. Ces textes sont des documents de travail préparés pour être discutés, améliorés, complétés. Les lecteurs sont cordialement invités à envoyer leurs critiques et commentaires au GEM, chemin du Cyclotron 2, 1348 Louvain-la-Neuve.

Ce n° 7 des Propositions résulte de la collaboration d'Etienne Boland, de Bernadette Connart, Suzanne D'Addato, Christine De Block-Docq, Joëlle D'Hondt, Benoît Jadin, Chantal Planckaert, Nicolas Rouche, Bernadette Vassart, Linda Vuyst.

Août 1982 Prix : 150 FB.

TABLE DES MATIERES

AVANT-PROPOS

Les vingt-quatre fiches de travail rassemblées ici ont été expérimentées dans quelques classes d'enseignement professionnel en 1981-82. Ces classes étaient

- deux classes de 1ère accueil,
- une classe de 2e,
- une 3e travaux de bureau,
- une 5e vente.

Nous n'avons éprouvé aucune difficulté à proposer des travaux identiques à des élèves d'âges aussi différents. Sans doute est-ce dû au fait que la géométrie est très peu pratiquée à l'école professionnelle et que tous nos élèves étaient en quelque sorte novices dans cette matière. Evidemment, chacun d'eux a poussé son travail plus ou moins loin, selon son degré de maturité.

Quel sens cela peut-il avoir d'enseigner la géométrie ? Est-ce que le reste des mathématiques ne suffit pas ? Le reste c'est-à-dire sans doute savoir calculer numériquement et algébriquement, connaître et manier les fonctions les plus communes. Ces dernières matières, il est vrai, sont importantes. Mais il est remarquable qu'elles se communiquent par la voie symbolique : les nombres s'écrivent avec des chiffres et les chiffres sont des symboles, les lettres de l'algèbre symbolisent des nombres et apparaissent en quelque sorte comme des symboles de symboles, les fonctions s'écrivent symboliquement la plupart du temps. Il n'en va pas de même de la géométrie qui, dans ses débuts tout au moins, propose à la réflexion des objets qui ont une extension spatiale, qu'on peut regarder, toucher, manier, dessiner, construire. La géométrie constitue la partie des mathématiques où les objets de pensée sont accessibles au sens, sont perçus, au lieu d'être représentés par des signes qui, étant conventionnels, ne signifient rien par eux-mêmes[1]. Dans la géométrie commençante, l'esprit est en prise directe avec le corps (un peu comme au cours de gymnastique) et avec les choses. De ce fait, la géométrie est une source d'intuitions irremplaçables. Celles-ci servent dans tout le reste des mathématiques et ailleurs, car aucun esprit ne fonctionne de façon purement symbolique. Tout le monde a besoin d'images pour penser, et ce qui varie d'une personne à l'autre, c'est la nature des images qu'elle emploie. Il est bon qu'un enseignement de géométrie propose un vaste choix d'images où chacun puisera les moyens de pensée qui lui conviennent.

Quand nous avons fait le projet de ces fiches de travail, nous voulions y mettre, en un sens à préciser, des mathématiques *qui servent* : "en professionnel, il faut que ça serve, il faut que la matière ait un intérêt pratique". Or il est bien difficile de respecter cette exigence en ce qui concerne la géométrie. Le monde familier des élèves, c'est-à-dire la classe, le quartier, la maison, offre certes bien des occasions de réflexion géométrique, mais ces occasions sont difficiles à coordonner en un enseignement cohérent. Nous ne prétendons pas qu'il soit impossible d'y trouver l'un ou l'autre fil conducteur qui ne casse pas trop vite : simplement nous n'y sommes pas arrivés.

Comme nous voulions de toutes façons partir du terrain de l'élève, nous ne pouvions pas non plus adopter un projet essentiellement théorique, comme par exemple enseigner la géométrie affine plane. Après de longues discussions, nous avons assuré la cohérence de nos leçons en leur donnant pour thème général : *représenter des objets pour communiquer des informations spatiales*. Un coup d'oeil à la table des matières montrera comment nous avons interprété ce thème en partant de polyèdres dessinés et développés de diverses façons pour aboutir à des maquettes et plans d'architectes, et des représentations d'ombres à partir de projections cotées.

---

[1] Nous ne parlons évidemment pas ici, c'est-à-dire à propos de l'école secondaire, de la géométrie formalisée, celle qui est le terme de la réflexion géométrique et qui proscrit les figures.

Il s'agit d'une géométrie pour débutants. Elle n'emprunte donc pas la forme classique d'une succession de définitions, lemmes, théorèmes, etc. Elle n'est pas davantage une collection de recettes du genre : pour projeter orthogonalement, il faut ... pour obtenir une perspective cavalière, on fait comme ceci puis comme cela ... . Au contraire, les élèves sont amenés à observer, expérimenter et réfléchir, à inventer eux-mêmes des solutions. Ils argumentent sans cesse sur les chantiers de leurs travaux et rencontrent de temps en temps de véritables démonstrations (par exemple celle relative aux cinq polyèdres réguliers et celle qui traite du dénombrement des développements du cube). Ces activités entremêlant l'expérience et le raisonnement initient à la pensée conceptualisante et abstraite. Les élèves du professionnel ont droit comme les autres à ce type d'éducation. Ceux avec qui nous avons travaillé y ont bien progressé dans l'ensemble.

On trouvera dans le corps du texte des fiches encadrées, destinées aux élèves. La suite des fiches est entrecoupée de commentaires destinés au professeur : on y trouve des points de théorie, des indications sur la façon d'utiliser les fiches et quelques échos des travaux d'élèves. Nous espérons que notre travail servira dans des écoles, professionnelles ... ou non, et aussi que des professeurs entreprendront de l'améliorer et de le compléter.

1. FICHES 1 A 6 : POLYGONES ET POLYEDRES

1. LES POLYGONES

1. Si tous les angles d'un polygone sont égaux, les côtés sont-ils nécessairement égaux ? Explique bien ta réponse.

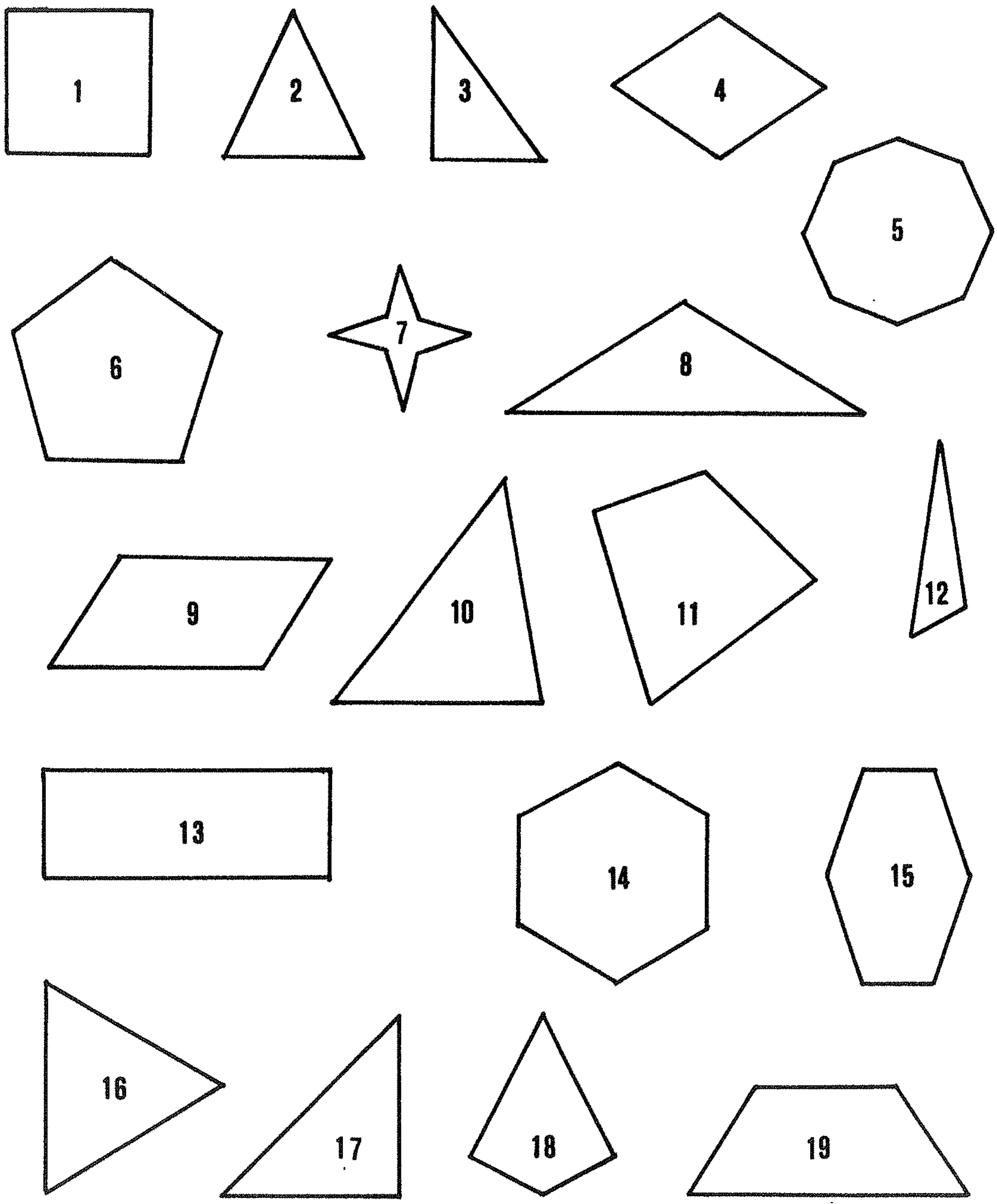
2. Si tous les côtés sont égaux, les angles sont-ils nécessairement égaux ? Explique ici aussi.

Définition. *On dit qu'un polygone est **régulier** si*
- *tous ses angles sont égaux,*
- *tous ses côtés sont égaux.*

3. Dessine des polygones réguliers : un triangle, un carré, un pentagone, un hexagone, un octogone.

4. Combien y a-t-il de polygones réguliers ? Comment peux-tu les construire ?

2. RECONNAISSONS DES POLYGONES



1. *Parmi les polygones ci-dessus, hachure ceux qui sont réguliers.*

2. *Donne un nom à chaque polygone.*

3. *Calcule l'aire des polygones 1, 2, 4, 5, 6, 14, 15 et 19.*

3. CONSTRUCTION DE POLYEDRES

Avec des polygones réguliers en carton et du scotch, construis des boîtes fermées. Attention : ces boîtes doivent avoir des faces planes. Pour qu'elles restent planes, il faut que la boîte se ferme facilement. Si, pour fermer, on doit tirer sur les faces, souvent elles se courbent.

On appelle ces boîtes à faces planes des polyèdres. Construis le plus possible de polyèdres différents. Sois soigneux et original dans ton travail!

4. CLASSEMENT DE POLYEDRES

Classe les polyèdres construits; c'est-à-dire regroupe ceux qui se ressemblent d'une manière ou d'une autre.

5. LES POLYEDRES REGULIERS

Définition. On dit qu'un polyèdre est régulier si
- ses faces sont des polygones réguliers égaux,
- il a le même nombre de faces autour de chaque sommet.

1. Trouve les polyèdres réguliers construits.

2. Y en a-t-il d'autres ? Combien ?

6. RECONNAISSONS DES POLYEDRES

Parmi les solides qui te sont présentés,

1. trouve ceux qui ne sont pas des polyèdres,

2. trouve les polyèdres réguliers,

3. donne un nom à chaque solide.

2. COMMENTAIRE DES FICHES 1 A 6

Cette suite de six fiches propose d'abord un travail d'élaboration conceptuelle sur les polygones, et en particulier les réguliers; puis la construction de polyèdres à partir de polygones réguliers en carton; enfin l'observation et le classement des polyèdres construits. Ces travaux introduisent aux fiches suivantes où les polyèdres seront dessinés. Ainsi les élèves les manipulent et arrivent à les connaître familièrement avant de chercher à les représenter.

<u>FICHE</u> 1. 1 et 2. Deux conditions définissent un polygone régulier, et ces deux conditions sont nécessaires en ce sens qu'aucune des deux n'entraîne l'autre. C'est ce que font découvrir les Questions 1 et 2. Les élèves trouvent plus ou moins rapidement des contre-exemples : le rectangle (angles égaux, côtés inégaux), le losange (côtés égaux, angles inégaux), ...

3. La construction de quelques polygones réguliers conduit à manipuler la règle, le compas et le rapporteur. On recourt, sans la justifier ici, à la propriété que tout polygone régulier est inscriptible à un cercle. Nous ne commentons pas davantage ces problèmes de construction, qui sont classiques. Ce travail n'est pas facile pour la plupart des élèves.

4. La question du nombre des polygones réguliers et de leur mode de construction provoque des réponses diverses.

"*Il y en a cinq*" (précisément ceux qui ont été construits à la Question 3!)

"*On peut diviser indéfiniment les côtés*" (mais comment ?)

"*On peut en faire autant qu'on veut. Il suffit d'ajouter à chaque fois un nouveau côté égal aux autres (qui eux sont tous égaux entre eux)*". (il suffit ...)

Des réponses plus précises sont suggérées par certaines constructions réalisées à la Question 3 : par exemple, diviser les 360° en n parties, etc.

FICHE 2. Cette fiche est d'abord un exercice d'observation et de maniement de la définition de *polygone régulier* donnée à la Fiche 1. La Question 2 d'une part amène des noms poétiques : l'étoile, le cerf-volant, ... et d'autre part aide à fixer dans la mémoire les préfixes *quadri*, *penta*, *hexa*, *octo*, etc.

L'occasion est saisie, avec la Question 3, d'un rappel sur les calculs d'aires. Il ne s'agit pas seulement de rechercher dans sa mémoire des formules toutes faites. A condition que les élèves se souviennent de la formule de l'aire du triangle, ils pourront décomposer les polygones en puzzles de triangles et sommer les aires de ces derniers. Ils peuvent aussi trouver des puzzles qui combinent triangles et rectangles.

Une découverte intéressante est possible au cours de cette acti-

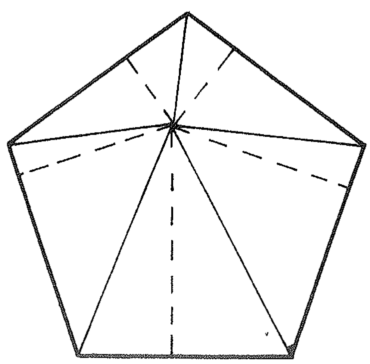


Fig. 1

vité : tout polygone régulier peut être décomposé en triangles en choisissant un point intérieur quelconque comme sommet commun pour tous les triangles. L'aire du polygone se calcule facilement en fonction de son périmètre et des hauteurs des triangles. Chose intrigante : la somme des hauteurs ne dépend pas du point choisi pour construire les triangles.

Voici la démonstration pour un pentagone régulier. On désigne par c la longueur commune des côtés, par h_1, h_2, ..., h_5 les hauteurs des triangles, et par S l'aire du pentagone. On a

$$S = \frac{c\ h_1}{2} + \frac{c\ h_2}{2} + \ldots + \frac{c\ h_5}{2}$$

$$= \frac{c}{2}\,(h_1 + h_2 + \ldots + h_5)$$

et par conséquent

$$h_1 + h_2 + \ldots + h_5 = \frac{2S}{c}.$$

<u>FICHE</u> 3. Pour commencer le travail de cette fiche, chaque élève doit disposer d'un certain nombre de polygones réguliers, tous de même côté, découpés dans du carton léger. Par exemple : 30 triangles, 15 carrés, 15 pentagones, 10 hexagones et 10 octogones. Mieux vaut ne pas faire fabriquer ces polygones aux élèves, car c'est un travail décourageant. Le professeur devra donc y mettre du sien ... . Il pourra par exemple décalquer sur du carton les planches de polygones de l'Appendice I et puis découper.

De toutes façons, ce travail préparatoire est un jeu de patience, mais qui en vaut largement la chandelle. En effet, la construction des polyèdres passionne la majorité des élèves.

Les types de polyèdres susceptibles d'être produits spontanément par la classe sont

1) des prismes;

2) des pyramides;

3) des antiprismes : deux bases polygonales régulières identiques réunies par une couronne de triangles (la Fig. 2 représente un anti-

prisme à base pentagonale);

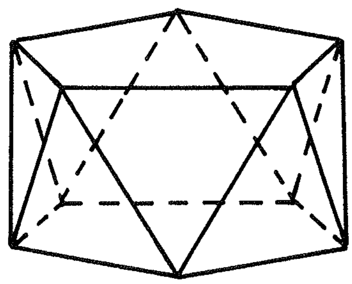


Fig. 2

4) des dipyramides : une dipyramide se construit en collant base contre base deux pyramides identiques;

5) des polyèdres réguliers (voir définition à la Fiche 5) : il y en a cinq en tout, voir Fig. 3;

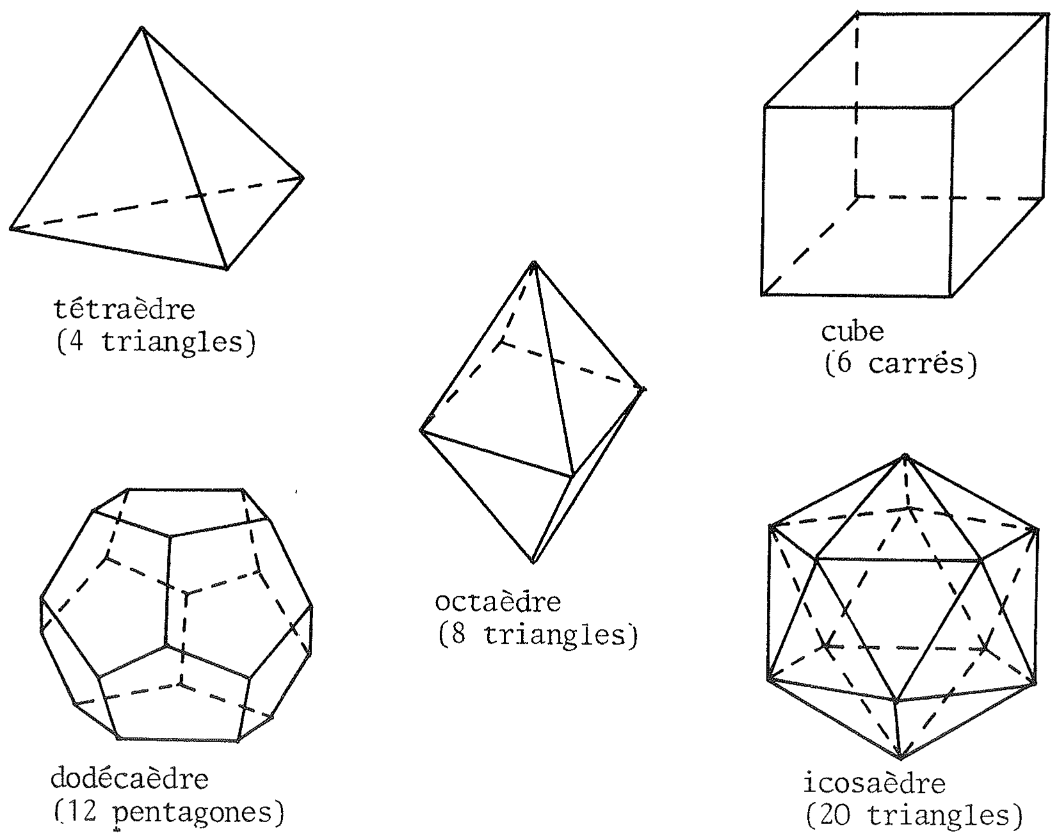
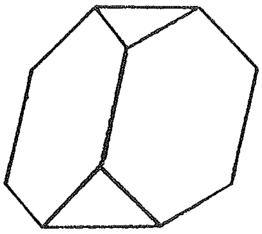
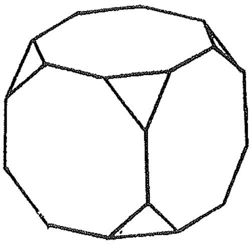


Fig. 3

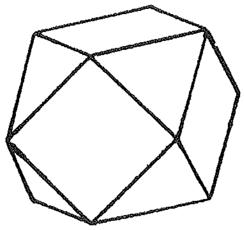
6) quelques-uns des polyèdres semi-réguliers les plus simples : un polyèdre *semi-régulier* est un polyèdre dont chaque face est un polygone régulier, mais dont toutes les faces n'ont pas le même nombre de côtés. La Fig. 4 montre des polyèdres semi-réguliers.



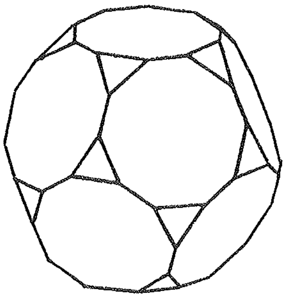
(3, 6, 6)



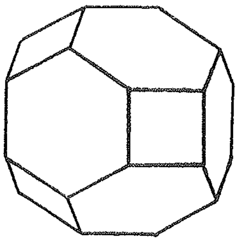
(3, 8, 8)



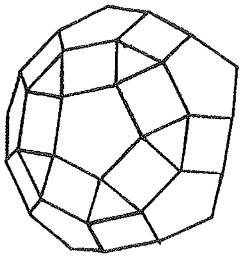
(3, 4, 3, 4)



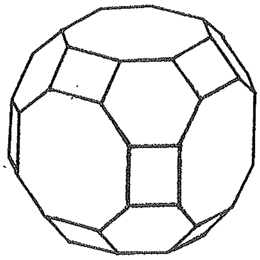
(3, 10, 10)



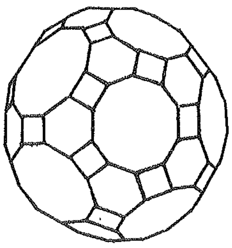
{4, 6, 6}



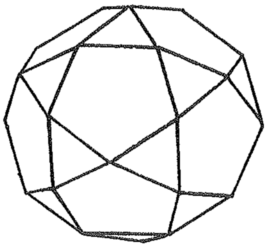
(3, 4, 5, 4)



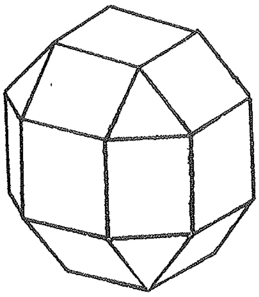
(4, 6, 8)



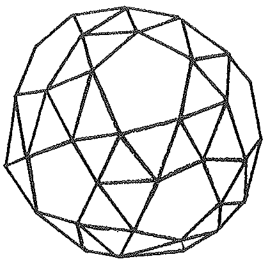
(4, 6, 10)



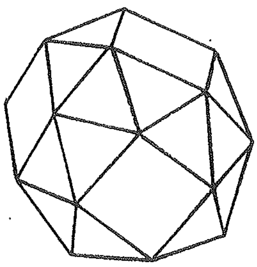
(3, 5, 3, 5)



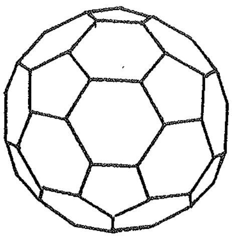
(3, 4, 4, 4)



(3, 3, 3, 3, 5)



(3, 3, 3, 3, 4)



(5, 6, 6)

Fig. 4

Il faut insister pour que les élèves travaillent avec beaucoup de soin, de sorte que par après ils respectent davantage le produit de leur travail. Insister aussi sur l'originalité des volumes : pas trop de cubes ni de pyramides ...

Une difficulté rencontrée au début est que les faces ne veulent pas se relever (monter dans l'espace) quand la somme des angles égale (ou dépasse) 360° : par exemple on peut disposer sur la table trois hexagones autour d'un sommet commun, mais on ne peut pas les relever. C'est ainsi qu'on observe pour la première fois que la somme des angles au sommet d'un polyèdre est strictement inférieure à 360°.

Certains élèves achoppent même sur la condition d'un sommet commun et commencent par disposer trois carrés comme sur la Fig. 5.

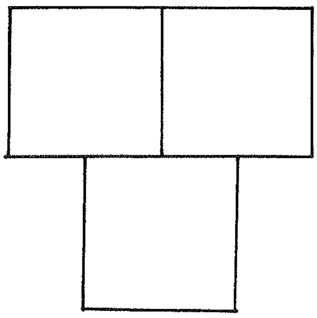


Fig. 5

On pourra aider ceux qui n'en sortent pas du tout en leur fournissant, au lieu de polygones en vrac, des développements de certains polyèdres.

Deux idées au passage : la construction des polyèdres peut se conjuguer avec un projet décoratif, conduit en collaboration avec le professeur de dessin : réaliser des abat-jour, des lampes en forme d'icosaèdre, des mobiles ... . Un bon exercice de vision dans l'espace consiste à faire peindre d'une même couleur les faces parallèles d'un polyèdre.

FICHE 4. Le classement demandé oblige les élèves à observer et décrire les polyèdres. Il est utile, pour ce travail, de rassembler les polyèdres construits par toute la classe de sorte qu'il y en ait assez et que chaque espèce ait plusieurs représentants. Les critères de classement peuvent être variés : nombre, nature et disposition des faces, inscriptibilité supposée à une sphère (certains polyèdres sont plus ronds que d'autres), etc. On rappellera ou introduira en cours de route un peu (pas trop) de vocabulaire. Nous ne trouvons pas nécessaire de définir le terme *polyèdre*, car la classe n'aurait pas l'usage de cette définition. Il suffit, dans le présent contexte, de savoir que ce sont des boîtes à faces planes, ce qui a été souligné à la Fiche 3 et sera rappelé implicitement à la Fiche 6.

FICHE 5. La question du nombre des polyèdres réguliers fait écho à la Question 4 de la Fiche 1 sur le nombre des polygones réguliers. Il y a une infinité de polygones réguliers, mais il n'y a que cinq polyèdres réguliers!

Démontrons d'abord, en suivant Euclide, qu'il ne peut pas y en avoir plus de cinq. Commençons par ceux dont les faces sont des triangles équilatéraux. Si on assemble de tels triangles autour d'un sommet commun, on voit qu'on peut en mettre 3, 4 ou 5 avant que la somme des

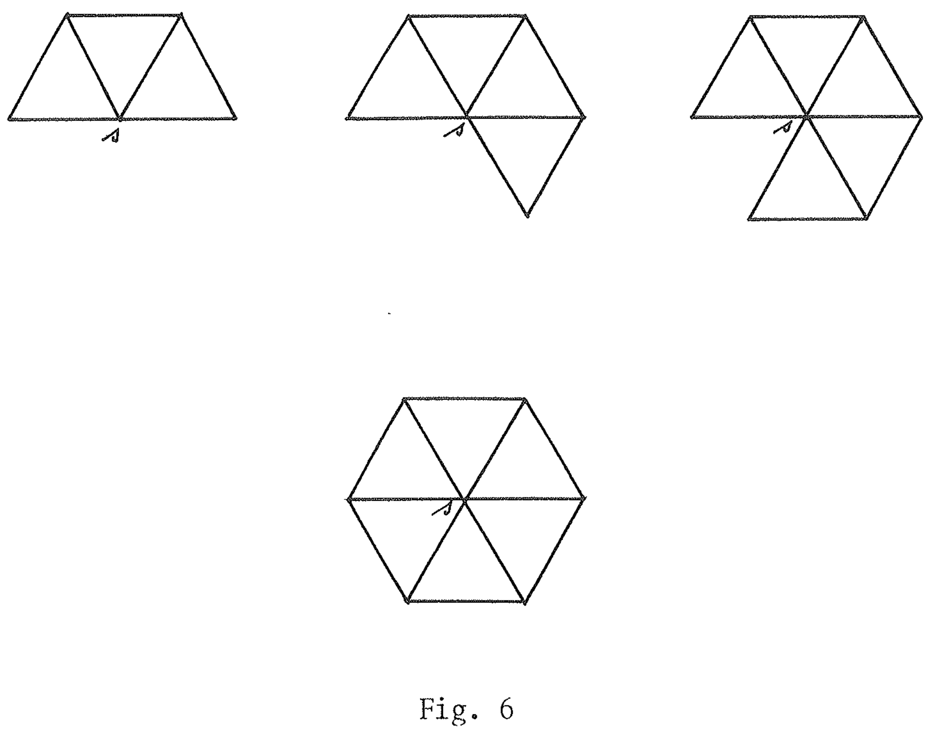


Fig. 6

angles atteigne 360°, ce qu'elle fait quand on en met 6 (cf. Fig. 6). Dans les trois premiers cas, on peut relever la figure et commencer la construction d'un polyèdre. Mais si on met 6 triangles (ou davantage) autour du point s, on n'y arrive pas.

On recommence avec des carrés, et on s'aperçoit qu'on peut relever 3 carrés mais non 4, car avec 4 on atteint à nouveau les 360°.

On continue avec des pentagones : on peut en relever 3, mais si on en prend 4, on dépasse les 360°.

On essaye de continuer avec des hexagones, mais 3 hexagones donnent déjà 360°. A fortiori 3 heptagones feront dépasser les 360°, et ainsi de suite pour tous les suivants.

Ainsi on peut *espérer* construire trois polyèdres réguliers à faces triangulaires, un à faces carrées et un à faces pentagonales. Cela fait cinq en tout.

Pour montrer (mais non pour démontrer) qu'il y en a bien 5, il suffit de les construire.

Beaucoup d'élèves ont essayé obstinément de construire un polyèdre régulier à faces hexagonales et acceptaient mal que "ça ne marche pas". D'où de sérieux débats. Cette question du nombre des polyèdres réguliers contribue bien à enseigner "l'art de la preuve" : en particulier, on n'obtient cette preuve qu'en s'assurant d'avoir envisagé tous les cas, ce qui oblige à les traiter systématiquement.

FICHE 6. On présentera aux élèves par exemple les solides de la Fig. 7. Il ne faut pas leur présenter la Fig. 7 elle-même, mais bien les solides réels. En effet, à partir de la Fiche 7, on demandera un effort personnel de dessin des polyèdres : mieux vaut ne pas avoir vu à l'avance trop de dessins stéréotypés.

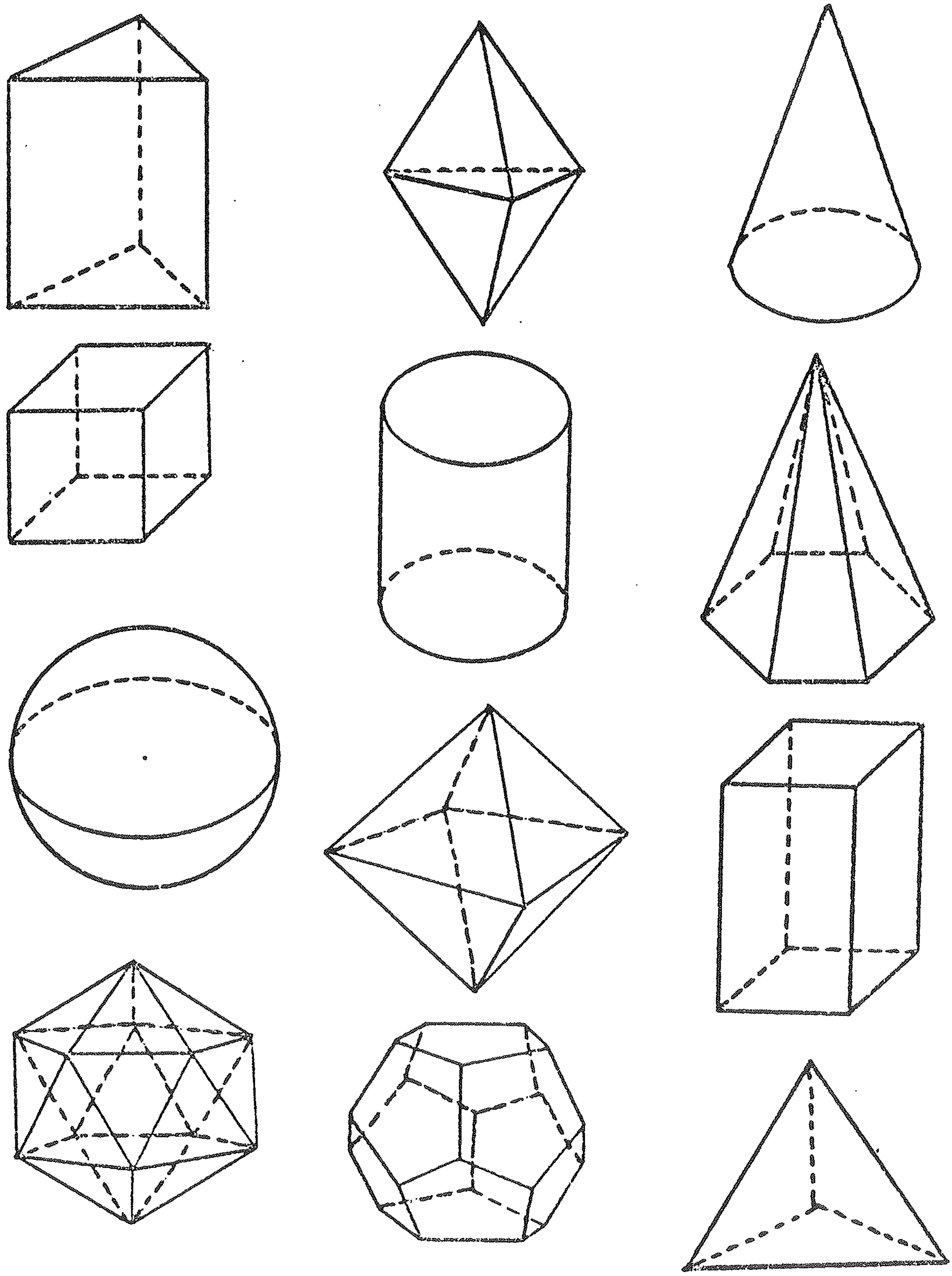


Fig. 7

3. FICHES 7 ET 8 : DESSIN DE POLYEDRES

7. DESSIN DE PRISMES

Pour commencer le travail de cette fiche, tu dois disposer de cinq prismes. Leurs bases sont des polygones réguliers, respectivement des triangles, des carrés, des pentagones, des hexagones, des octogones.

Construis ceux qui te manquent. Dessine-les de telle façon qu'on puisse les distinguer les uns des autres.

8. DESSIN DE PYRAMIDES ET DIPYRAMIDES

Pour commencer le travail de cette fiche, tu dois disposer de deux pyramides, l'une à base triangulaire équilatérale, l'autre à base carrée et les dipyramides correspondantes.

Représente-les de telle façon qu'on puisse les distinguer les unes des autres.

4. COMMENTAIRE DES FICHES 7 ET 8

Ces deux fiches ont pour objectif un premier apprentissage des représentations planes et la communication par dessin de renseignements spatiaux. Toute liberté est laissée quant au mode de représentation. Les élèves ont utilisé spontanément avec plus ou moins de bonheur un des trois modes suivants : développement, projection orthogonale ou perspective cavalière. Les deux premiers seront envisagés plus en profondeur respectivement avec les fiches 9 à 11 et 12 à 13.

FICHE 7. La démarche des élèves a été assez constante. Ils dessinaient d'abord la base et constataient que cela suffisait pour distinguer les différents prismes. Cependant le fait que peu d'information était ainsi transmise, les perturbait : une personne non prévenue ne pouvait pas reconnaître qu'il s'agissait de prismes. Ils n'ont pas voulu se contenter de ces projections orthogonales jugées trop pauvres et certains ont alors utilisé des développements (Fig. 1) et la perspective cavalière. Ils connaissaient celle du cube et ont essayé de faire celle des prismes (Fig. 2). Nous en avons profité pour insister sur la conservation du parallélisme dans ce type de représentation.

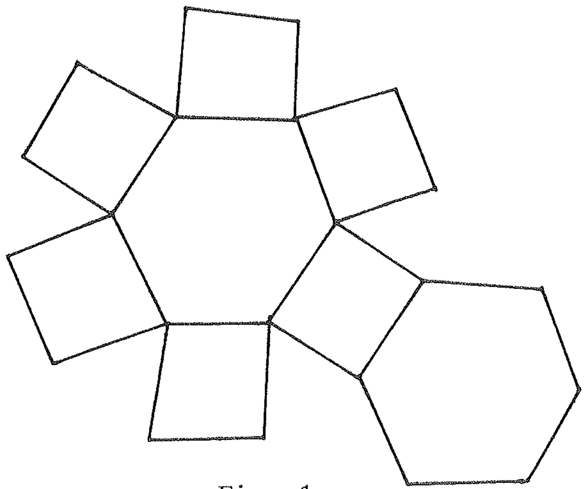


Fig. 1

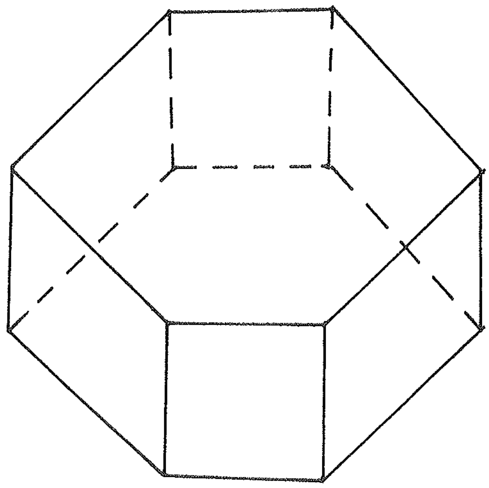


Fig. 2

Certaines représentations non conventionnelles sont construites en intégrant dans une même figure des vues partielles de l'objet correspondant chacune à un point de vue particulier. Elles donnent une image facilement reconnaissable de l'objet (Fig. 3 et 4).

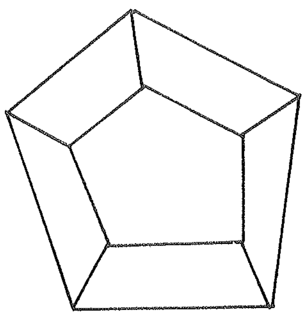


Fig. 3

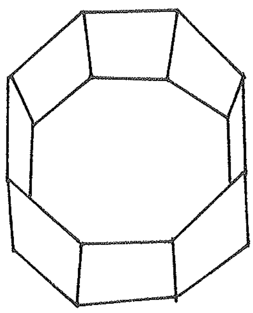


Fig. 4

La Fig. 3 pourrait représenter un prisme à base pentagonale en perspective conique si la face supérieure n'existait pas. L'élève représente simultanément ce qu'il voit du dessus et le pourtour. Cela fait penser à la chaise dessinée par beaucoup d'enfants, comme à la Fig. 5 : tous les éléments essentiels (dossier, siège, pieds) sont présents. Ces dessins occupent une position intermédiaire entre la représentation unique

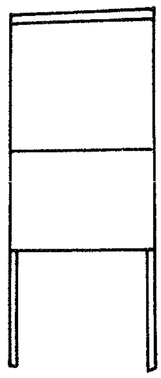


Fig. 5

(un dessin en perspective par exemple) et plusieurs représentations coordonnées (par exemple, deux ou trois projections orthogonales).

Voici pour conclure une très belle planche de représentations

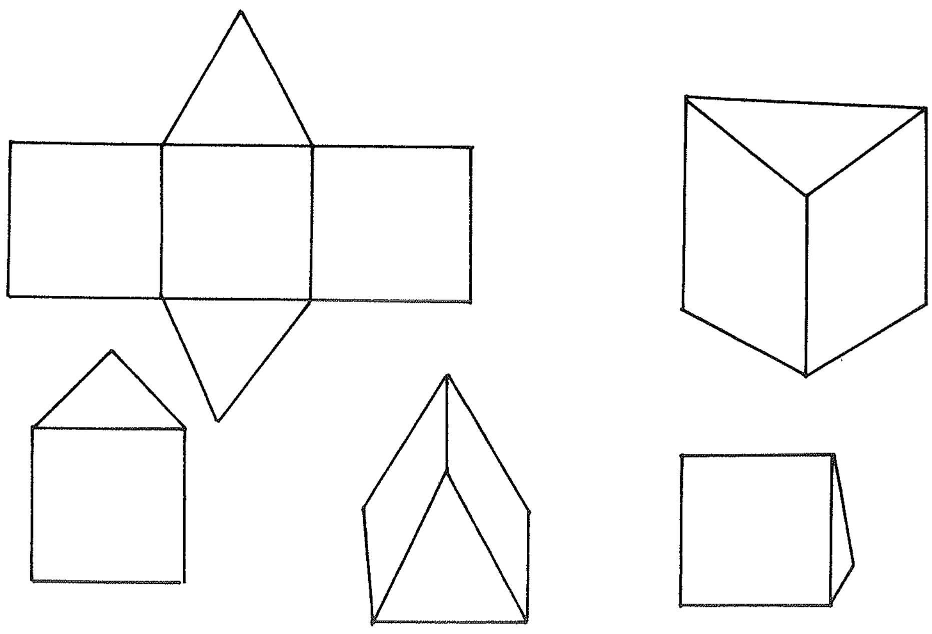


Fig. 6

réalisée par une élève de troisième professionnelle (Fig. 6).

FICHE 8. Cette fiche est plus difficile que la précédente car les pyramides et dipyramides sont des solides moins simples à représenter que les prismes.

Le travail a été stimulant. Nous cherchions au fur et à mesure les ambiguïtés éventuelles de chaque représentation proposée par les élèves. Ce fut une sorte de jeu qui affinait petit-à-petit les résultats.

Les représentations les plus spontanées étaient des développements et des essais de perspective cavalière (Fig. 7).

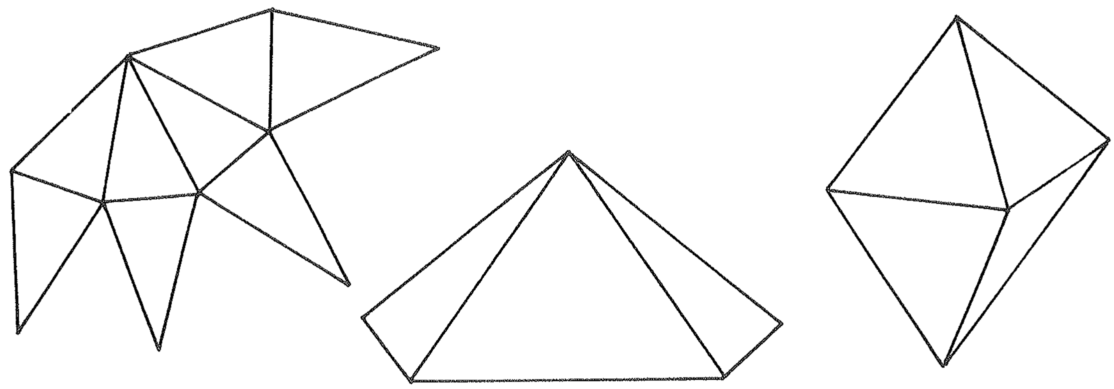


Fig. 7

Les projections de la Fig. 8 ont été souvent dessinées malgré l'ambiguïté qu'elles laissaient subsister entre pyramides et dipyramides.

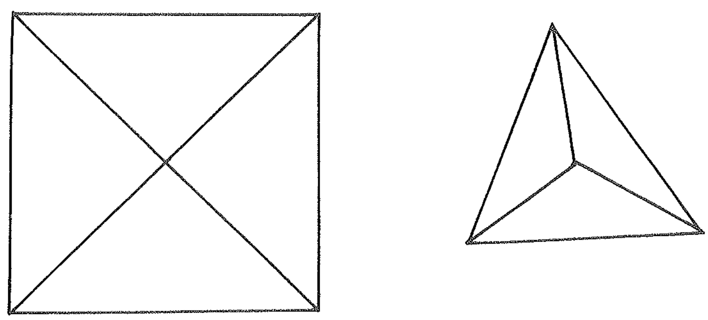


Fig. 8

En puisant dans leurs souvenirs des cours techniques, certains ont dessiné plus ou moins bien des arêtes cachées (Fig. 9).

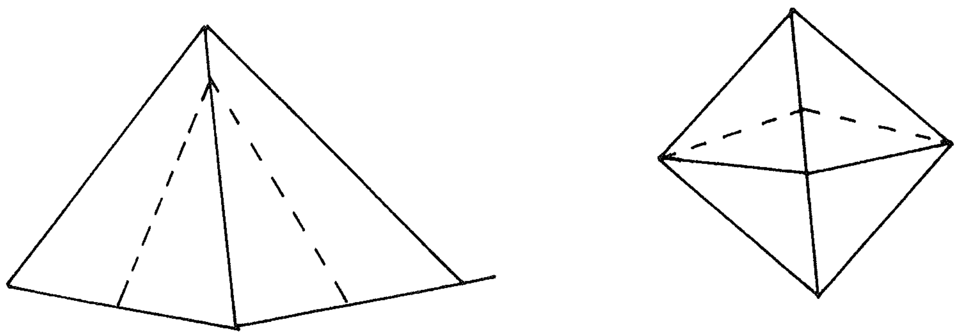


Fig. 9

Les belles projections frontales de la Fig. 10 montrent que l'élève a remarquablement perçu le changement de proportion suivant l'inclinaison des faces.

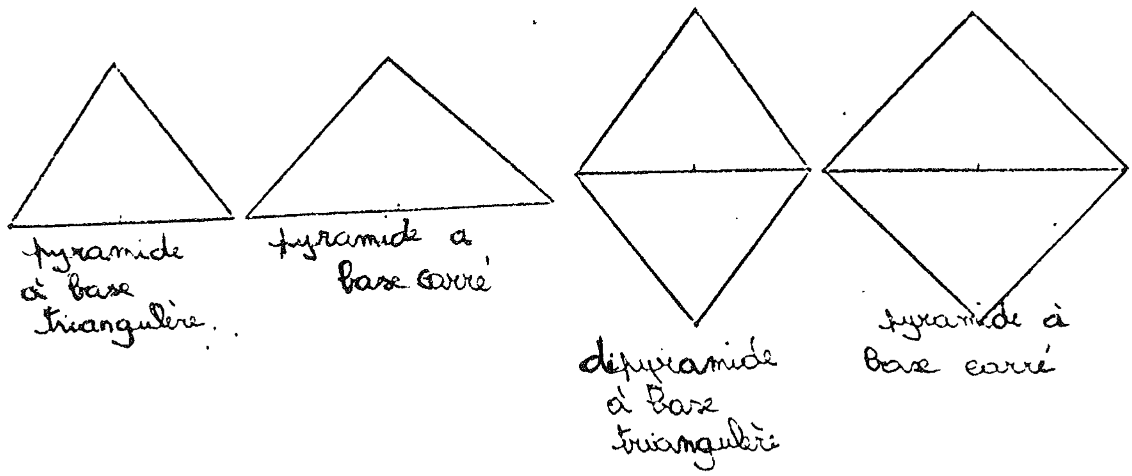


Fig. 10

D'autres élèves ont utilisé des représentations plus particulières telle qu'une combinaison d'une projection et d'un développement d'une dipyramide (Fig. 11) ou l'accentuation d'une dimension pour montrer l'effilement de la dipyramide à base triangulaire par rapport à l'octaèdre (Fig. 12).

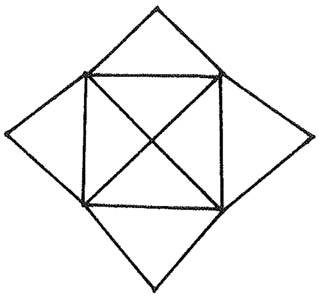


Fig. 11

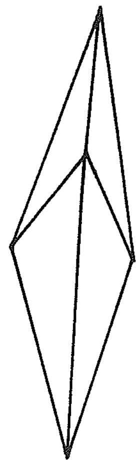


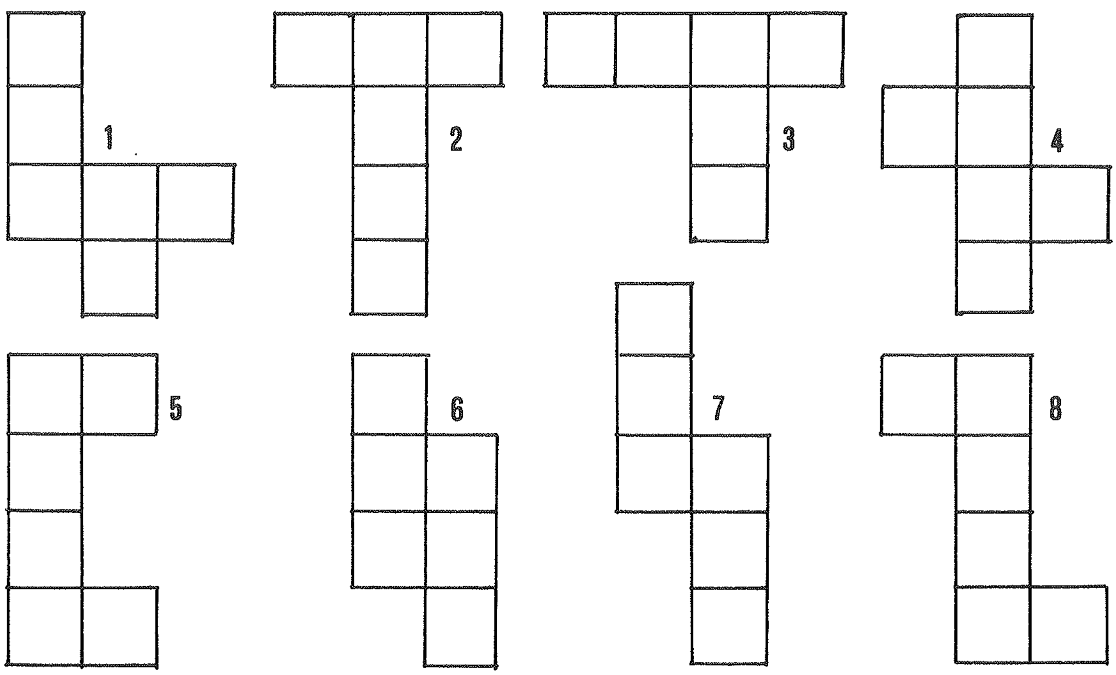
Fig. 12

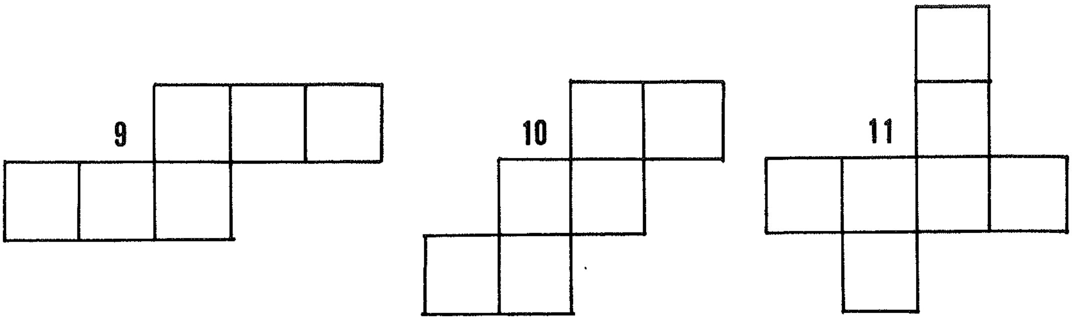
Les représentations obtenues se sont affinées tout au long de ce travail. Les résultats ne nous semblent pas négligeables.

5. FICHES 9 A 11 : DEVELOPPEMENTS DE POLYEDRES

9. DEVELOPPEMENT DU CUBE

1. Parmi les figures suivantes, certaines sont des développements du cube. Trouve-les.





2. *Essaie de trouver d'autres développements du cube : il y en a 11.*

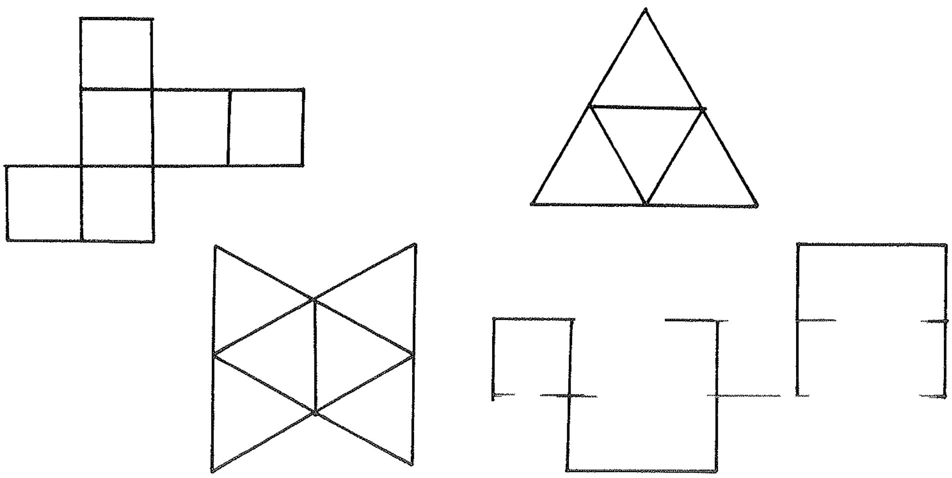
3. *Sur chaque développement du cube, colorie d'une même couleur les faces parallèles.*

10. DEVELOPPEMENT DU TETRAEDRE REGULIER

1. *Dessine les développements du tétraèdre régulier. Vérifie si tu les as tous.*

2. *Peux-tu colorier d'une même couleur les faces parallèles ?*

11. LES ARETES JUMELLES



Colorie d'une même couleur les arêtes que tu amènerais l'une sur l'autre si tu construisais ces polyèdres.

6. COMMENTAIRE DES FICHES 9 A 11

FICHE 9. Cette fiche apparaît comme un jeu bien qu'elle exige une réflexion méthodique chez les élèves. Elle stimule les constructions mentales de solides. Certains n'arrivent pas à retrouver les développements par imagination; il est alors nécessaire qu'ils construisent effectivement les cubes.

1. Le développement n° 2 est très vite repéré : "quatre en lignes et un de chaque côté". Le dessin n° 6 permet de vérifier un acquis : la somme des angles entourant un même sommet doit être inférieure à 360° (cfr. Fiche 5 : construction de polyèdres réguliers). Des élèves, convaincus qu'il n'y a pas d'autres développements que ceux auxquels l'école primaire les a habitués, barrent le n° 10 et doivent construire le cube pour se convaincre de leur erreur.

2. Dans l'énoncé de la question, il ne faut pas nécessairement préciser qu'il y a onze développements. Certains élèves sont assez motivés pour aborder la question plus ouverte. Pour d'autres, par contre, moins capables de concentration, cette activité est trop longue. Il y a eu dans certaines classes des discussions enrichissantes notamment sur des développements symétriques : les développements de la

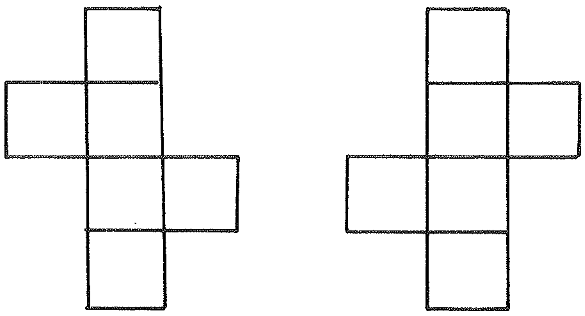


Fig. 1

Fig. 1 sont-ils considérés comme différents ou non ? Cette question provoque une expérimentation sur les isométries. Quand on stipule qu'il y a 11 développements, cela implique qu'on considère les figures isométriques comme représentant le même développement.

Voici une démonstration qui peut être élaborée en dialogue avec la classe.

Proposition. *Le cube admet onze développements et onze seulement.* Pour explorer systématiquement les développements, nous considérerons successivement ceux qui comportent 4 carrés alignés, puis 3, et enfin 2. (Les cas de 5 et 6 doivent être naturellement éliminés). Comme nous travaillons à une isométrie près, nous mettons les 4 carrés (ou 3, ou 2) en colonne dans les dessins. Nous noterons par exemple 1/4/1 les dessins de la Fig. 1.

a. Développements avec quatre carrés en colonne. Une disposition des carrés du type 4/2 ne donne pas de solution aux problèmes. Une disposition du type 1/4/1 donne au problème six solutions présentées à la Fig. 2.

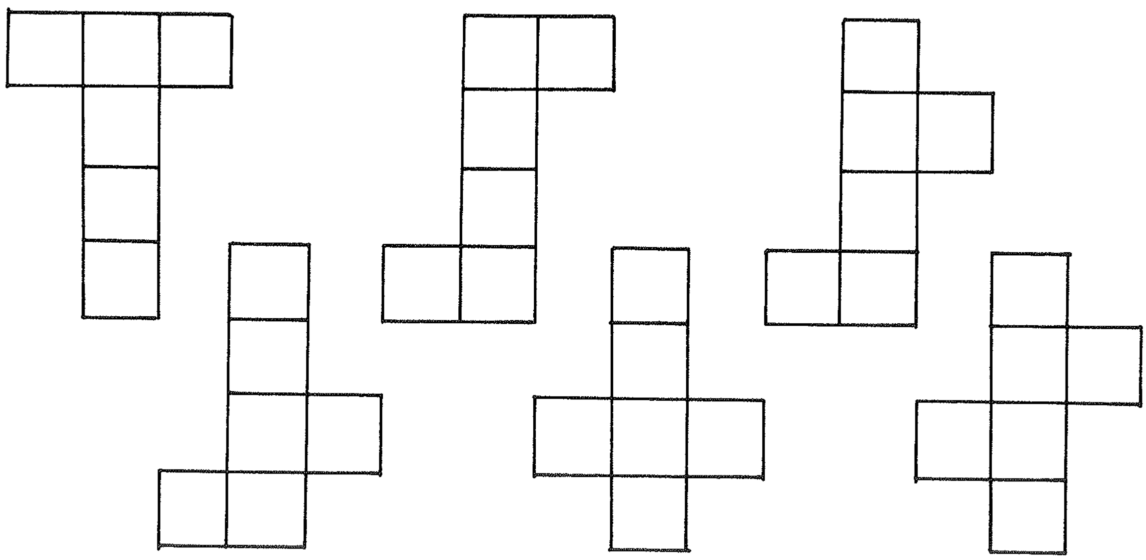


Fig. 2

b. Développements avec trois carrés en colonne. Une disposition des carrés du type 3/3 donne la solution présentée à la Fig. 3. Une disposition du type 2/3/1 donne les trois solutions de la Fig. 4.

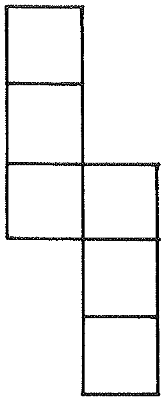


Fig. 3

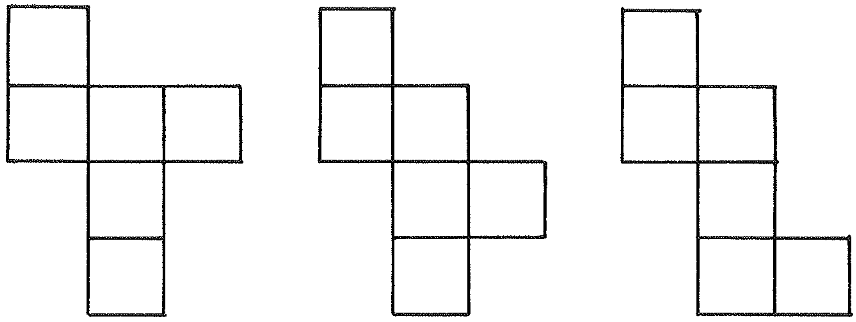


Fig. 4

c. Développements avec deux carrés en colonne. Une disposition des carrés de type 2/4 ne donne pas de solution au problème. Une disposition du type 2/3/1 a déjà été envisagée au point b. Une disposition du type 2/2/2 donne la onzième solution, présentée à la Fig. 5.

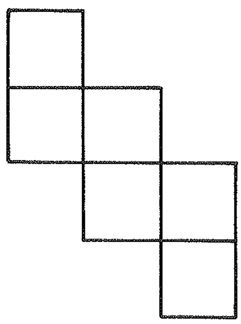


Fig. 5

3. Cette question n'a pas toujours été facilement résolue, ce qui montre l'utilité de ce nouvel exercice de construction mentale.

<u>FICHE</u> 10. 1. Montrons qu'il existe seulement deux développements du tétraèdre régulier : en disposant trois triangles sur le plan, nous obtenons l'unique configuration de la Fig. 6. L'addition du quatrième triangle donne les deux possibilités de développements présentées à la Fig. 7.

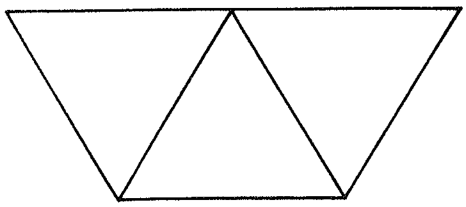


Fig. 6

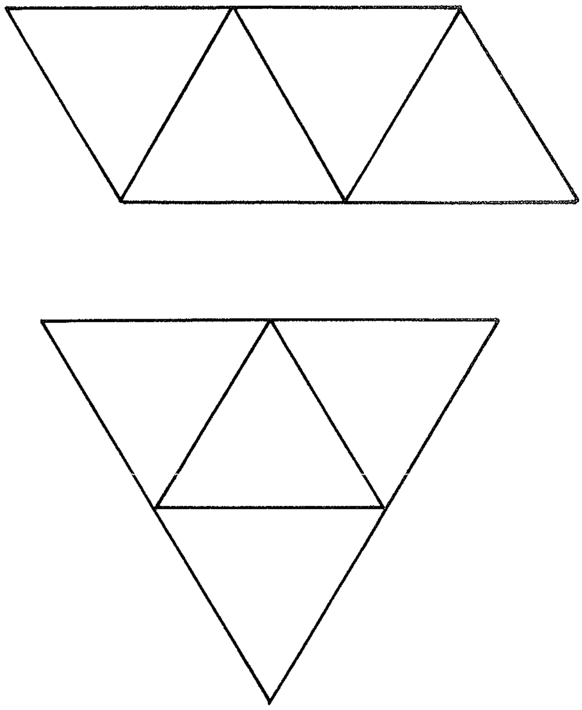


Fig. 7

Certains élèves ont réalisé correctement les développements avec des mesures précises. D'autres ont déformé certains triangles (Fig. 8).

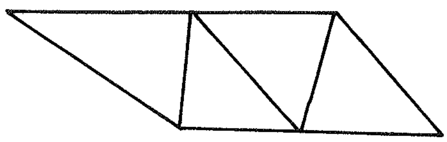


Fig. 8

Une élève pleine d'imagination a réalisé huit développements du tétraèdre (elle venait d'en voir onze pour le cube!). Nous en présentons 5 à la Fig. 9. Seuls les développements b et d sont corrects (nous n'avions pas précisé que les triangles devaient se toucher par une arête). Pour interpréter le dessin e, nous y avons rajouté une ligne pointillée. Nous y voyons un mélange de projection et de développement.

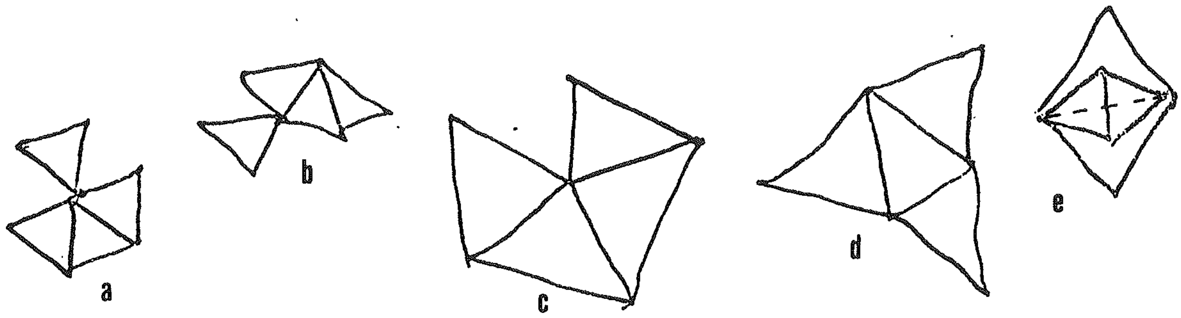


Fig. 9

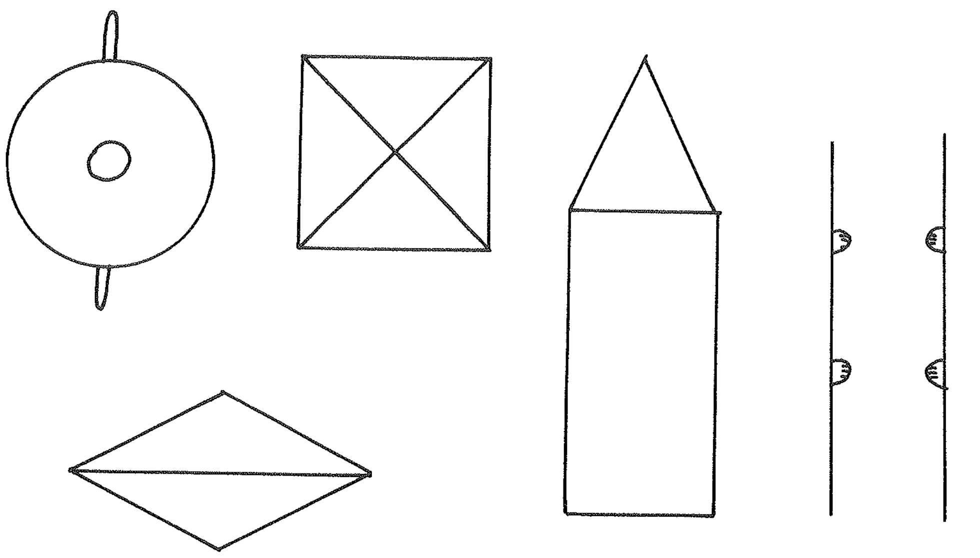
2. Cette question est saugrenue : il n'est pas interdit de taquiner les élèves!

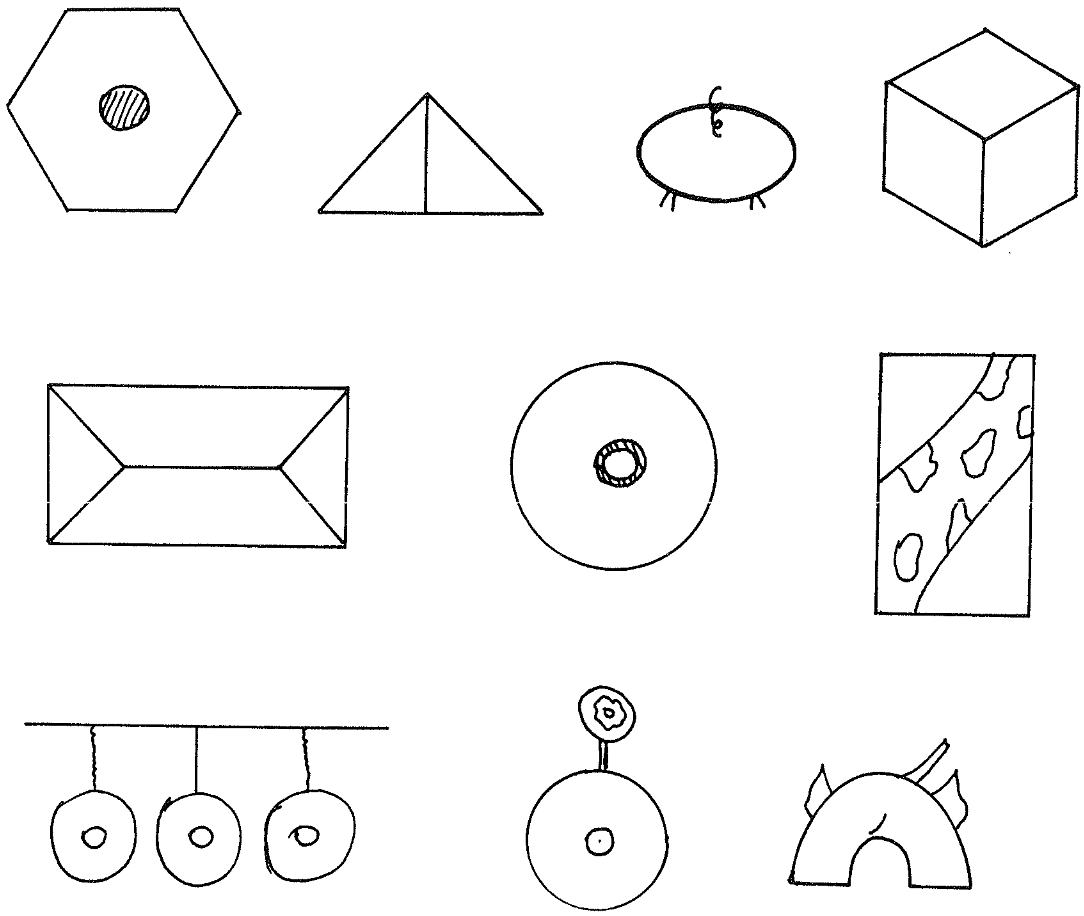
FICHE 11. Cette fiche, qui n'a pas été expérimentée dans les classes, est destinée à faciliter le travail de la fiche 14.

7. FICHES 12 ET 13 : PROJECTIONS ORTHOGONALES

12. QUESTIONS DE POINT DE VUE ...

Devine ce que représente chaque dessin.





13. LES FILMS DU CARRE

1. Fais tourner un carré autour d'une diagonale parallèle à la table. Dessine-le vu du dessus dans quatre positions bien différentes :

2. Fais tourner un carré autour d'une médiane parallèle à la table. Dessine-le vu du dessus dans quatre positions bien différentes :

3. Que devient l'angle droit dans ces projections ?

8. COMMENTAIRES DES FICHES 12 ET 13

FICHE 12. Cette fiche humoristique fait prendre conscience de l'ambiguïté d'une seule projection orthogonale. Si les élèves travaillent isolément, leurs interprétations des dessins sont très variées. Par exemple, le dessin de la Fig. 1 est interprété comme "une enveloppe", comme "un toit vu d'en haut", ou comme "une tante de campine" (sic).

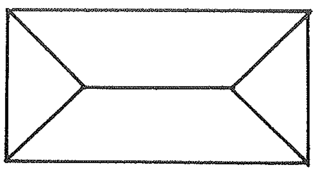


Fig. 1

Voici, dans le désordre, quelques réponses possibles : un crayon, un cube, un toit de maison, un mexicain à vélo, une pyramide, un éléphant, un mexicain cuisant un oeuf sur le plat, un clocher, une bouteille, un cochon, trois mexicains qui "font pipi" sur un mur (l'un raconte une blague, les deux autres rient), un ours qui grimpe à un arbre, une dipyramide, un clocher vu du dessus, le cou d'une girafe vu à travers une fenêtre ...

On peut exploiter davantage cette fiche en demandant aux élèves de choisir un des objets représentés et d'en dessiner d'autres vues pour lever l'ambiguïté.

FICHE 13. Les réponses ont souvent été fort différentes de celles que nous attendions. Même quand le carré forme un angle de 45° avec le plan de projection, beaucoup voient un carré et non un rectangle ou un losange. Les psychologues de la forme (cfr. P. Guillaume [1]) expliquent un tel fait en distinguant la perception de l'objet de son image sur la rétine. La perception est un phénomène complexe enclenché par l'image rétinienne mais auquel concourent aussi, entre autres, les souvenirs et les idées que nous avons de l'objet perçu. Ce qui arrive ici, c'est en gros, que l'idée du carré prévaut contre l'image rétinienne.

Une autre difficulté apparaît : l'image rétinienne se forme plus ou moins suivant les règles de la perspective conique. Or ce sont des dessins en projection orthogonale qui sont demandés. Nous disons donc à l'élève : "Quelle est la projection du carré dans telle position ?" plutôt que "Que vois-tu dans cette position ?". Cependant, dans le langage courant, les projections sont souvent appelées *vues*, ce qui ne facilite pas la distinction.

1. Des élèves ont réalisé des représentations caractérisées soit par la conservation de la longueur des côtés (Fig. 2) soit par l'élongation de la diagonale non horizontale (Fig. 3). Dans le cas du carré vertical, les résultats étaient encore plus surprenants : certains obtenaient le dessin de la Fig. 4a et quelques-uns celui de la Fig. 4b. Voir un segment rectiligne dans ce cas limite demandait parfois beaucoup de temps : "On voit toujours le coin". Parfois, le déclic se faisait

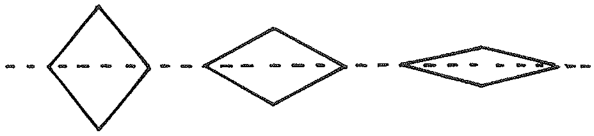


Fig. 2

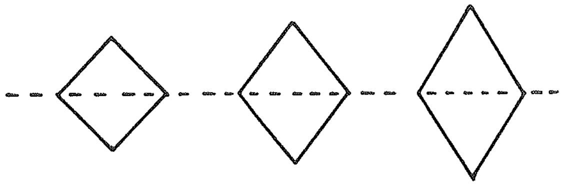


Fig. 3

après une longue observation.

a

b

Fig. 4

2. Cet exercice est plus facile que le précédent. Cependant, les longueurs du segment fixe et des côtés parallèles à ce segment n'étaient pas nécessairement conservées. La symétrie par rapport à la médiane n'était pas toujours respectée.

3. Les élèves ont eu beaucoup de difficultés pour répondre à cette question. Pour les aider, on peut imaginer de projeter le carré sur une surface graduée, ce qui permettrait de mesurer l'angle projeté et de plus la diminution d'aire. Pour projeter, l'usage d'un crayon ou d'un fil à plomb n'est pas exclu (Fig. 5). D'autre part, l'utilisation d'un

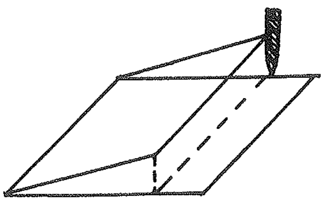


Fig. 5

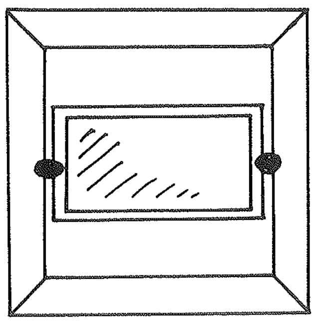


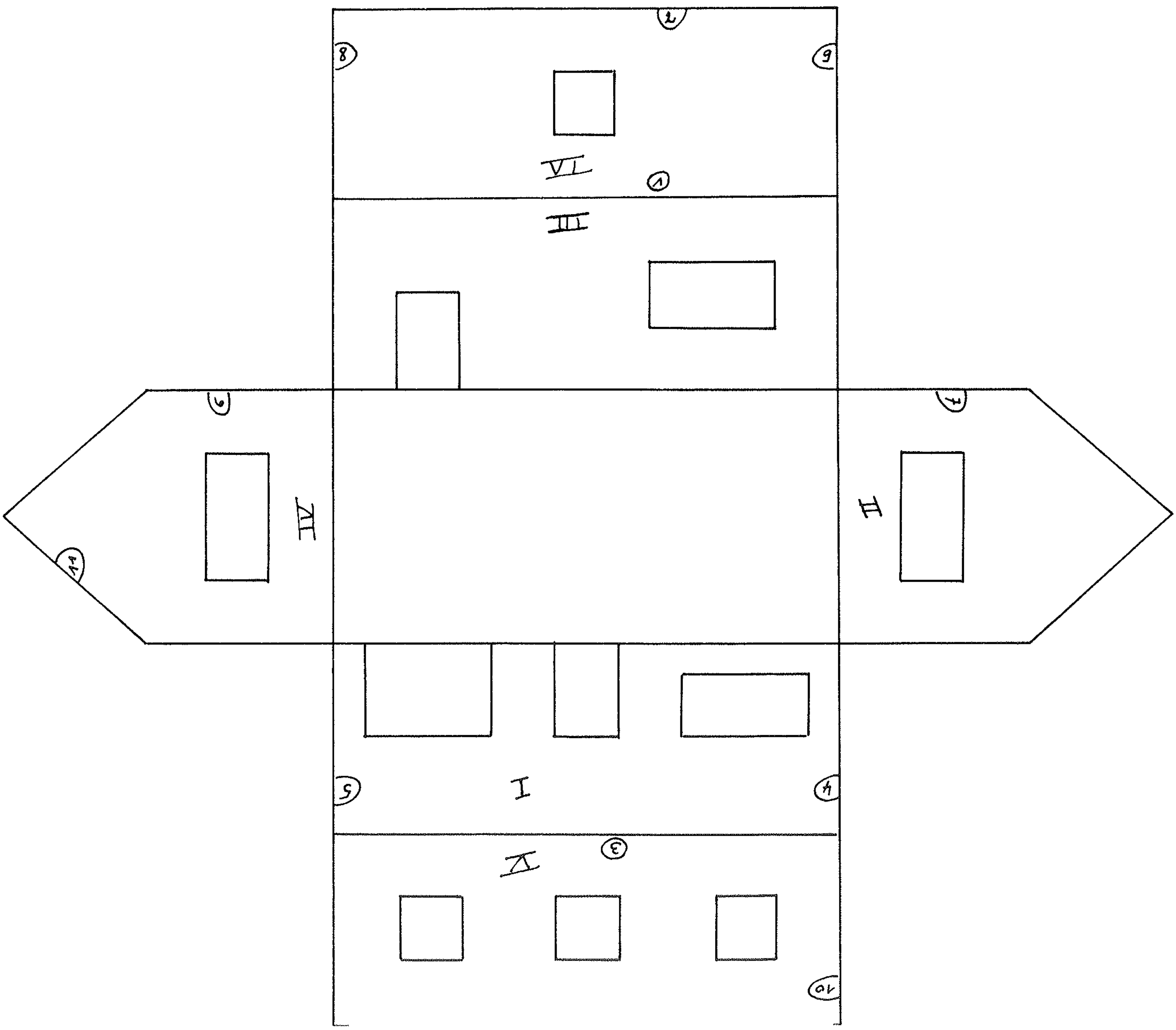
Fig. 6

carré réduit à ses arêtes permet une meilleure visualisation. Dans le cas de la rotation autour de la médiane, un châssis pivotant semble être un exemple éclairant. La projection donne le dessin de la Fig. 6.

9. FICHES 14 A 18 : MAQUETTE ET PLANS

14. MAQUETTE D'UNE MAISON

Voici le développement d'une maquette de maison. Découpe-le et construis la maison. Ensuite dessine-la, vue de face, de profil et du dessus en étant le plus précis possible.



15. UNE PROJECTION, QU'EST-CE QUE CA CHANGE ?

Trouve parmi les affirmations suivantes, les vraies et les fausses.

Vue de face (la maison est projetée orthogonalement sur un plan vertical parallèle à la façade).

1. La projection du mur I a la même aire que sur la maquette.
2. La projection du mur II a la même aire que sur la maquette.
3. La projection du pan de toit V a la même aire que sur la maquette.
4. Les projections des fenêtres du toit ont la même aire que sur la maquette.
5. Les projections des arêtes 10 et 11 ont la même longueur que sur la maquette.
6. Les projections des arêtes 6 et 7 ont la même longueur que sur la maquette.

Vue de profil (la maison est projetée orthogonalement sur un plan vertical parallèle au pignon).

7. La projection du pignon a la même aire que sur la maquette.
8. La projection de la fenêtre du pignon a la même aire que sur la maquette.
9. La projection du mur III a la même aire que sur la maquette.
10. La projection du pan de toit V a la même aire que sur la maquette.
11. Les projections des arêtes 8 et 9 ont la même longueur que sur la maquette.
12. Les projections des arêtes 1 et 3 ont la même longueur que sur la maquette.

Vue du dessus (la maison est projetée orthogonalement sur un plan horizontal).

13. La projection du mur III a la même aire que sur la maquette.
14. La projection du pignon IV a la même aire que sur la maquette.
15. La projection du pan de toit V n'a pas la même aire que sur la maquette.

16. Les projections des arêtes 8 et 9 ont la même longueur que sur la maquette.
17. Les projections des fenêtres ont la même aire que sur la maquette.
18. La projection de l'arête 6 a la même longueur que la projection de l'arête 5.

En général,
19. Quand une aire est-elle conservée en projection orthogonale ?
20. Quand une surface a-t-elle une aire nulle en projection orthogonale ?
21. Y a-t-il des arêtes qui se projettent orthogonalement sur un point ? Dans quel(s) cas ?

16. UN PLAN DE MAISON

Les plans d'architecte sont de beaux exemples de projection orthogonale. Nous allons apprendre à les lire. Un premier plan est joint à cette fiche. Il est à l'échelle 1/100, c'est-à-dire que les longueurs y sont 100 fois plus petites qu'en réalité (voir annexe II).

1. Complète le tableau ci-dessous :

	Dimensions sur le plan	Dimensions réelles	Superficie sur le plan	Superficie réelle
cuisine				
chambre d'enfant				
rez-de-chaussée				

2. 1 cm sur le plan correspond à ... cm dans la réalité.
   1 cm^2 sur le plan correspond à ... cm^2 dans la réalité.

3. Compare la superficie de l'étage à celle du rez-de-chaussée. Pourquoi sont-elles différentes ?

4. Sur les vues en plan, indique où se situent la façade et le pignon ?

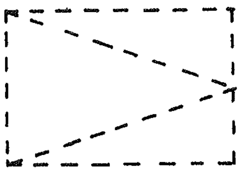
5. Indique la pièce qui se trouve au-dessus de la cuisine.

6. Décris le trajet pour aller de la porte d'entrée à la salle-de-bain.

17. ORIENTATION ET REPERAGE SUR UN PLAN

Un deuxième plan d'architecte accompagne cette fiche (voir annexe III).

1. Trouve et inscris sur le plan le nom de chaque pièce.
2. Repère les façades Nord-Est, Nord-Ouest, Sud-Ouest, Sud-Est.
3. Où est l'entrée de la cave ?
4. Indique sous quelle pièce se trouve la cave.
5. Décris l'itinéraire le plus court pour se rendre de la petite chambre à la salle de bain. Décris un autre itinéraire.
6. Quelles sont les pièces ensoleillées à midi ?
7. Dans quelle(s) chambre(s) y a-t-il du soleil le matin ?
8. Vers quelle heure le soleil disparaît-il du living ?
9. A ton avis, cette maison est-elle bien orientée ?
10. Dans cette maison, une cheminée est bouchée. Entoure sur le plan la cheminée qui fonctionne. Fais-le sur chaque façade ainsi que sur la coupe.
11. Quelle est la porte représentée sur la coupe ?
12. Que représente le dessin suivant ?



13. Combien y a-t-il de radiateurs ?

18. CALCULS DE DIMENSIONS SUR UN PLAN

1. A quelle échelle sont dessinées les vues en plan, façades et coupe ? A quelle échelle est dessinée l'implantation ?

2. Calcule la superficie du living.

3. On veut placer dans le living une longue dresse de 2m60 de long, 80 cm de profondeur et 1m10 de haut. Où peut-on la placer ?

4. Quand tu dors, ton corps a besoin de 5 m^3 d'air par heure. Pourrais-tu passer une nuit de 8 heures dans la petite chambre sans ouvrir la fenêtre ?

5. Il faut 1 kg de peinture pour 6 m^2 à peindre. Combien de kilos de peinture faut-il pour peindre les murs de la petite chambre ?

6. Combien de mètres courants de tapis-plain de 4 mètres de large faut-il acheter pour couvrir le plancher de la grande chambre ?

7. Calcule la surface du toit.

10. COMMENTAIRE DES FICHES 14 A 18

FICHE 14. Cette fiche, nouvel exercice sur les développements et les projections orthogonales introduit aux vues en plan et en élévation des architectes. Une *vue en plan* est une projection orthogonale sur un plan horizontal. Une *vue en élévation* est une projection orthogonale sur un plan parallèle à une façade ou à un pignon.

Certains élèves ont éprouvé des difficultés à recoller les arêtes des pignons aux arêtes correspondantes du toit : un volume apparemment aussi simple a donc causé des problèmes. Un exercice préalable peut être de compléter la numérotation des arêtes de sorte que deux arêtes qui doivent se retrouver portent le même numéro.

Certains dessins étaient corrects. Voici quelques déformations relevées sur d'autres : le toit apparaît en vraie grandeur (Fig. 1); le parallélisme n'est pas conservé partout; les arêtes du toit et de la

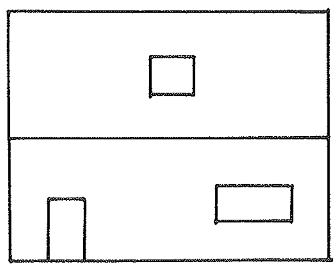


Fig. 1

façade ne s'alignent pas dans la projection de face (Fig. 2 a.);

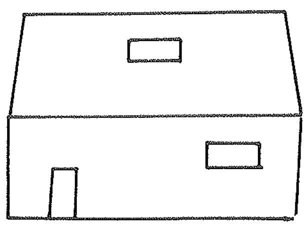


Fig. 2 a.

les arêtes des deux pans de toit ne s'alignent pas dans la projection du dessus (Fig. 2 b.)

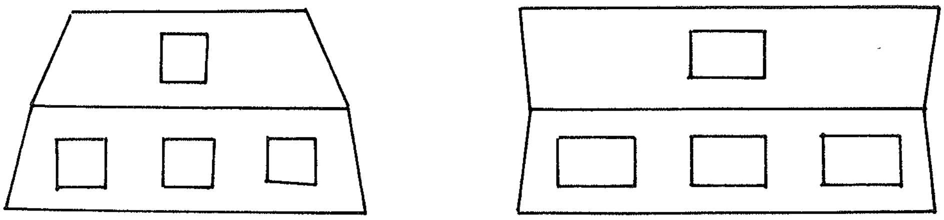


Fig. 2 b.

Une remarque faite dans les commentaires de la Fiche 7 s'applique ici aussi : certaines représentations intègrent plusieurs points de vue (Fig. 3).

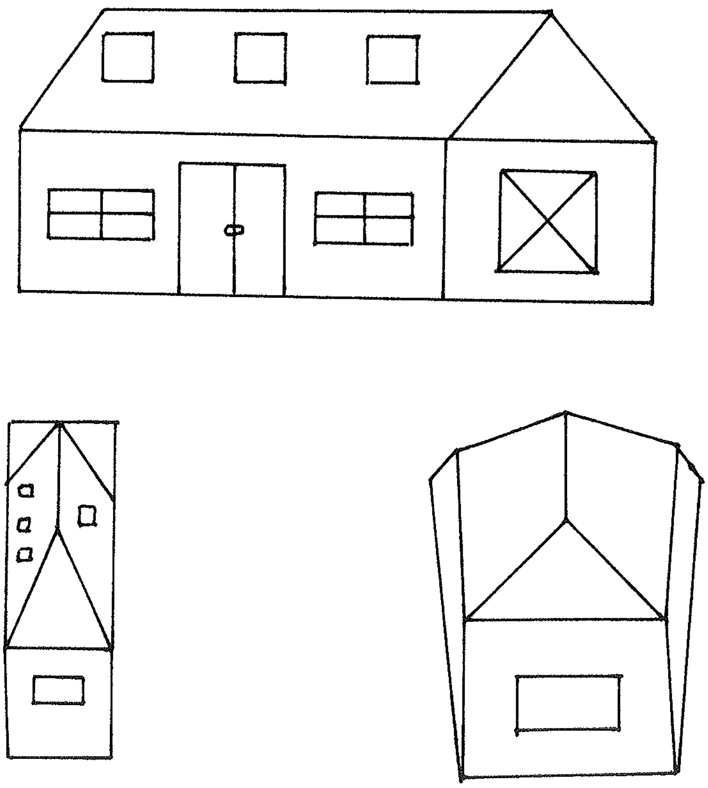


Fig. 3

Après que ces tentatives plus ou moins heureuses aient été critiquées, nous avons introduit les trois projections coordonnées par des lignes de rappel (Fig. 4).

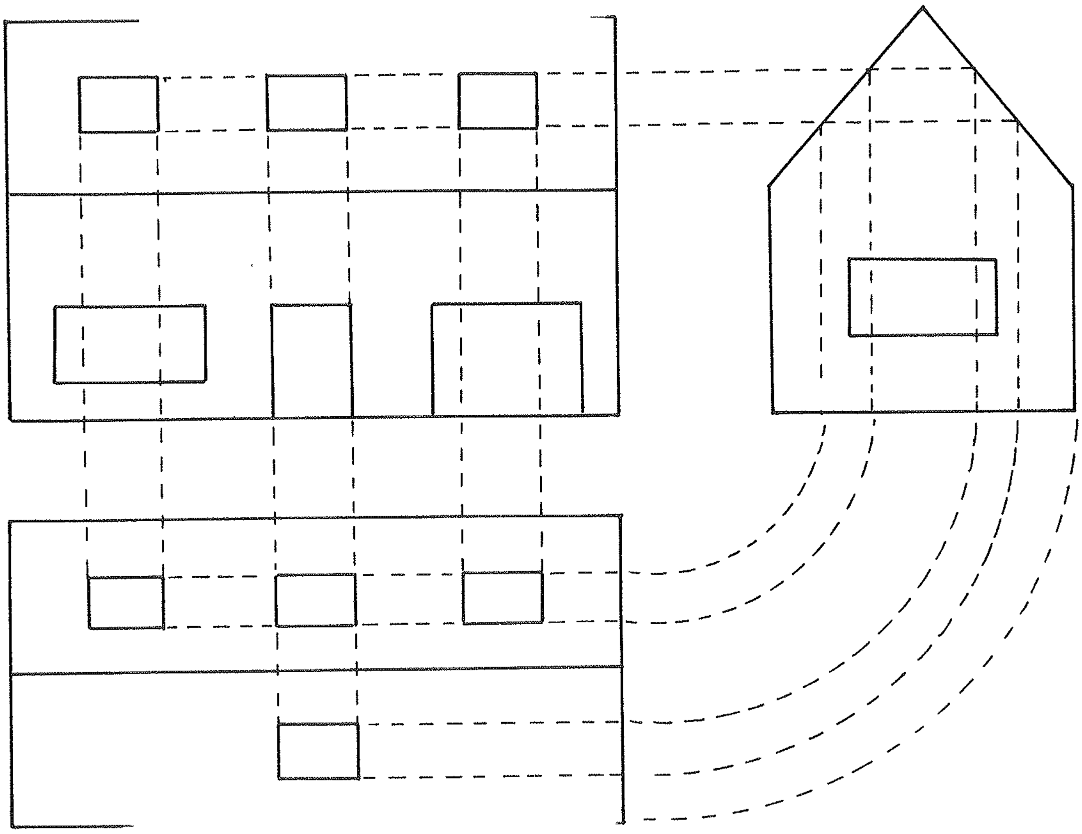


Fig. 4

FICHE 15. Cette fiche est un exercice de lecture attentive et de rigueur logique. Il faut veiller à ce que chaque réponse soit justifiée.

FICHE 16. Remarques. 1) Le mot superficie a été substitué ici à celui d'aire utilisé dans les fiches précédentes; il est plus conforme à l'usage des architectes et des géomètres.

2) Certains symboles conventionnels doivent être expliqués : les escaliers montent dans le sens de la flèche, la trace du mouvement des portes est triangulaire (c'est plus vite dessiné qu'un arc de cercle).

1 à 3. Les problèmes d'échelle des questions 1 à 3 comportent des difficultés de calcul (maniement malaisé des quatre opérations) et d'ordre de grandeur. Par exemple, au lieu de multiplier 23 par 29, une élève a additionné 29 fois 23. Une autre a affirmé que la cuisine avait chez elle 24 m. de long.

4 à 6. Ces questions entraînent à se mouvoir mentalement dans la

maison. Ce sont les escaliers qui posent le plus de problèmes. Voici une description particulièrement riche d'un itinéraire : "J'ouvre la porte, traverse le Halle, frolle le cactus, ouvre la porte du séjour, en la tirant vers moi, je contourne la table du sallon en passant derrière les fauteuils, je mes un pied sur l'escalier, puis l'autre, et ainsi de suite pendant 4 marches, ensuite pose et 3 pas sur le palier, je lève mon pied droit sur le premier escalier et ainsi de suite pendant 5 marches, ensuite je traverse le couloir conduisant au chambre et droit devant moi je trouve la salle de bain, je monte les 2 dernières marches et j'y suis".

FICHE 17. Remarque : le mot façade est utilisé ici dans un sens étendu, habituel chez les architectes, il englobe les pignons non mitoyens.

Ce travail a intéressé les élèves; certains y étaient très à l'aise.

3-4. L'escalier de la cave est situé sous l'escalier qui mène à l'étage mais sa pente est opposée à celle de ce dernier : c'est une configuration peu commune!

5 à 8. Rappelons que le soleil, faisant un tour en 24 heures, met 6 heures pour passer de l'Est au Sud et 6 heures pour passer du Sud à l'Ouest. On n'oubliera pas, en outre, que suivant les saisons, il passe plus ou moins de temps sous l'horizon. Pour établir les heures d'ensoleillement, on tiendra compte de ce que l'heure civile est décalée par rapport à l'heure solaire, différemment suivant les saisons. Pour faciliter son travail, une élève a juxtaposé les dessins d'une rose des vents et d'un cadran de 24 heures. Une autre élève ne pouvait imaginer le Nord ailleurs qu'en haut de la feuille.

11. Ce dessin représente la trappe d'accès au grenier, munie d'un escalier dont le sens de la montée est indiqué par la pointe.

FICHE 18. 7. Cette question présente une difficulté particulière : la longueur et la hauteur du rectangle se lisent chacune sur une vue différente.

Après ces fiches, nous proposons un travail d'évaluation : calculer des superficies à partir de quelques plans d'échelles différentes, dessiner un objet à l'échelle, ou encore, dessiner le plan de la classe en laissant le choix de l'échelle aux élèves pour que le plan tienne sur la feuille. Pour ce dernier exercice, les élèves devront organiser leurs relevés de mesures et ne pas utiliser plusieurs échelles (une pour les murs, une autre pour les bancs ...) pour que les proportions soient respectées.

11. FICHES 19 A 24 : PROJECTIONS PARALLELES ET COTEE, OMBRES

19. TROIS BATONS ET LEURS OMBRES

Dispose verticalement trois bâtons de longueur différente.

1. Dessine à main levée ces bâtons et leurs ombres, vus du dessus, en respectant leurs positions. Indique sur ton croquis

- *la longueur de chaque bâton*
- *les distances entre les différents bâtons*
- *la longueur des ombres.*

2. Une fois rentré en classe, dessine correctement à l'échelle les trois bâtons et leurs ombres. Que remarques-tu ?

20. LONGUEURS D'OMBRES

1. Avec les mesures prises à la Fiche 19, remplis les trois premières lignes du tableau suivant. Complète aussi la quatrième ligne.

Bâton	Longueur du bâton	Longueur de l'ombre
A		
B		
C		
D	1m25	

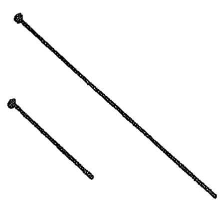
2. Fais un graphique qui indique les longueurs des bâtons en fonction des longueurs des ombres.

3. Sans faire de calcul, lis sur ton graphique la longueur qu'aurait l'ombre d'un bâton vertical de 1m80.

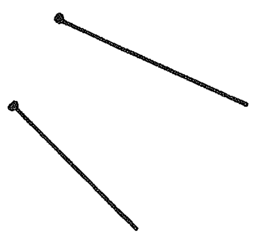
21. OMBRES POSSIBLES ET IMPOSSIBLES

Voici quelques dessins. Quels sont ceux qui représentent des bâtons verticaux et leurs ombres, vus du dessus ? Justifie tes réponses.

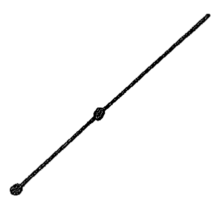
1



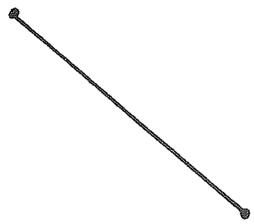
2



3

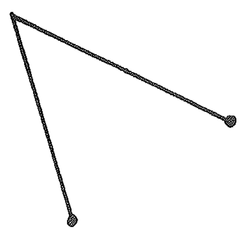


4

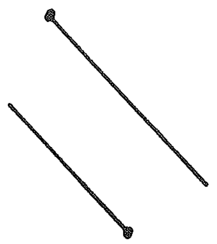


5

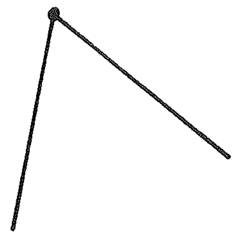
6



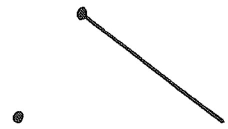
7



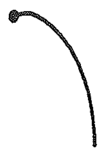
8



9



10



11 *Dessine une situation possible*

12 *Dessine une situation impossible*

22. CALCUL DE LONGUEURS D'OMBRES

1. Si un bâton vertical de 1m50 a une ombre de 2m33, remplis le tableau suivant :

Longueur du bâton	Longueur de l'ombre	Longueur de l'ombre divisée par la longueur du bâton
50 cm		
1m80		
2m10		
1m17		

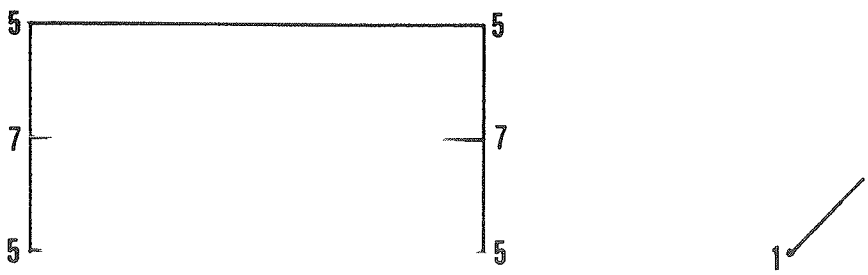
2. L'ombre d'un bâton vertical donné peut-elle être aussi grande que l'on veut ?

3. Peut-elle être de longueur nulle ?

4. La longueur de l'ombre peut-elle être égale à la longueur du bâton ? Explique tes réponses.

23. OMBRE D'UNE MAISON

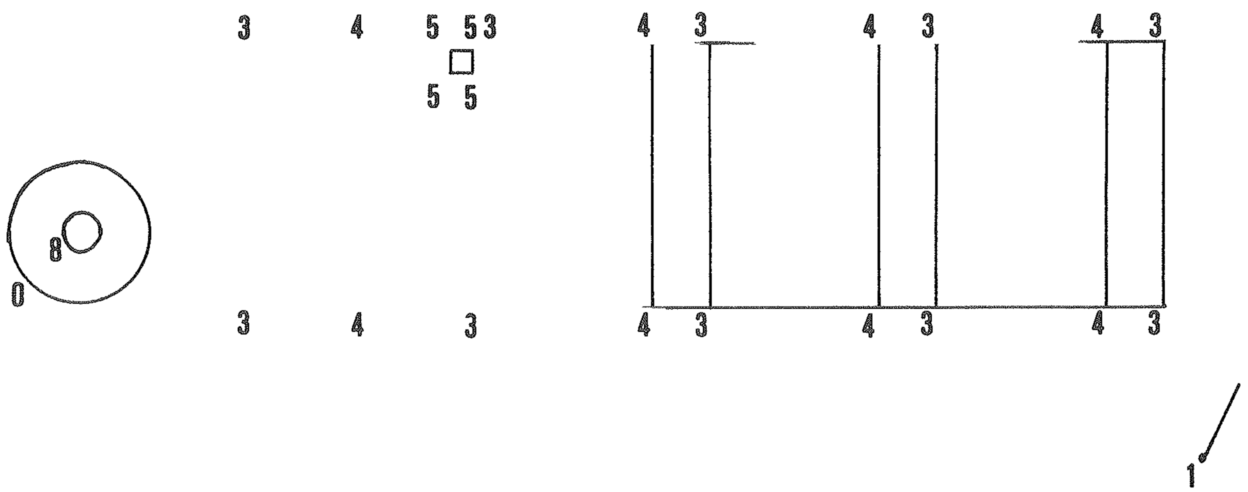
Voici le dessin d'une maison vue du dessus. Les nombres indiquent les hauteurs en mètres. A côté de la maison, on a représenté un bâton vertical d'un mètre, et son ombre. Dessine l'ombre de la maison.



24. OMBRE D'UN BATIMENT

1. Voici le dessin d'un bâtiment vu du dessus. Comme à la fiche précédente, les nombres indiquent les hauteurs en mètres. On a représenté un bâton vertical d'un mètre et son ombre. Dessine l'ombre du bâtiment.

2. Dessine ensuite le bâtiment vu de face et vu de profil.



12. COMMENTAIRE DES FICHES 19 A 24

Cette suite de six fiches traite des ombres obtenues par projection oblique et des propriétés de ce type de projection : conservation du parallélisme et des rapports de longueurs. Elle débouche sur des tracés d'ombres de bâtiments présentés en projection cotée.

Le soleil est si loin de la terre que ses rayons y arrivent parallèlement (ou à peu près). C'est pourquoi les contours des ombres s'obtiennent par projection parallèle aux rayons solaires. Notons au passage que la perspective cavalière n'est, elle non plus, rien d'autre qu'une projection parallèle oblique. L'étude de cette perspective serait un prolongement naturel de celle des ombres.

En général, les élèves des villes ont moins bien débrouillé les problèmes d'ombres que ceux des campagnes. Serait-ce parce que les premiers vivent dans un milieu où les ombres se mêlent à trop d'autres choses ? Les paysages de la campagne sont plus dépouillés : on y voit mieux les rangées de poteaux, de peupliers ...

FICHE 19. En ce qui concerne les bâtons, il est bon de les choisir assez grands (de l'ordre d'un mètre) : ainsi on contrôle mieux leur verticalité et en outre les erreurs relatives de mesure ne sont pas trop grandes. De plus, en vue du travail de la Fiche 20, on les choisira tels que leurs longueurs ne soient pas des multiples trop simples les unes des autres.

1. On demande de regarder du dessus les bâtons et leurs ombres, de sorte qu'on ait une meilleure chance de percevoir le parallélisme des ombres. De tout autre point de vue, on voit davantage ces dernières converger vers leur point de fuite. Malgré cette précaution, certains élèves ne remarquent pas le parallélisme. On peut matérialiser l'ombre en la repassant à la craie.

2. Certains achoppent sur la détermination des sommets du triangle formé par les pieds des bâtons. C'est l'occasion de leur indiquer comment utiliser le compas pour y arriver en se basant sur les distances

connues. On peut aussi aligner les bâtons!

La plupart des élèves d'une classe ont dessiné tout le triangle (et pas seulement les sommets). Dans un cas où l'ombre était parallèle à un des côtés du triangle, un élève a évité le chevauchement de lignes en retournant une des ombres (Fig. 1).

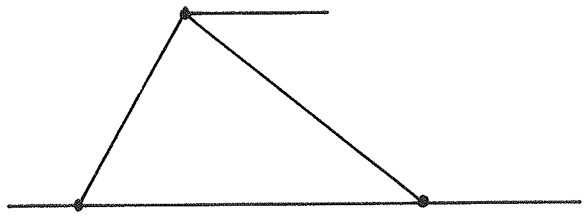


Fig. 1

FICHE 20. Il est important que les mesures aient été faites avec précision. De trop grandes erreurs empêchent de découvrir la proportionnalité entre les longueurs des bâtons et celles des ombres.

Dans une classe où les bâtons étaient de 0,50 m, 1 m et 1,50 m, les élèves ont remarqué assez vite qu'un bâton deux ou trois fois plus long avait une ombre deux ou trois fois plus longue. Pour calculer la longueur de l'ombre du bâton de 1,25 m, ils ont procédé comme suit :
longueur de l'ombre = 1 x longueur de l'ombre du bâton de 1 m + $\frac{1}{2}$ x longueur de l'ombre du bâton de 0,50 m.

Dans une autre classe où les longueurs des bâtons étaient de 40, 60, 80 cm, pour trouver la longueur de l'ombre du bâton de 1,25 m de long, ils ont d'abord supposé que ce bâton avait à peu près la même ombre qu'un bâton de 1,20 m et ont pris comme longueur de l'ombre trois fois la longueur de l'ombre du bâton de 40 cm.

Ces procédures sont l'une correcte et l'autre à peu près. Les élèves qui les ont trouvées n'ont pourtant pas tous bien saisi la proportionnalité : en effet, certains ont achoppé sur le travail analogue de la Fiche 22.

FICHE 21. Certains élèves n'ont répondu que par oui ou par non, ne pouvant expliquer leurs réponses.

Voici quelques notes d'élèves :

Cas 5 : - possible à l'équateur
- impossible en Belgique
- oui, quand le soleil est au-dessus
- oui, parce que le soleil est à midi
- non, car il n'y a pas de soleil
- non, car il y a toujours une ombre.

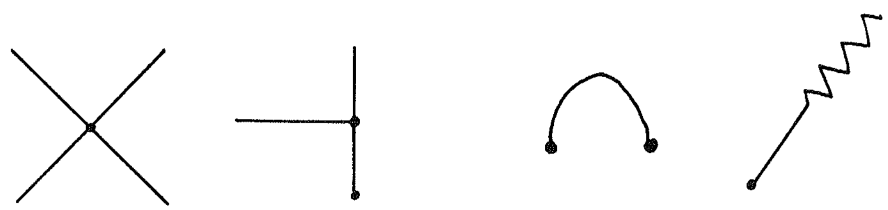
Cas 7 : - non, parce que le soleil ne peut être de deux côtés.

Cas 8 : - non, car le soleil ne donne que d'un côté.

Cas 9 : - non, parce que d'un côté le soleil tape et de l'autre, il ne tape pas
- non, car si il y a du soleil pour un bâton, il y en a pour deux
- oui, si un des bâtons est tout à fait enfoncé.

Cas 10 : - non, car le bâton ne sait pas se plier.

Cas 12 :



<u>FICHE</u> 22. 1. La troisième colonne du tableau est nécessaire parce que les élèves ne perçoivent pas spontanément la proportionnalité.

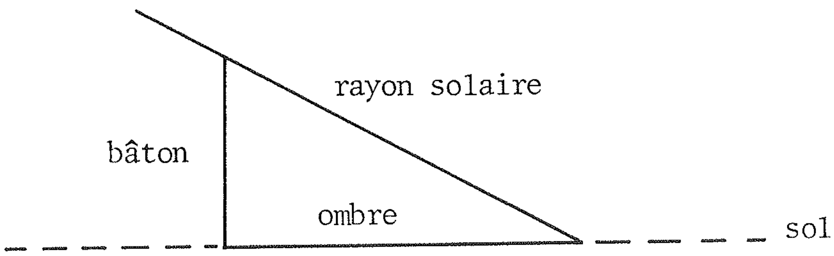
Les questions 2 et 3 sont difficiles : il faut bien comprendre le mécanisme des ombres pour porter son imagination vers les cas limites.

2. Plusieurs élèves, oubliant la précision "l'ombre d'un bâton *donné*" répondent oui parce que "le bâton peut être aussi grand que l'on veut et son ombre aussi". Beaucoup répondent non, ce qu'on peut comprendre : il leur est pratiquement impossible d'observer ce cas. Un élève a répondu "oui, parce que le soleil avance" (?).

3. La réponse à cette question a posé moins de problèmes : c'était un rappel du cas 5 de la fiche 21.

4. Les réponses ont été oui ou non, mais jamais les élèves n'ont pu s'expliquer.

Pour aider les élèves à répondre aux questions 2 à 4, le professeur peut proposer de ne considérer que le plan du bâton et de son ombre et de s'aider du schéma suivant :



FICHES 23 et 24. Alors que les Fiches 19 et 21 traitaient du parallélisme des ombres et les Fiches 20 et 22 de la proportionnalité, ces deux nouvelles fiches combinent les deux propriétés. Elles introduisent au passage un nouveau mode de représentation : celui des projections cotées (qu'on peut retrouver par après si on veut sur les cartes d'état-major).

Elles sont stimulantes pour les élèves : les notions acquises servent à faire de beaux dessins qu'on découvre petit à petit.

FICHE 24. 1. Cette question a posé beaucoup de problèmes dans une classe de deuxième, certains dessins ne respectant même pas le parallélisme (Fig. 2). En cinquième, il n'y a pas trop de problèmes. La Fig. 3 produite dans cette classe n'est pourtant pas tout à fait correcte comme on peut le voir en regardant la solution (Fig. 4). La Fig. 5 présente la réponse d'un élève de cinquième à la question 2.

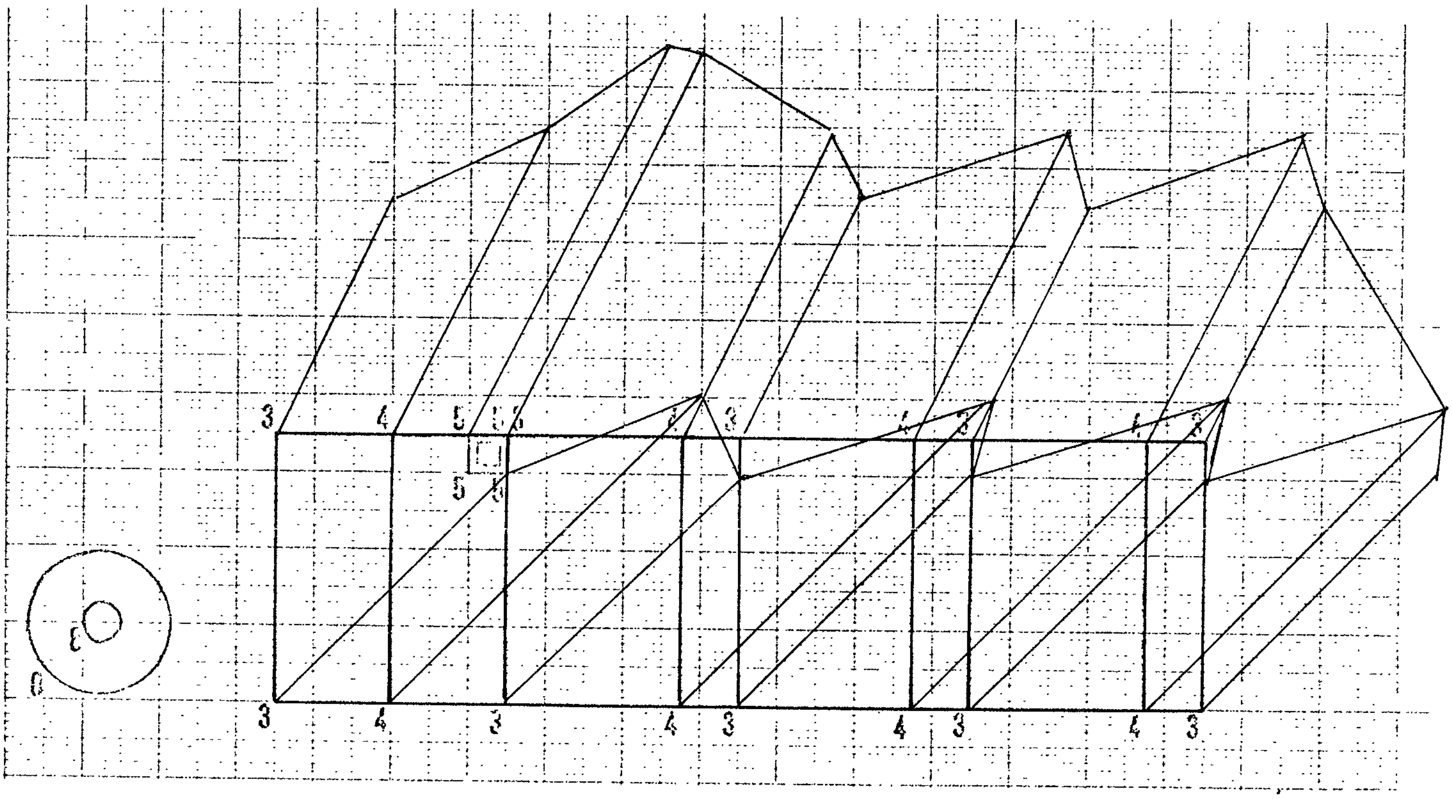


Fig. 2

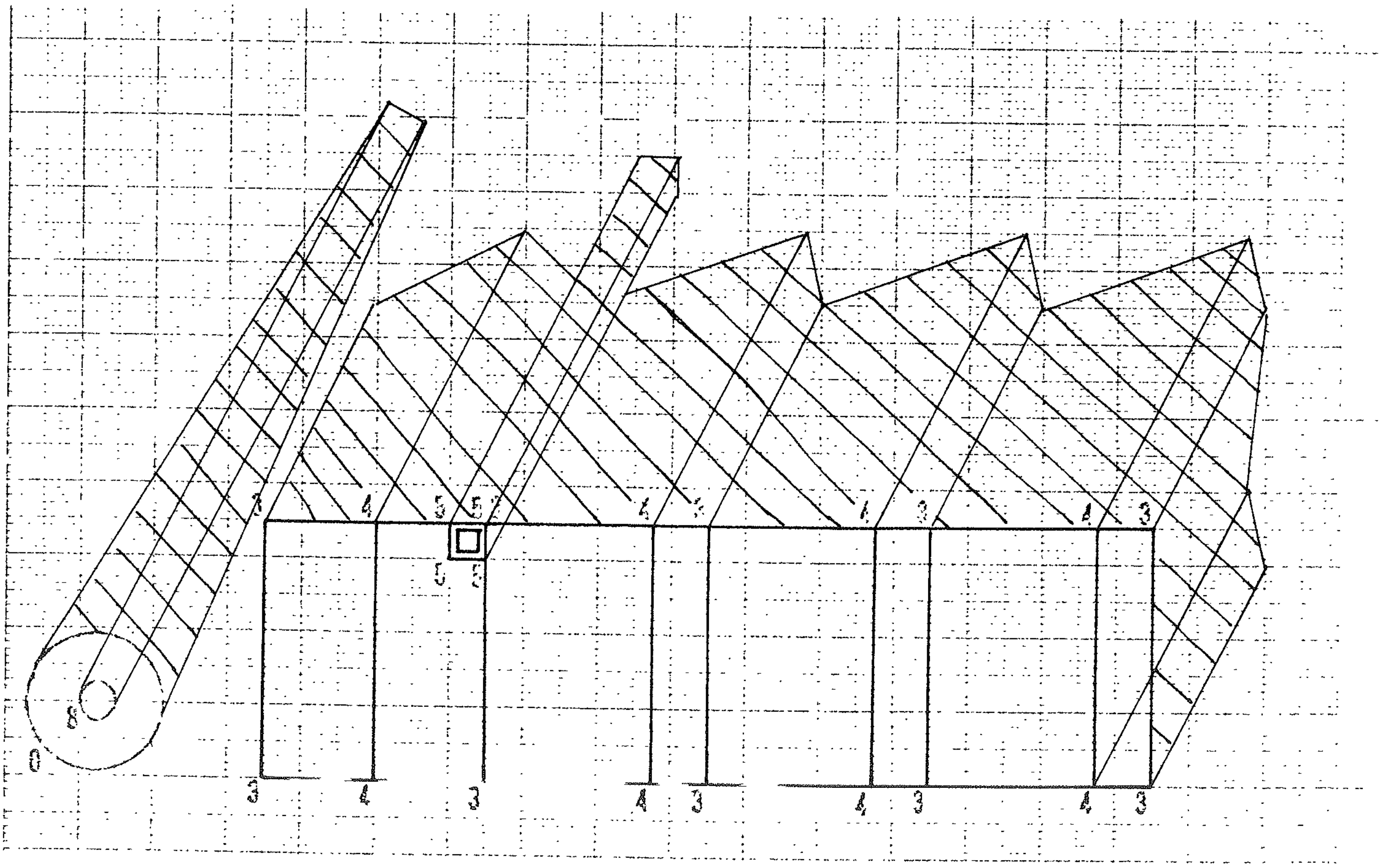


Fig. 3

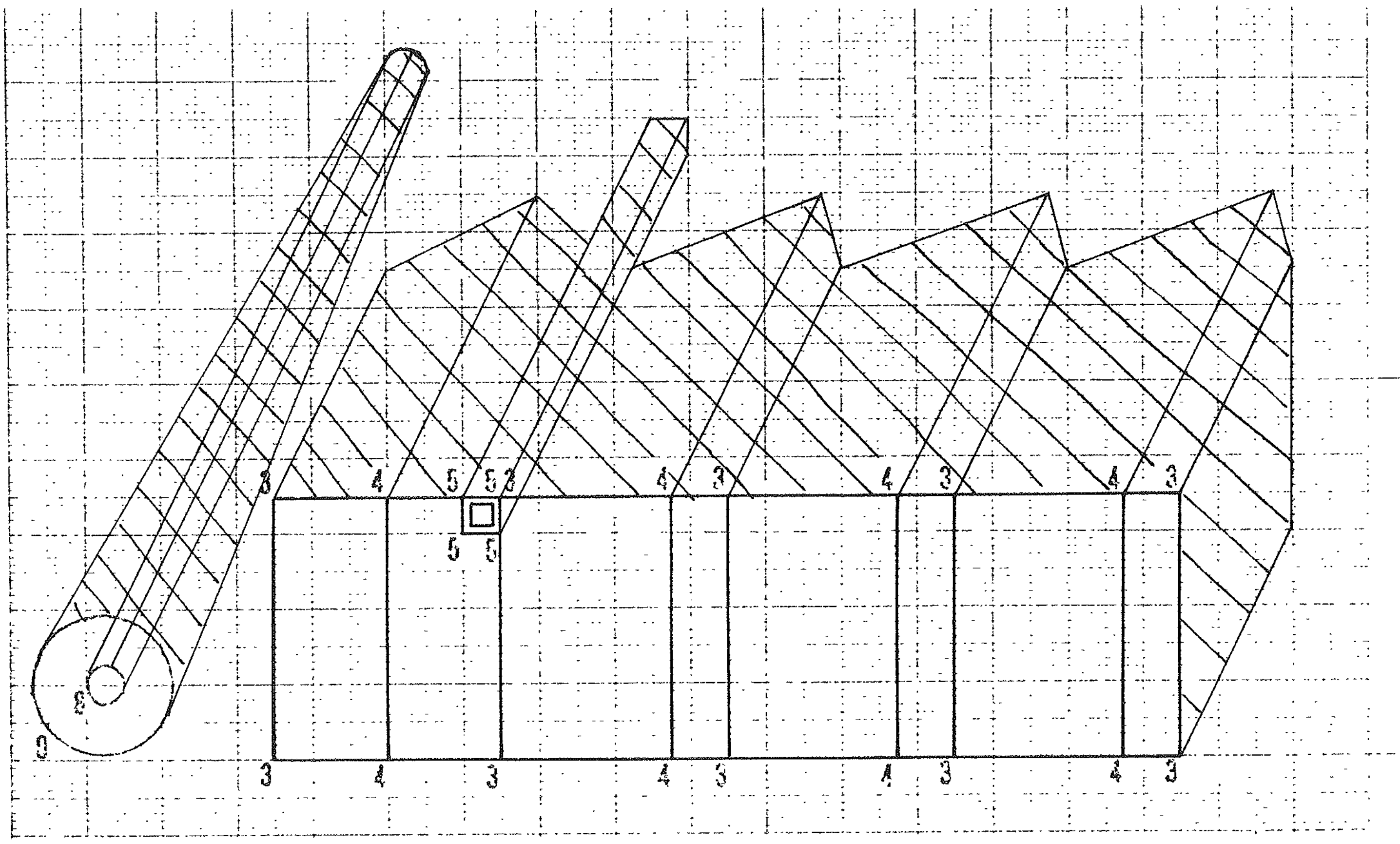


Fig. 4

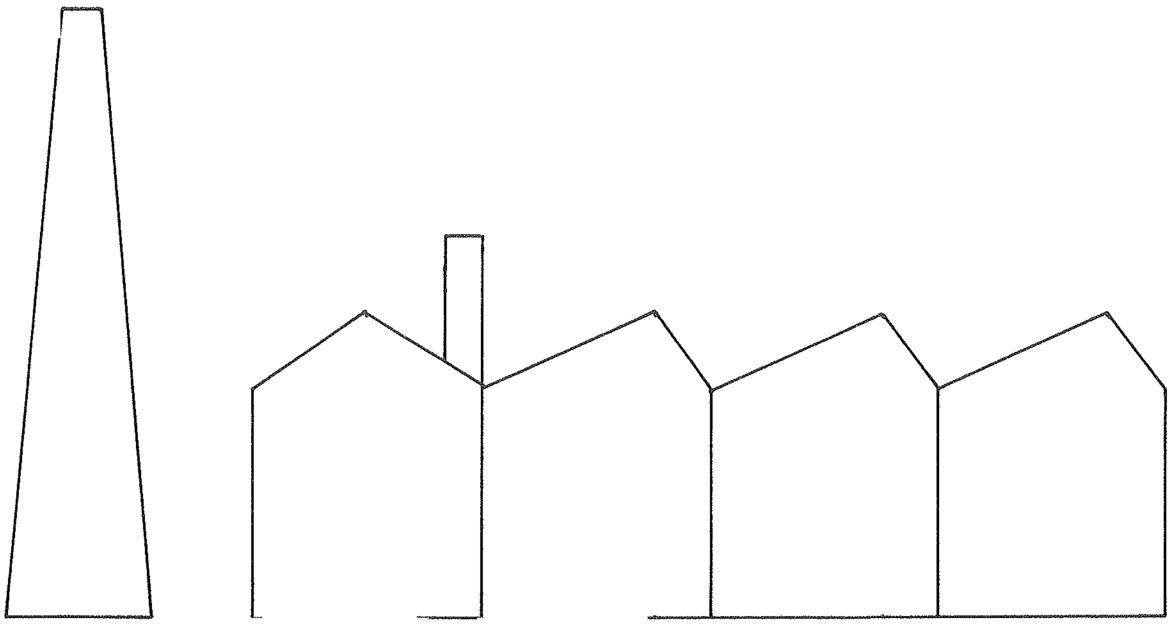


Fig. 5

13. BIBLIOGRAPHIE

[1] P. Guillaume, *La psychologie de la forme*, Flammarion, Paris, 1979.

Les ouvrages suivants proposent, comme celui-ci, des pistes de travail ouvertes :

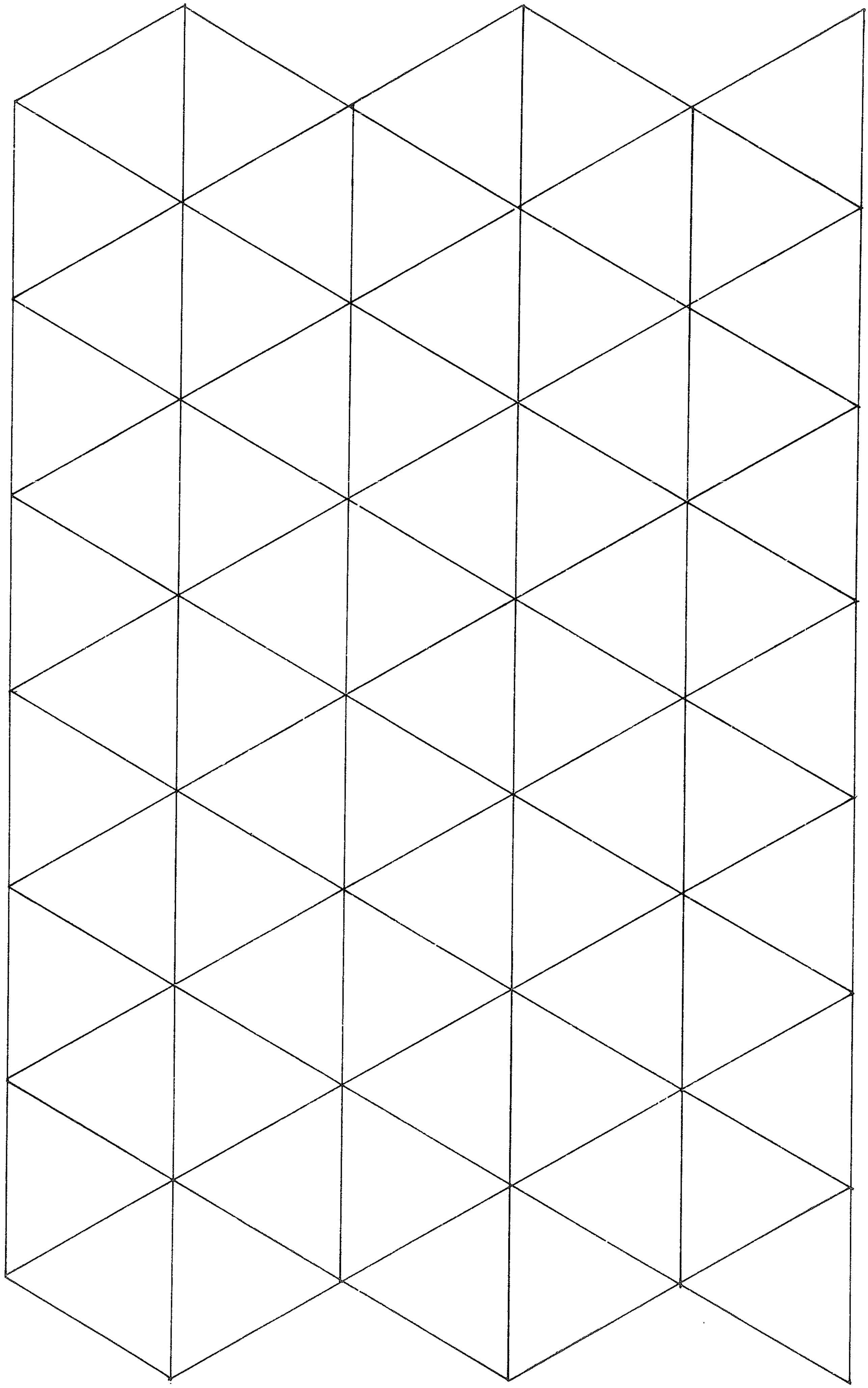
[2] C. Blomart, C. Mayer, F. Tilman, *A la découverte du monde où je vis*, Le GRAIN, Vie Ouvrière, Bruxelles, 1980.

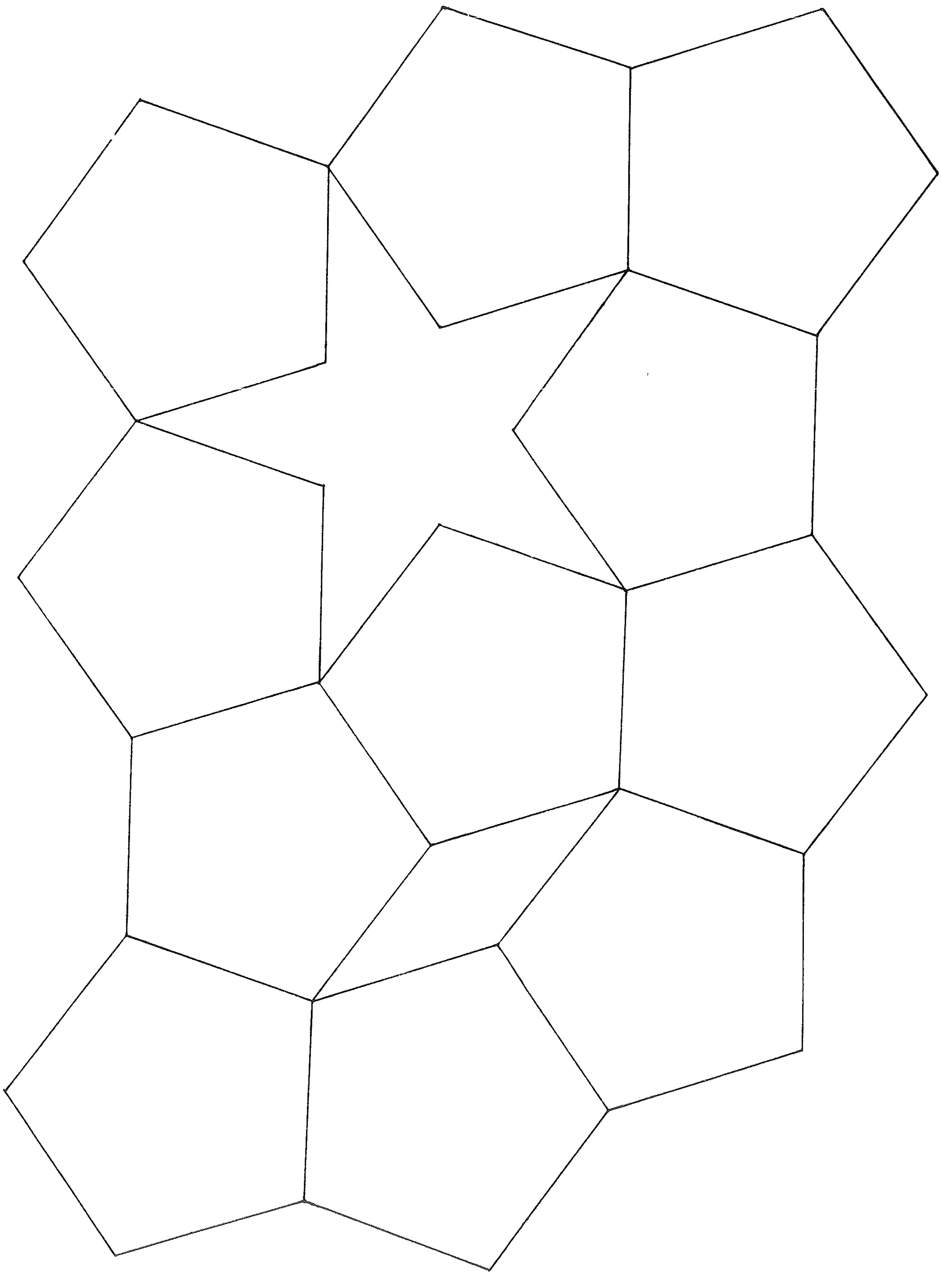
[3] E. Castelnuovo, *La mathématique dans la réalité*, C.E.D.I.C., Paris, 1980.

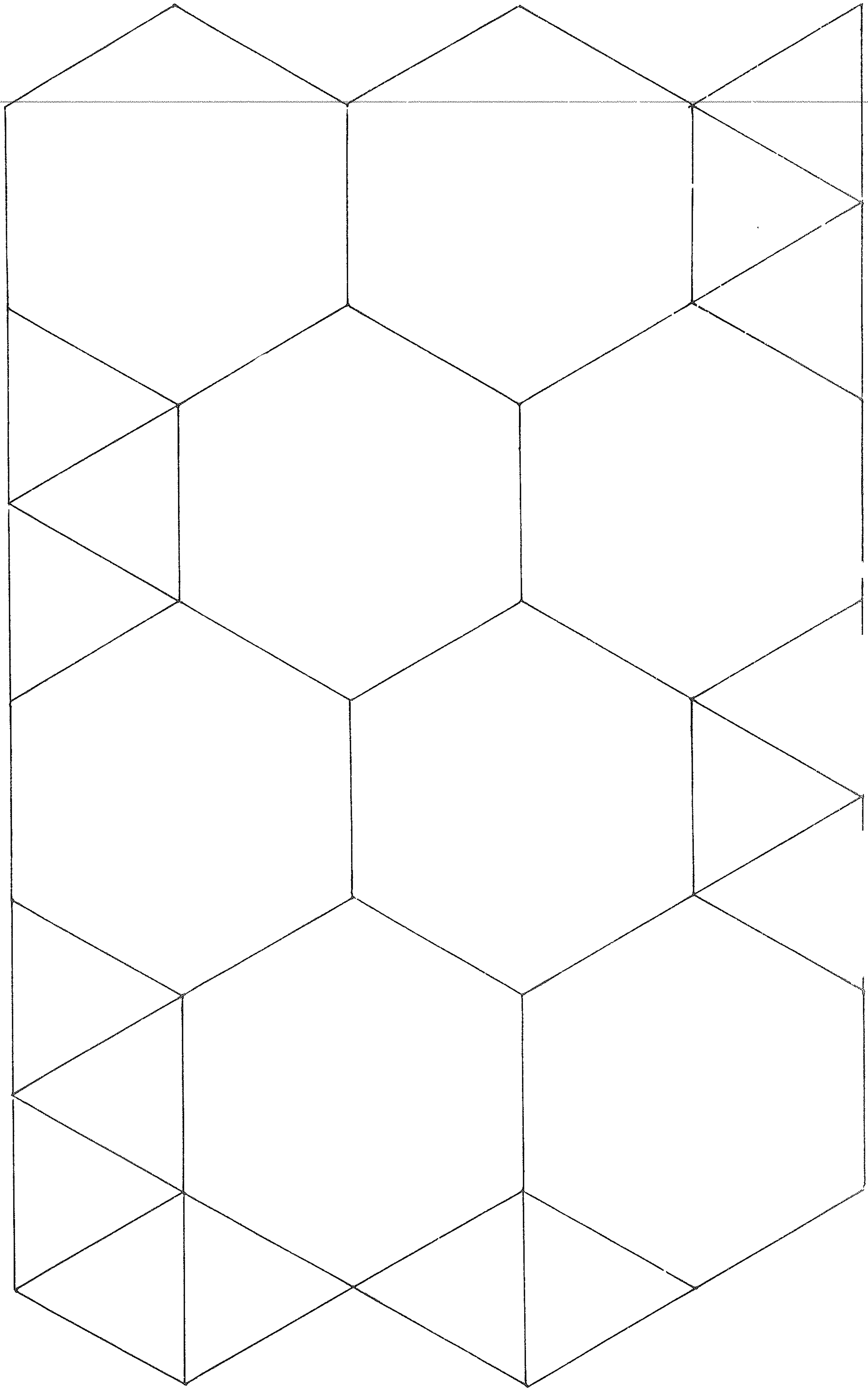
On peut se procurer des polygones à assembler en polyèdres (assemblage rapide avec des élastiques plutôt que du scotch) en écrivant à l'APMEP, IREM, Université, 45046 Orléans CEDEX : demander le Supplément du PLOT, Polyèdres n° 1, (20 FF).

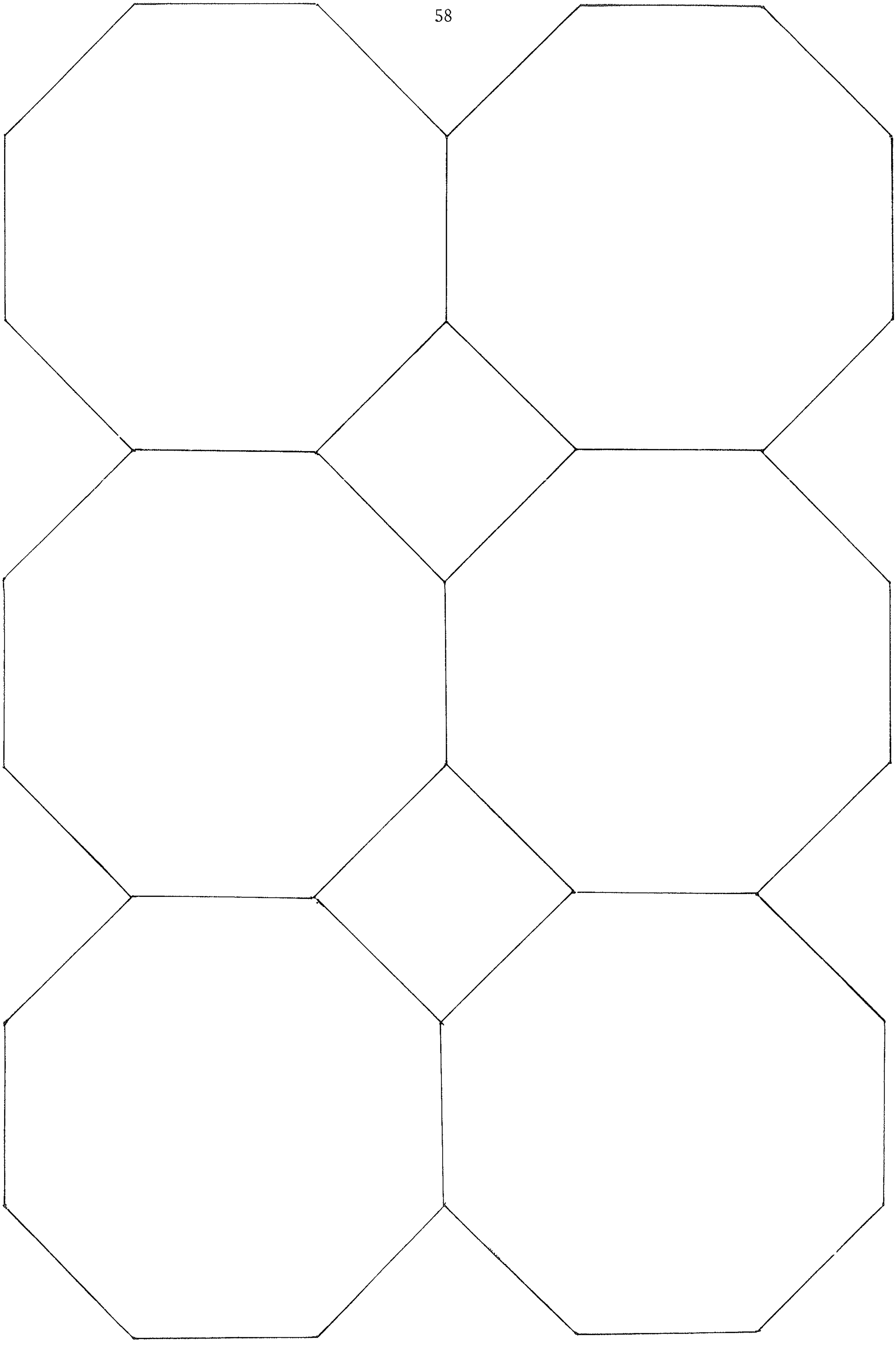
APPENDICE I

Planches de polygones à décalquer sur du carton léger puis à découper, pour servir à construire des polyèdres.

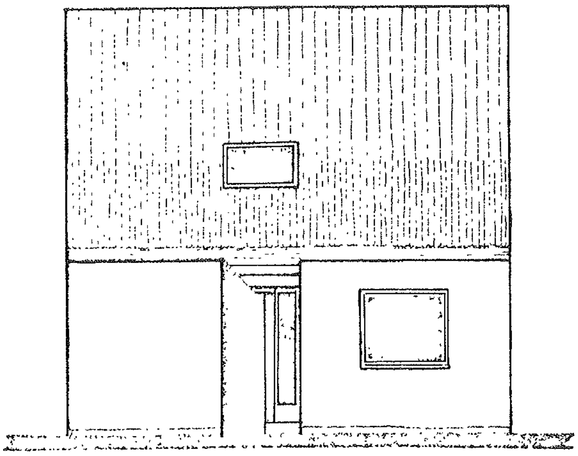




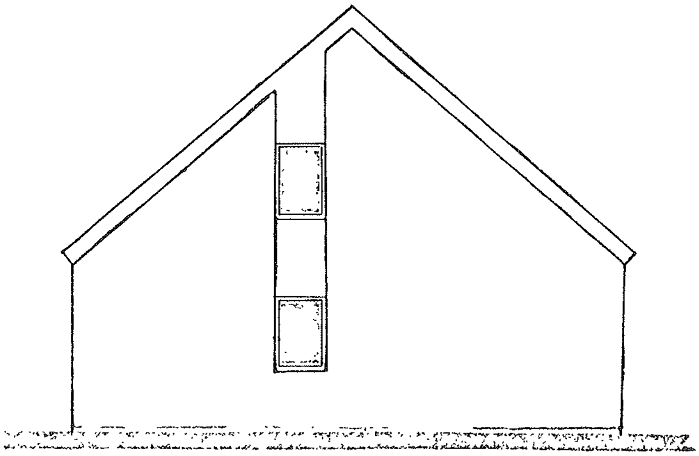




APPENDICE II

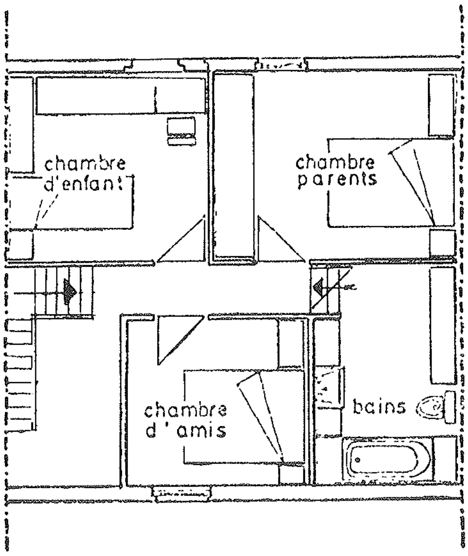


façade

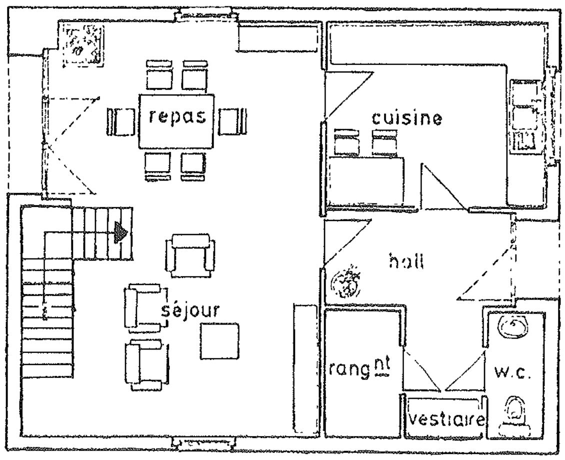


pignon

vues en elevation



etage



rez-de-chaussee

vues en plan

Dossiers du GEM

n° 1 : *Une expérience d'enseignement mathématique à l'école professionnelle*; 22 pages, 1979, 40 FB.
n° 2 : *Une géométrie pour tous les jours*; 104 pages, 2e éd. 1981, 130 FB.
n° 3 : *L'archipel des isométries, Essai de redécouverte*; 270 pages, 1982, 480 FB.

Propositions du GEM

n° 1 : *Le Groupe d'Enseignement Mathématique*; 13 pages, 1981, 30 FB.
n° 2 : *Rencontres avec l'infini*; 44 pages, 1981, 100 FB.
n° 3 : *L'outil vectoriel*; 21 pages, 1981, 60 FB.
n° 4 : *Les fonctions, c'est aussi autre chose ...*; 44 pages, 1981, 100 FB.
n° 5 : *Fouetter un chat avec une droite*; 24 pages, 1981, 75 FB.
n° 6 : *Une isométrie de l'espace vue à basse, moyenne et haute altitude*; 25 pages, 1982, 80 FB.

Diffusion

pour recevoir un de ces documents, il suffit d'en virer le prix (majoré des frais de port et d'expédition : 20 FB pour la Belgique et 40 FB pour l'étranger) au compte n° 068-0845670-51 du GEM, Chemin du Cyclotron 2, B-1348 Louvain-la-Neuve (Belgique), en n'oubliant pas de préciser : Dossier n° ... ou Propositions n° ...

Dépôt légal : D/1982/3599/2