



HAL
open science

Pédagogie et didactique des mathématiques liées au domaine architectural

Edith Crescenzi

► To cite this version:

Edith Crescenzi. Pédagogie et didactique des mathématiques liées au domaine architectural. [Rapport de recherche] 0854/93, Ecole Nationale Supérieure d'Architecture de Paris-La Villette; Bureau de la recherche architecturale (BRA). 1993. <hal-03097446>

HAL Id: hal-03097446

<https://hal.science/hal-03097446v1>

Submitted on 5 Jan 2021

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire HAL, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



HAL Authorization

CONDA 854.

ECOLE D'ARCHITECTURE DE PARIS LA VILLETTE
144, rue de Flandre, 75019 PARIS

PEDAGOGIE ET DIDACTIQUE DES MATHÉMATIQUES
LIÉES AU DOMAINE ARCHITECTURAL

*Analyse de modèles géométriques susceptibles
d'intervenir dans l'élaboration
et dans la conception du projet architectural*

Responsable scientifique : Edith CRESCENZI

Ministère de l'Équipement, du Logement, des Transports
et de la Mer
Direction de l'Architecture et de l'Urbanisme
Sous-Direction des Enseignements et des Professions
Bureau de la Recherche Architecturale
Lettre de commande n° 88410 du 10.05.93

EA PARIS Belleville



0004123

SOMMAIRE

Inv...	JJ.114.....
MFN...	2647.....
Cote...	CORDA.854

I - INTRODUCTION

Mathématiques et Architecture p.3

Présentation de la recherche

II - PROBLEMATIQUE ET METHODOLOGIE

Problématique générale p.5

Ingénierie didactique et mise en oeuvre p.7

III - QUELQUES MODELES GEOMETRIQUES EN ARCHITECTURE**La Situation Expérimentale**

1) DESCRIPTION GENERALE:

consignes, hypothèses et résultats escomptés;

p.9

2) PRESENTATION ET ANALYSE DE QUELQUES MODELES

GEOMETRIQUES:

+ Pavages de l'espace 2D,3D.

p.11

+ Courbes du second degré:

raccordement de courbes

p.28

coniques

p.43

+ Surfaces du second degré :

Structures "surfaçoïdales" ou

structures gauches p.56

Paraboloides hyperboliques

p.75

+ La Perspective comme modèle de
représentation. p.110

IV - CONCLUSION

1) **SYNTHESE DES DIFFERENTES ANALYSES**

p.118

2) **EN QUOI CETTE ETUDE CONTRIBUE-T-ELLE**

A LA RECHERCHE, A L'ENSEIGNEMENT?

p.121

3) **CONCLUSION GENERALE.**

p.121

I - INTRODUCTION

Mathématiques-Architecture

Les liens des Mathématiques et plus particulièrement de la Géométrie avec l'Architecture ne sont plus à démontrer. De tout temps la connaissance des nombres et des tracés géométriques ont prévalu dans les grands ouvrages architecturés.

De nos jours encore, les plus grands architectes témoignent dans leurs projets de leurs compétences savantes à agir sur la morphologie et l'organisation des espaces sur lesquels ils travaillent.

Présentation de la recherche

Aussi le dernier volet de cette étude qui s'inscrit toujours dans le cadre d'une recherche didactique sur l'enseignement des mathématiques en Architecture propose cette année de développer des éléments de réflexion sur les modèles géométriques qui interviennent dans l'élaboration et dans la réalisation du projet architectural.

Et de fait, dans le chapitre suivant nous serons amenés à préciser quels sont les tenants et les aboutissants d'une telle recherche, quel "matériel didactique" nous avons dû mettre en oeuvre pour mener à bien cette étude sur les modèles géométriques intervenant dans l'organisation des espaces élaborés et conçus par l'étudiant en Architecture.

D'une certaine façon, cette étude peut être aussi considérée comme celle de l'évaluation de la passation d'un savoir scientifique qui, lié à la pratique architecturale, devient opérationnel. L'objectif de cette étude est aussi

celui de soumettre à examen critique les pratiques existantes.

Les méthodes pour connaître, évaluer le système de connaissances de l'étudiant sont complexes et, dans ce cas précis, ne peuvent être significatives, aussi nous ne pourrions prétendre à de telles conclusions. Cependant nous gageons que cette étude nous aidera à progresser dans notre enseignement, et à réfléchir sur :

"Quels concepts enseigner, et comment les faire acquérir.

Pour mener à bien cette étude bien complexe, il nous apparaissait évident de distinguer deux types de situations:

la situation expérimentale qui correspond à l'application directe d'un savoir,

la situation d'observation où l'enseignant n'est plus qu'un observateur " à un autre degré" du comportement de l'étudiant

par rapport à un certain savoir scientifique.

Ces deux situations conjuguées nous semblaient très porteuses d'informations et de réflexions pour notre recherche puisque dans l'une l'activité mathématique était dirigée (par l'enseignant), alors que dans l'autre elle correspondait à un libre choix (raisonné) par l'étudiant.

Faute de temps, (délais très courts) et de moyens, nous n'avons pu mener à bien cette dernière partie, qui devait porter sur des modèles géométriques similaires à ceux présentés en situation expérimentale, faute de quoi, notre évaluation n'avait plus de sens.

Nous pensons néanmoins poursuivre cette analyse dans ce dernier cas. Les entretiens prévus avec les étudiants ayant pour but de nous éclairer sur leur choix "délibéré" du modèle géométrique par rapport à leur problématique. Nous espérons ainsi être en mesure d'établir des jugements plus objectifs puisque portant sur des projets d'étudiants "anonymes" et de contribuer à faire progresser la recherche didactique dans ce domaine.

II PROBLEMATIQUE ET METHODOLOGIE

Problématique générale

- Etat de la question

Dans les Ecoles d'Architecture les Sciences Exactes comme les Sciences de la Construction font partie intégrante du cursus des études. Bien souvent, en ce qui concerne les sciences exactes l'enseignement se fait de façon théorique. En nous limitant au seul domaine de la Géométrie, nous pourrions réfléchir sur les points suivants:

- est-il nécessaire de lier la Géométrie et l'Architecture?

ou encore,

- quel est le rôle de la Géométrie dans ces études?

- y apporte-t-elle une valeur intellectuelle, ou une aide à la conception architecturale?

Répondre à ces questions entraînerait de bien longs débats, qui sont cependant souhaitables dans le cadre d'une réflexion pédagogique, mais que nous ne nous hasarderons pas à aborder, ni à confronter nos idées sur ce sujet. Nous pensons, en effet, que toutes ces questions méritent beaucoup d'attention. Elles sont pleinement justifiées si nous reconnaissons que le programme de géométrie est complexe et parfois difficilement accessible aux étudiants ayant peu de formation scientifique. Même si les finalités de cet enseignement sont aussi architecturales, celui-ci ne peut se passer, à un moment donné, d'un certain niveau d'abstraction, faute de quoi le vocabulaire courant ne suffit plus pour circonscrire les objets mathématiques et en donner des définitions rigoureuses. Cette connaissance sensible des objets mathématiques, bien que sécurisante, conduirait à l'élaboration d'autres modèles, inadéquats dans leurs applications.

Par ailleurs, il est certain que l'étudiant en Architecture a besoin pour sa pratique de connaître des modèles géométriques, voire de les maîtriser, même s'ils sont complexes.

- Problème

Il est le suivant:

Quels sont les objets, outils mathématiques susceptibles de répondre aux besoins de l'étudiant en Architecture?

mais surtout,

Comment les transmettre?

Evaluation des besoins

Mais tout d'abord, comment définir un besoin d'apprentissage?

c'est peut être l'écart constaté entre un état de la connaissance supposé requis et l'état existant.

Nous pouvons nous questionner à ce sujet, en effet:

- comment déterminer qu'un étudiant a besoin d'une connaissance?

- suffit-il de "désirer" une connaissance pour que cela devienne un besoin?

Trois méthodes sont généralement utilisées pour définir les besoins.

* des études documentaires à partir de l'analyse de textes officiels, de programmes antérieurs, de programmes établis dans les autres écoles d'architecture.

* l'étude des "desiderata", en principe des étudiants, mais eux-mêmes ont-ils toujours conscience de leurs besoins, et aussi de nos collègues architectes, constructeurs...

* l'étude des écarts, qui a pour objet de déterminer ce qui sépare un état actuel d'un état désiré.

Ces trois démarches sont généralement conjuguées pour définir "au mieux" avec les enseignants architectes et constructeurs ce qui pourrait s'appeler un programme d'enseignement obligatoire des mathématiques.

La liste en est la suivante:

Trigonométrie

Eléments de Géométrie euclidienne en 2D et 3D

Courbes en paramétriques

Géométrie vectorielle

Coniques

Transformations isométriques, affine, et projective dont la descriptive et la perspective n'en sont qu'un aspect

Surfaces gauches

Techniques minimales de calcul intégral et différentiel.

Cette liste des contenus doit encore rester cohérente avec nos objectifs qui sont:

développer la culture scientifique,
la démarche intellectuelle,
le raisonnement logico-déductif,
la compréhension et la maîtrise des articulations des structures spatiales.

Ingénierie didactique et mise en oeuvre

"L'idée dominante de la réflexion en didactique des mathématiques, c'est que les mathématiques ne sont pas un ensemble de procédés (de calculs) dont il suffirait de connaître le mode d'emploi, mais un savoir qui se construit comme réponse à des questions"

A.Vergnioux, *Pédagogie et théorie de la connaissance*, Berne, Lang, 1991.

L'ingénierie didactique va consister à trouver des situations, encore appelées situations d'apprentissage, où les objets mathématiques ont une signification pour l'étudiant parce qu'il les ressent comme potentiellement adéquats et/ ou opérationnels dans une problématique posée. De plus, c'est dans ce genre de situation qu'il est possible de contrôler les conditions d'apprentissage et d'appropriation du savoir.

Nous avons donc cherché à mettre en oeuvre ces techniques didactiques pour analyser l'acquisition du savoir, en tant que modèle géométrique susceptible d'intervenir dans l'élaboration et la conception du projet architectural.

III - QUELQUES MODELES GEOMETRIQUES EN ARCHITECTURE

L'objet de ce chapitre est de présenter et d'analyser un certain nombre de projets d'étudiants qui mettent en oeuvre des modèles mathématiques que nous avons jugés intéressants d'exposer.

Nous avons déjà expliqué pourquoi il nous semblait primordial de différencier pour cette étude deux types de situation:

* celle où le chercheur, l'enseignant observe les "comportements" au sens large, c'est à dire les procédures ou stratégies de résolution de problèmes concrétisés dans le choix d'un ou de plusieurs modèles géométriques proposés par l'étudiant comme les plus pertinents dans l'élaboration et la conception de son projet.

* celle au contraire où le modèle géométrique est imposé et doit trouver sa fonction dans un projet ou une ébauche de projet architectural.

Dans le premier cas, la variable, modèle géométrique, est une variable "réponse", elle doit satisfaire un programme donné, c'est une variable dépendante.

Dans le second cas, la variable est active, c'est encore une variable "stimulus"; en tant que variable expérimentale, elle est indépendante, le projet vient se greffer dessus.

Par ailleurs, cette recherche fait partie intégrante d'un enseignement, aussi nous commencerons par exposer la situation expérimentale, espérant convaincre le lecteur de l'aspect "feedback" qui est une des valeurs les plus riches de cette pédagogie.

La situation expérimentale

1) DESCRIPTION GENERALE

Nous proposons le modèle géométrique en tant que modèle susceptible d'intervenir dans un projet architectural. Cela suppose qu'au préalable ce modèle ait été introduit en cours, c'est à dire qu'il ait été défini, étudié de façon formelle et algébrique, que de brefs exercices de résolution algébrique, de représentation visant à faire acquérir la totalité de ce concept aient déjà eu lieu.

Dans ce qui suit, nous ne cherchons pas tant à connaître les processus d'acquisition et d'assimilation du savoir, mais à mesurer une méthode co-active, c'est à dire qu'une certaine activité est requise de l'étudiant, mais elle est guidée de l'extérieur par l'enseignant.

- La consigne

C'est le problème mathématique auquel l'étudiant se trouve confronté. Il se présente la plupart du temps sous deux parties, que l'étudiant devra successivement traiter:

la partie théorique: c'est la résolution du problème, (au sens mathématique du terme!). Notons au passage qu'elle est considérée par les didacticiens comme une des activités essentielles dans l'assimilation du savoir;

la partie "conceptuelle": il s'agit de "composer avec" le modèle donné de façon à l'intégrer dans un projet, ou avant-projet architectural. Pour cela l'étudiant doit faire appel à son imaginaire créatif tout en démontrant qu'il maîtrise le modèle.

- Hypothèses et résultats escomptés

Une des hypothèses envisagées est que le savoir "passe" mieux lorsqu'il se trouve concrétisé par des applications directes dans les champs de préoccupation des étudiants. Envisageant alors les possibilités opérationnelles du

modèle, l'étudiant fera plus un effort de compréhension, ou du moins y manifestera plus d'intérêt que sur un modèle géométrique traité seulement algébriquement.

Une autre hypothèse est celle de démontrer que l'acquisition d'un savoir n'est pas seulement évaluée à partir de la résolution algébrique du problème, mais aussi par les capacités de l'étudiant pour intégrer ce modèle dans une problématique conceptuelle.

Cette forme d'enseignement devrait susciter la demande de savoirs scientifiques et techniques liés, eux, aux pratiques architecturales.

2) PRESENTATION ET ANALYSE DE QUELQUES MODELES GEOMETRIQUES

Pavages 2D, 3D.

Premier modèle.

C'est celui des *pavages réguliers ou semi-réguliers* du plan. Les propriétés métriques et angulaires sur les polygones convexes réguliers ont été démontrées ainsi que les conditions angulaires qui régissent dans ces types de configurations, (des planches extraites du Töth ont été données).

On précise alors certaines opérations ou manipulations géométriques permettant de créer d'autres configurations, à savoir :

- la dualité,
- la troncature par rapport à un noeud de la configuration,
- l'assemblage,
- la bissection, la trissection, etc...

Première consigne:

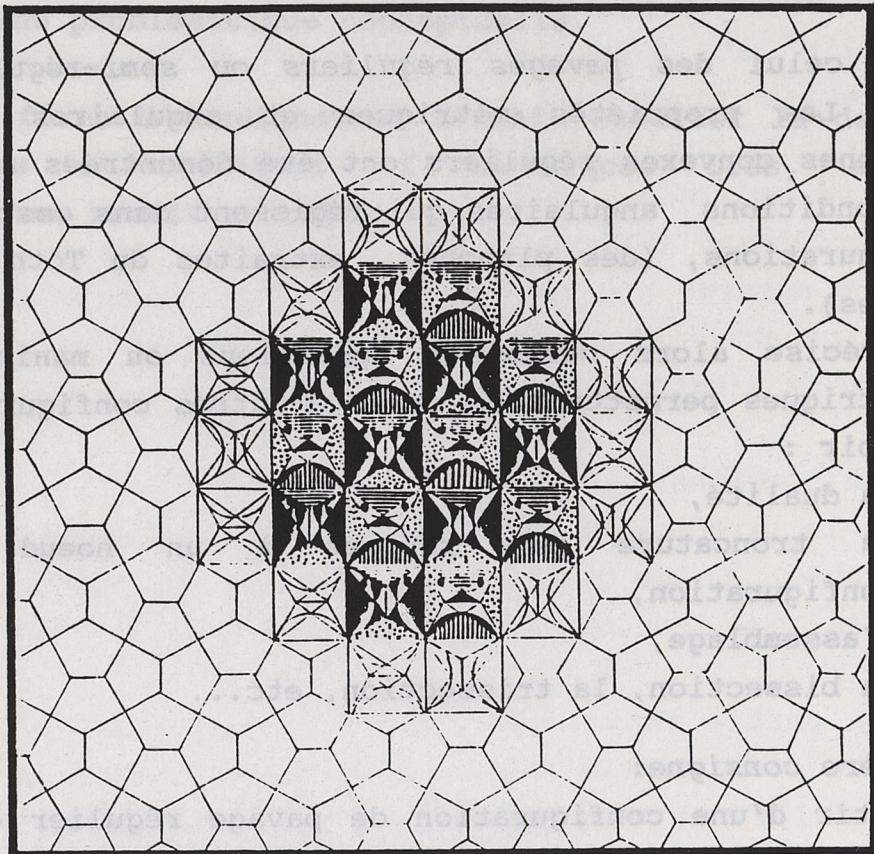
A partir d'une configuration de pavage régulier ou semi-régulier, explorer la richesse combinatoire de nouvelles configurations possibles en utilisant des transformations géométriques, y compris celles citées plus haut.

A titre d'exemple nous présentons deux études de Caroline Béné, étudiante de 1ère année:

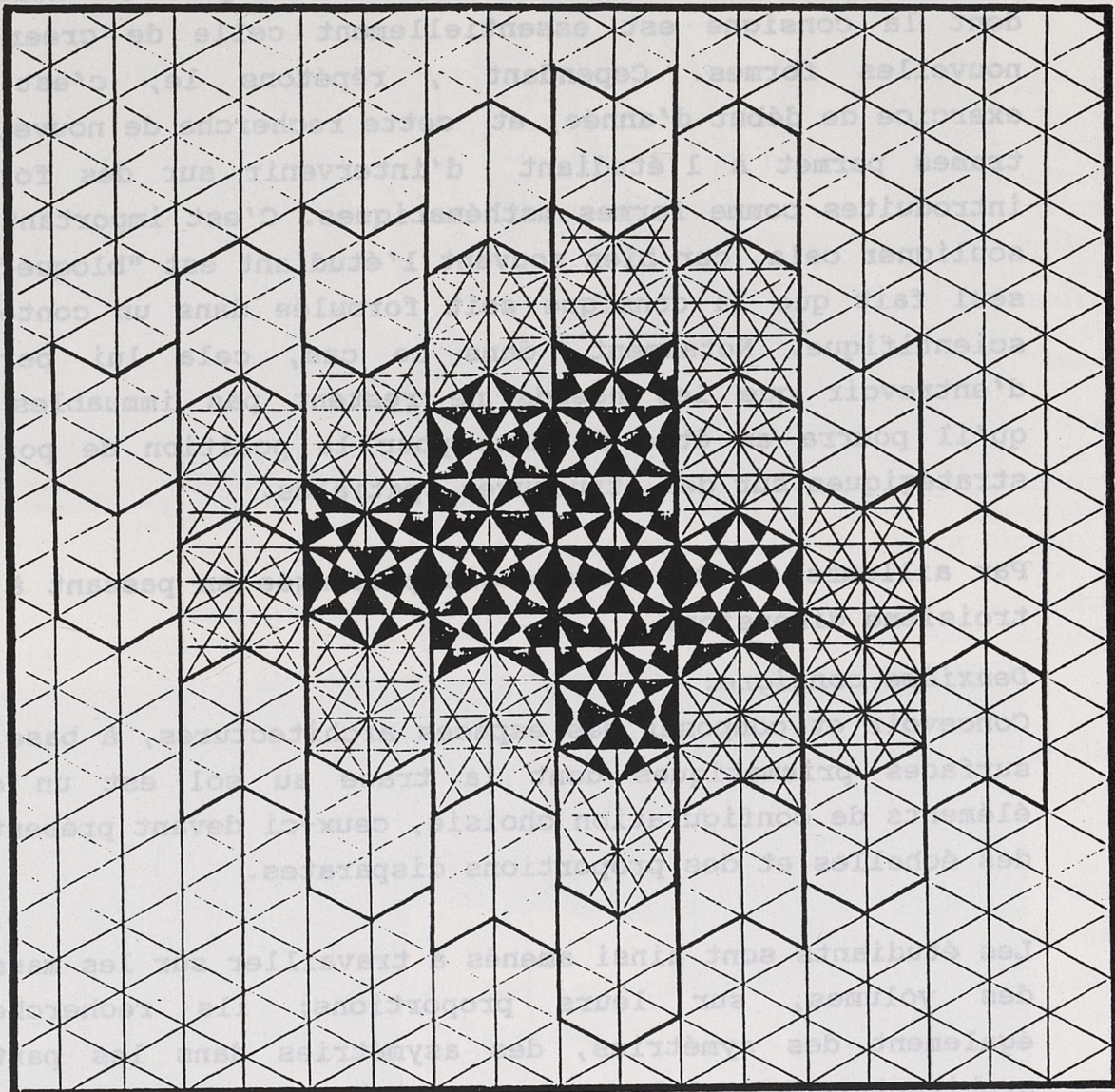
- Dans la première étude, elle part d'une trame régulière de triangles équilatéraux;

elle y pratique d'abord l'opération "assemblage", puis tenant compte de la subdivision des triangles équilatéraux par leurs bissectrices, elle travaille sur cette nouvelle trame en "négatif et positif".

- Dans l'autre étude, elle part du dual de la configuration (3,3,4,3,4);



Il y a certes un aspect ludique dans ce genre d'exercice
très plastique dans cette dernière étape.



comment la régularité de l'ordre géométrique au sol se
trouve "cassée" par les différentes hauteurs, par les
diverges orientations des plans obliques supérieurs, ...
sans vraiment prétendre commencer un projet architectural,
cet exercice amène les étudiants à réfléchir sur
l'organisation et la structuration des espaces réels par
une trame déjà définie au sol.

Ici aussi, à titre d'illustration, nous présentons deux
maquettes.

111

elle subdivise cette trame à l'aide de la trissection angulaire et d'arcs de cercle. Elle propose un traitement très plastique dans cette dernière étape.

Il y a certes un aspect ludique dans ce genre d'exercice dont la consigne est essentiellement celle de créer de nouvelles formes. Cependant, répétons le, c'est un exercice de début d'année, et cette recherche de nouvelles trames permet à l'étudiant d'intervenir sur des formes introduites comme formes mathématiques. C'est important de souligner cela, car bien souvent l'étudiant est "bloqué" du seul fait que la consigne soit formulée dans un contexte scientifique. Notamment, dans ce cas, cela lui permet d'entrevoir que les noeuds ne restent pas immuables et qu'il pourra en être de même pour la position de points stratégiques sur des structures spatiales.

Par ailleurs, cette étude était prolongée en passant à la troisième dimension.

Deuxième consigne:

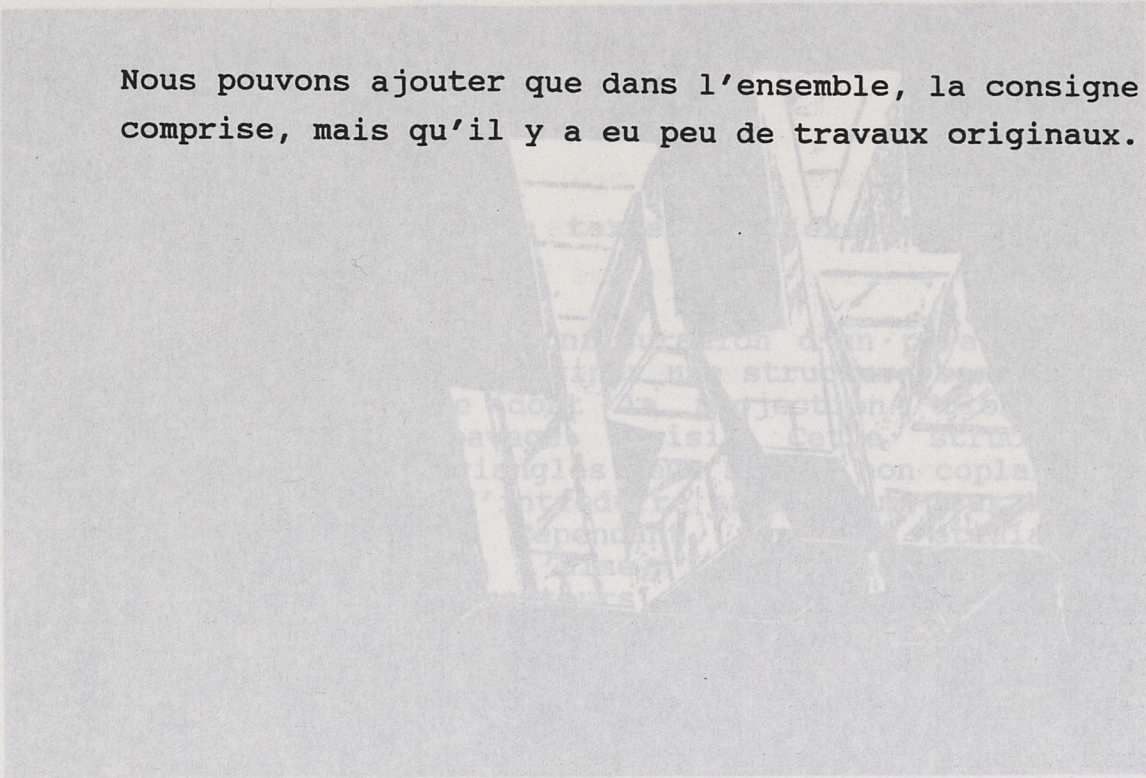
Concevoir et composer des espaces architecturés, à base de surfaces prismatiques dont la trace au sol est un des éléments de configuration choisie, ceux-ci devant présenter des échelles et des proportions disparates.

Les étudiants sont ainsi amenés à travailler sur les masses des volumes, sur leurs proportions; ils recherchent également des symétries, des asymétries dans les partis architecturaux qu'ils proposent; ils peuvent remarquer comment la régularité de l'ordre géométrique au sol se trouve "cassée" par les différentes hauteurs, par les diverses orientations des plans obliques supérieurs, ...

Sans vraiment prétendre commencer un projet architectural, cet exercice amène les étudiants à réfléchir sur l'organisation et la structuration des espaces régis par une trame déjà définie au sol.

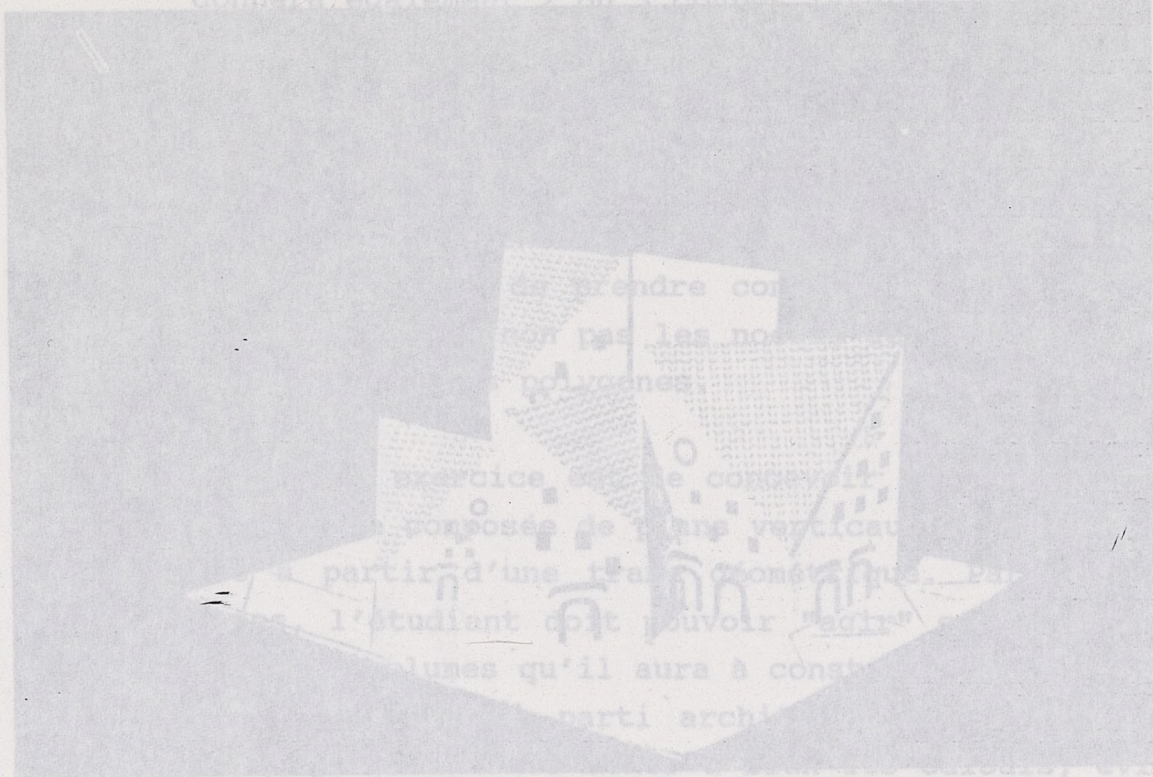
Ici aussi, à titre d'illustration, nous présentons deux maquettes.

Nous pouvons ajouter que dans l'ensemble, la consigne a été comprise, mais qu'il y a eu peu de travaux originaux.

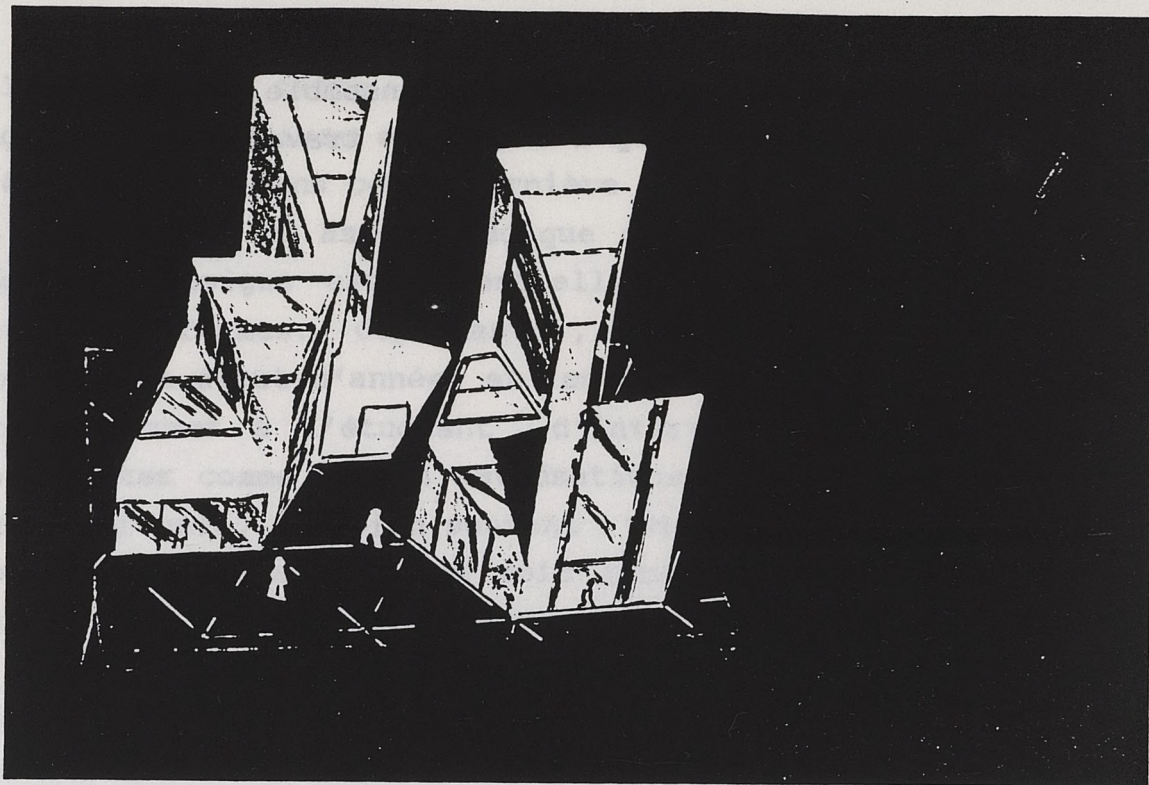


quelques esquisses ou avant-projets à préciser l'orientation que vous souhaitez donner à cette étude.

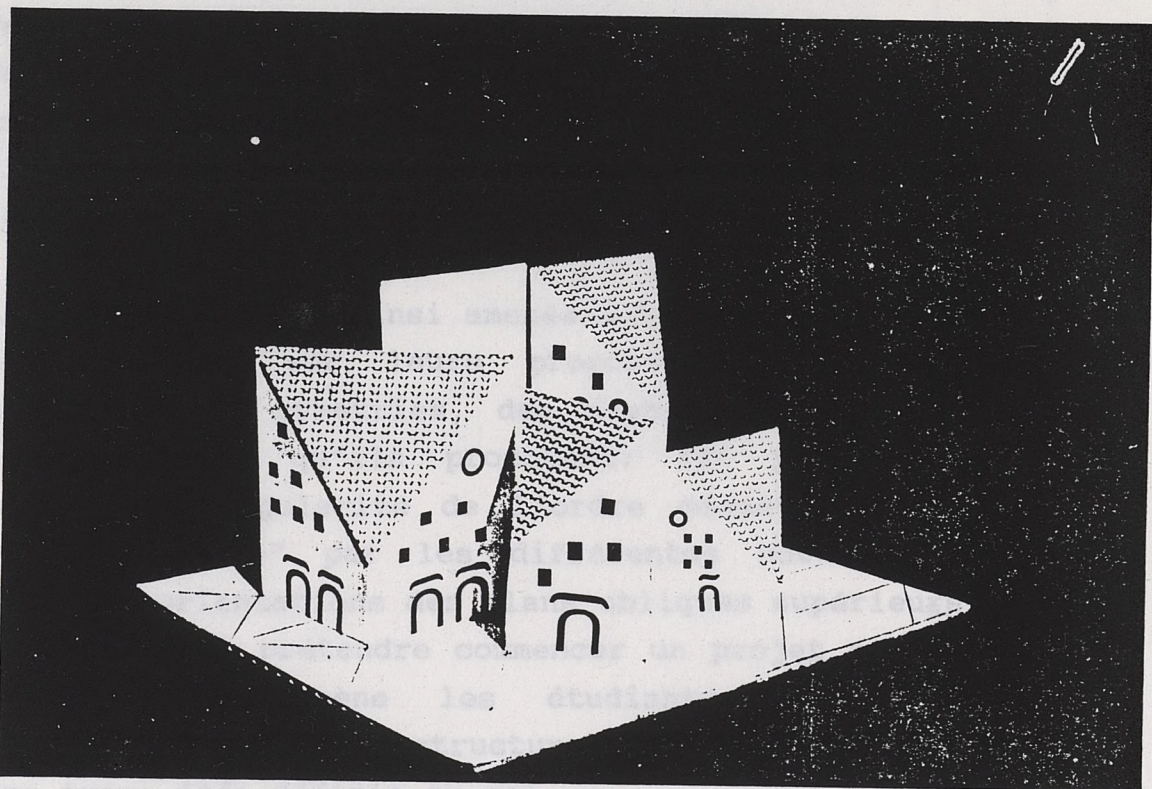
1) Présentation du projet mis en situation, par une maquette, ou un rendu en géométral + axonométrie; on donnera également 2 ou 3 coupes intéressantes.



s'il a su choisir les bons plans de coupes!



Par ailleurs, cette œuvre est présentée en passant à la troisième dimension.



une trame de points blancs sur un fond noir.

Ici aussi, à titre d'illustration, nous présentons deux maquettes.

Deuxième modèle

Consigne

Nous reproduisons le texte de l'exercice qui avait été donné.

A partir de la configuration d'un pavage régulier ou semi-régulier, imaginer une structure constructive tridimensionnelle dont la projection "globale" au sol serait le pavage choisi. Cette structure serait composée de triangles deux à deux non coplanaires, d'où la nécessité d'introduire au minimum deux hauteurs h_1 , h_2 distinctes. Cependant, pour les étudiants qui se sentent plus à l'aise, il est recommandé de prendre plus de deux hauteurs distinctes afin de varier les volumes, (au delà de quatre hauteurs, le programme deviendrait déjà plus complexe à gérer!). Remarquer que le choix du pavage, comme de la structure 3D infléchissent la fonction de l'ensemble du parti spatial ainsi conçu; vous serez donc amenés, après quelques esquisses ou avant-projets à préciser l'orientation que vous souhaitez donner à cette étude.

1) Présentation du projet mis en situation, par une maquette, ou un rendu en géométral + axonométrie; on donnera également 2 ou 3 coupes intéressantes.

2) Evaluer les aires des triangles.
Préciser leur inclinaison par rapport au sol, l'angle de deux plans obliques adjacents.

Dans la consigne l'enseignant précise que l'étudiant peut également envisager de prendre comme points d'appui de sa structure couvrante non pas les noeuds de la configuration, mais les centres des polygones.

Le but de cet exercice est de concevoir une structure tridimensionnelle composée de plans verticaux et obliques, et définie à partir d'une trame géométrique. Par des coupes adéquates, l'étudiant doit pouvoir "agir" sur les hauteurs donc sur les volumes qu'il aura à construire; il doit être capable d'analyser le parti architectural proposé, savoir gérer les paramètres et mener à bien les calculs, évidents s'il a su choisir les bons plans de coupes!

Dans l'ensemble les étudiants adhèrent à ce genre de consigne puisque les trames géométriques ont été développées en cours, qu'ils maîtrisent la trigonométrie et le théorème de Pythagore, seuls outils nécessaires pour calculer les différentes mesures demandées.

La production de leurs travaux est parlante. Nous soumettons au lecteur les rendus de deux étudiantes de 1ère année:

Justine Aublin,

Fabienne Guidoux,

qui diffèrent dans leur approche, par leurs connaissances pré-acquises et acquises, dans leur mode de représentation.

Comme nous l'avons déjà exprimé, les résultats escomptés se trouvent validés:

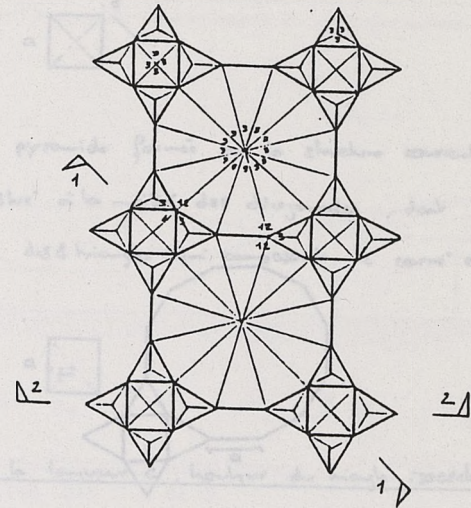
assimilation du savoir puisque tous les étudiants ont su mener à bien la partie algébrique et la partie créative. Il semble que ce modèle géométrique soit adapté dans l'ébauche d'un projet tel qu'il a été défini. Les mathématiques peuvent aussi se représenter.

MATHÉMATIQUES

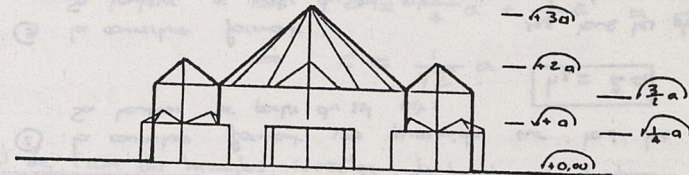
REALISATION D'UNE STRUCTURE COUVRANTE À PARTIR
D'UNE CONFIGURATION CHOISIE ET À BASE DE
TRIANGLES -



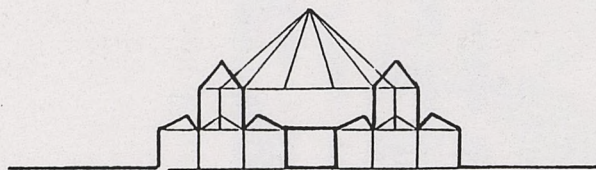
Réalisation d'une structure couvrante à partir d'une configuration semi-régulière:
Dodécaèdre - Triangle - Carré : 12.12.3 - 12.3.4.3 -



PLAN



COUPE 1/1

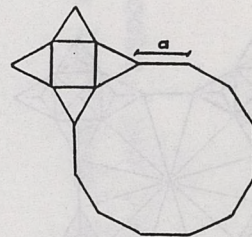


COUPE 2/2

On distingue 3 formes de structure couvrante:

- ① la couverture formant un tétraèdre sur tous les plans triangulaires.
Sa hauteur a par rapport au sol est: $h_1 = a$
- ② la couverture formant une pyramide sur tous les plans carrés.
Sa hauteur a par rapport au sol est: $h_2 = 2a$
- ③ la couverture formant sur tous les plans dodécagonaux.
Sa hauteur a par rapport au sol est: $h_3 = 3a$

Pour calculer la surface totale de cette structure couvrante, il convient de remarquer que la longueur des côtés des carrés, triangles et dodécagones est égale. Cette longueur vaut a , pour simplifier les calculs.



Surface des triangles de la structure courante ①, de hauteur $h_1 = a$

Considérons le triangle équilatéral de côté a , en plan.



Le sommet du tétraèdre formé par la structure courante est le barycentre de ce triangle, base du tétraèdre.

On sait que le barycentre est situé au $\frac{2}{3}$ des hauteurs de ce triangle.

• calcul de la longueur des hauteurs: h

On a d'après Pythagore:

$$a^2 = \left(\frac{1}{2}a\right)^2 + h^2$$

$$\Rightarrow a^2 = \frac{1}{4}a^2 + h^2$$

$$\Rightarrow h^2 = a^2 - \frac{1}{4}a^2 = \frac{3}{4}a^2$$

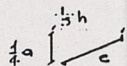
$$\Rightarrow h = \frac{\sqrt{3}}{2}a$$



• calcul de la longueur c , hauteur du triangle isocèle de la structure courante (triangle isocèle de base a)



en coupe:



$\frac{1}{4}a$ étant la valeur de la hauteur de la toiture seulement d'après la solution proposée (cf. coupe p. 1)
 h étant la hauteur trouvée ci-dessus.

On a, d'après Pythagore:

$$c^2 = \left(\frac{1}{4}a\right)^2 + \left(\frac{3}{4}h\right)^2$$

$$\Rightarrow c^2 = \frac{1}{16}a^2 + \frac{1}{9}h^2$$

$$\Rightarrow c^2 = \frac{1}{16}a^2 + \frac{1}{12}a^2 = \frac{7}{48}a^2$$

$$\Rightarrow c = \frac{\sqrt{7}}{4\sqrt{3}}a$$

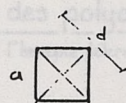
• calcul de l'aire des triangles isocèles, de hauteur c , de base a qui forment la structure courante ①

$$d_1 = \frac{1}{2}a \times c \Leftrightarrow$$

$$d_1 = \frac{\sqrt{7}}{8\sqrt{3}}a^2$$

Surface des triangles de la structure courante ②, de hauteur $h_2 = 2a$

Considérons le carré de côté a , en plan.



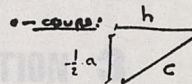
Le sommet de la pyramide formée par la structure courante est l'intersection des diagonales du carré.

On sait qu'il est situé à la moitié des diagonales, dont la longueur vaut $\sqrt{2}a = d$

Puis la hauteur des 4 triangles qui composent le carré en plan vaut donc $\frac{1}{2}a = h$



• calcul de la longueur c , hauteur du triangle isocèle de la structure courante.



$\frac{1}{2}a$ étant la valeur de la hauteur de la toiture seulement d'après la solution proposée (cf. coupe p. 1)
 h étant la hauteur trouvée ci-dessus

On a, d'après Pythagore:

$$c^2 = \left(\frac{1}{2}a\right)^2 + h^2$$

$$\Rightarrow c^2 = \frac{1}{4}a^2 + \frac{1}{4}a^2 = \frac{1}{2}a^2$$

$$\Rightarrow c = \frac{1}{\sqrt{2}}a$$

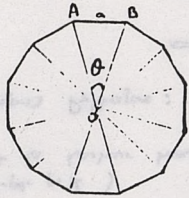
• calcul de l'aire des triangles isocèles, de hauteur c , de base a , qui forment la structure courante ②

$$d_2 = \frac{1}{2}a \times c$$

$$= d_2 = \frac{1}{2\sqrt{2}}a^2$$

Surface des triangles de la structure courante ③, de hauteur $h_3 = 3a$

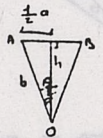
Considérons le dodécagone de côté a , e-plan:



On a:

$$\theta = \widehat{AOB} = \frac{2\pi}{12} = \frac{\pi}{6}$$

Considérons maintenant le triangle ABO:



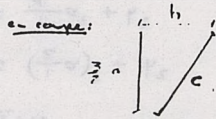
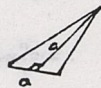
On a:

$$\begin{cases} \sin \frac{\theta}{2} = \frac{\frac{1}{2}a}{b} \\ \cos \frac{\theta}{2} = \frac{h}{b} \end{cases} \Rightarrow b = \frac{h}{\cos \frac{\theta}{2}}$$

$$\Rightarrow \sin \frac{\theta}{2} = \frac{\frac{1}{2}a \times \cos \frac{\theta}{2}}{h}$$

$$\Rightarrow h = \frac{1}{2}a \times \cotan \frac{\theta}{2} \quad \text{soit:} \quad h = \frac{1}{2}a \times \cotan \frac{\pi}{12}$$

• calcul de la longueur c , hauteur du triangle isocèle de la structure courante



$\left[\begin{array}{l} \frac{3}{2}a \text{ est la valeur de la hauteur de la toiture seulement d'après la solution proposée} \\ \text{(cf. coupe p. 1)} \\ h \text{ est la hauteur trouvée ci-dessus} \end{array} \right.$

On a d'après Pythagore:

$$c^2 = \left(\frac{3}{2}a\right)^2 + h^2$$

$$c^2 = \frac{9}{4}a^2 + \frac{1}{4}a^2 \cotan^2 \frac{\pi}{12} = \frac{9 + \cotan^2 \frac{\pi}{12}}{4} a^2$$

$$c = \frac{1}{2} \sqrt{9 + \cotan^2 \frac{\pi}{12}} a$$

• calcul de l'aire des triangles isocèles, de hauteur c , de base a , qui forment la structure courante ③

$$db_3 = \frac{1}{2} a \times c$$

$$\Rightarrow db_3 = \frac{1}{4} \sqrt{9 + \cotan^2 \frac{\pi}{12}} a^2$$

$$\approx \frac{1}{4} \sqrt{22,93} a^2$$

Evaluation de la surface de la structure courante dans sa totalité.

Dans la solution proposée, nous avons:

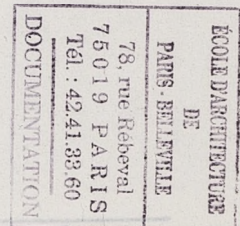
$$24 \text{ plans triangulaires, divisés en 3 triangles chacun} \Rightarrow 72 \times db_1$$

$$6 \text{ plans carrés, divisés en 4 triangles chacun} \Rightarrow 24 \times db_2$$

$$2 \text{ plans dodécagonaux, divisés en 12 triangles chacun} \Rightarrow 24 \times db_3$$

$$\begin{aligned} S &= 72 \times db_1 + 24 \times db_2 + 24 \times db_3 \\ &= 18 \frac{\sqrt{19}}{\sqrt{3}} a^2 + \frac{12}{\sqrt{2}} a^2 + 3 \sqrt{9 + \cotan^2 \frac{\pi}{12}} a^2 \\ &= \frac{18\sqrt{19}\sqrt{2} + 12\sqrt{3} + 3\sqrt{9 + \cotan^2 \frac{\pi}{12}}\sqrt{6}}{\sqrt{6}} a^2 \end{aligned}$$

$$S \approx 68,15 a^2$$

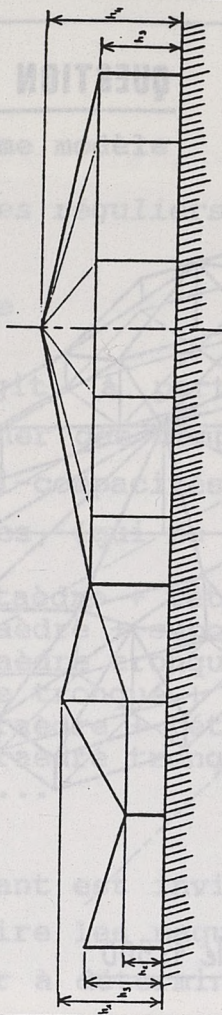


QUESTION 2

Élévation des polygones 1, 2, 3 en coupe A.A : (voir fig 1)

* On considère l'hexagone déterminé par l'ensemble des six triangles équilatéraux.

A.A

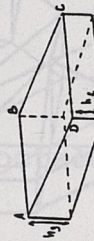


hauteurs: $h_1 = 8 \text{ m}$; $h_2 = 3 \text{ m}$; $h_3 = 6 \text{ m}$; $h_4 = 10 \text{ m}$

tous les polygones similaires à 1, 2 et 3 ont la même élévation respective que 1, 2 et 3.

QUESTION 3

couverture de type 1 : (élévation du polygone 1)



il s'agit d'un panneau rectangulaire oblique ABCD, d'aire α_1 telle que :

$$\alpha_1 = BC \times CD$$

$$CD = 10 \text{ m}$$

$$BC^2 = (h_2 - h_1)^2 + CD^2$$

$$BC = \sqrt{(6-3)^2 + 10^2}$$

$$BC = \sqrt{109}$$

$$BC = 10,44 \text{ m}$$

$$\alpha_1 = 10\sqrt{109}$$

$$\alpha_1 = 106,4$$

couverture de type 3 :



elle est entièrement composée de panneaux triangulaires identiques l'aire α_3 d'un de ces triangles EFG est telle que :

$$\alpha_3 = \frac{1}{2} (EF \times GF)$$

$$\text{ou } GF = 10 \text{ m}$$

$$\text{ou } \alpha_3 \text{ ou } CEH \text{ est la hauteur de EFG, triangle isocèle.}$$

$$\text{soit } [E'H'] \text{ la projection au sol de } [E'H],$$

$$E'H' = \sqrt{10^2 - 5^2}$$

$$E'H' = \sqrt{75}$$

$$E'H' = 8,66 \text{ m}$$

$$EH^2 = (E'H')^2 + (EE' - III')^2$$

$$EH^2 = \sqrt{75}^2 + 4^2$$

$$EH = \sqrt{91}$$

$$EH = 9,53 \text{ m}$$

$$\alpha_3 = \frac{1}{2} (10\sqrt{91})$$

$$\alpha_3 = 5\sqrt{91}$$

$$\alpha_3 = 47,69 \text{ m}^2$$

QUESTION 1

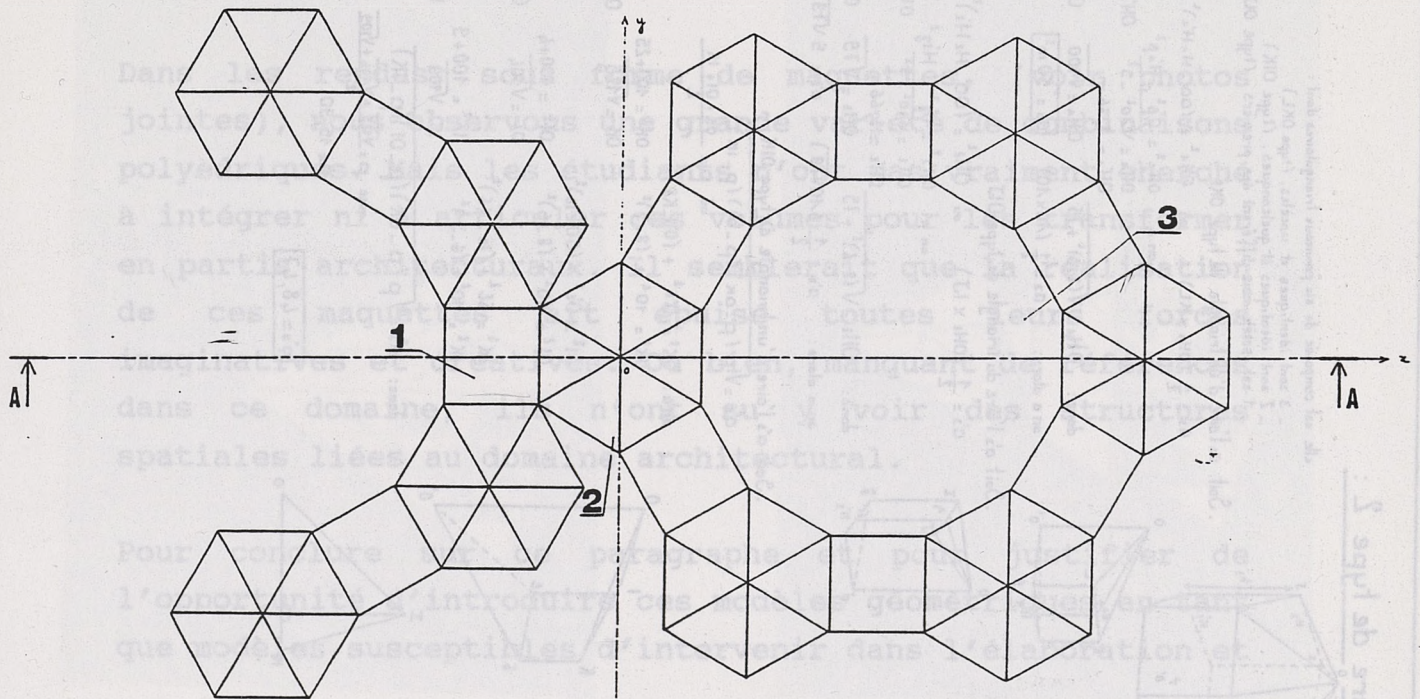


fig. 1

plan au sol. échelle 1:400

Couverture de type 2 :

elle est composée de six panneaux triangulaires dont :

- 3 sont identiques et isocèles. (type OKL)
- 2 sont identiques et quelconques. (type OIK)
- 1 est isocèle mais différent des premiers. (type OIJ)

Soit a_3 l'aire d'un triangle de type OKL :

$$a_3 = \frac{1}{2} (OH_1 \times KL) \quad \text{ou} \quad OH_1^2 = (OO' - H_1 \times H_1')^2 + OH_1'^2$$

$$\text{on a : } OH_1'^2 = OP^2 - H_1 \beta^2$$

$$OH_1'^2 = \sqrt{10^2 - 5^2} \quad OH_1' = \sqrt{75}$$

$$OH_1' \approx 8,66 \text{ m}$$

$$\text{donc : } OH_1 = \sqrt{(8,66)^2 + 75} \quad OH_1 = \sqrt{100} \quad OH_1 = 10 \text{ m}$$

$$\text{on a alors : } a_3 = \frac{1}{2} (10 \times 10) \quad a_3 = 50 \text{ m}^2$$

Soit a_3 l'aire du triangle de type OIJ :

$$a_3 = \frac{1}{2} (OH_1 \times IJ) \quad \text{ou} \quad OH_1^2 = (OO' - H_1 \times H_1')^2 + OH_1'^2$$

$$\text{on a : } OH_1'^2 = OJ^2 - H_1 \eta^2$$

$$OH_1'^2 = \sqrt{10^2 - 3^2} \quad OH_1' = \sqrt{75}$$

$$OH_1' \approx 8,66 \text{ m}$$

$$\text{donc : } OH_1 = \sqrt{(8,66)^2 + 75} \quad OH_1 = \sqrt{100} \quad OH_1 = 10 \text{ m}$$

$$\text{on a alors : } a_3 = \frac{1}{2} (10 \times 7,5) \quad a_3 = 37,5 \text{ m}^2$$

Soit a_3 l'aire d'un triangle de type OIK :

$$a_3 = \sqrt{p(p-OK)(p-OI)(p-IK)}$$

$$\text{ou } p = \frac{OK+OI+IK}{2}$$

$$\text{on a : } OK^2 = OI^2 + (OO' - K\delta)^2 \quad OK^2 = 100 + 25 \quad OK = \sqrt{125}$$

$$OK \approx 11,18 \text{ m}$$

$$OI^2 = OI^2 + (OO' - I\epsilon)^2 \quad OI^2 = 100 + 4 \quad OI = \sqrt{104}$$

$$OI \approx 10,20 \text{ m}$$

$$IK^2 = I\epsilon^2 + (I\epsilon - K\delta)^2 \quad IK^2 = 10^2 + 9 \quad IK = \sqrt{109}$$

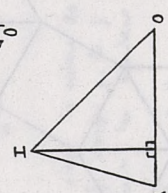
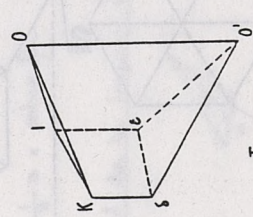
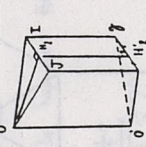
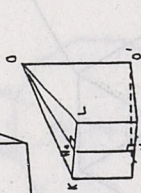
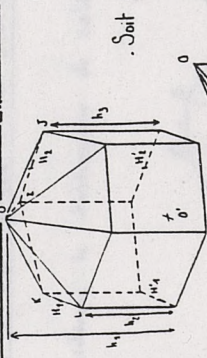
$$IK \approx 10,44$$

$$\text{donc : } a_3 = \sqrt{p(p-OK)(p-OI)(p-IK)}$$

$$\text{avec } p = \frac{\sqrt{125} + \sqrt{104} + \sqrt{109}}{2}$$

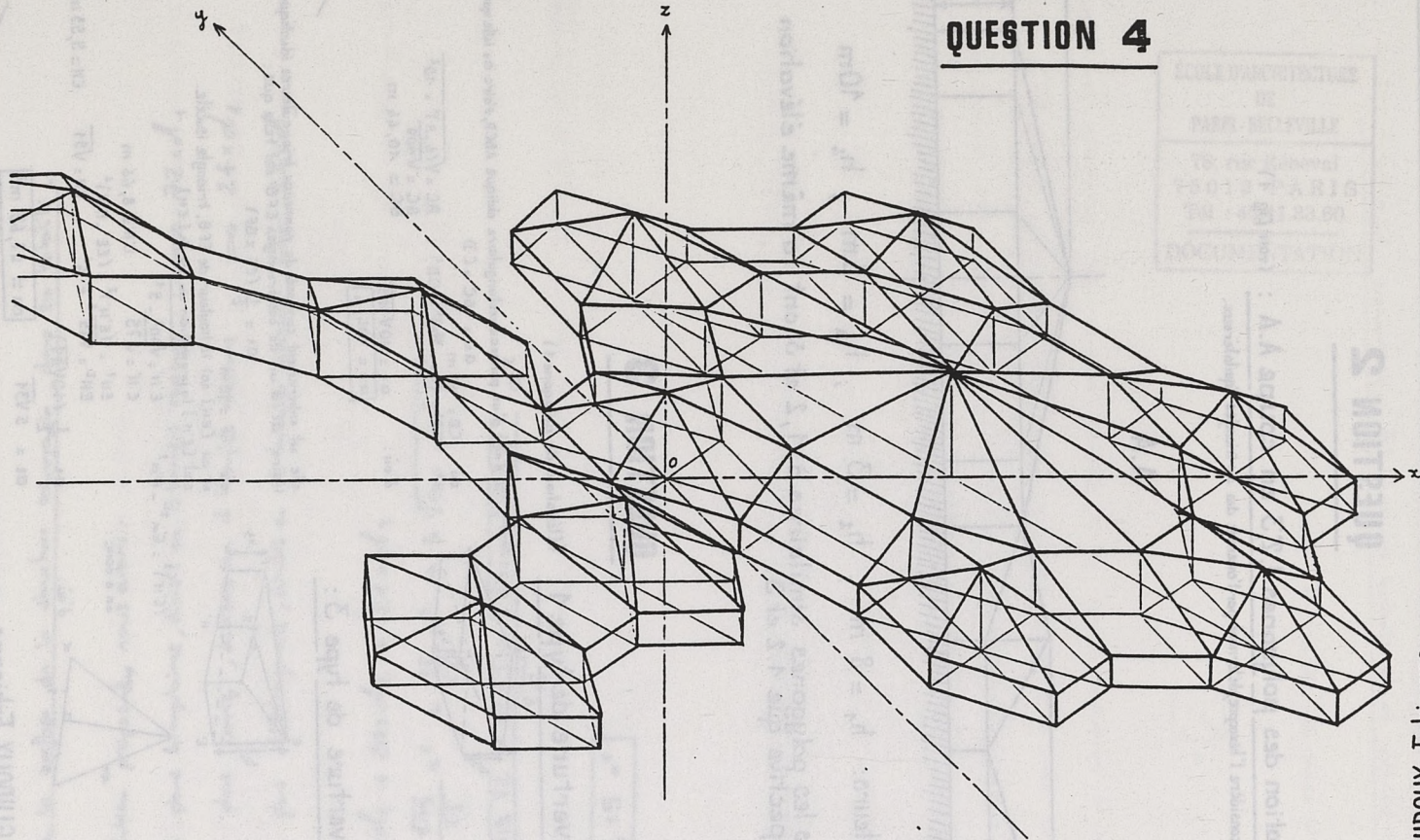
$$p \approx 15,90$$

$$a_3 = 48,47$$



QUESTION 4

Représentation en axonométrie du centre culturel . échelle 1:500



Troisième modèle

Polyèdres réguliers et semi-réguliers.

Consigne

Il s'agit, à partir des polyèdres ci-dessus nommés de rechercher des compacités de l'espace tri-dimensionnel, ou des semi-compacités à partir des combinaisons volumétriques suivantes, (qui ne sont que suggérées):

- octaèdre + tétratèdre
- octaèdre + cuboctaèdre
- octaèdre tronqué
- cube tronqué + octaèdre
- tétraèdre + tétraèdre tronqué
- tétraèdre tronqué + cuboctaèdre + octaèdre tronqué
- etc...

L'étudiant est invité à choisir une de ces combinaisons et construire les maquettes correspondantes. Il doit en outre chercher à déterminer la maille élémentaire, définie comme le plus petit groupement de volumes susceptible d'engendrer tout l'espace, ou une partie de l'espace si on accepte des "vides", ce peut être le cas si on envisage des empilements répétitifs de l'espace, mais qui ne le compactifient pas. A la suite de quoi, l'étudiant devait chercher à intégrer ces volumes dans le programme d'un parti architectural.

Dans les rendus, sous forme de maquettes, (voir photos jointes), nous observons une grande variété de combinaisons polyédriques. Mais les étudiants n'ont pas vraiment cherché à intégrer ni à articuler ces volumes pour les transformer en partis architecturaux. Il semblerait que la réalisation de ces maquettes ait épuisé toutes leurs forces imaginatives et créatives. Ou bien, manquant de références dans ce domaine, ils n'ont su y voir des structures spatiales liées au domaine architectural.

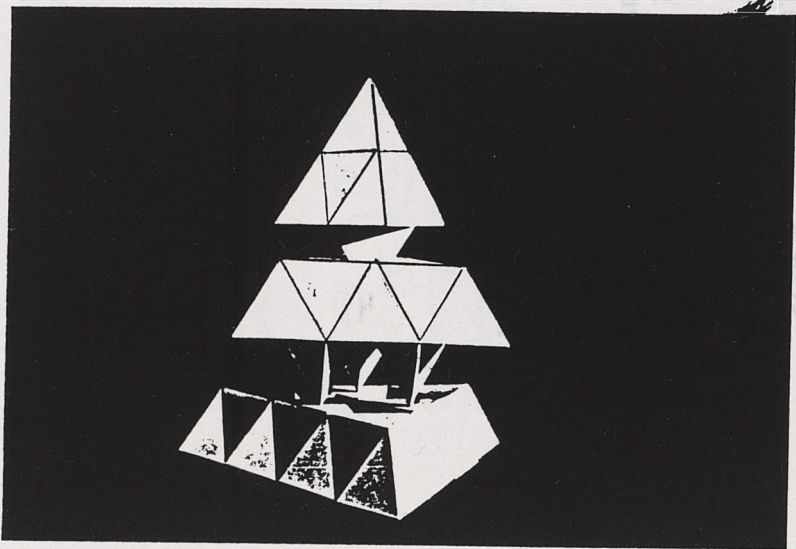
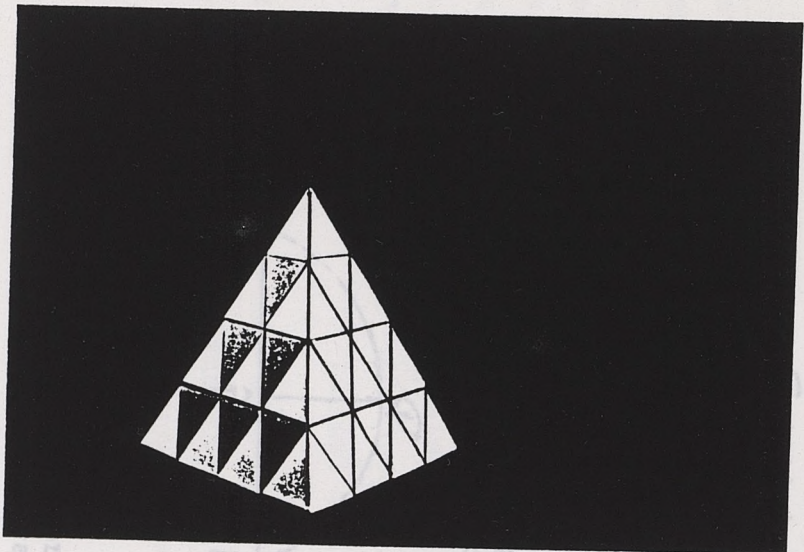
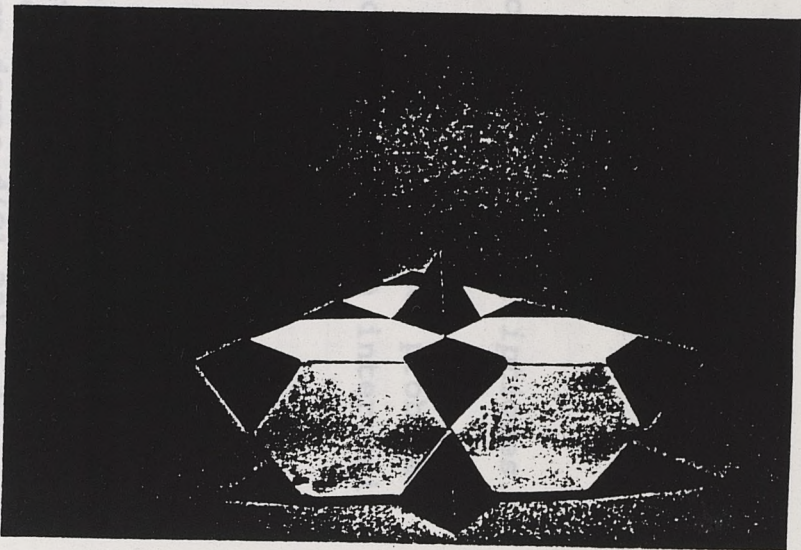
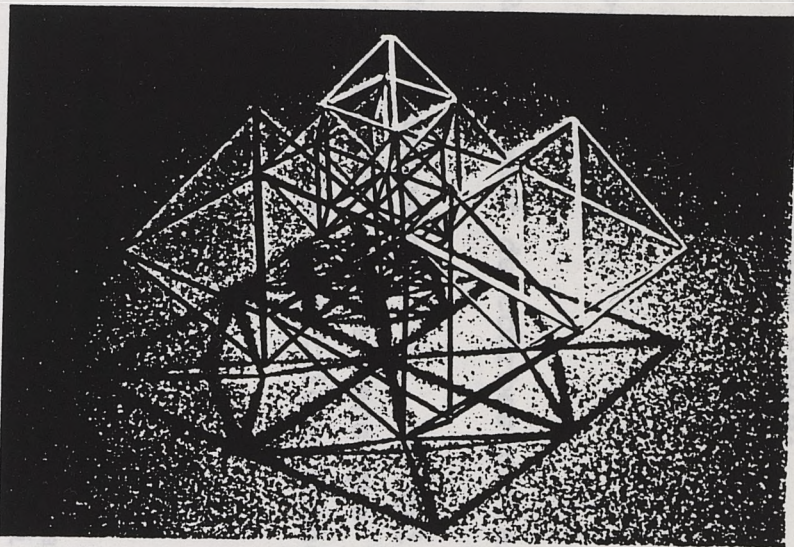
Pour conclure sur ce paragraphe et pour justifier de l'opportunité d'introduire ces modèles géométriques en tant que modèles susceptibles d'intervenir dans l'élaboration et

la conception d'un projet architectural, nous pouvons avancer que globalement la consigne a été suivie, mais qu'elle n' a pas été aussi fructueuse que nous pouvions l'espérer. Quelles pourraient en être les raisons?

Il semble que ce genre de consigne déconcerte les étudiants, surtout ceux qui ont un "bon niveau " en mathématiques, car pour eux les mathématiques c'est encore essentiellement de la résolution de problèmes. Ils ont du mal à concrétiser des concepts qui, selon eux, ne sont qu'opérateurs, mais au sens abstrait du terme. Le fait de passer d'un type d'enseignement où l'étudiant ne prend pas l'initiative de visualiser, à celle où il doit envisager cet aspect est quelque chose de nouveau pour lui.

Dans cette première approche d'analyse de structures simples ou composées, les étudiants sont capables de résoudre les problèmes et ils savent produire des formes. Cependant , ne restons pas trop pessimistes puisque dans cette première approche d'analyse des structures spatiales, les étudiants ont montré qu'ils savaient non seulement résoudre les problèmes, mais aussi produire de nouvelles formes.

Ceci nous permet de valider ce type de pédagogie basée sur l'application directe et concrète des modèles et concepts étudiés.



4) - Imaginer un objet tridimensionnel, (design, mobilier urbain, architecture...) qui intégrerait cette forme.

Courbes du second degré:

Raccordement de courbes
Coniques

Premier modèle

Raccordement de courbes par arcs de cercles, arcs elliptiques.

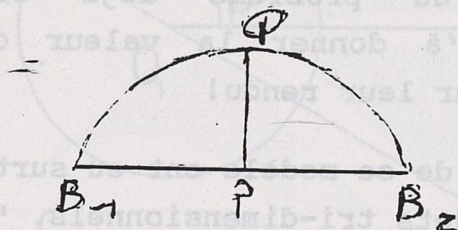
Nous proposons dans ce qui suit trois types de problèmes "dynamiques" en ce sens que les étudiants auront à intervenir sur un tracé géométrique donné.

Première consigne

1)- Construire l'ovale suivant :
deux cercles (C1), (C2) identiques, de centres O1, O2 respectivement, de rayon $R = 1$, on donne $d(O1, O2) = 4$, l'arc du cercle de raccordement passe par les points $A1 \in (C1)$, $A2 \in (C2)$, ils sont symétriques par rapport à la médiatrice de $O1O2$, et on précise que $(\widehat{O1O2}, \widehat{O1A1}) = 3\pi/4$. Préciser dans votre représentation l'échelle que vous prenez; calculer r , rayon du cercle de raccordement.

2)- Soit $B1 \in (C1)$ tel que $(\widehat{O1O2}, \widehat{O1B1}) = 5\pi/6$
hachurer la partie de l'ovale correspondant à : arcs de cercles $A1B1$, $A2B2$ + arc de raccordement.

3)- On veut modifier le profil de cette portion d'ovale en "rabaissant" l'arc de raccordement. Si les pts $B1, B2$ restent tels quels, seuls les points $A1, A2$ vont être déplacés sur leurs cercles respectifs.
soit alors h la hauteur PQ dans la question 1), on cherche à construire une partie d'ovale telle que $h' = h/3$



faire la construction correspondante,
évaluer si possible le rayon r' de l'arc du nouveau cercle.

4)- Imaginer un objet tridimensionnel, (design, mobilier urbain, architecture..) qui intégrerait cette forme.

Commentaire:

Il s'agit là de raccorder deux cercles donnés par un arc de cercle passant par deux points donnés.

Le savoir et le savoir-faire, c'est la construction géométrique demandée et la formalisation algébrique des données qui permettra de calculer le rayon d'un tel arc de cercle.

Puis on veut modifier le profil du tracé obtenu, en abaissant ou en élevant la partie construite. On montre alors que dans ce cas les points de raccords "se déplacent"; ils se déplacent vers la verticale si le profil résultant est plus "plat", ils se déplacent vers l'horizontale si le profil résultant est plus "saillant". (Ce n'est pas évident pour tous les étudiants dès le départ).

En fait le problème est posé différemment. Les étudiants ont à calculer la hauteur de la flèche dans la première question, soit h , et à partir d'une relation du type $h = x.h$, ils ont à déterminer géométriquement le centre du nouvel arc de cercle, les nouveaux points de raccord, et calculer le rayon correspondant.

Cette problématique peut se présenter dans un projet : modification des courbures sur un tracé.

Dans cette partie de problème il y a le savoir-faire pratique: la construction géométrique des éléments demandés, puis le savoir-faire théorique qui, lui, passe par la formulation algébrique des données. Or dans l'ensemble tous les étudiants savent traiter la partie constructive, mais seulement une partie acceptent la formalisation abstraite du problème déjà construit. Certains vont même jusqu'à donner la valeur du rayon demandé en le "mesurant" sur leur rendu!

Les tentatives d'insertion de ce modèle ont eu surtout pour champ d'application des objets tri-dimensionnels, "design". Nous en donnons quelques reproductions à titre d'exemples.

FIG. 1

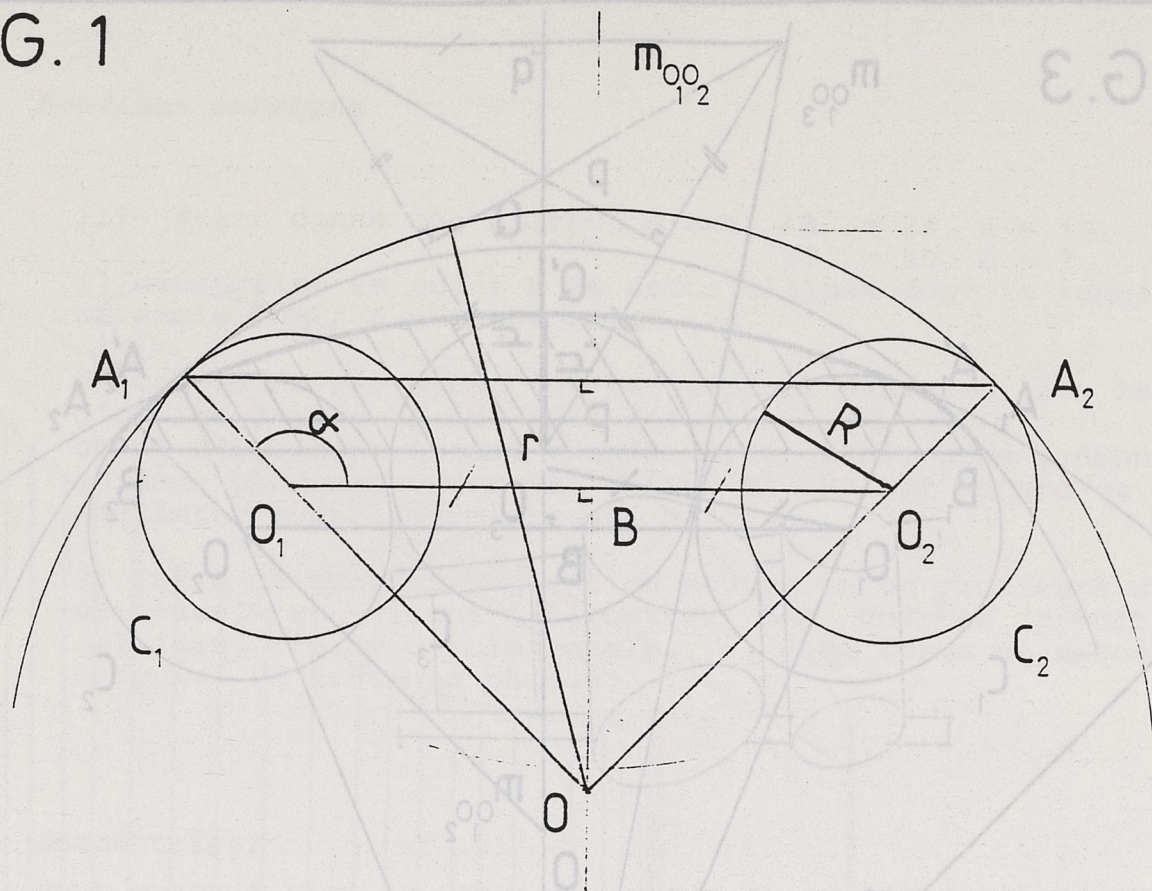


FIG. 2

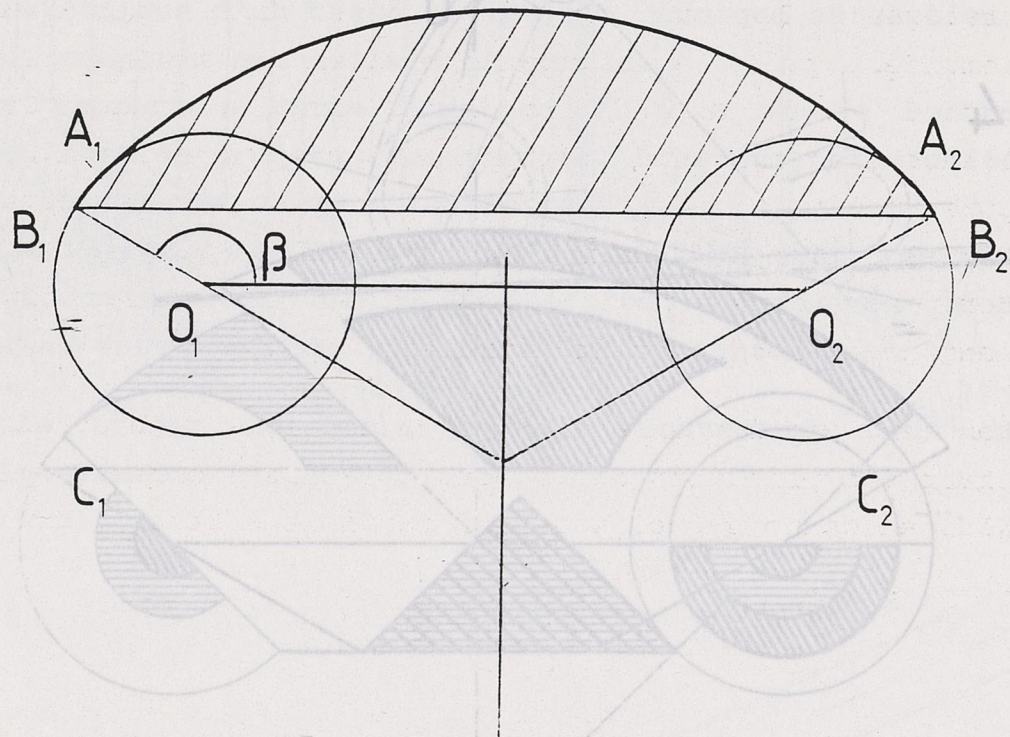


FIG. 3

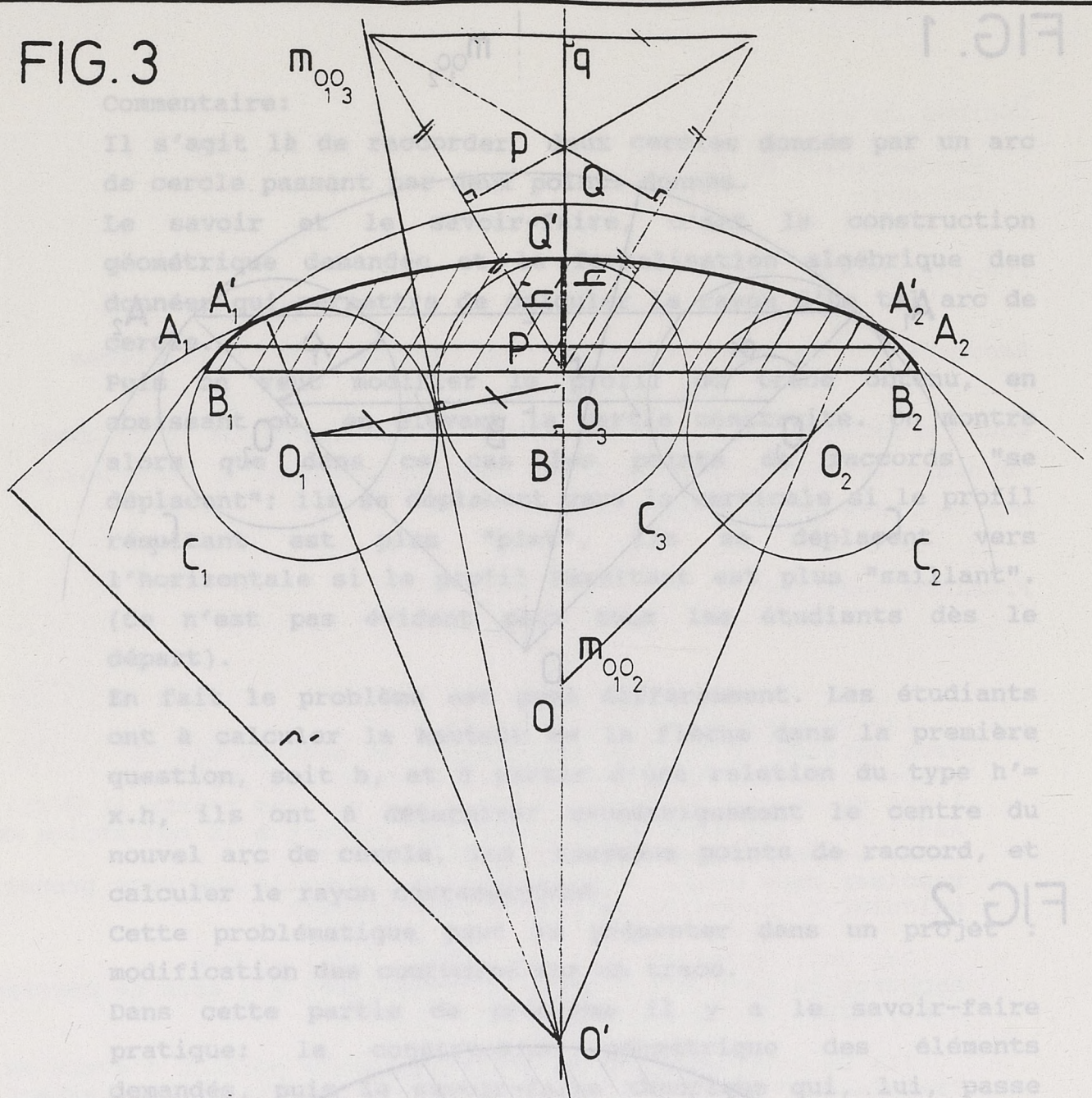
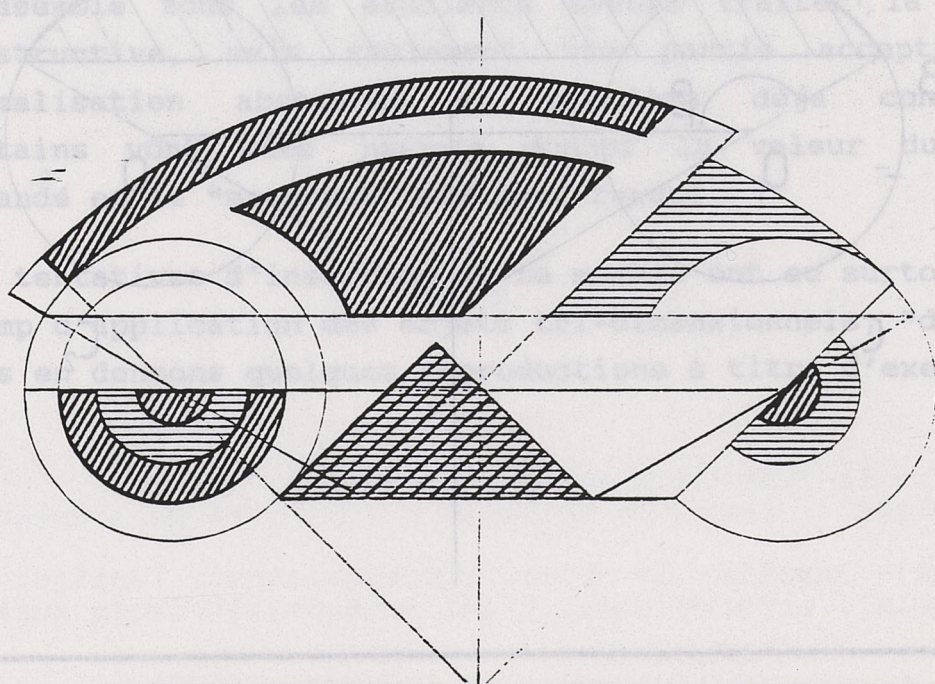


FIG. 4



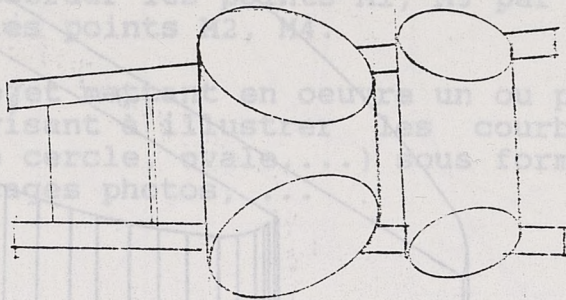
Deuxième consigne

III- Etant donné une ellipse d'axes $AA' = 2a$, $a = 10$,
 $BB' = 2b$, $b = 7$,

1) construire le point M de cette ellipse dont la tangente fait un angle de $\pi/6$ avec le grand axe.

2) compléter par symétries par rapport aux axes AA' , BB' , d'où les points M_1, M_2, M_3, M_4 ;
on ne s'intéresse qu'aux grands arcs M_1M_2, M_3M_4 , donner une méthode pour raccorder les points M_1, M_2 par un arc de cercle; compléter pour les points M_3, M_4 .

3) Faire un projet d'objet en oeuvre d'un ou plusieurs objets spatiaux, et visant à illustrer les courbes précitées, (ellipse, arc de cercle, etc.) sous forme de maquette, de croquis, de montages photo.



Commentaires:

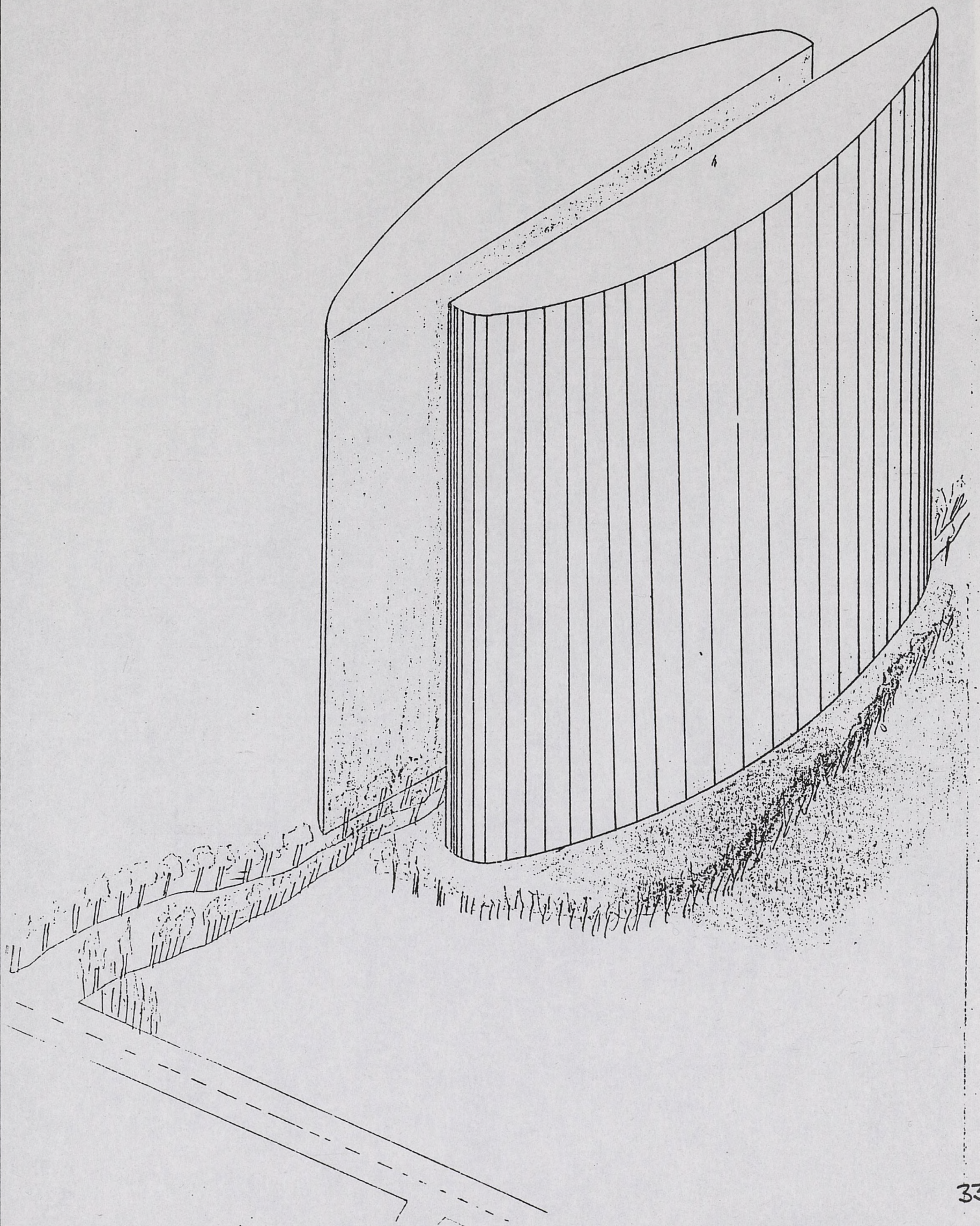
Pour mener à bien la première partie du problème l'étudiant doit connaître quelques propriétés sur les tangentes relatives à l'ellipse, et en analyser les conséquences logiques.

De plus, nous faisons remarquer dans la correction les liens de cet exercice avec l'exercice précédent: raccord de deux cercles par un arc de cercle qui aurait pu être elliptique. Nous essayons de pousser les étudiants à l'esthétique d'un tracé elliptique quoique sa gestion soit plus complexe que celle d'un arc de cercle.

Par rapport à cette dernière il y a eu de nombreuses réalisations de projets, les plus intéressantes étudiées.

- le projet de Marin Mathieu: couverture d'un espace polyvalent.

W



Deuxième consigne

III- Etant donné une ellipse d'axes $AA' = 2a$, $a = 10$,
 $BB' = 2b$, $b = 7$,

1) construire le point M de cette ellipse dont la tangente fait un angle de $\pi/6$ avec le grand axe.

2) compléter par symétries par rapport aux axes AA' , BB' , d'où les points M_1 , M_2 , M_3 , M_4 ;
on ne s'intéresse qu'aux grands arcs $\widehat{M_1M_2}$, $\widehat{M_3M_4}$, donner une méthode pour raccorder les points M_1 , M_3 par un arc de cercle; compléter pour les points M_2 , M_4 .

3) Faire un projet mettant en oeuvre un ou plusieurs objets spatiaux, et visant à illustrer les courbes précitées, (ellipse, arc de cercle, ovale,...) sous forme de maquette, de croquis, de montages photos, ...

Commentaire:

Pour mener à bien la première partie du problème l'étudiant doit connaître quelques propriétés sur les tangentes relatives à l'ellipse, et en analyser les conséquences logiques.

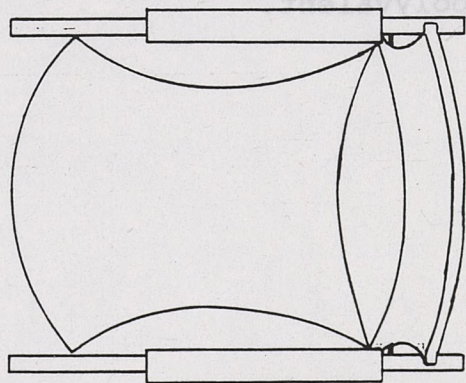
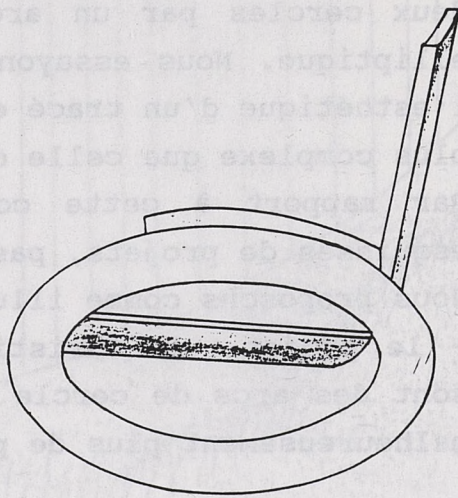
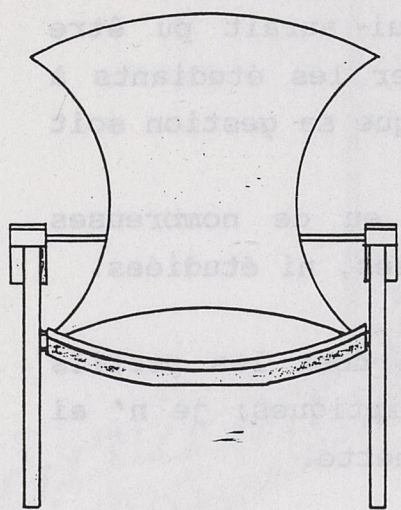
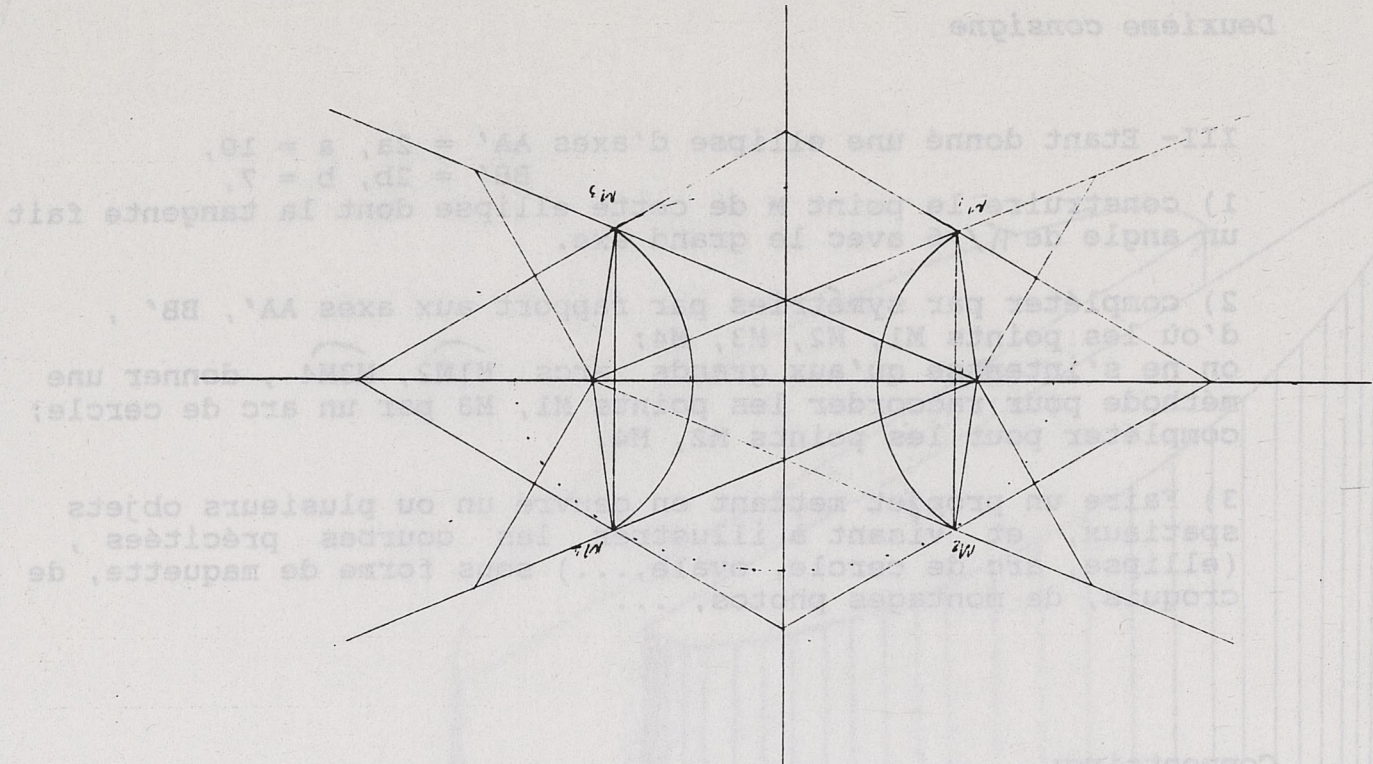
De plus, nous faisons remarquer dans la correction les liens de cet exercice avec l'exercice précédent: raccord de deux cercles par un arc circulaire, qui aurait pu être elliptique. Nous essayons de sensibiliser les étudiants à l'esthétique d'un tracé elliptique, quoique sa gestion soit plus complexe que celle d'un cercle.

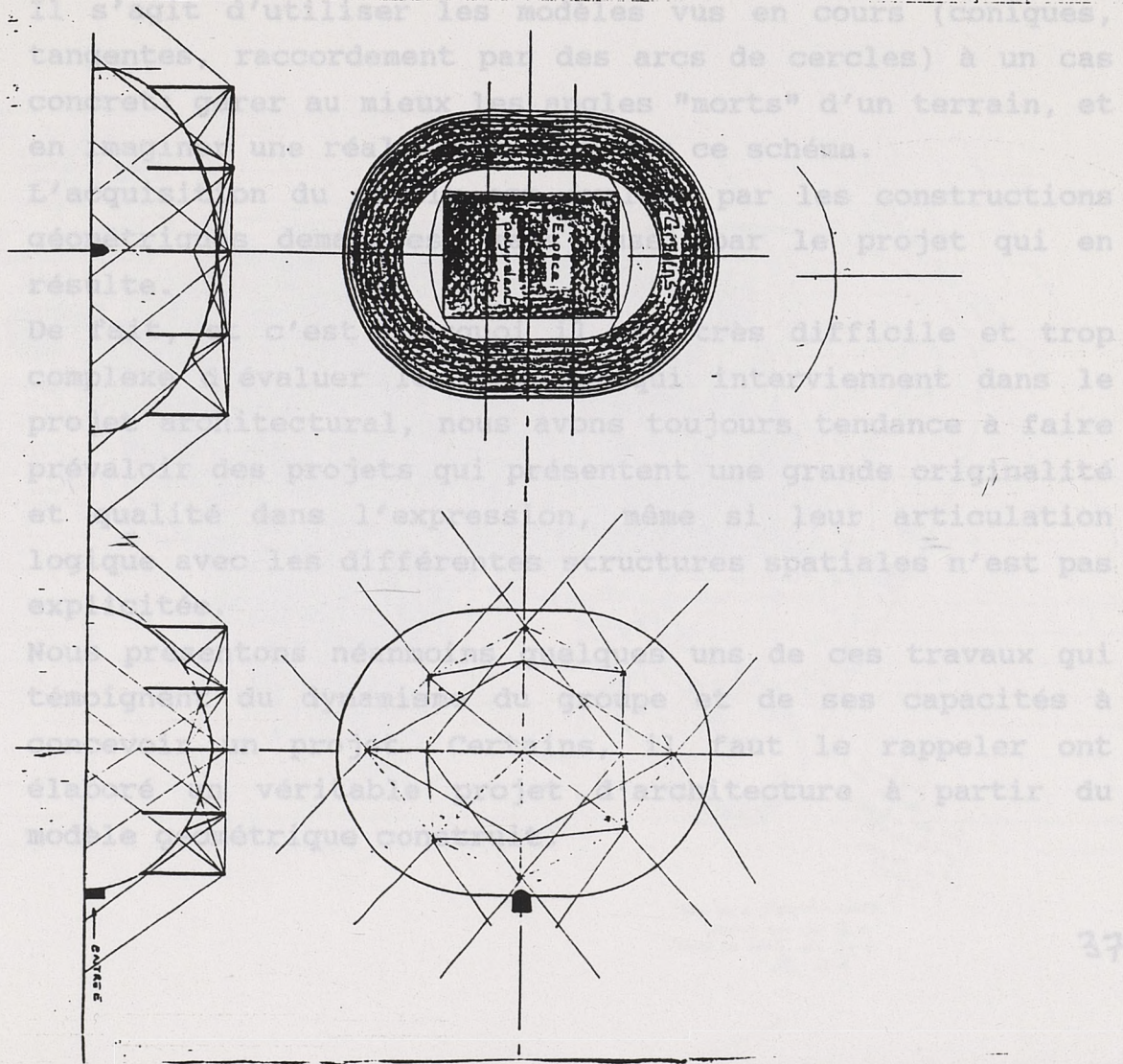
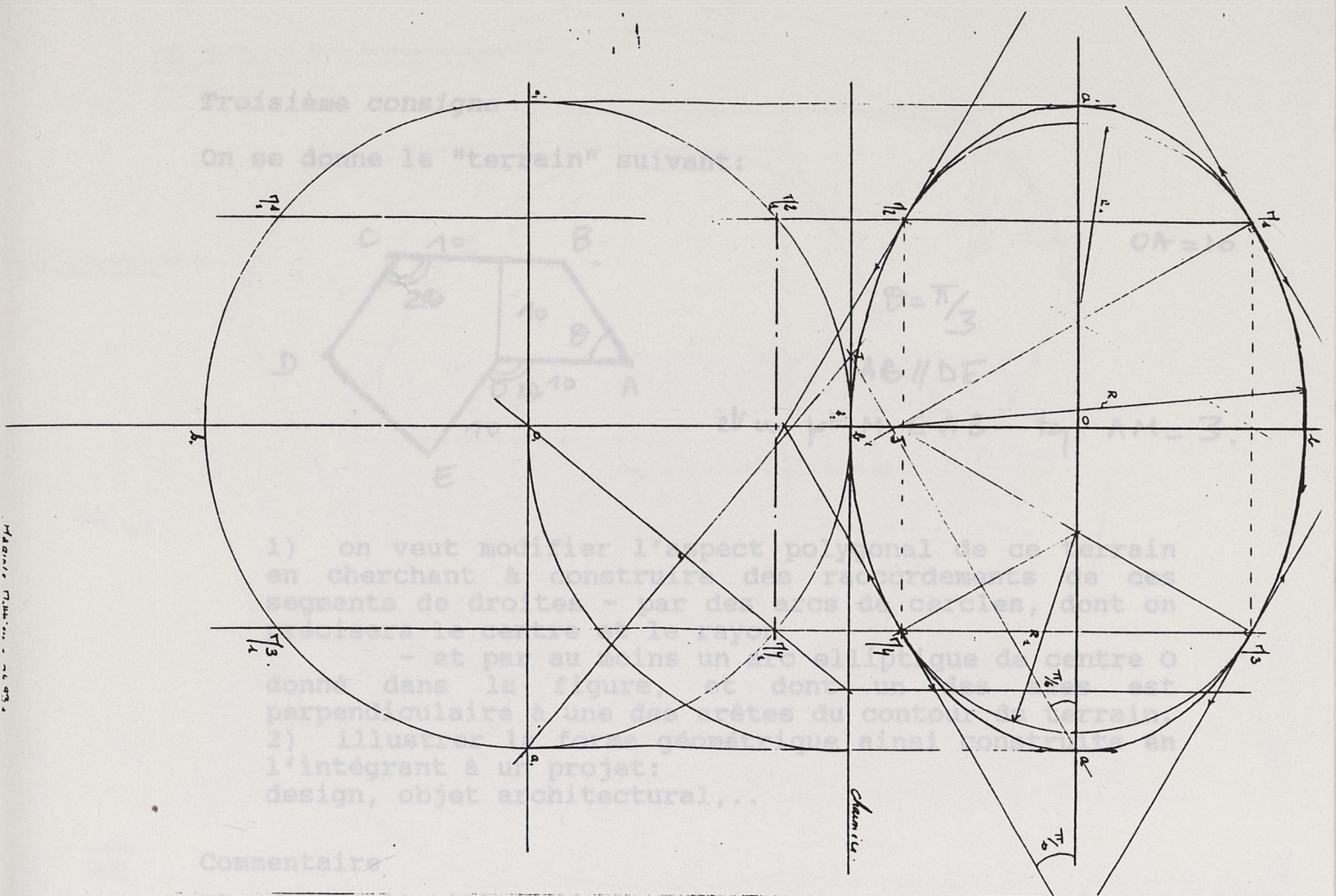
Par rapport à cette consigne il y a eu de nombreuses esquisses de projets, pas vraiment achevées, ni étudiées.

Nous proposons comme illustrations

- le projet de Christian Notin: siège dont les profils sont des arcs de cercle et des arcs elliptiques; je n'ai malheureusement plus de photos de la maquette.

- le projet de Marin Mathieu: couverture d'un espace polyvalent.

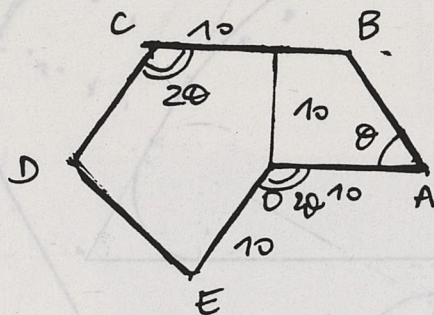




37

Troisième consigne

On se donne le "terrain" suivant:



$$OA = 10$$

$$\theta = \pi/3$$

$$AB \parallel DE$$

et un pt $M \in AB$ tq $AM = 3$.

- 1) on veut modifier l'aspect polygonal de ce terrain en cherchant à construire des raccordements de ces segments de droites - par des arcs de cercles, dont on précisera le centre et le rayon
- et par au moins un arc elliptique de centre O donné dans la figure, et dont un des axes est perpendiculaire à une des arêtes du contour du terrain.
- 2) illustrer la forme géométrique ainsi construite en l'intégrant à un projet:
design, objet architectural,...

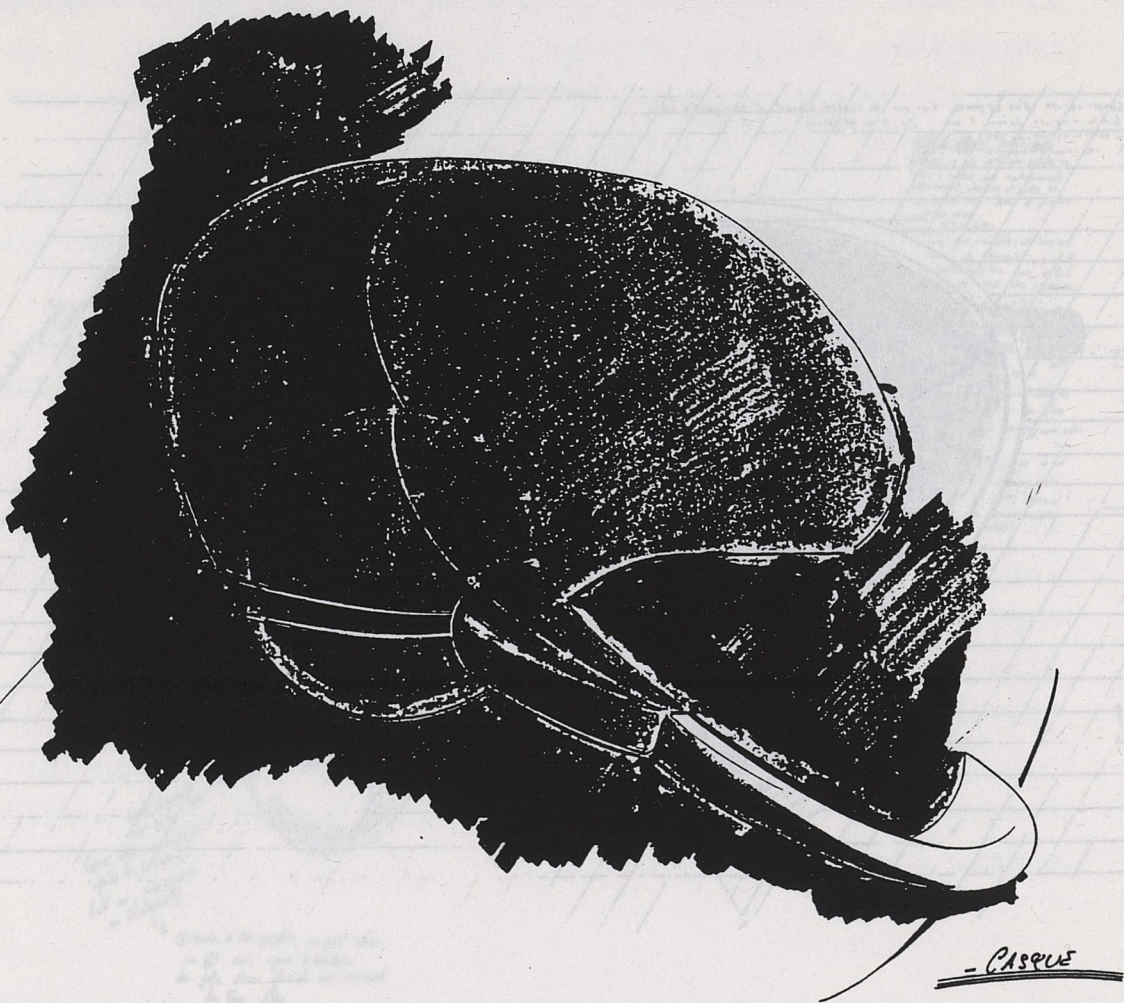
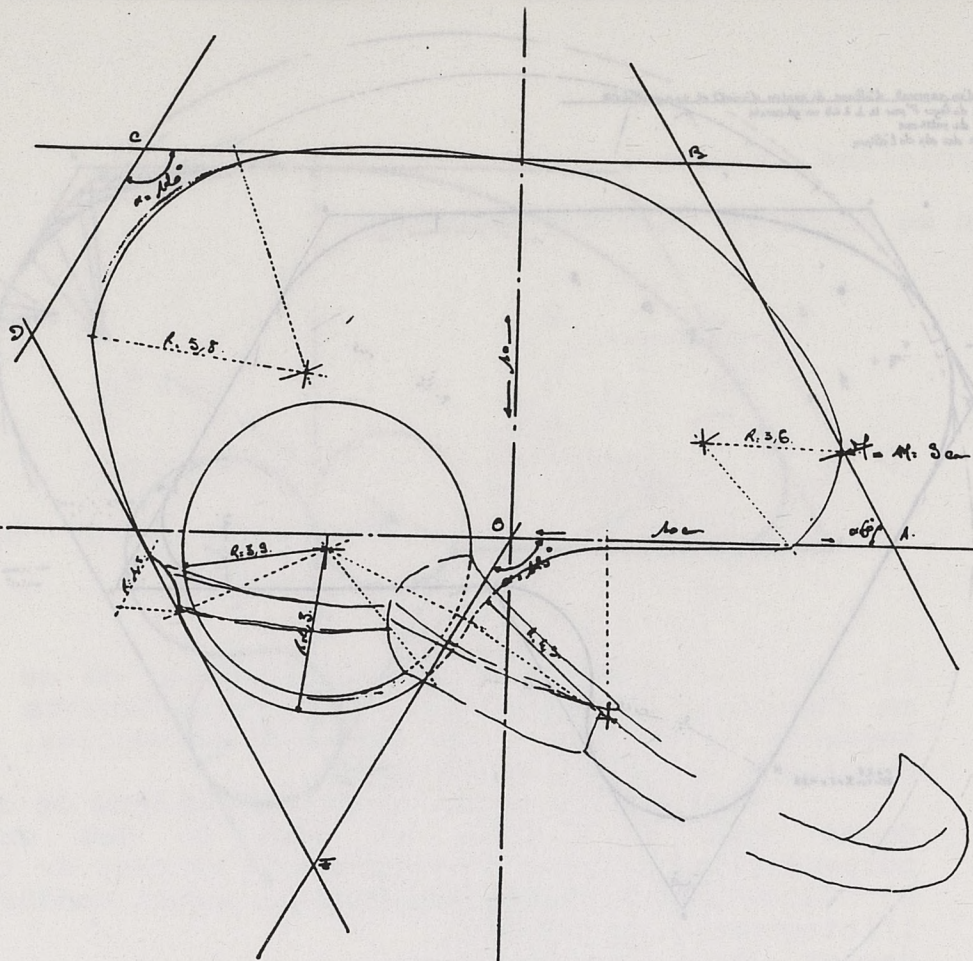
Commentaire

Il s'agit d'utiliser les modèles vus en cours (coniques, tangentes, raccordement par des arcs de cercles) à un cas concret: gérer au mieux les angles "morts" d'un terrain, et en imaginer une réalisation 3D sur ce schéma.

L'acquisition du savoir est évaluée par les constructions géométriques demandées, mais aussi par le projet qui en résulte.

De fait, et c'est pourquoi il est très difficile et trop complexe d'évaluer les modèles qui interviennent dans le projet architectural, nous avons toujours tendance à faire prévaloir des projets qui présentent une grande originalité et qualité dans l'expression, même si leur articulation logique avec les différentes structures spatiales n'est pas explicitée.

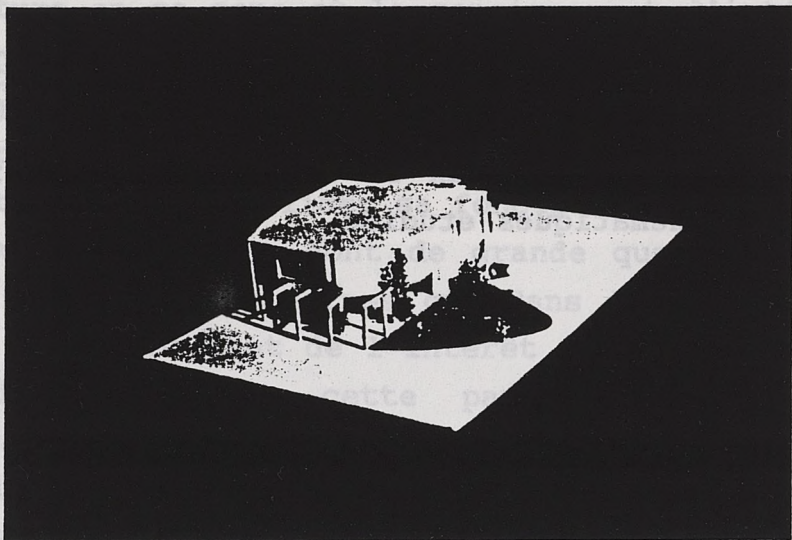
Nous présentons néanmoins quelques uns de ces travaux qui témoignent du dynamisme du groupe et de ses capacités à concevoir un projet. Certains, il faut le rappeler ont élaboré un véritable projet d'architecture à partir du modèle géométrique construit.



RÉCE D'EUR.

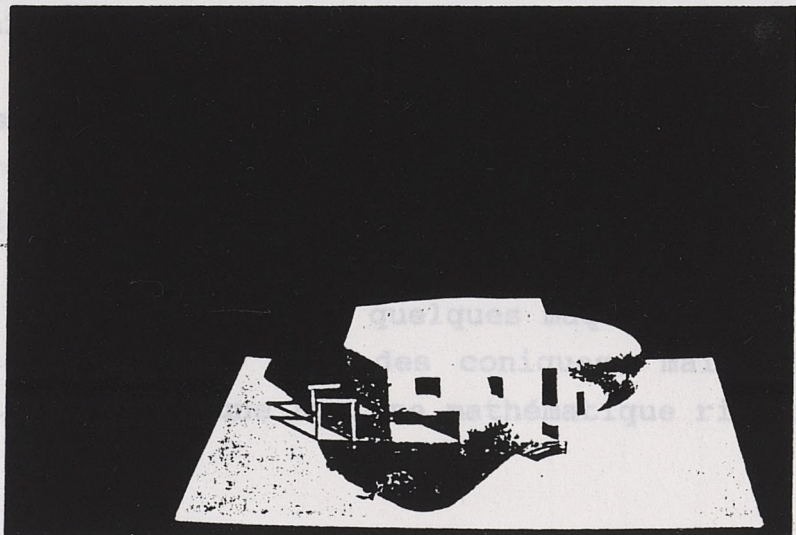
CASQUE

En guise de conclusion sur ce type de modèle: "l'accordement de courbes", nous pouvons avancer que dans les études préliminaires (lère et 2ème consigne) il y a eu assimilation du savoir puisque les exemples donnés comme tels ont été résolus et qu'ils ont favorisé la création de projets. En force d'objectivité, le travail réalisé en projet. Elle fait appel à l'imagination créative de l'étudiant en projet. En force d'objectivité, le travail réalisé en projet. Elle fait appel à l'imagination créative de l'étudiant en projet.



Le premier projet, de Johan Langevin, est celui d'une applique de section parabolique, devant produire une lumière rasante. C'est la mise en oeuvre directe d'une des propriétés de la parabole, (tout rayon issu du foyer de la parabole se réfléchit parallèlement à l'axe).

Le second projet, de Marina Ramirez, est celui d'un siège, design à géométrie elliptique.



Le troisième projet, de Marina Ramirez, est celui d'une structure à géométrie elliptique.

Puis sur les formes principales, les formes n'ont pas fait l'objet d'une étude plus poussée.

En guise de conclusion sur ce type de modèle: "raccordement de courbes", nous pouvons avancer que dans les deux groupes (1ère et 2ème consigne/ 3ème consigne) il y a eu assimilation du savoir puisque les exercices donnés comme tels ont été résolus et qu'ils ont favorisé la création de projet. En toute objectivité, je serais tentée de dire que la dynamique intra-groupe était plus forte, d'après les rendus, dans le deuxième groupe; mais, toute appartenance à l'un de ces deux groupes étant confondue, les étudiants se montrent assez ingénieux et créatifs pour faire vivre les modèles mathématiques étudiés.

Deuxième modèle:

Les Coniques.

Première consigne:

Elle fait appel à l'imaginaire créatif de l'étudiant en Architecture en ce sens où la consigne est d'intégrer tout simplement une ou deux coniques étudiées, en tant que modèle géométrique, dans un projet architectural, d'en justifier son articulation avec les autres partis constructifs et d'en valider sa fonction.

Les rendus qui suivent sont de grande qualité aussi bien dans la recherche des formes que dans la maîtrise de ces savoirs. Ils témoignent de l'intérêt que les étudiants ont porté vis à vis de cette partie d'enseignement en démontrant les liens étroits qui existent entre les mathématiques et le monde sensible.

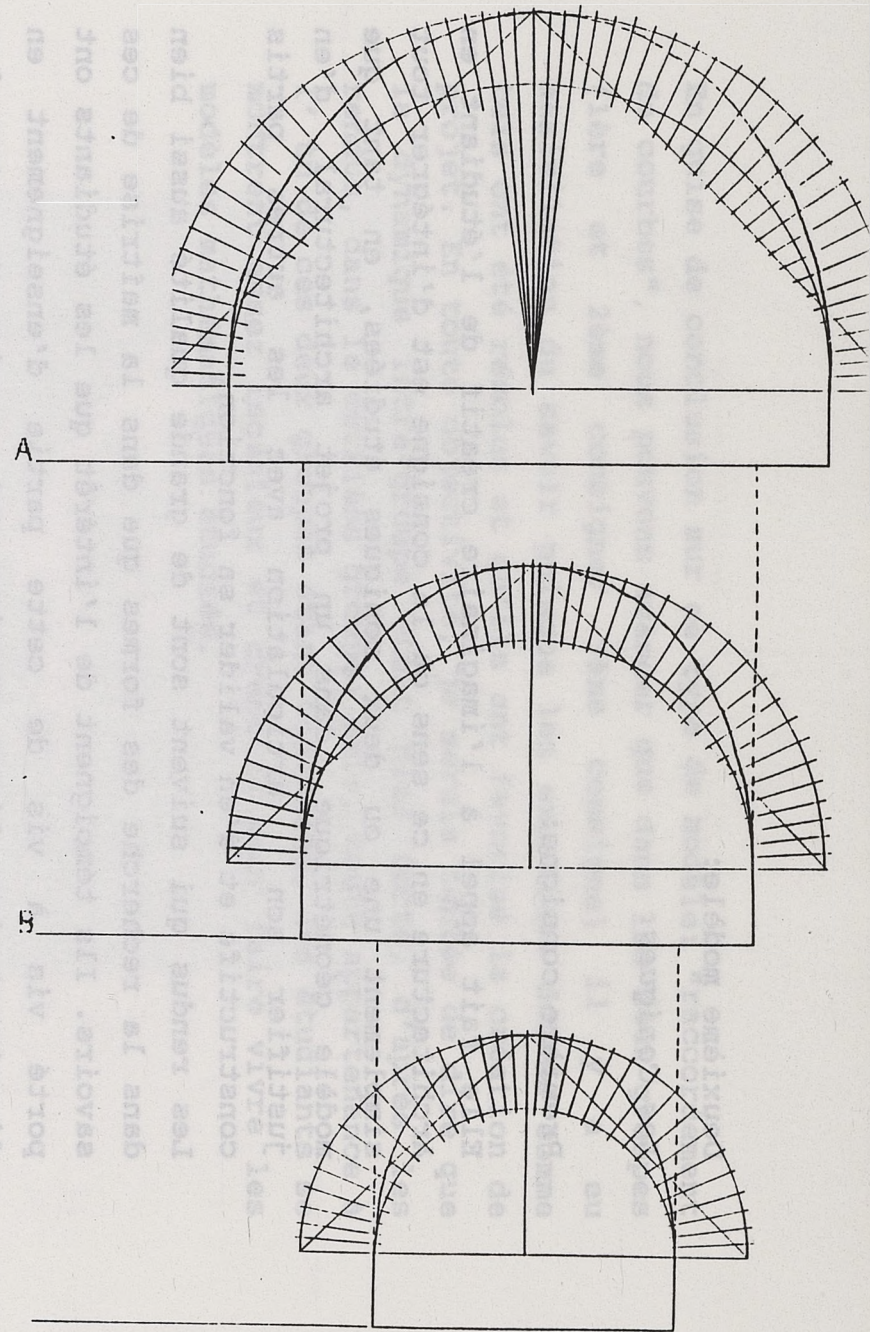
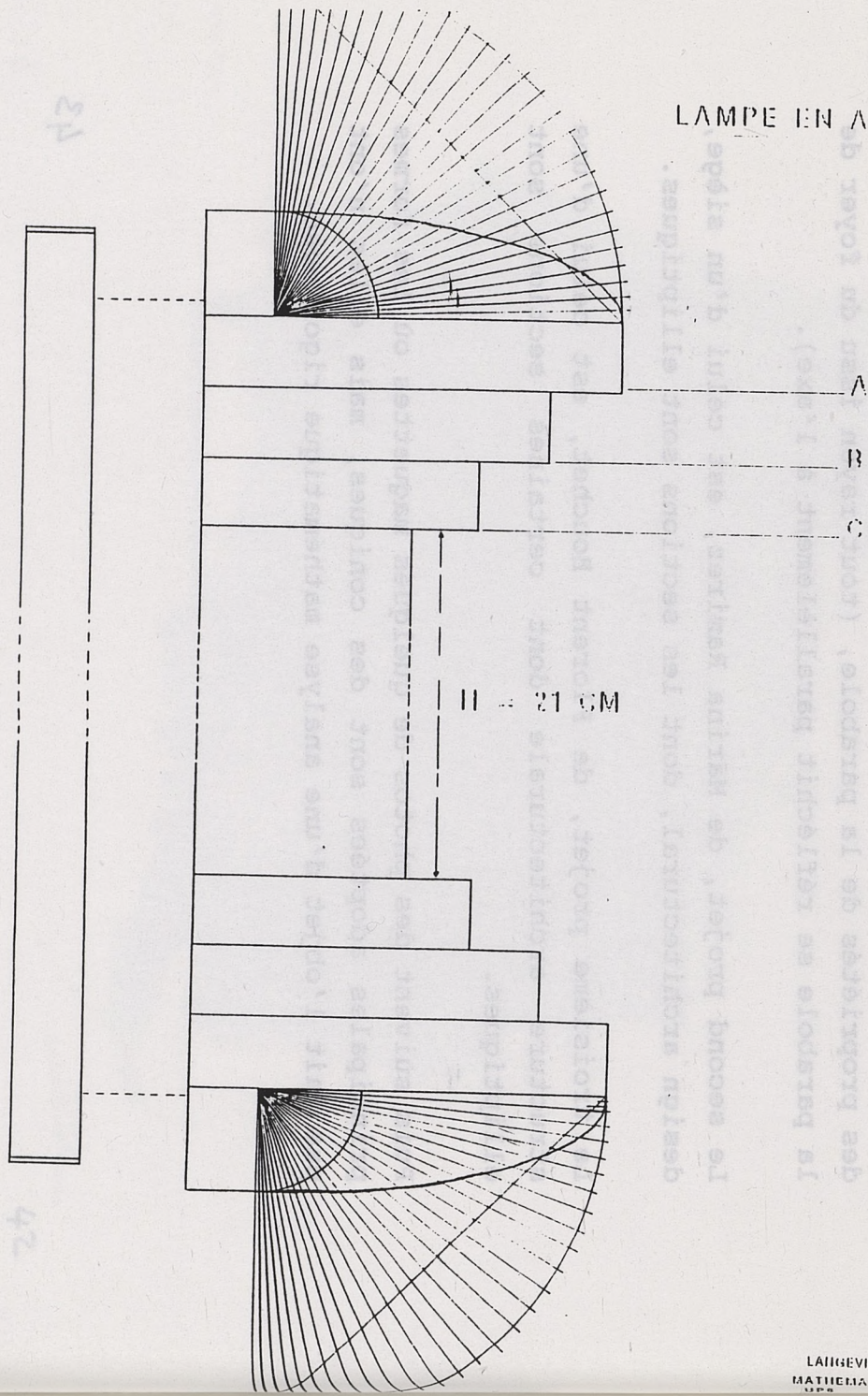
Nous présentons succinctement quelques projets:

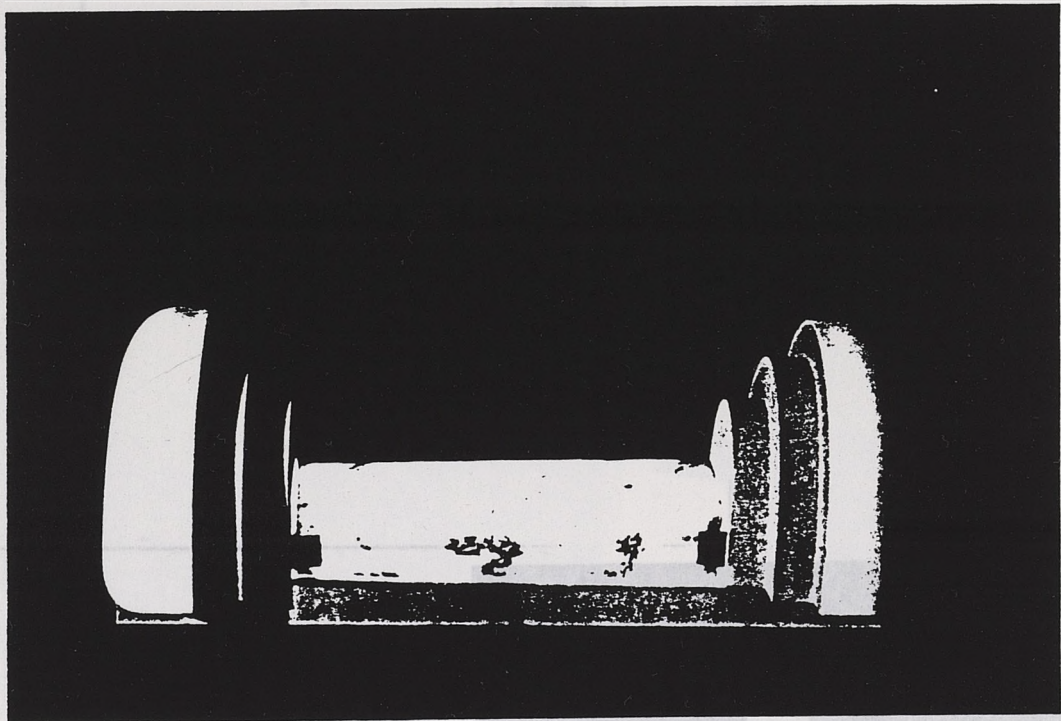
Le premier projet, de Johan Langevin, est celui d'une applique lumineuse, de section parabolique, devant produire une lumière rasante. C'est la mise en oeuvre directe d'une des propriétés de la parabole, (tout rayon issu du foyer de la parabole se réfléchit parallèlement à l'axe).

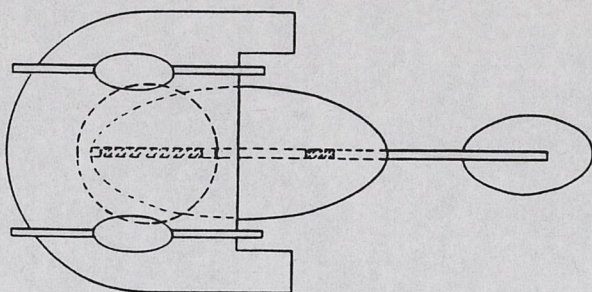
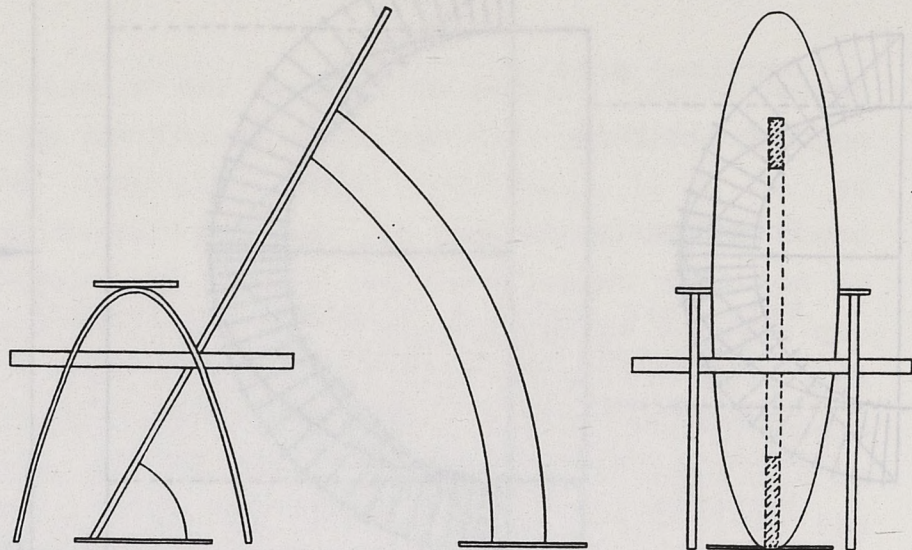
Le second projet, de Marina Ramirez, est celui d'un siège, design architectural, dont les sections sont elliptiques.

Le troisième projet, de Florent Bouchet, est celui d'une structure architecturale dont certaines sections sont elliptiques.

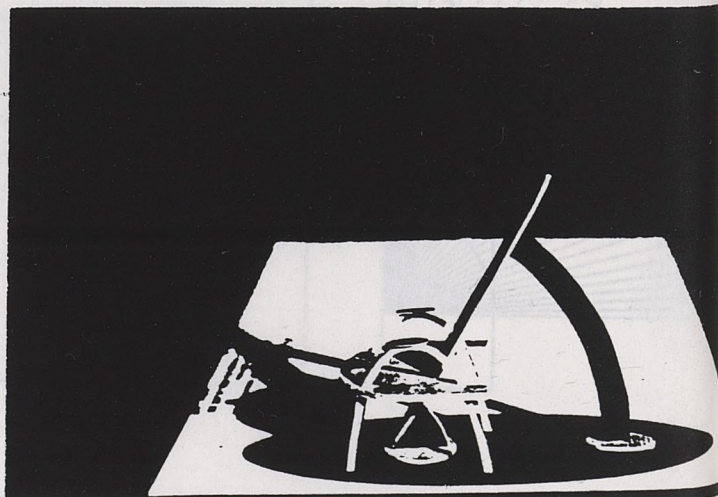
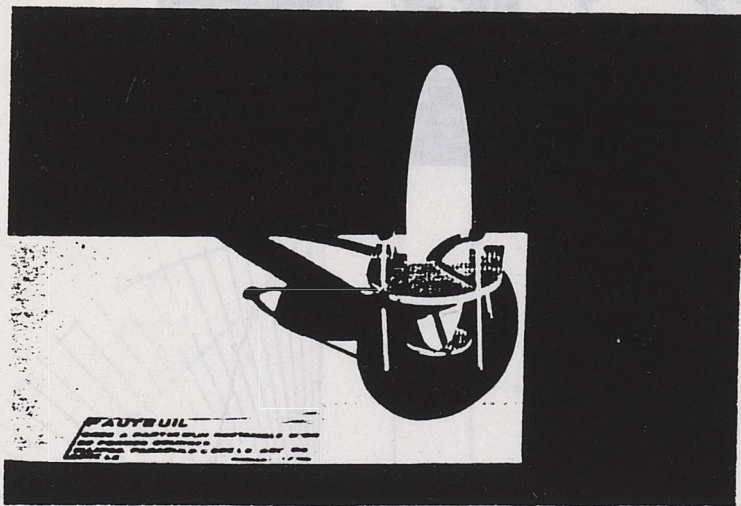
Puis suivent des photos de quelques maquettes où les formes principales adoptées sont des coniques, mais elles n'ont pas fait l'objet d'une analyse mathématique rigoureuse.







Linea FautsUIL



43

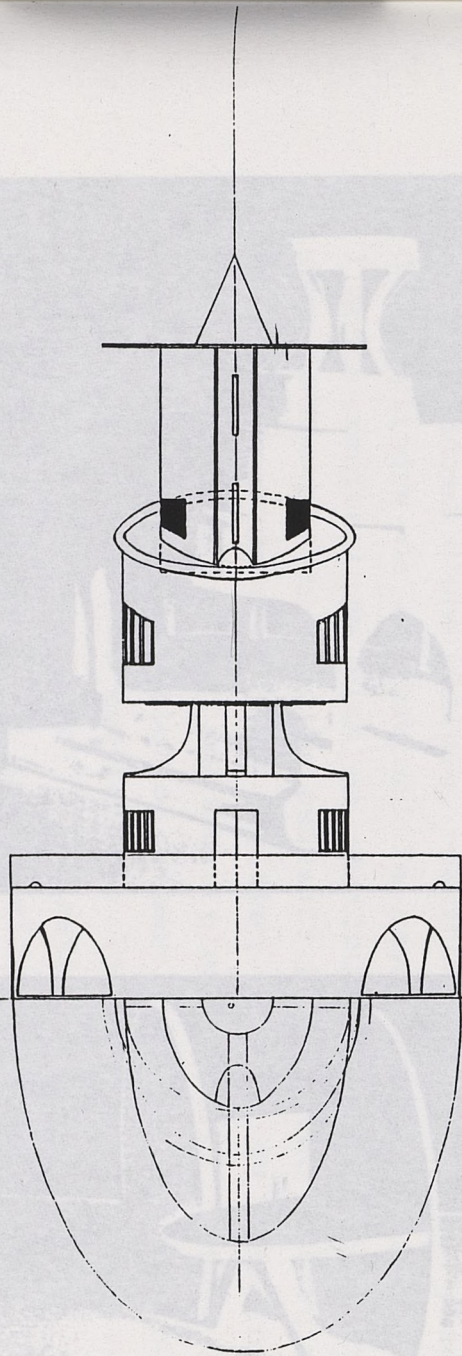


Fig. 1000

42

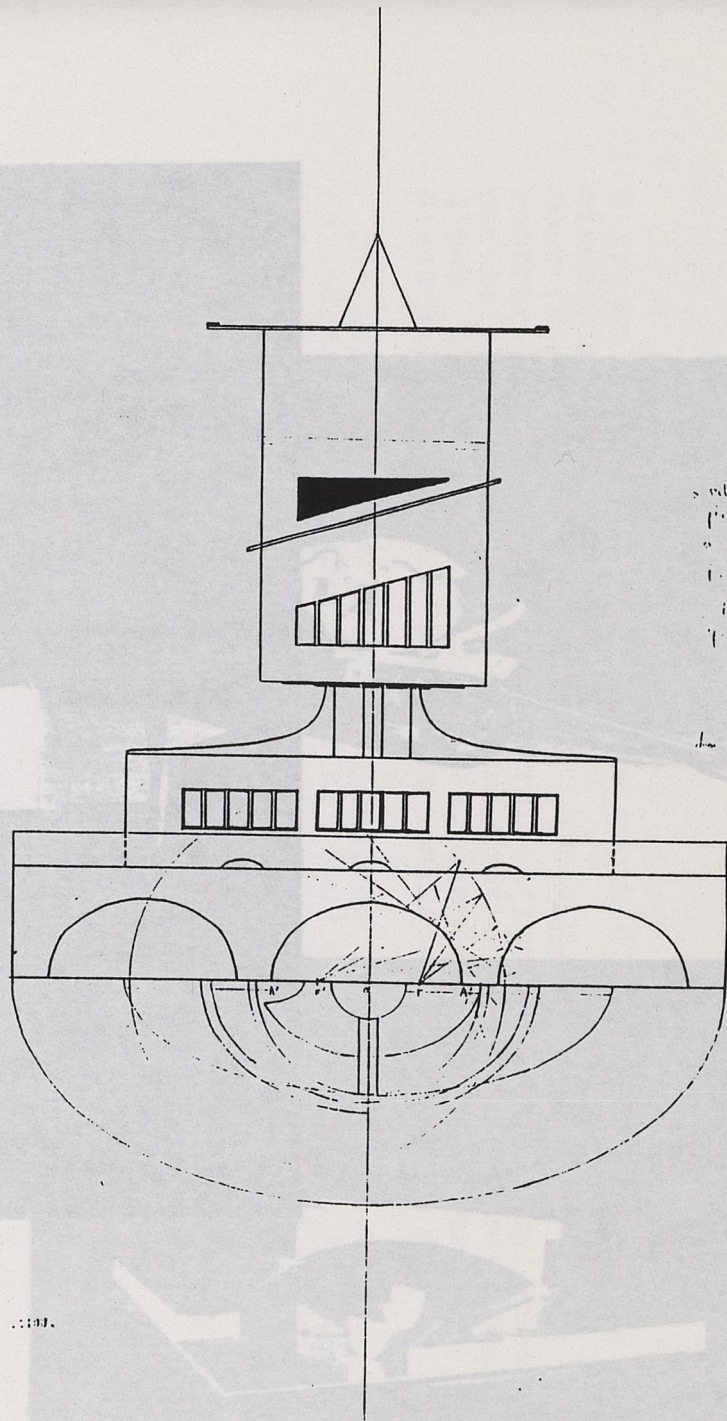
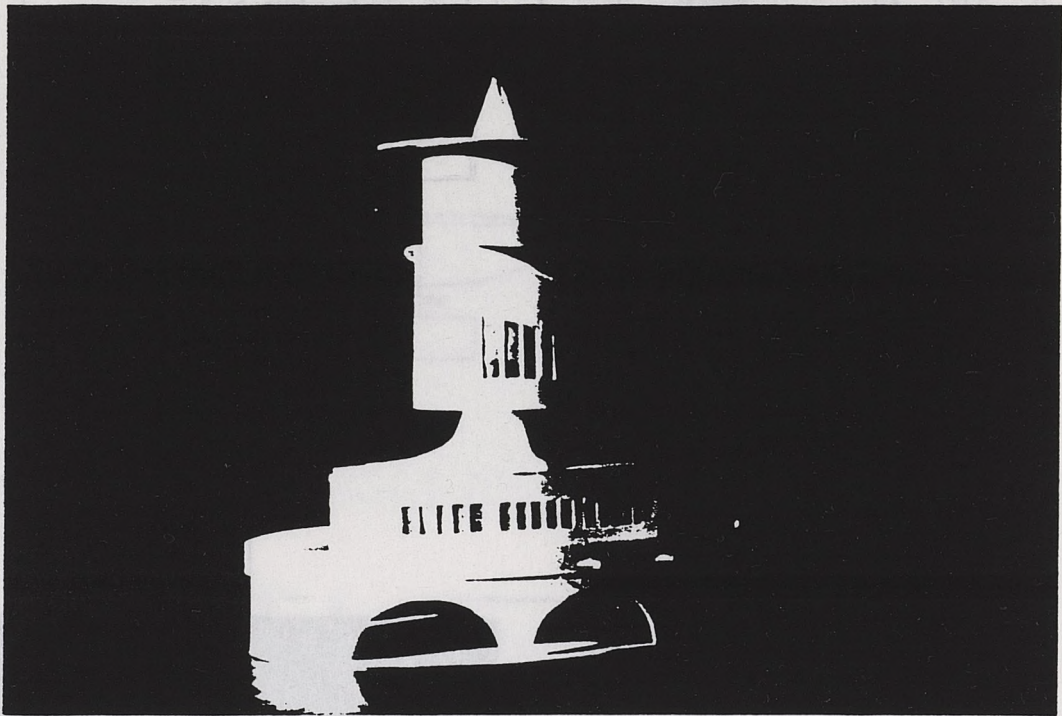
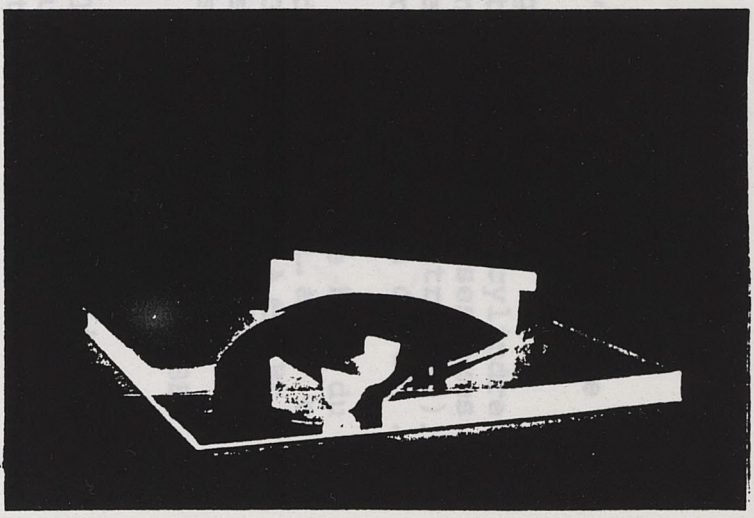
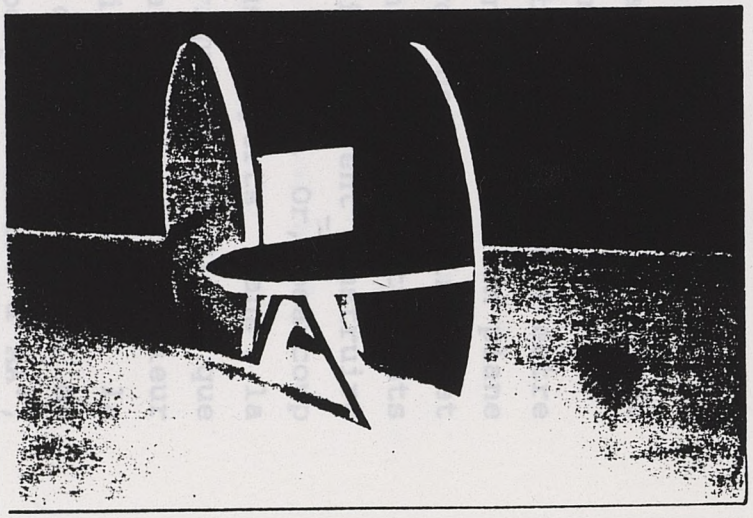
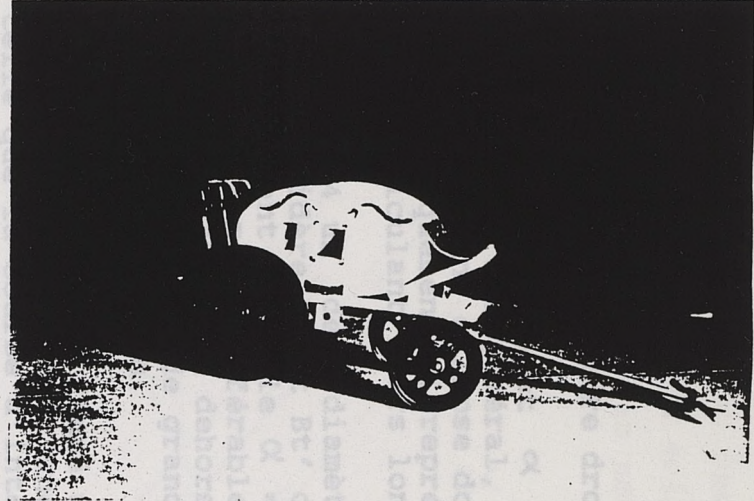
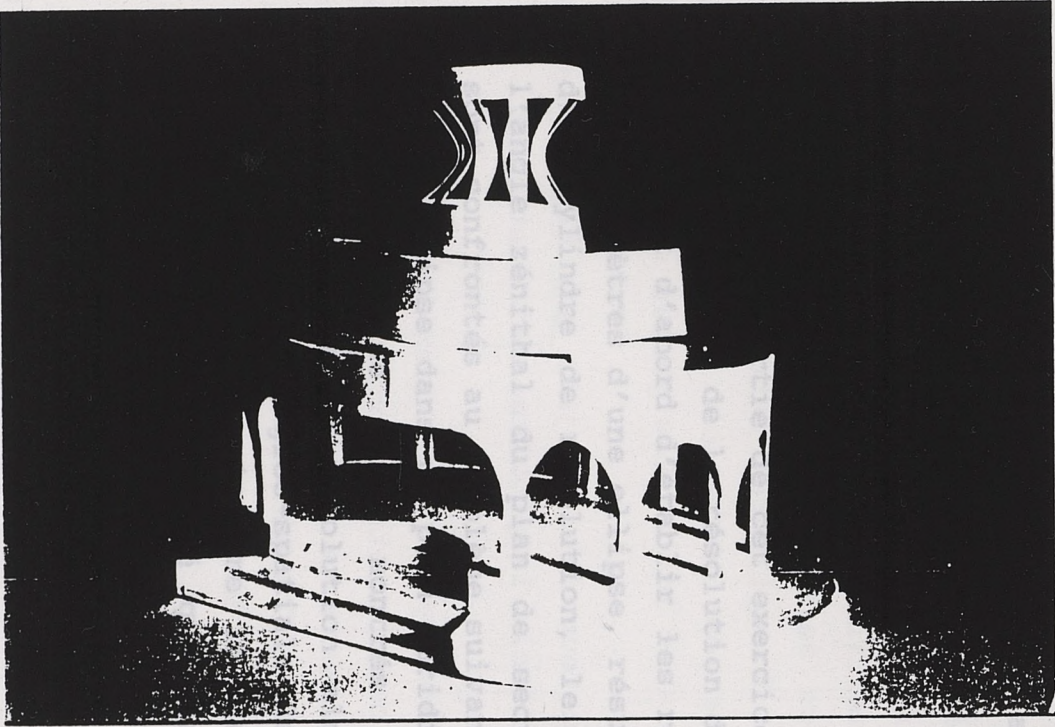


Fig. 1001





Deuxième

1) - On circulaire soit (p) monter par le p d'une p d'autre

2) - So cylindre AA' un A' E bc/ AA' et B Construit Justifie

3) - Re d'axe A plan (p) cylindre soit un cercle. Si le grand axe de l'ellipse de base est $2a = 6$, le petit axe $2b = 4$, calculer le rayon de ce cercle et l'angle θ correspondent;

vant projet intégrant cette

Deuxième consigne:

I 1)- On considère un cylindre droit d'axe Δ , et de base circulaire, $R=4$
soit (P) un plan de section et α l'angle de (P)/ Δ
montrer que, dans le cas général, l'intersection du cylindre par le plan (P) est une ellipse dont on précisera ses axes, d'une part graphiquement, (représentation axonométrique), d'autre part en calculant leurs longueurs en fonction de α .

2)- Soit $BB' = 4$ un des diamètres du cercle de base du cylindre; on considère Bt et Bt' deux demi droites \perp à BB' et AA' un droite faisant un angle $\alpha = \pi/3$ avec BB' , ($A \in Bt$, $A' \in Bt'$; il est de plus préférable dans la représentation que AA' et BB' se rencontrent en dehors du segment BB')
Construire alors l'ellipse de grand axe AA' , de petit axe BB' , justifier votre construction.

3)- Réciproquement, étant donné un cylindre à base elliptique d'axe Δ , montrer qu'il existe une et une seule orientation du plan (P) telle que la courbe d'intersection de celui-ci avec le cylindre soit un cercle.

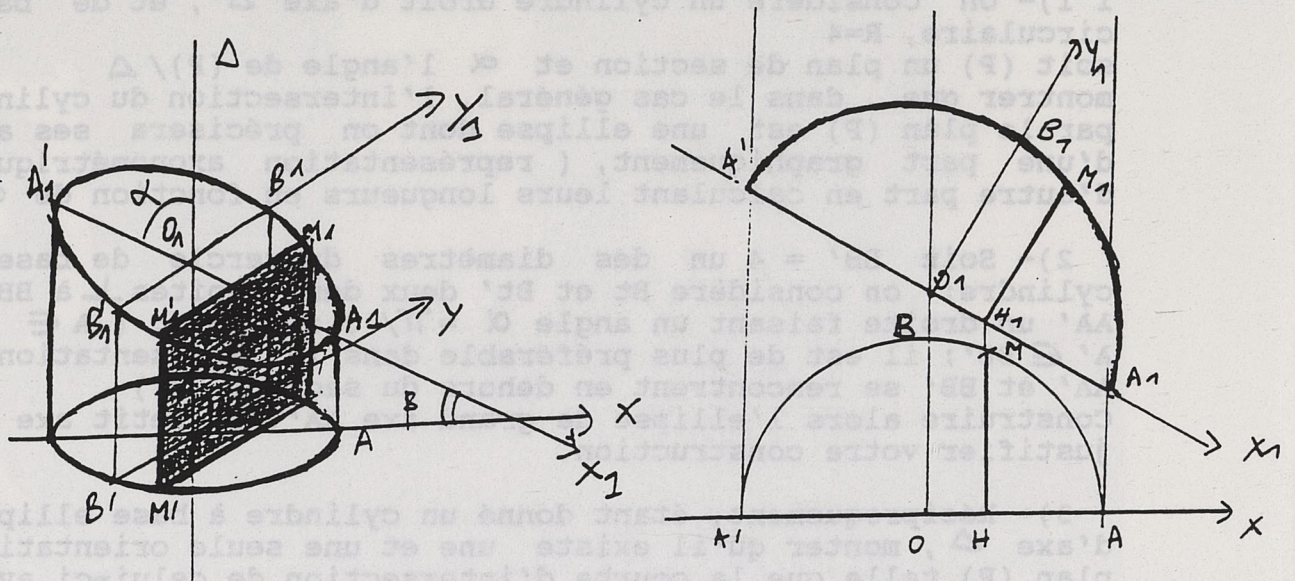
Si le grand axe de l'ellipse de base est $2a = 6$, le petit axe $2b = 4$, calculer le rayon de ce cercle et l'angle θ correspondant;

4)- Faire une maquette, ou un avant projet intégrant cette configuration spatiale.

La première partie de cet exercice valide l'acquisition du savoir à partir de la résolution du problème posé.

Il s'agit d'abord d'établir les relations existantes entre les paramètres d'une ellipse, résultant de la section plane d'un cylindre de révolution, le rayon de ce cylindre et l'angle zénithal du plan de section. Puis les étudiants sont confrontés au problème suivant: ils doivent construire cette ellipse dans un plan méridien (donné). Or, beaucoup d'étudiants se sont montrés plus experts dans la formulation et la résolution algébrique du problème que dans l'analyse logico-spatiale de la figure, ce qui leur aurait permis de résoudre la question. En effet, si la plupart avaient remarqué que quel que soit le plan de section vertical, que nous prenons perpendiculaire à AA' ,

ou BB' , alors MM_1NN_1 est un rectangle, ceci permettait de proposer une construction rapide de l'ellipse en rapportant ces grandeurs, cf. schéma ci-dessous.



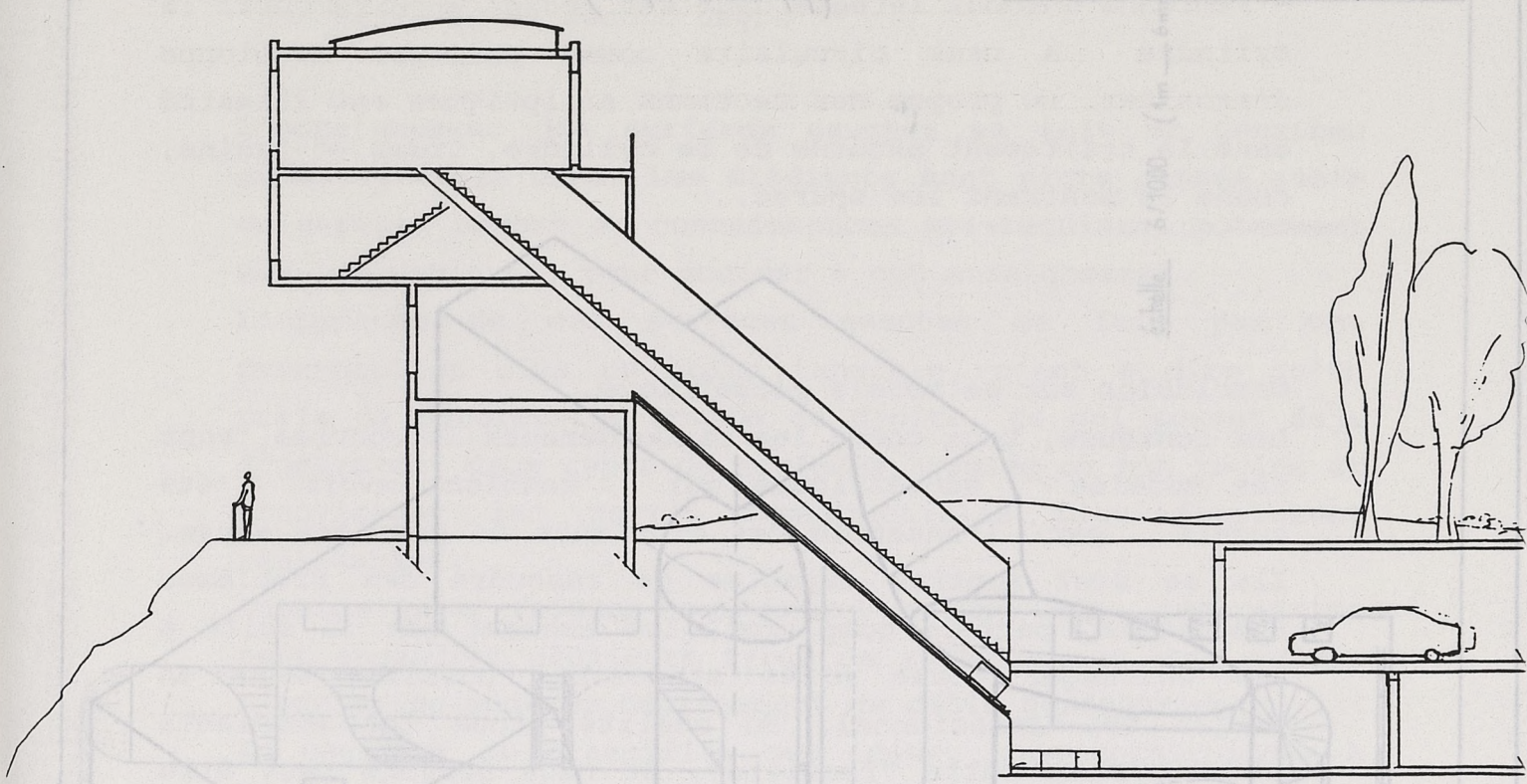
La dernière question part du problème inverse: étant donné une ellipse de base circulaire, déterminer l'angle du plan de section avec la verticale pour que la section soit un cercle; préciser la valeur des paramètres correspondants. Cette dernière réflexion mathématique devait permettre aux étudiants d'envisager que les formes cylindriques ont, entre autres, des sections elliptiques et circulaires. Aussi, ils devaient se servir de cette réflexion sur les différentes sections du cylindre: nature de la courbe et valeurs des paramètres, de celles-ci pour envisager une articulation possible avec les autres partis architecturaux d'un projet.

Nous présentons au lecteur deux projets qui illustrent ce propos, (après avoir résolu le problème mathématique).

- Dans le projet d'Eric Mayer, le cylindre a pour fonction celle d'un passage: communication entre le parking d'une maison et la partie supérieure de celle-ci. L'étudiant y a calculé les valeurs des différents paramètres des sections, nous n'en reproduisons que les schémas.

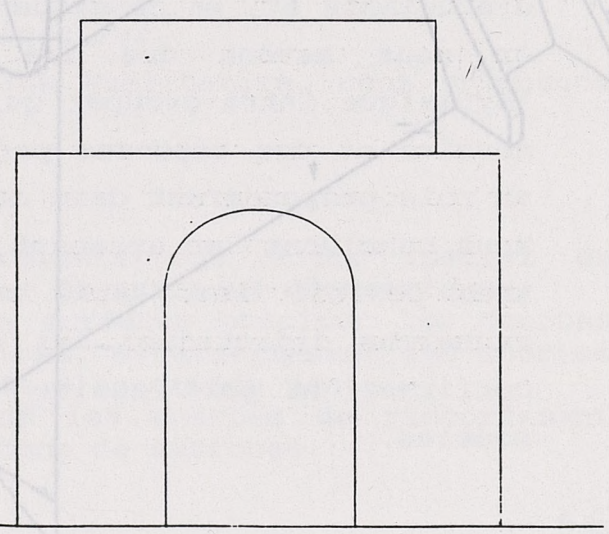
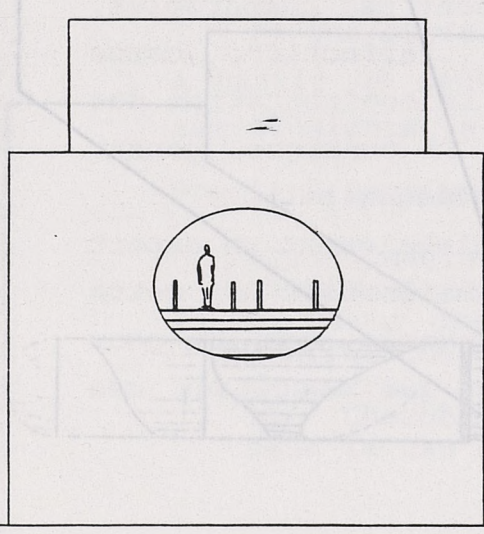
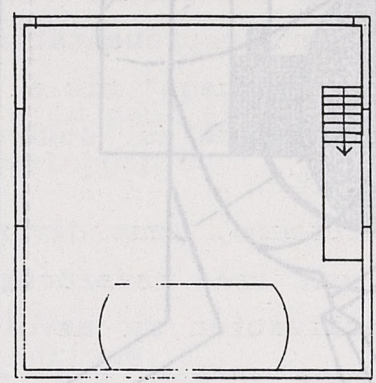
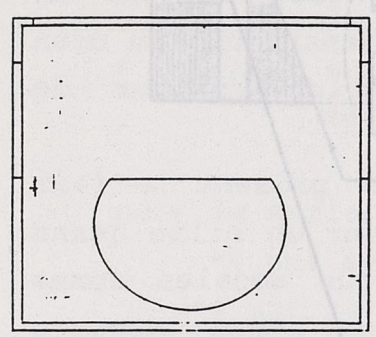
(projet en coupe)

échelle 1/1000



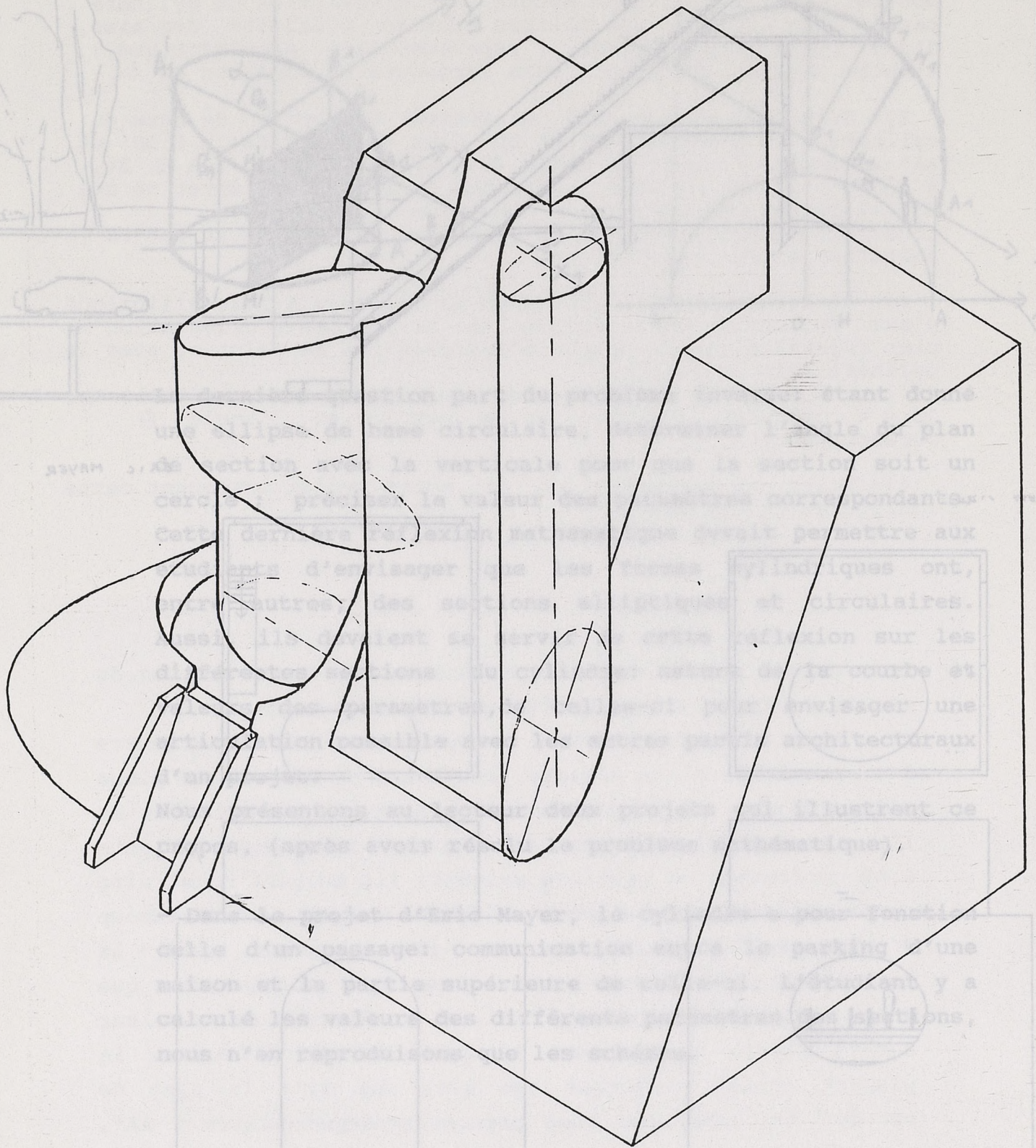
ERIC MAYER

FAÇADE

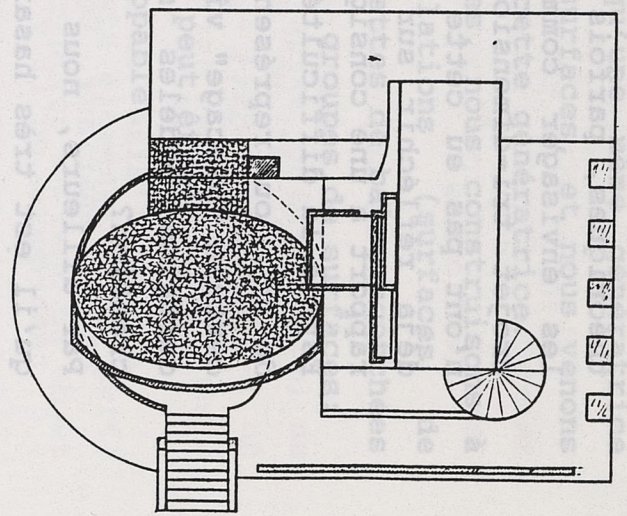
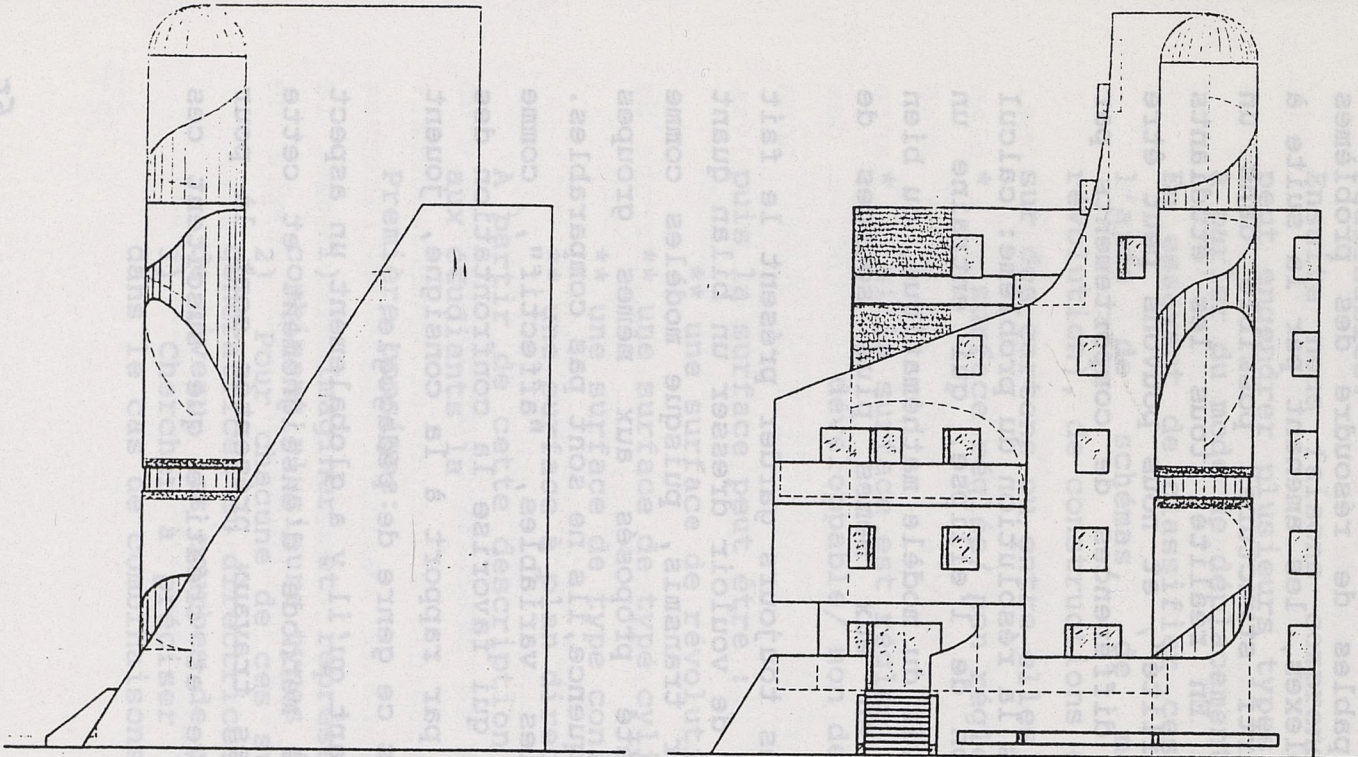


Axonométrie simplifiée:

(proportions non rigoureuses).



22



échelle : 6/1000 (1m → 6mm)

52

- Fabienne Guidoux intègre dans son projet architectural le cylindre à base circulaire comme passage: enveloppe d'escalier. Le propos des sections elliptiques est illustré dans le traitement externe de ce cylindre, vides et pleins, comme le montrent les épures.

Conclusion sur ce modèle géométrique.

Les coniques, tout comme les raccordements de courbes, sont des modèles géométriques qui semblent avoir été acquis par l'ensemble des étudiants de première année. Ils se sont montrés capables de résoudre des problèmes théoriques, parfois complexes, les amenant par la suite à les envisager comme parti structurel possible dans un projet tri-dimensionnel. En réalité, tous les étudiants n'ont pas eu cette "facilité", et nous pouvons peut être déjà réfléchir sur les différences de comportements par rapport à une consigne:

Est-ce la difficulté dans la résolution du problème: calcul de r' , ou représentation de l'ellipse, qui entraîne un certain "blocage" vis à vis du modèle mathématique, ou bien certains modèles sont en eux mêmes plus sources de création?

Par ailleurs, nous devons toujours garder présent le fait qu'il est très hasardeux de vouloir dresser un bilan quant à l'évaluation du savoir transmis, puisque modèles comme consignes n'ont pas été proposés aux mêmes groupes d'étudiants et, en conséquence, ils ne sont pas comparables. Or nous savons que les variables, "affectif", comme "dynamique intra-groupe" qui favorise la confrontation des savoirs et des réponses par rapport à la consigne, jouent un rôle prépondérant dans ce genre de pédagogie.

Nous concluons en avançant qu'il y a globalement un aspect très positif dans cette méthode d'enseignement et cette recherche didactique: les travaux présentés sont là pour confirmer la part active et créative que suscitent ces modèles.

Les surfaces du second degré

L'enseignement des surfaces gauches se fait en deuxième année du cycle DEFA. Les étudiants sont alors censés avoir un certain nombre de connaissances pré-requises, notamment sur les coniques, pour accéder à cet enseignement.

L'approche de ces surfaces gauches se fait par une présentation plus ou moins tangible, c'est à dire qu'on parle de génératrice courbe ou droite, ce qui permet déjà d'entrevoir deux types de surfaces, réglée ou non réglée et d'envisager les partis constructibles plus facilement réalisables.

Ensuite nous faisons comprendre qu'une même génératrice peut engendrer plusieurs types de surfaces, et nous venons à parler du mode de déplacement de cette génératrice.

En essayant de classifier ces idées, nous construisons à l'aide de schémas, de manipulations (surfaces de révolution), de constructions (baguettes de balsa scotchées sur des cartons ou entre elles) des groupes de surfaces:

* surface réglée/ non réglée

* si la surface est réglée, elle peut être:
développable/ non développable

puis la surface peut être :

** une surface de révolution,

** une surface de type cylindrique,

** une surface de type conique,

** une surface à plan directeur.

A partir de cette description qualitative, nous proposons aux étudiants la

Première consigne:

- 1) Imaginer et représenter un objet spatial en combinant plusieurs types de surfaces géométriques.
- 2) Pour chacune de ces surfaces préciser les courbes génératrices et directrices, éventuellement les courbes de niveau, les courbes de plus grande pente.
- 3) Chercher à préciser les courbes de raccordement dans le cas de combinaisons de surfaces.

4) Essayer de mettre - si possible - cette structure spatiale en situation.

Les quelques projets que nous présentons mettent en évidence des degrés de savoirs scientifiques mais aussi de culture scientifique différents.

Projet de Cécile Favereau:

Conception architecturale futuriste (sic).

L'activité spontanée qui se traduit dans la conception de cet avant-projet tend à prouver que le contrat de cette pédagogie a été rempli. Cependant le lecteur pourra tout de suite remarquer des manques ou faiblesses mathématiques dans la description des courbes de raccordement. De plus, il n'y a aucune réflexion sur la faisabilité ni la validité d'un tel projet, mais ce n'était pas le propos de la consigne qui était en fait de "jouer consciemment" avec des formes.

Projet de Sandrine Gonon:

Ce projet combine des surfaces à priori déjà connues, cône, cylindre, et un autre type de surface surface à plan directeur. Cette structure spatiale est présentée sous plusieurs angles, nous pouvons juger que cette étudiante est à l'aise dans la visualisation représentative des objets spatiaux. En examinant de plus près ce rendu, nous remarquons qu'il y a une certaine confusion dans l'analyse des courbes de raccordement.

L'objet spatial est présenté comme tel, sans recherche de mise en situation.

Projet de X..

C'est l'exemple type de la simulation d'application d'un modèle géométrique, ellipsoïde, à un projet architectural: traitement d'une partie de maison. Les différentes projections et coupes ont été ébauchées à main levée. Le lecteur voit "comment cela fonctionne". Cet exemple de créativité spontanée démontre l'acquisition du savoir.

Projet de Y..

Ce projet est un peu plus complexe; l'étudiant affirme qu'il faut y voir "un mouvement à l'intérieur du cube". Son propos est de créer un escalier hélicoïdal, dans la partie centrale, et d'imaginer trois niveaux reliés aux parties extérieures du cube. La recherche est très originale, mais nous n'avons aucune information pour savoir comment cela fonctionne, et la validité d'un tel projet n'a pas du tout été abordée.

Projets de Pierre Macary, et de E. Anton:

Les représentations des surfaces qui y figurent ont été exécutées à l'aide de logiciels surfaciques. De toute évidence ces étudiants maîtrisent l'outil informatique depuis longtemps et ont par ailleurs de solides connaissances mathématiques, (ce n'est pas nécessairement évident sur ces projets!) qui leur permettent de l'utiliser à profit.

Projet de Frédéric Frédout:

C'est sans conteste le plus abouti. Après un bref rappel de cours accompagné d'illustrations, l'étudiant projette un complexe architectural dont il maîtrise les articulations à chacune des étapes.

Il construit pas à pas les différents éléments de ce parti architectural, et en donne une description en tant qu'objet géométrique.

Analyse et conclusion:

Cette consigne avait en fait deux objectifs:

- celui de débloquer l'activité créative associée aux mathématiques en proposant un exercice, somme toute, assez spontané.
- celui de valider la passation de connaissances scientifiques, mêmes si elles ne sont présentées que de façon tangible (encore fallait-il que l'étudiant possède auparavant des bases scientifiques rigoureuses dont nous avons parlé).

I. itérenant

Il faudrait peut être plus analyser les courbes
d'intersections de 2 surfaces gauches.
(on peut les écrire en paramètres etc...)

III. Pneu

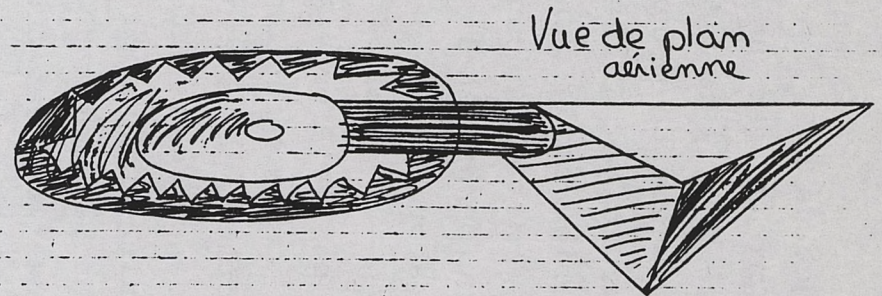
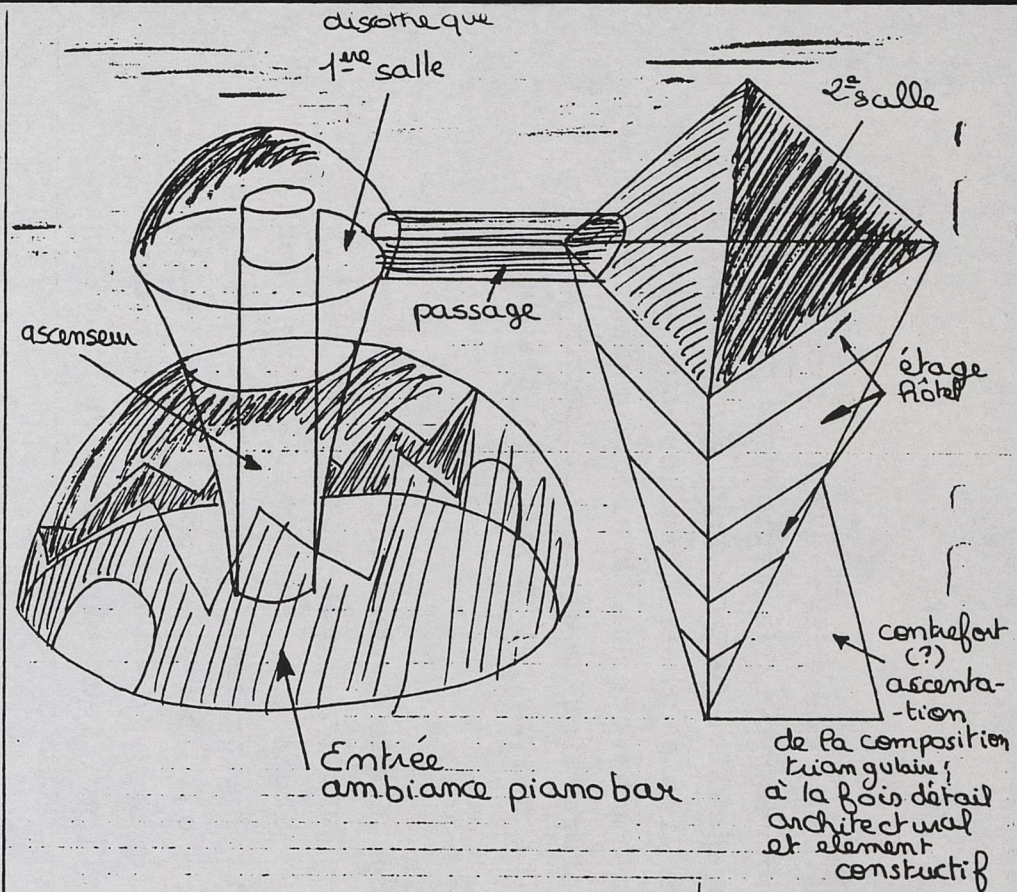
Exercice N° I.

1°/ Imaginons et représentons un objet
spatial en combinant plusieurs types de
surfaces géométriques.

Pour ma part dès le départ j'ai voulu
concevoir mon objet comme architectural
en partant de petits croquis où ainsi j'étu-
diais ma volumétrie

d'ampleur des courbes et la générosité des
sphères m'attiraient dans leurs espaces
comme lieu protecteur mais aussi de ren-
contres. Puis la volonté d'un jeu archi-
tectural se voulant futuriste, et donnant
à ma géométrie une spatialité
quasi-étrange, et provoquant d'origina-
lité.

S' ai alors voulu concevoir un complexe
en deux bâtiments en relation d'une
discothèque - piano-bar - hôtel.



NB - Pneu échelle
étape de recherche
volumique

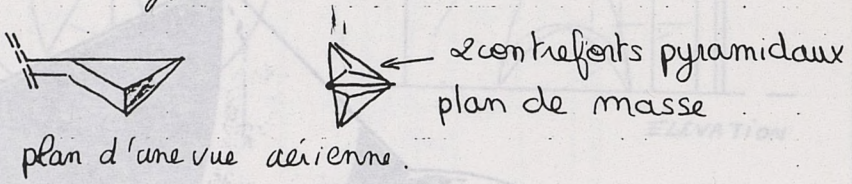
On a 2 complexes différents
- l'un dominé par les courbes
- l'autre par les droites, reliés par une jonc-

comme que pyramide - hôte.

- tien, un passage qui est le produit même droite / courbe.

2^o / Analysons ces surfaces:

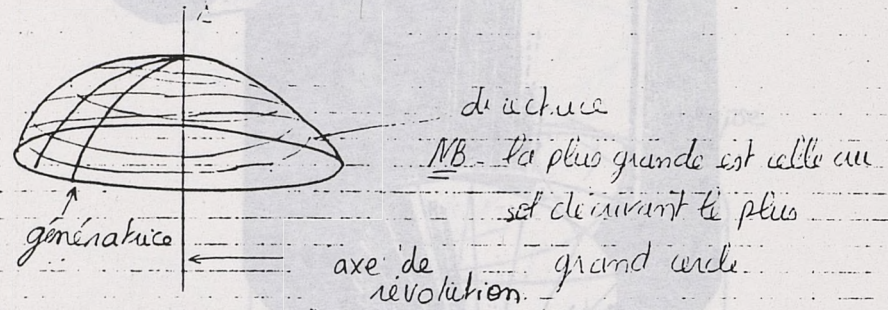
On a 2 demi-sphères, 4 pyramides (cf schéma), un cylindre, un demi-cylindre (passage-pont), et une hyperboloïde.



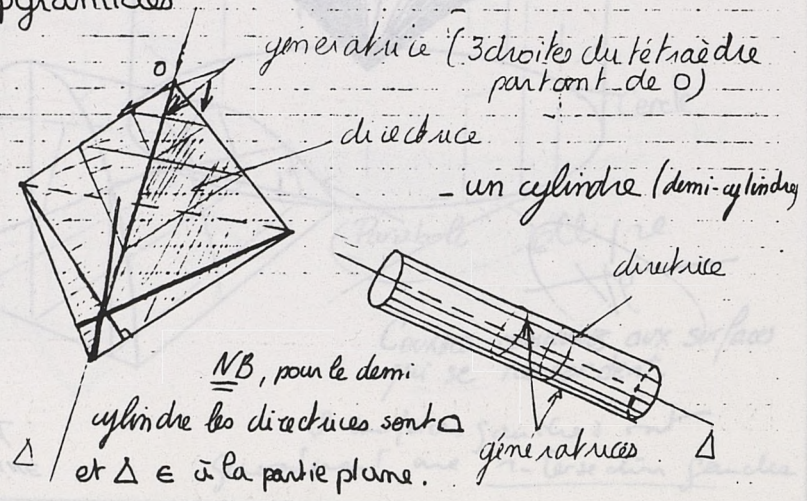
plan d'une vue aérienne.

Par conséquent on peut dire que:

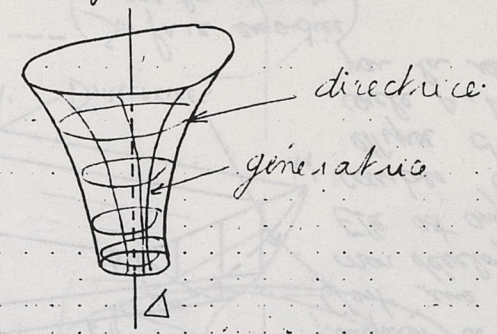
- les demi-sphères



- les pyramides



- une hyperboloïde



3^o / Cherchons à préciser les courbes de raccordement (pour 2 surfaces adjacentes.)
contact des surfaces entre elles.

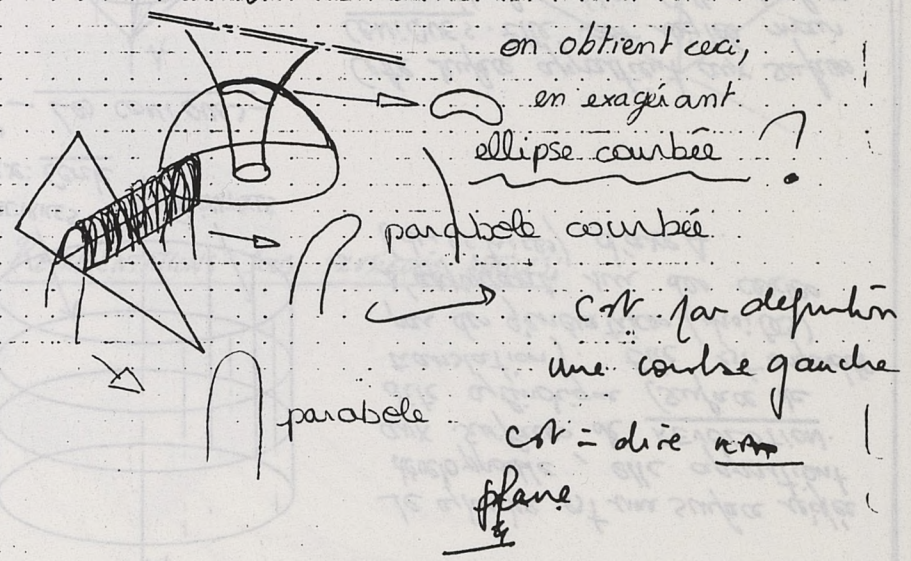
- demi-sphère / hyperboloïde

C'est une sorte d'ellipse mais non plane car sur une sphère

- demi-cylindre / sphère

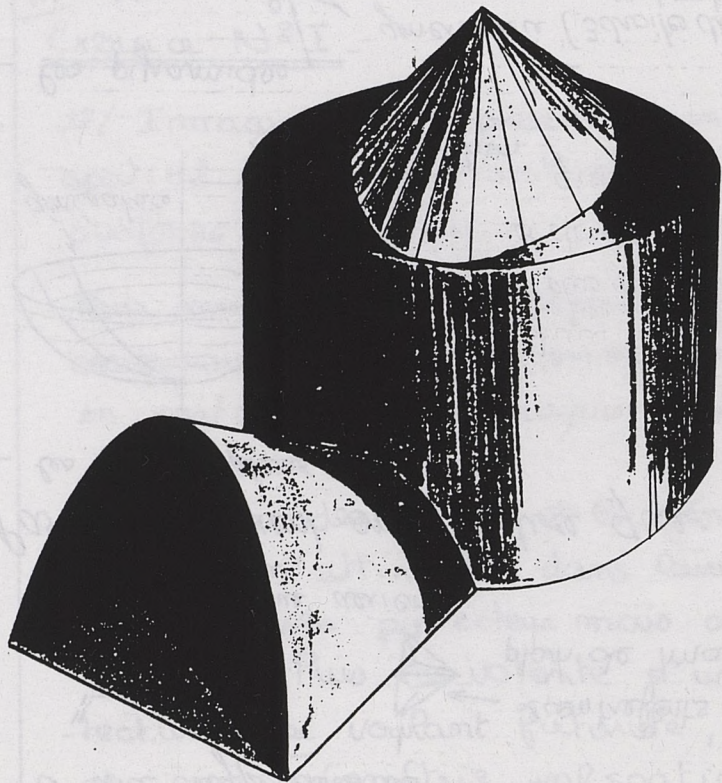
C'est une parabole courbée

- demi-cylindre / pyramide, c'est une parabole

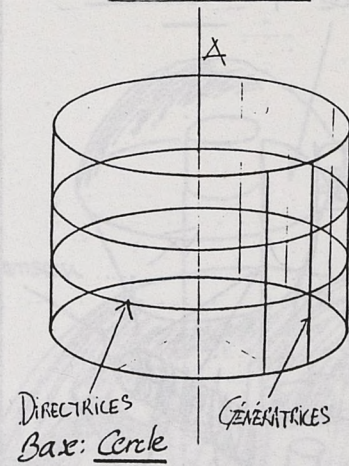


GONON SANDRINE
 Math. Sujet n°1.
 2^e année. 1993

16

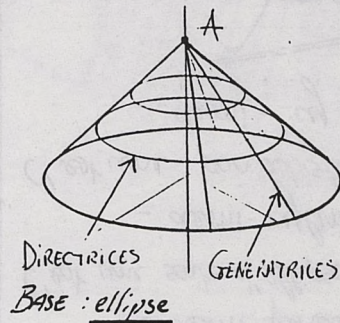


1- Le CYLINDRE-



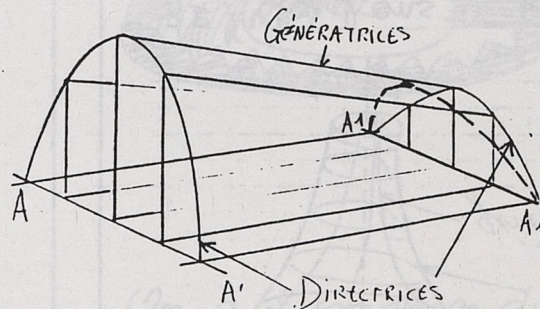
Le cylindre est une surface réglée développable, elle appartient aux surfaces de REVOLUTION. dite cylindrique (surface de translation). Elle est engendrée par des génératrices (droites) s'appuyant sur des cercles (directrices) d'axe A.

2 - Les CONIQUES-



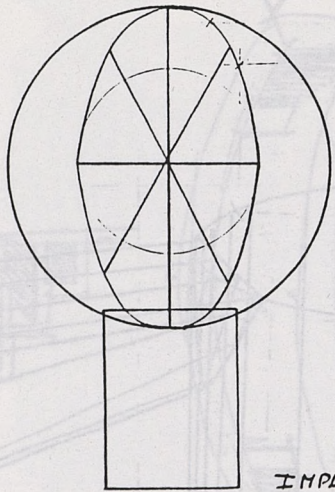
Cette surface appartient aux surfaces CONIQUES. Elle est réglée mais non développable. Cette surface est engendrée par des génératrices (droites) passant par un point fixe A et assujetties à rester en contact avec la courbe directrice (ellipse). Cette courbe engendre le volume par homotétie. (non développable car la base est une ellipse non un cercle comme le cône).

3 - Plan DIRECTEUR-

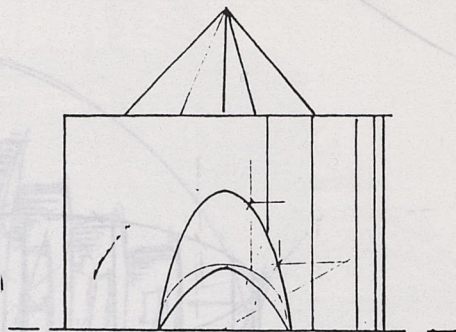


Cette surface appartient aux surfaces à PLAN DIRECTEUR. C'est une surface non réglée et non développable. Elle est engendrée par deux courbes directrices une ellipse d'axe AA' et un cercle A₁A₁' → parabole par la rencontre du cylindre.

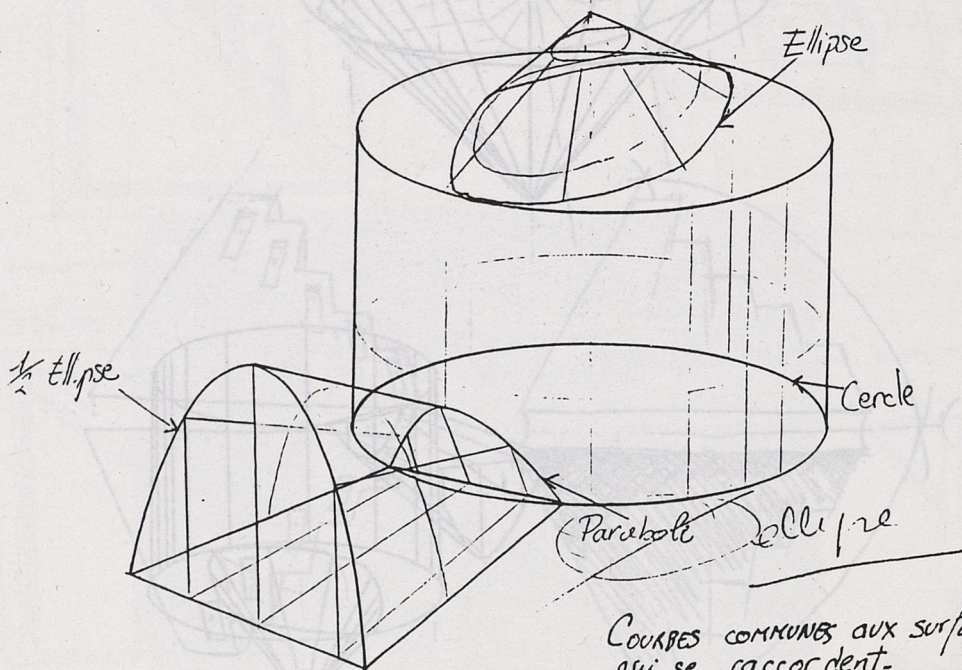
--- Surface engendrée par la rencontre du cylindre



IMPLANTATION

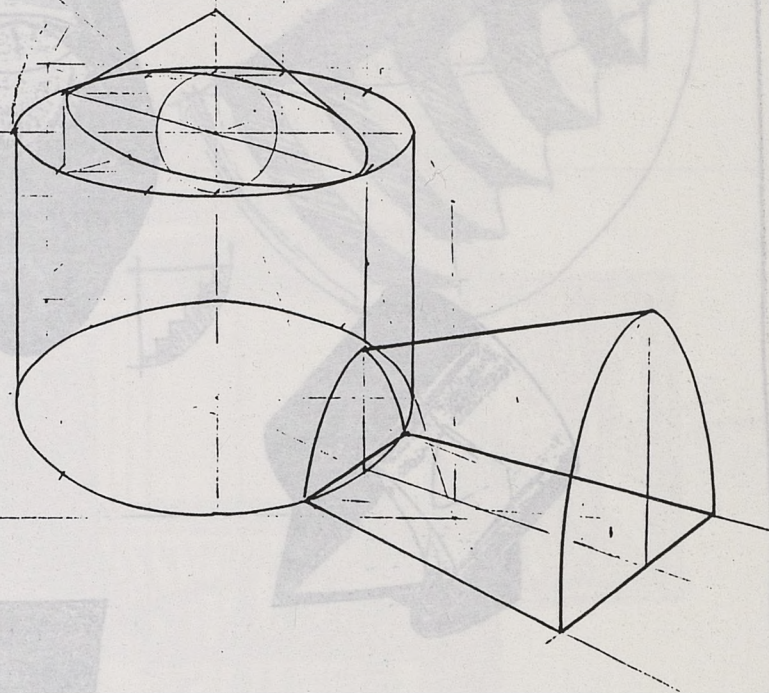


ELEVATION



COURBES COMMUNES AUX SURFACES
qui se raccordent.

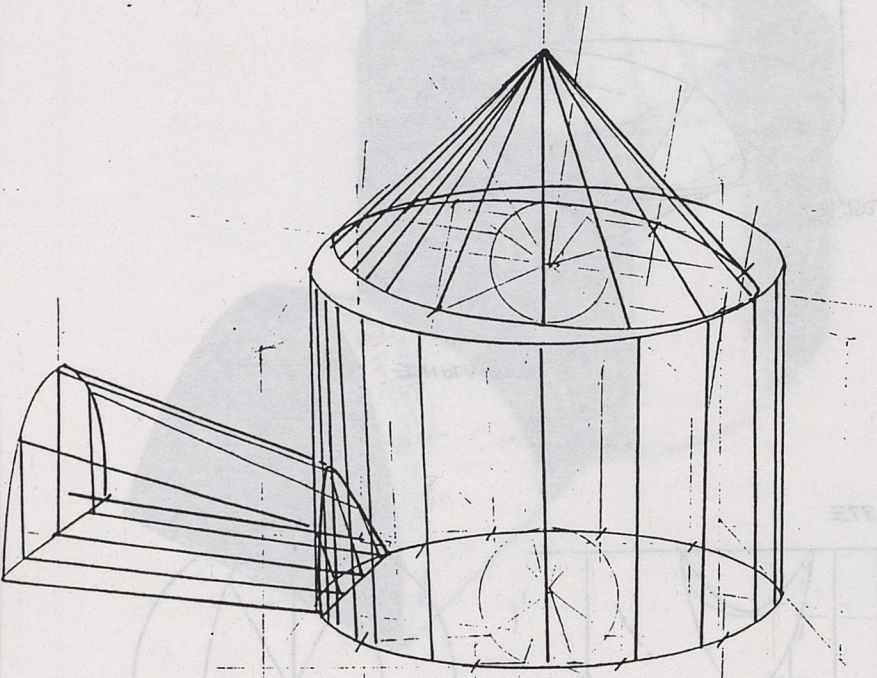
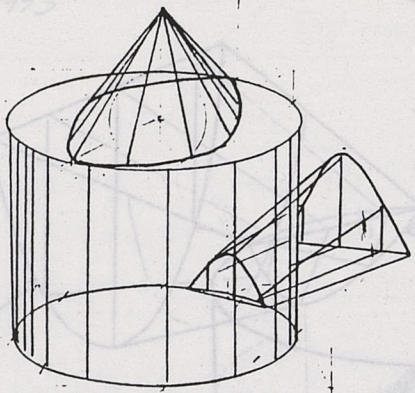
2 surfaces gauches ont
généralement une intersection gauche



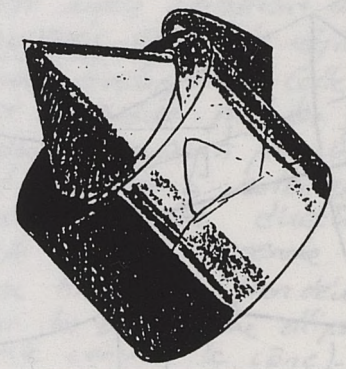
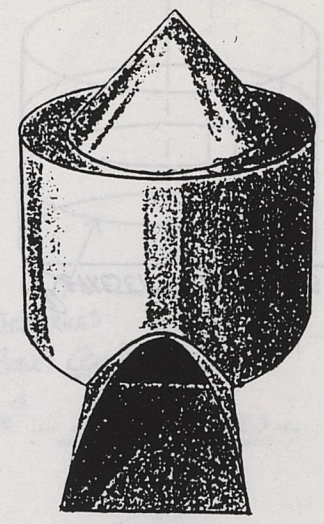
REPRESENTATIONS SOUS PLUSIEURS ANGLES:

Geometrie
Math. Syst. 1.1
Paris 1915

Le cône est un solide
dont la base est une surface
plane ou courbe et le sommet
est un point.

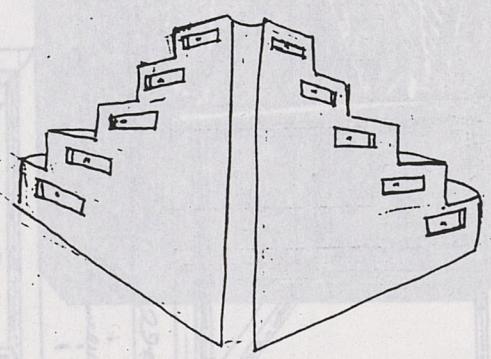
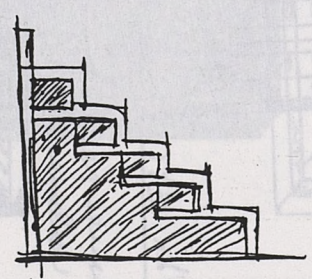
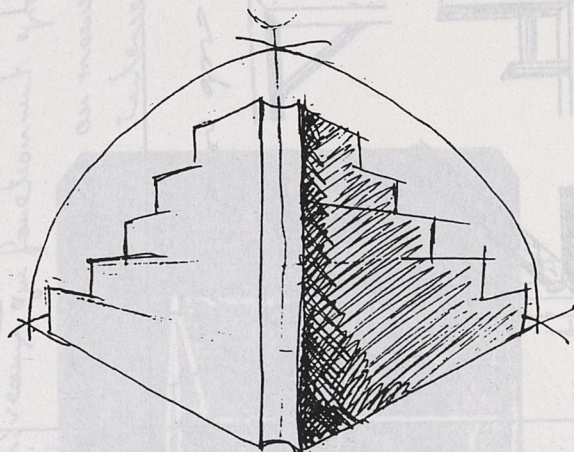
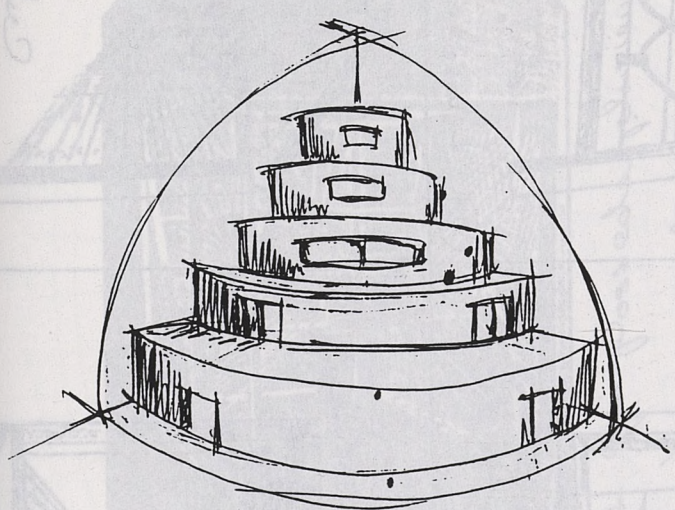
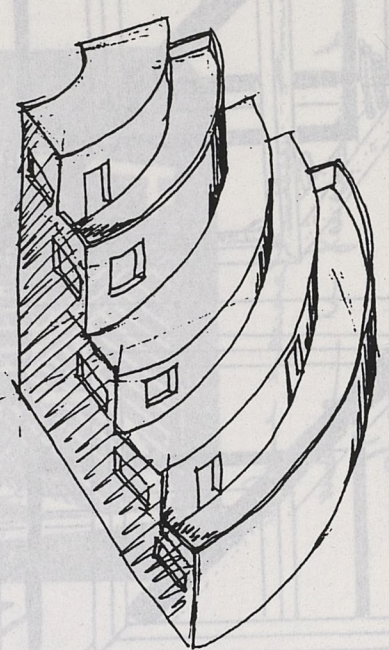
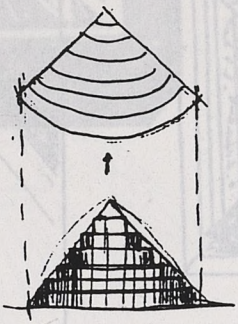
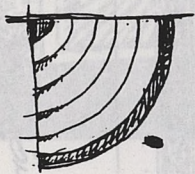
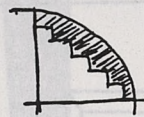
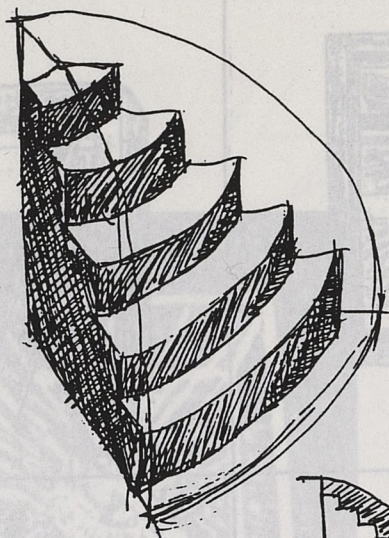


Le cône est un solide
dont la base est une surface
plane ou courbe et le sommet
est un point.

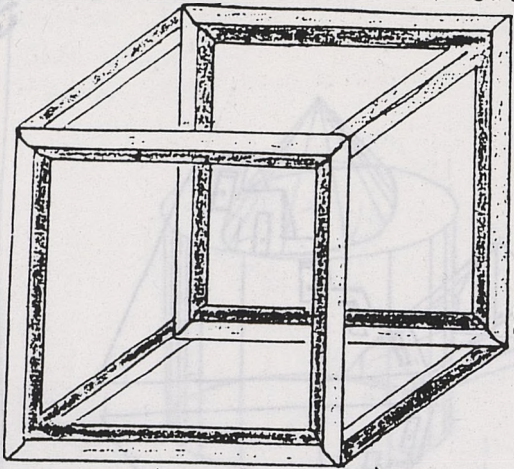


Le cône est un solide
dont la base est une surface
plane ou courbe et le sommet
est un point.

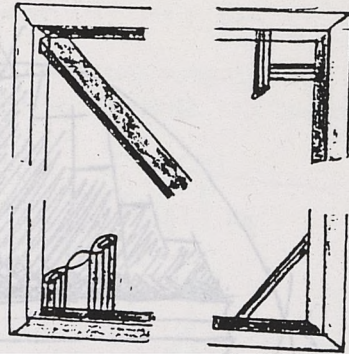
Surface conique
par la section
du cylindre



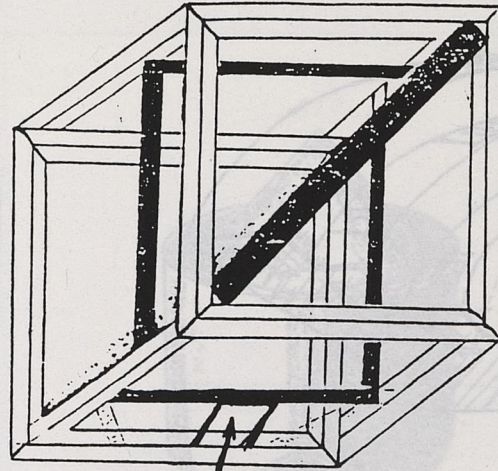
"Construction"



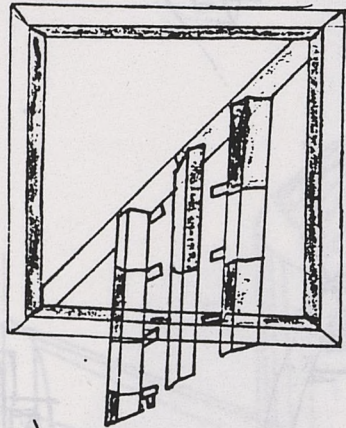
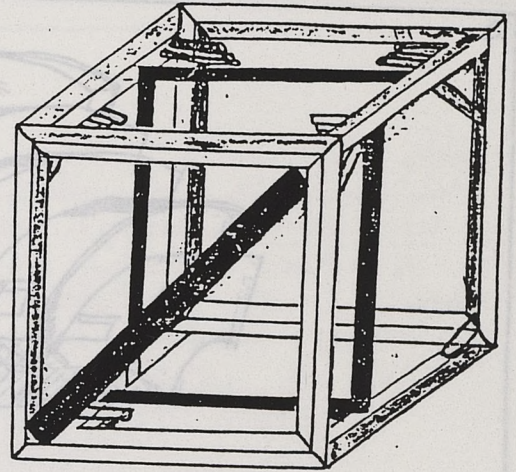
1) espace qui comprend un mouvement à l'intérieur.



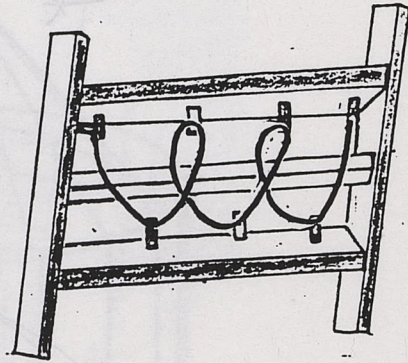
2) les structures des façades.



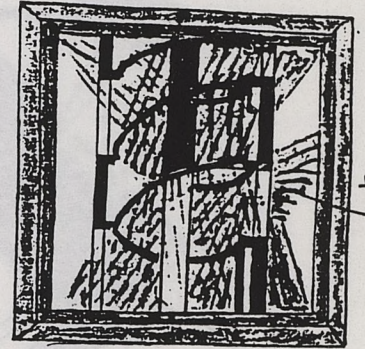
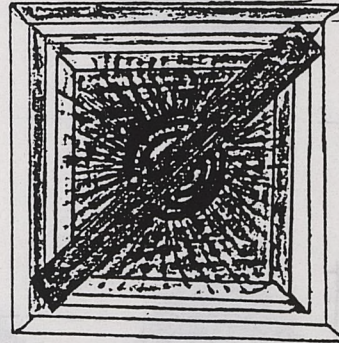
Entrée



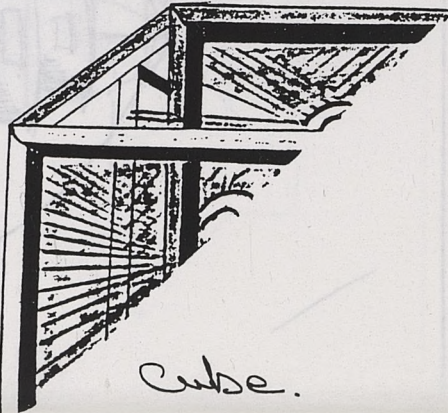
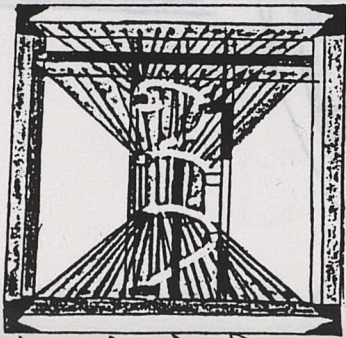
3) la structure qui établit une relation entre le volume et le mouvement.



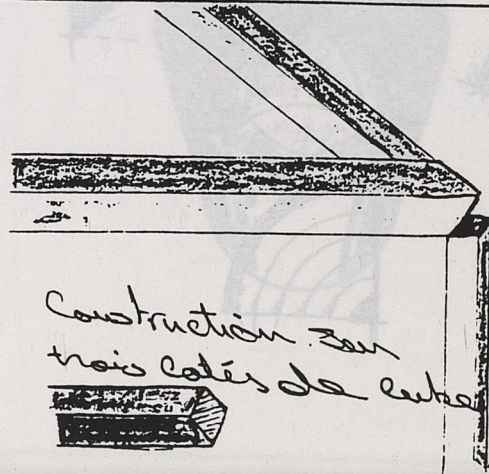
4) "l'escalier"



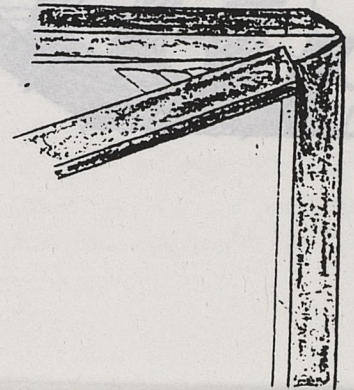
terrace

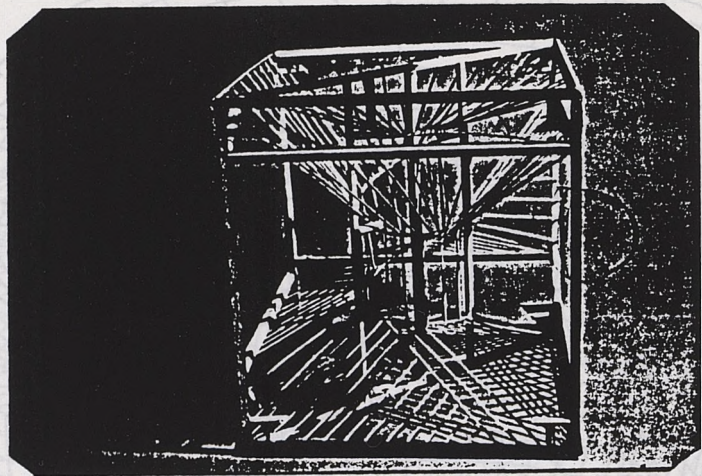


Cube.



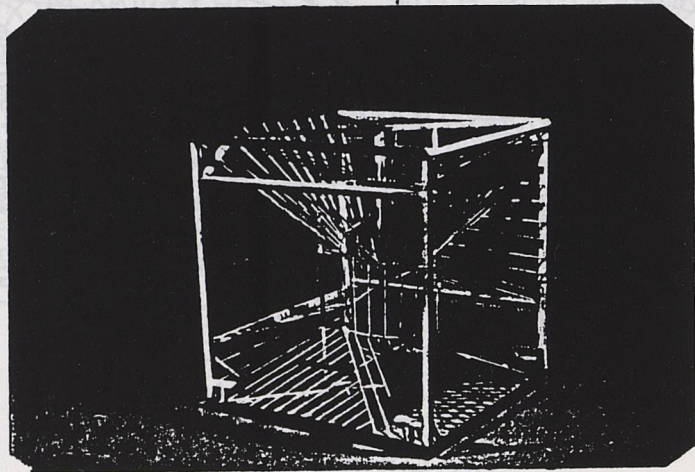
Construction sur trois cotés de cube



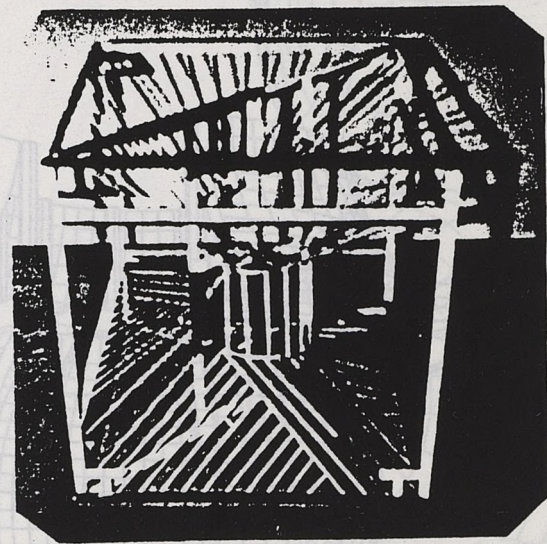
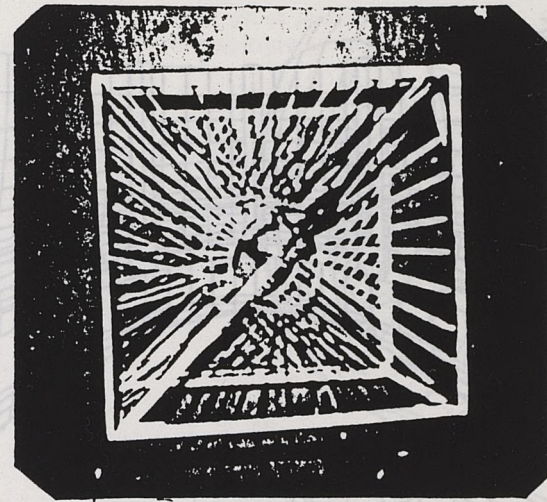


Espace qui possède plusieurs niveaux
et qui ont une relation avec l'extérieure.

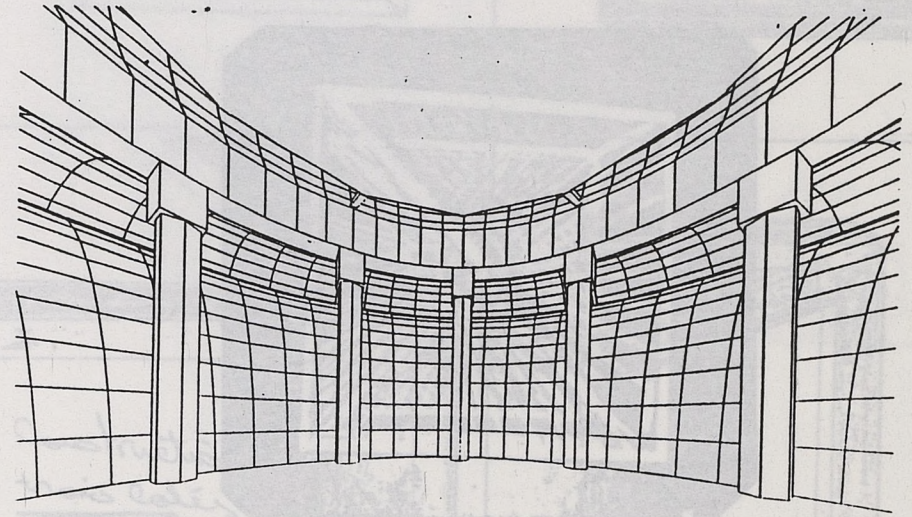
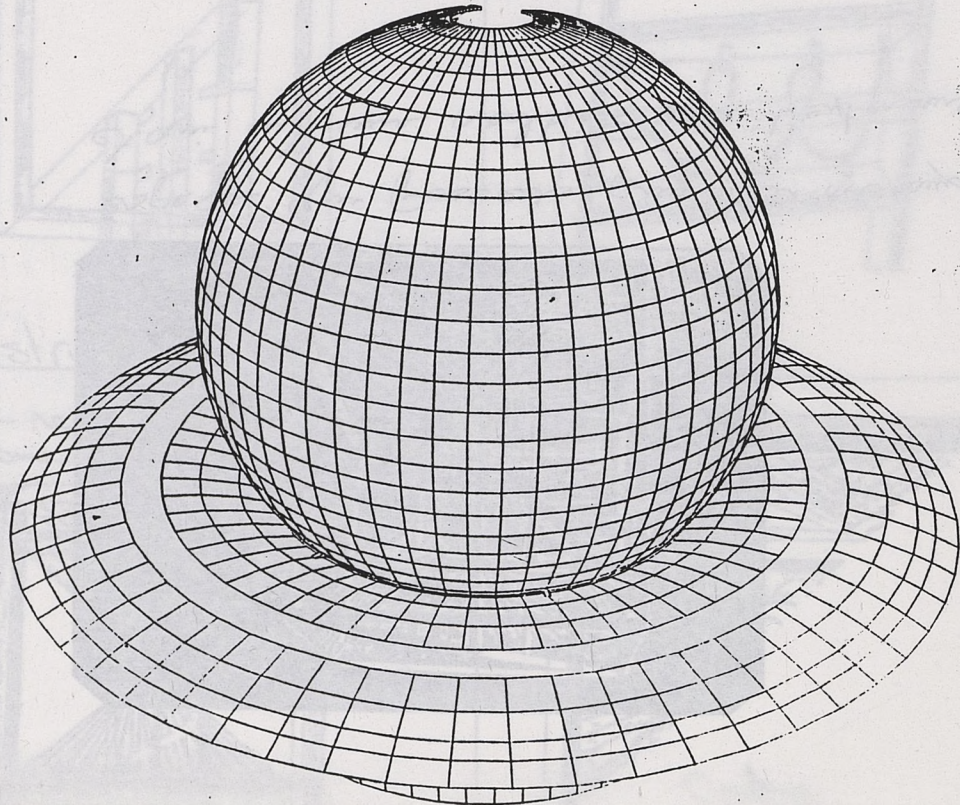
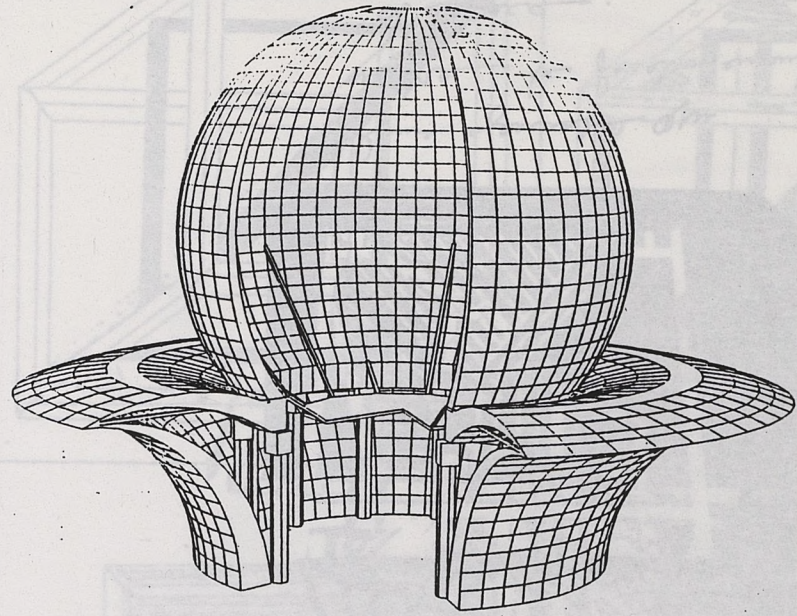
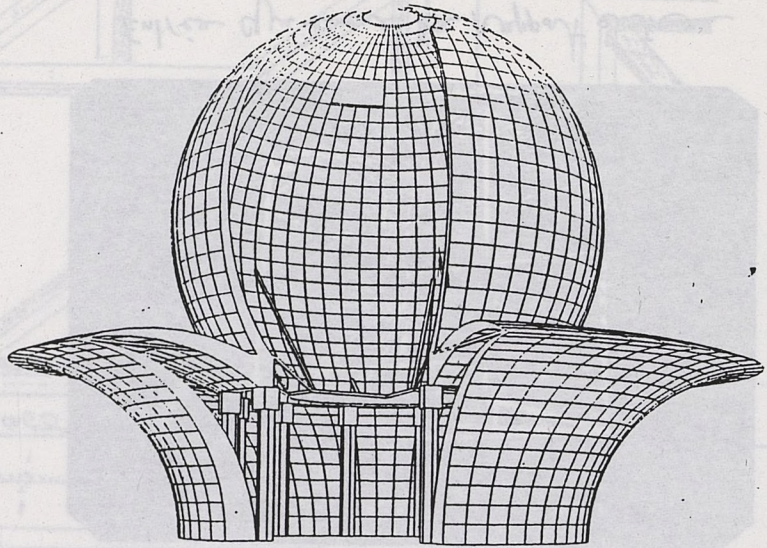
on remarque les 3 niveaux qui fonctionnent grâce
au mouvement
interne.

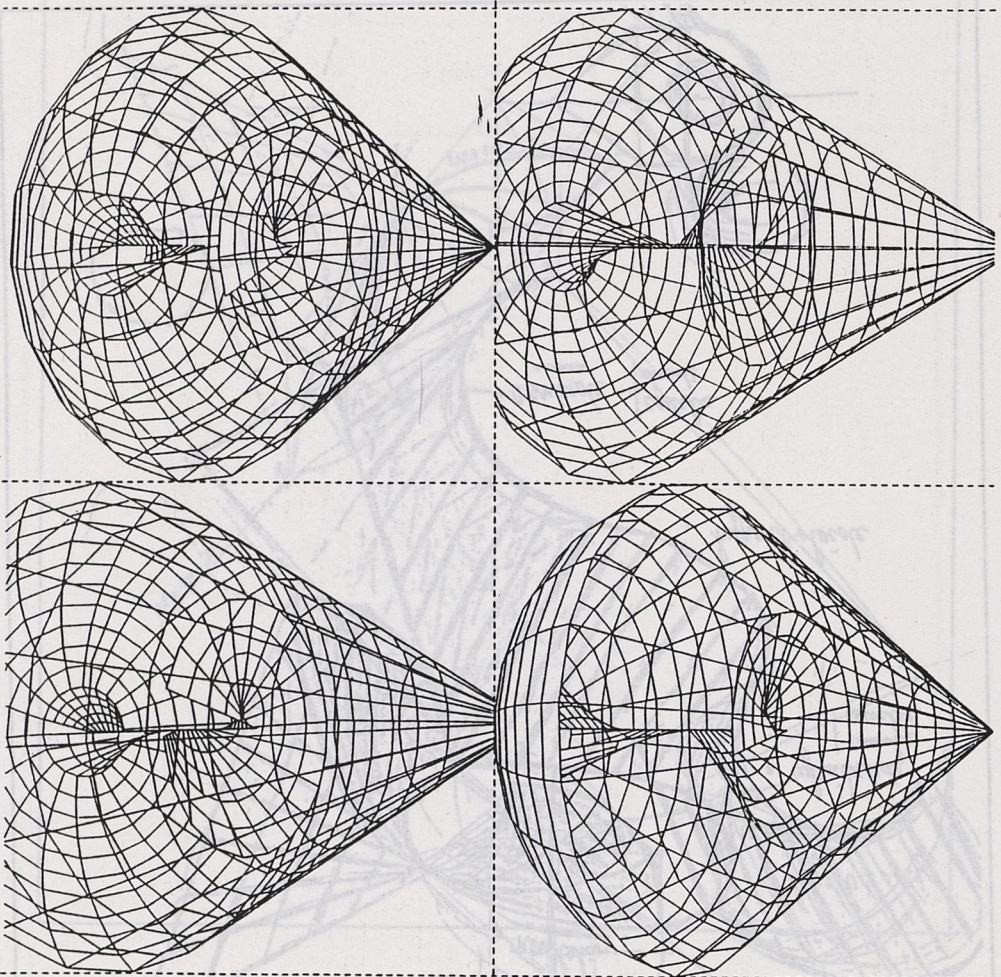


Entrée qui amène le rapport entre
l'extérieure et l'intérieure.



Volume générale qui
montre le fonctionnement
d'espace.

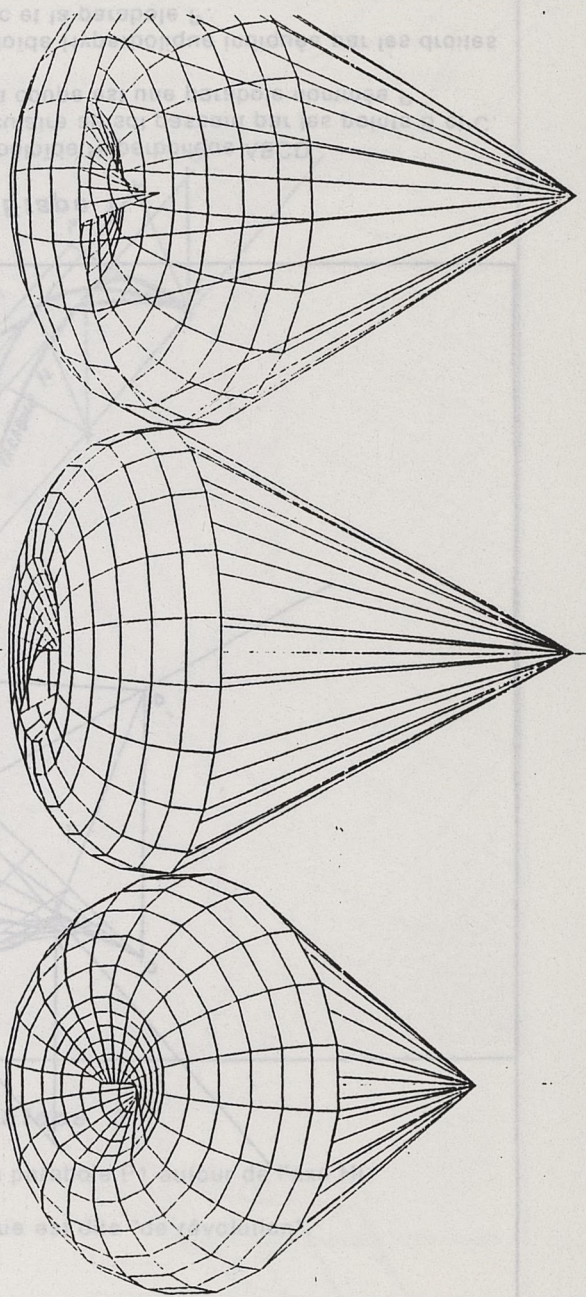




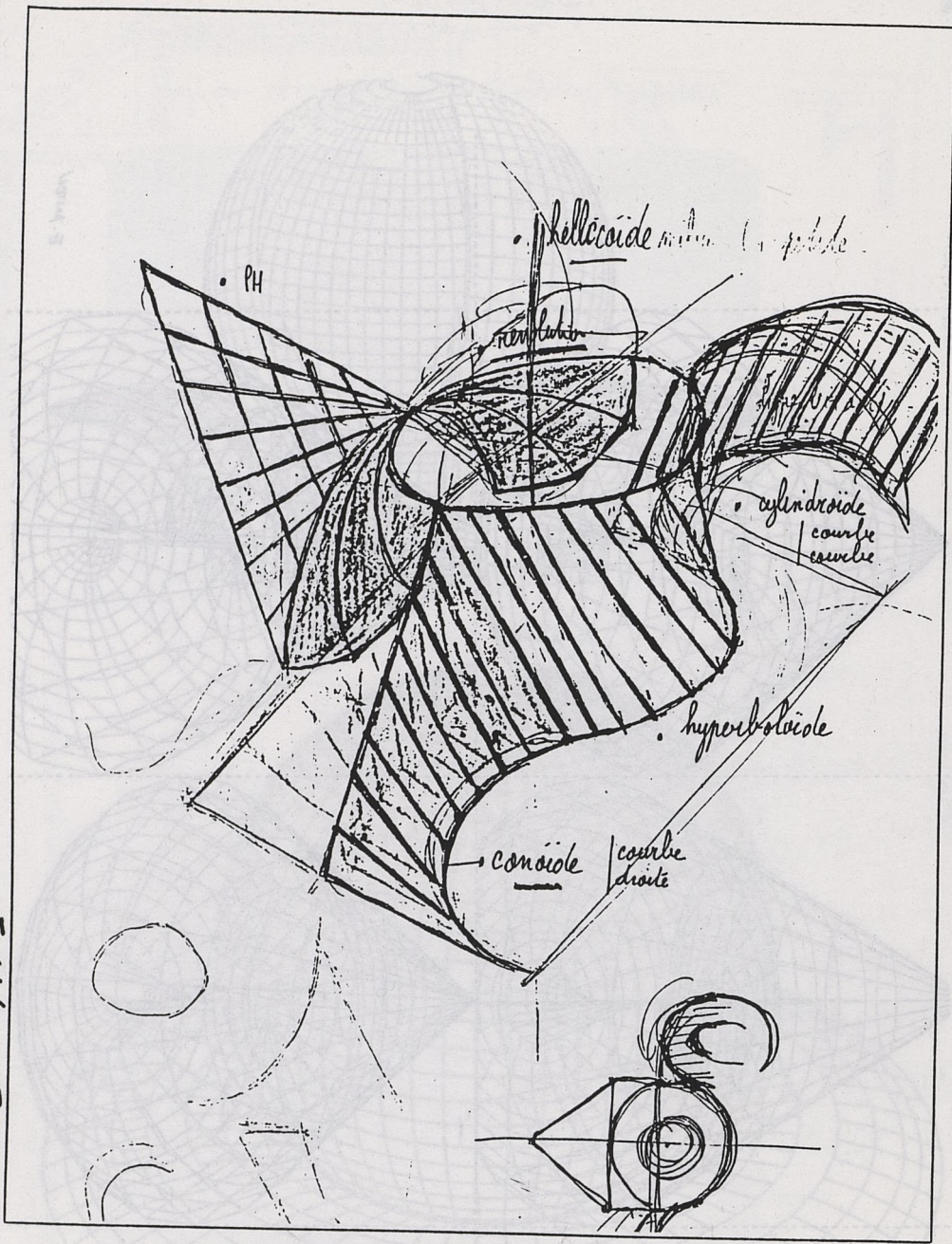
3. avant

Rotation de 30° de la parabole...
 EF est une parallèle à BC passant par le sommet de la parabole.
 La forme obtenue est une surface de révolution.

Conservation de la demi-parabole...
 La courbe résultante de la...
 Courbe située au lieu perpendiculaire...
 trace d'une parabole

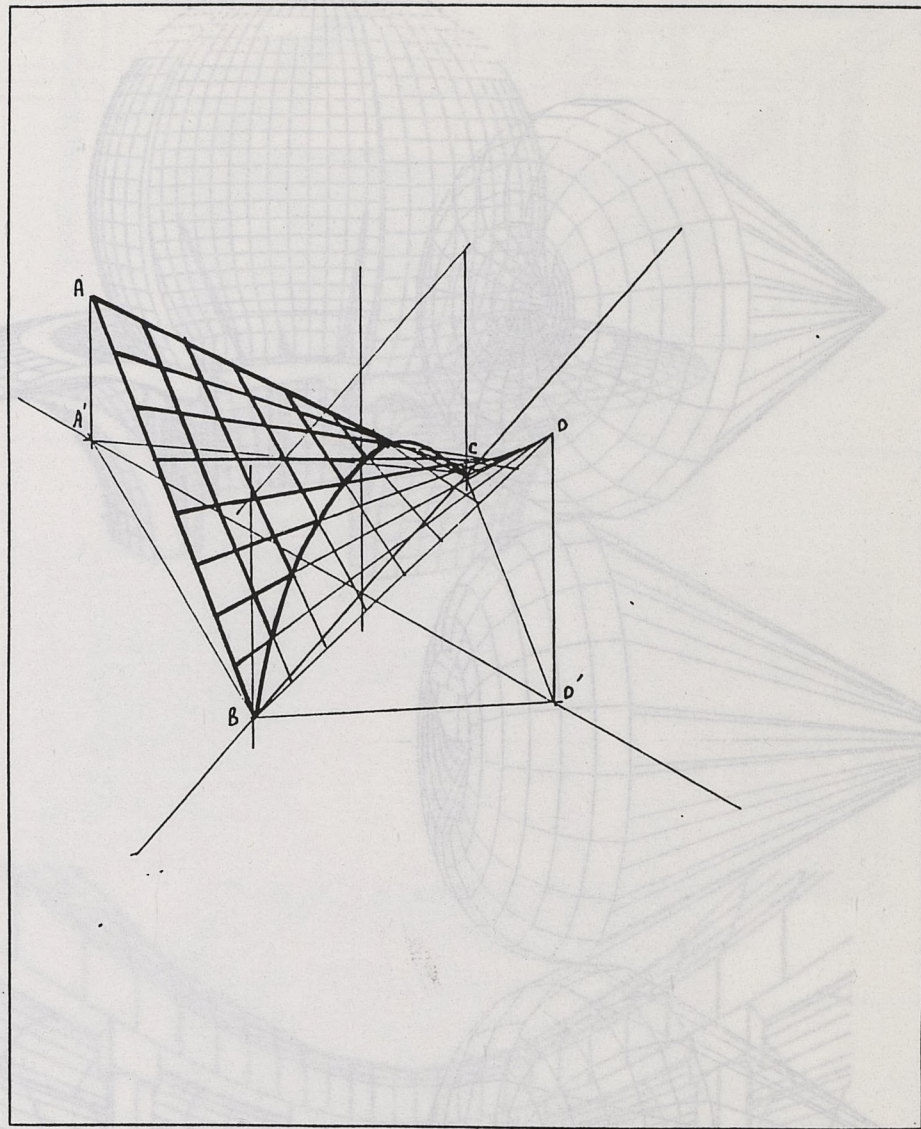


Rotation de 30° de la...
 La forme obtenue



Croquis de départ

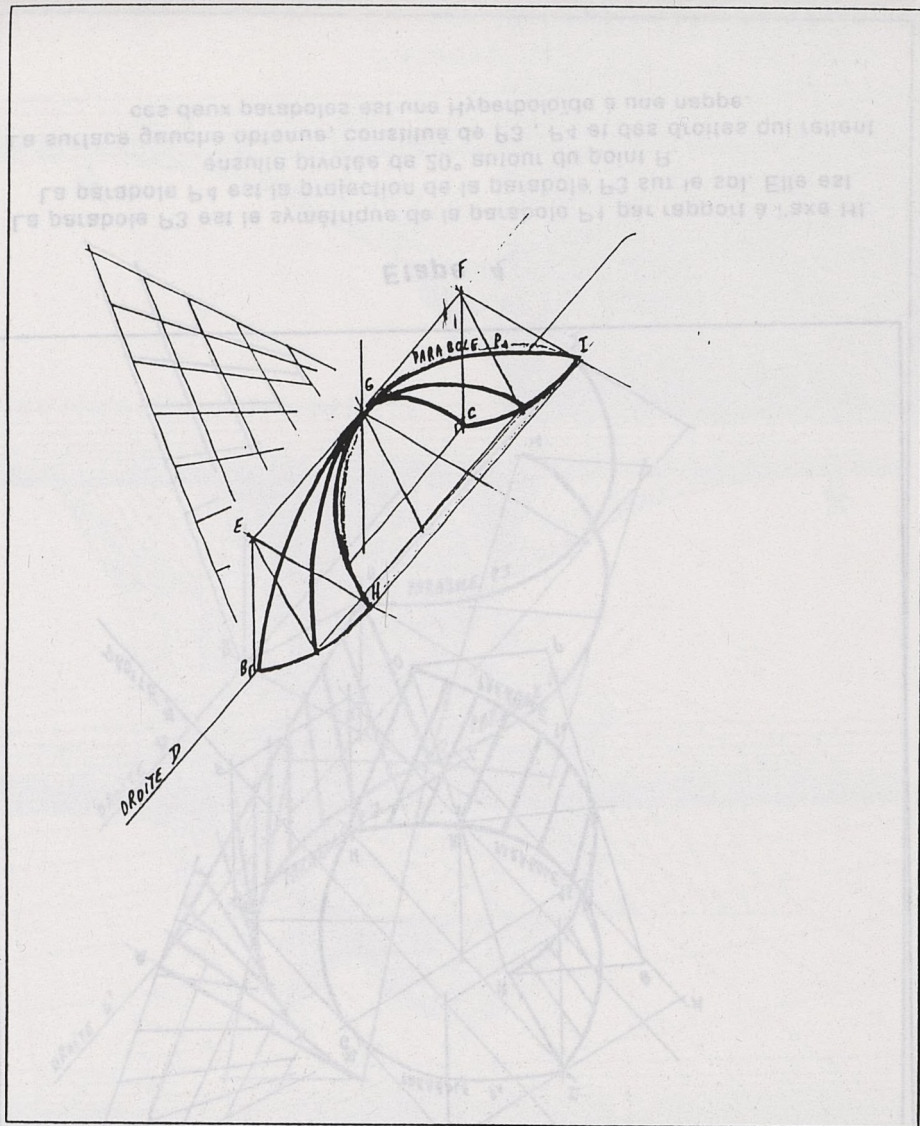
Frédéric FREDOU



Etape 1

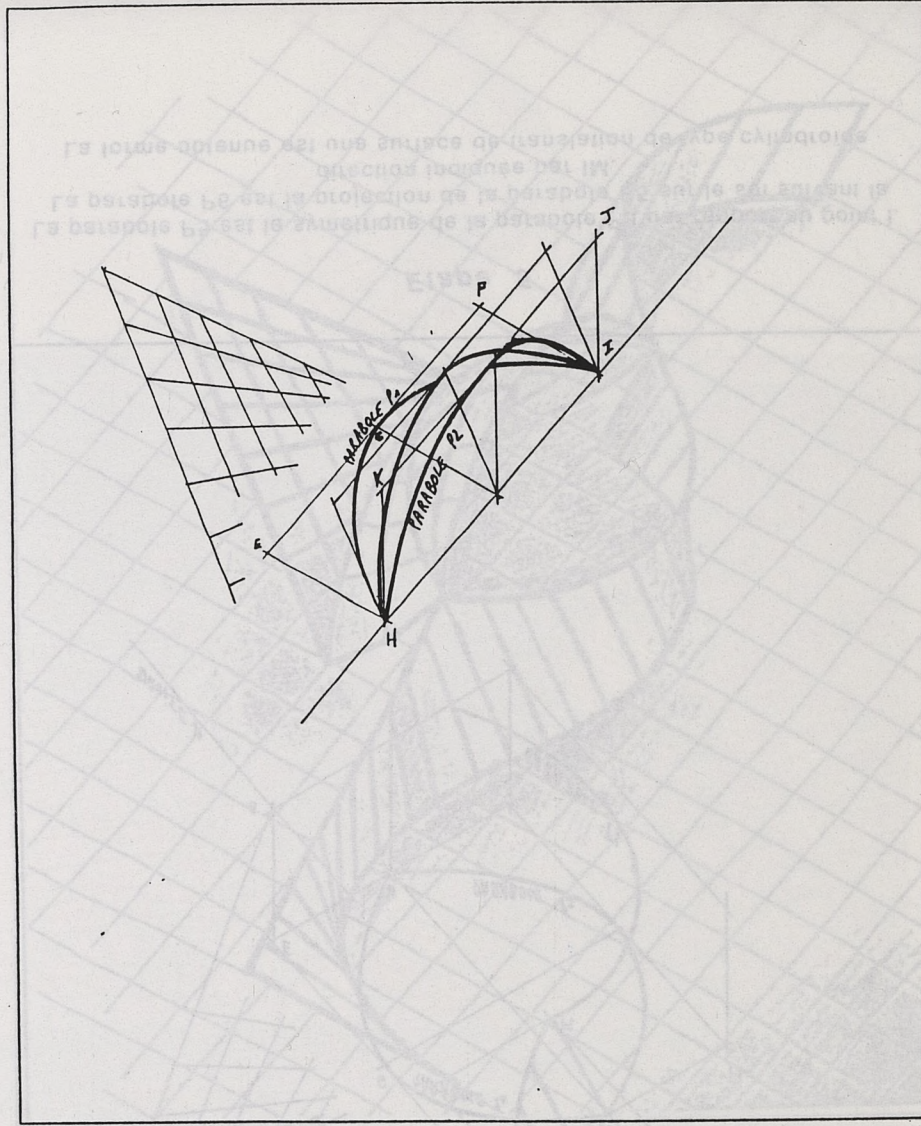
Tracé d'une Parabolöide Hyperbolique ABCD.
 Coupe suivant un plan perpendiculaire au sol passant par les points B et C.
 La courbe résultante de la coupe est une parabole nommée P.

Conservation de la demi parabolöide Hyperbolique indiquée par les droites
 AB et Ac et la parabole P.



Etape 2

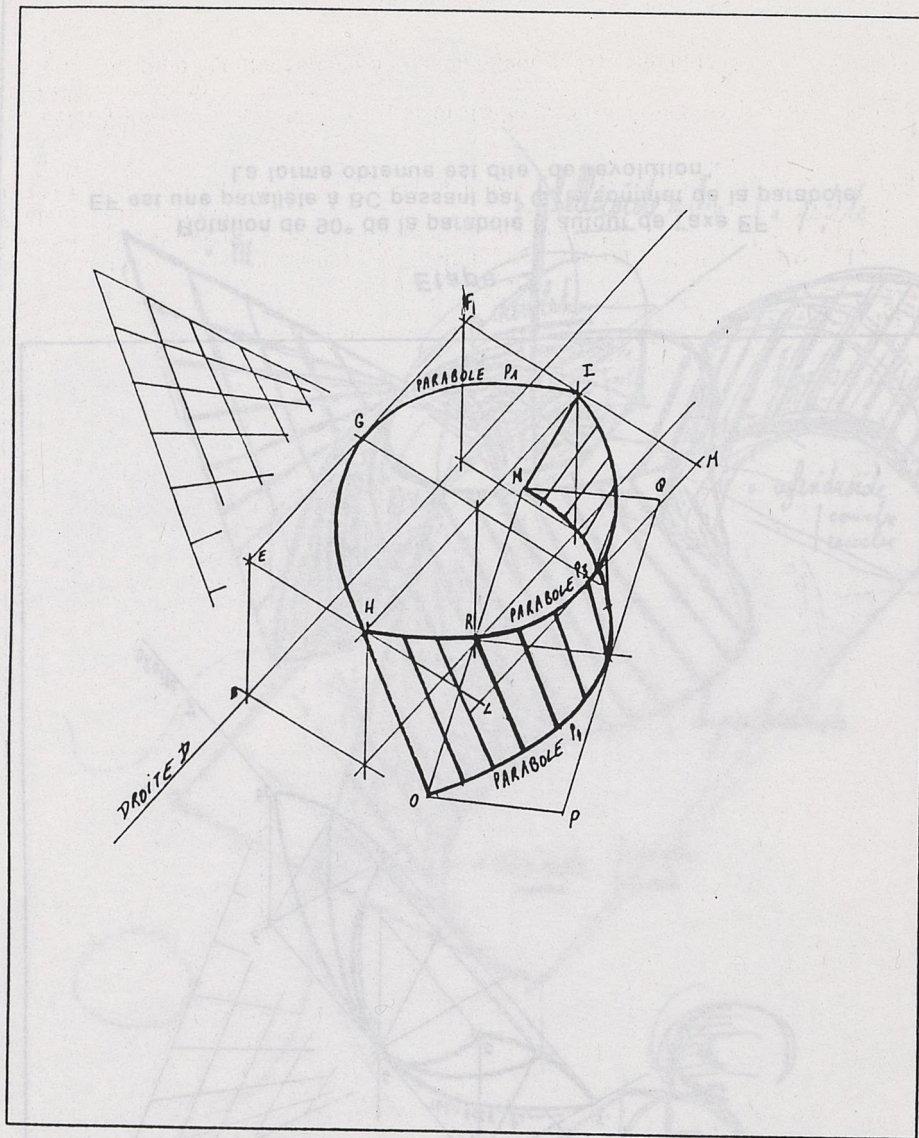
Rotation de 90° de la parabole P autour de l'axe EF.
 EF est une parallèle à BC passant par G, le sommet de la parabole.
 La forme obtenue est dite "de révolution".



Etape 3

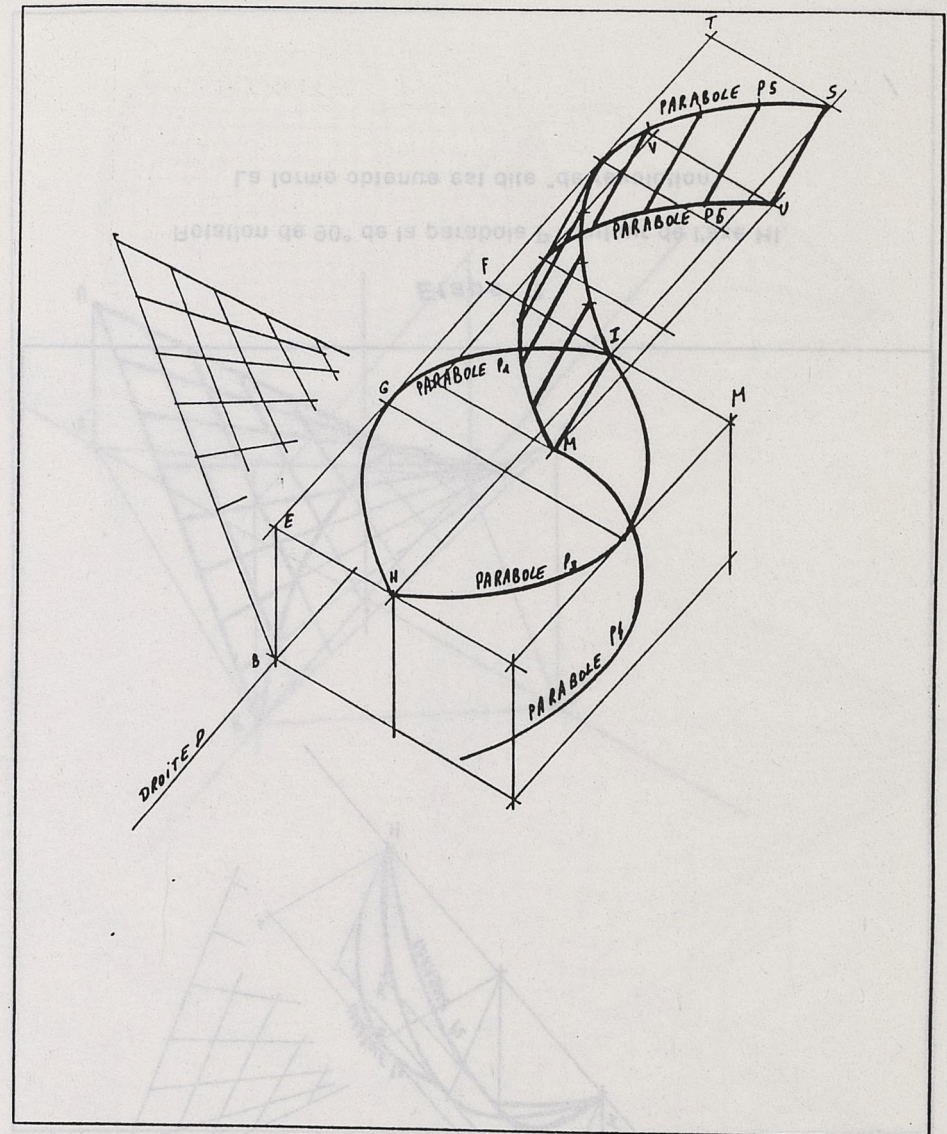
Rotation de 90° de la parabole P1 autour de l'axe HI.

La forme obtenue est dite "de révolution".



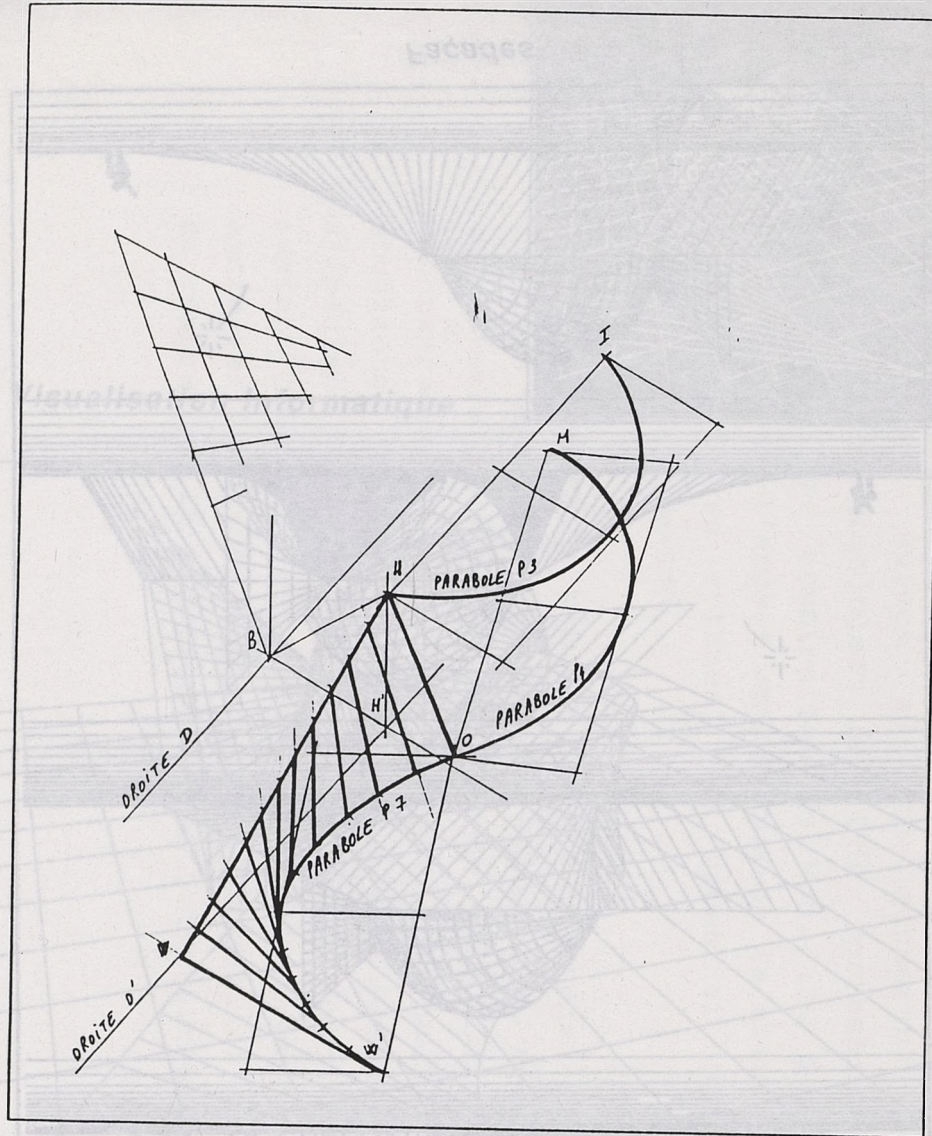
Etape 4

La parabole P3 est le symétrique de la parabole P1 par rapport à l'axe HI.
 La parabole P4 est la projection de la parabole P3 sur le sol. Elle est ensuite pivotée de 20° autour du point R.
 La surface gauche obtenue, constitué de P3, P4 et des droites qui relient ces deux paraboles est une Hyperboloïde à une nappe.



Etape 5

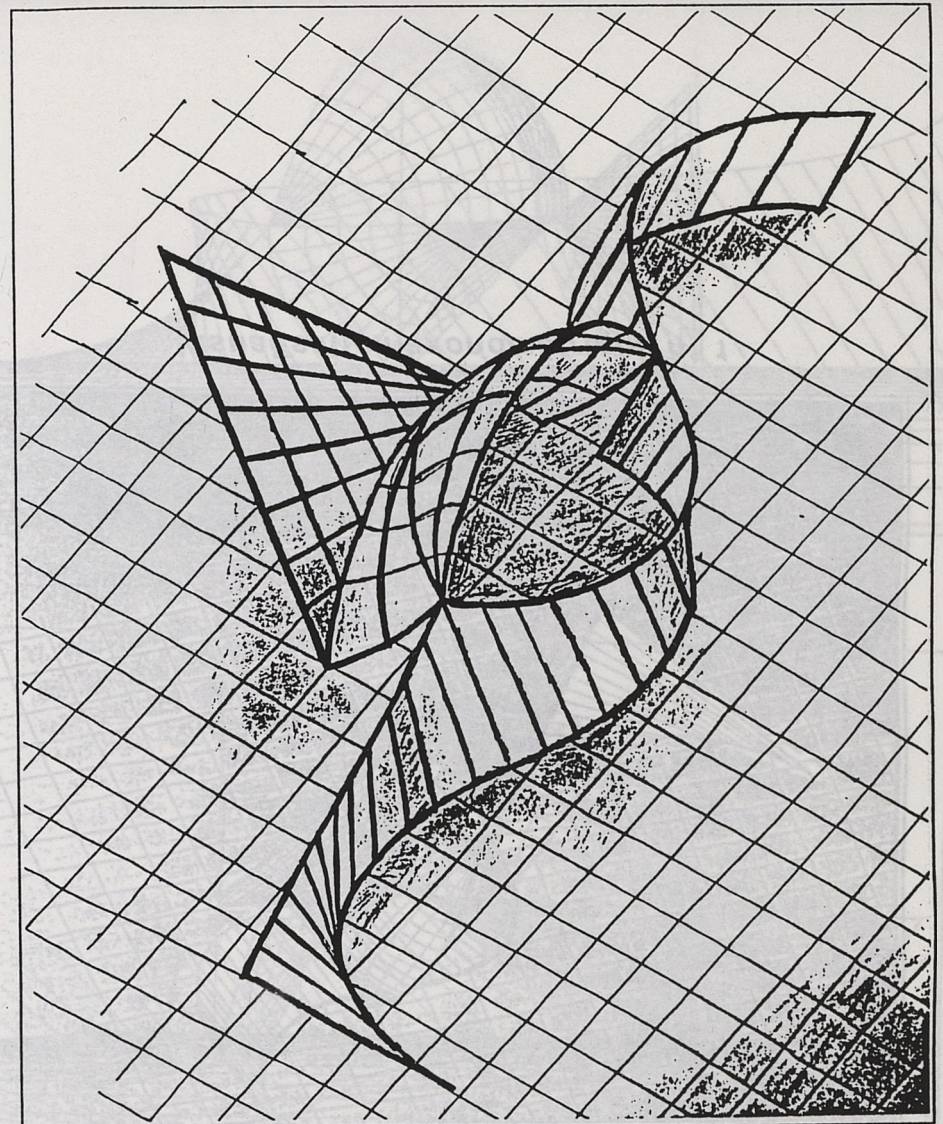
La parabole P5 est le symétrique de la parabole P3 par rapport au point I.
 La parabole P6 est la projection de la parabole P5 sur le sol suivant la direction indiquée par IM.
 La forme obtenue est une surface de translation de type cylindroïde



Etape 6

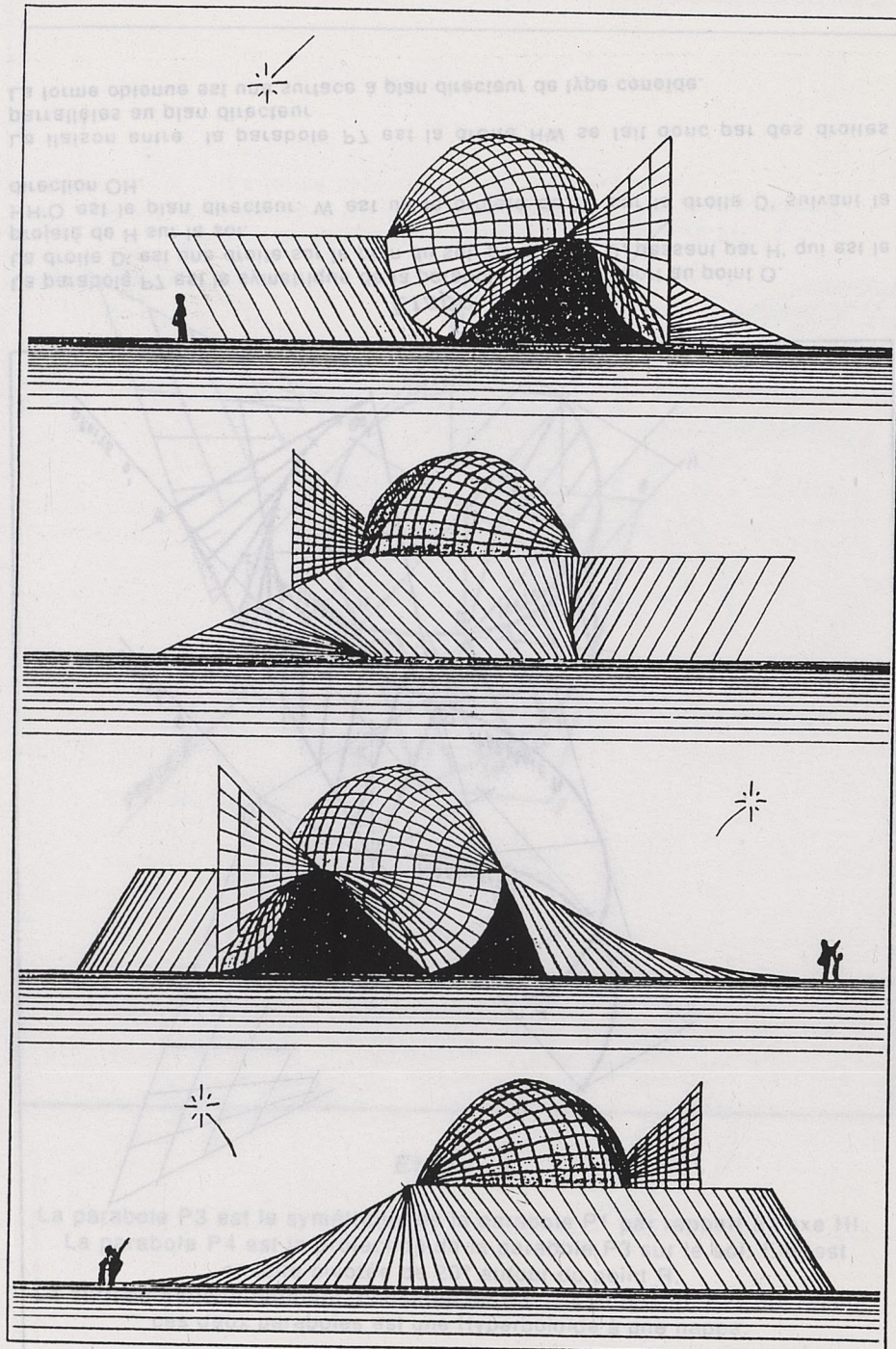
La parabole P7 est le symétrique de la parabole P4 par rapport au point O.
 La droite D' est une droite sur le plan du sol, parallèle à D, passant par H' qui est le projeté de H sur le sol.
 HH'O est le plan directeur. W est un le projeté de W' sur la droite D' suivant la direction OH.

La liaison entre la parabole P7 est la droite HW se fait donc par des droites parrallèles au plan directeur
 La forme obtenue est une surface à plan directeur de type conoïde.

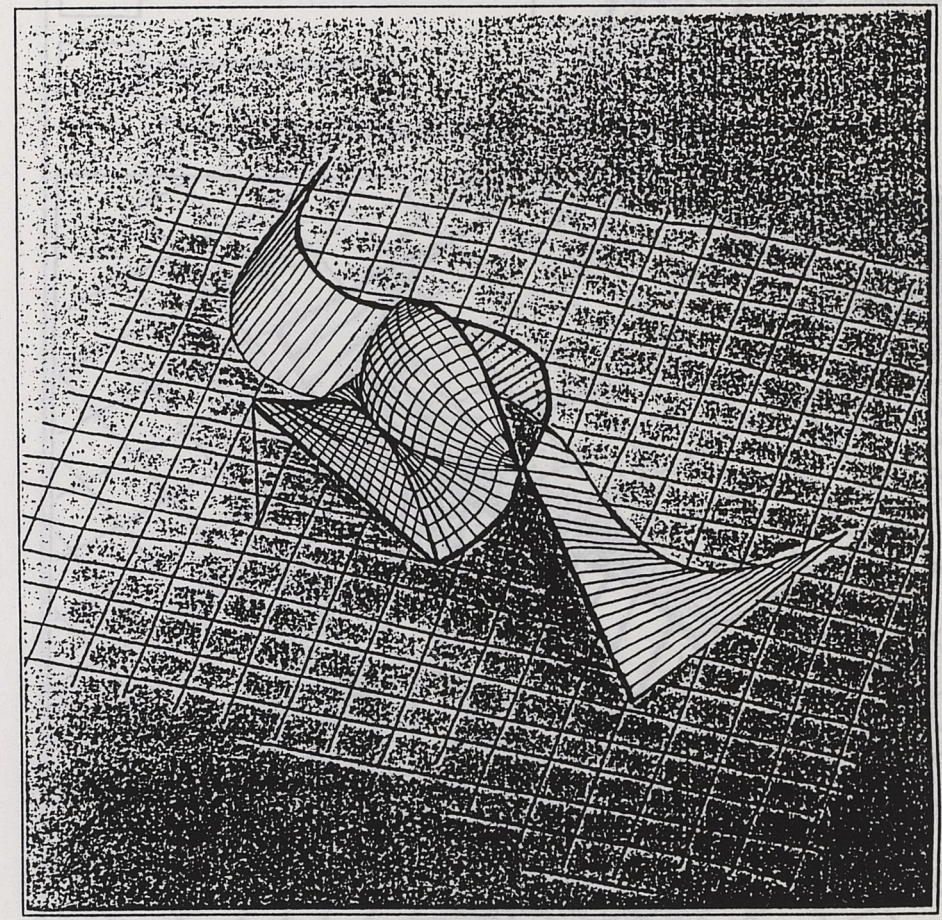


Visualisation axonométrique

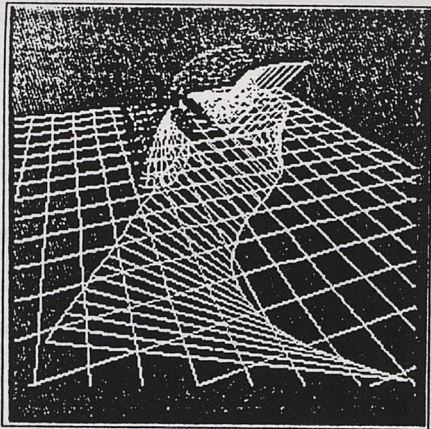
- | | | | |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|
| <input type="checkbox"/> | Paraboloïde Hyperbolique | <input type="checkbox"/> | Hyperboloïde |
| <input type="checkbox"/> | Surface de révolution 1 | <input type="checkbox"/> | Surface de translation. Cylindroïde |
| <input type="checkbox"/> | Surface de révolution 2 | <input type="checkbox"/> | Surface à plan directeur. Conoïde |



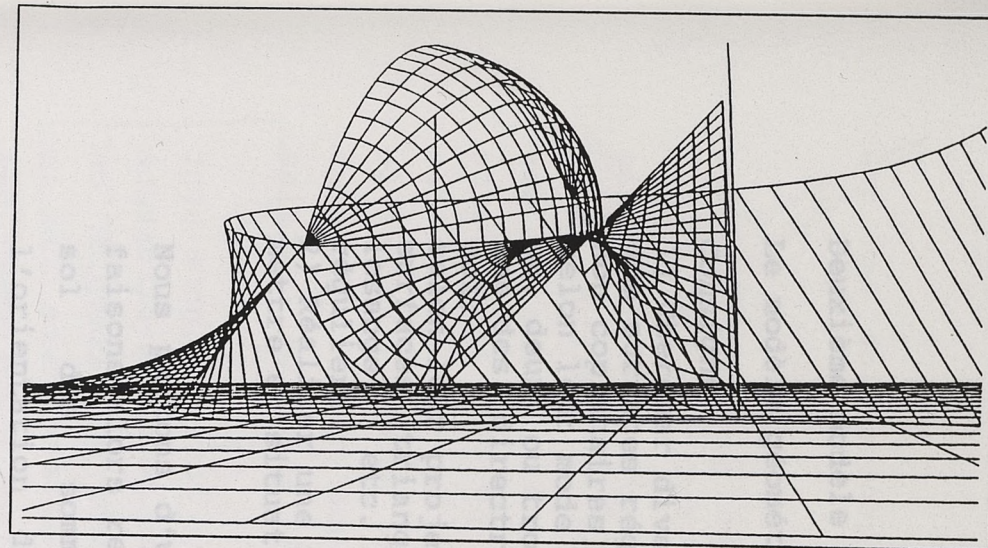
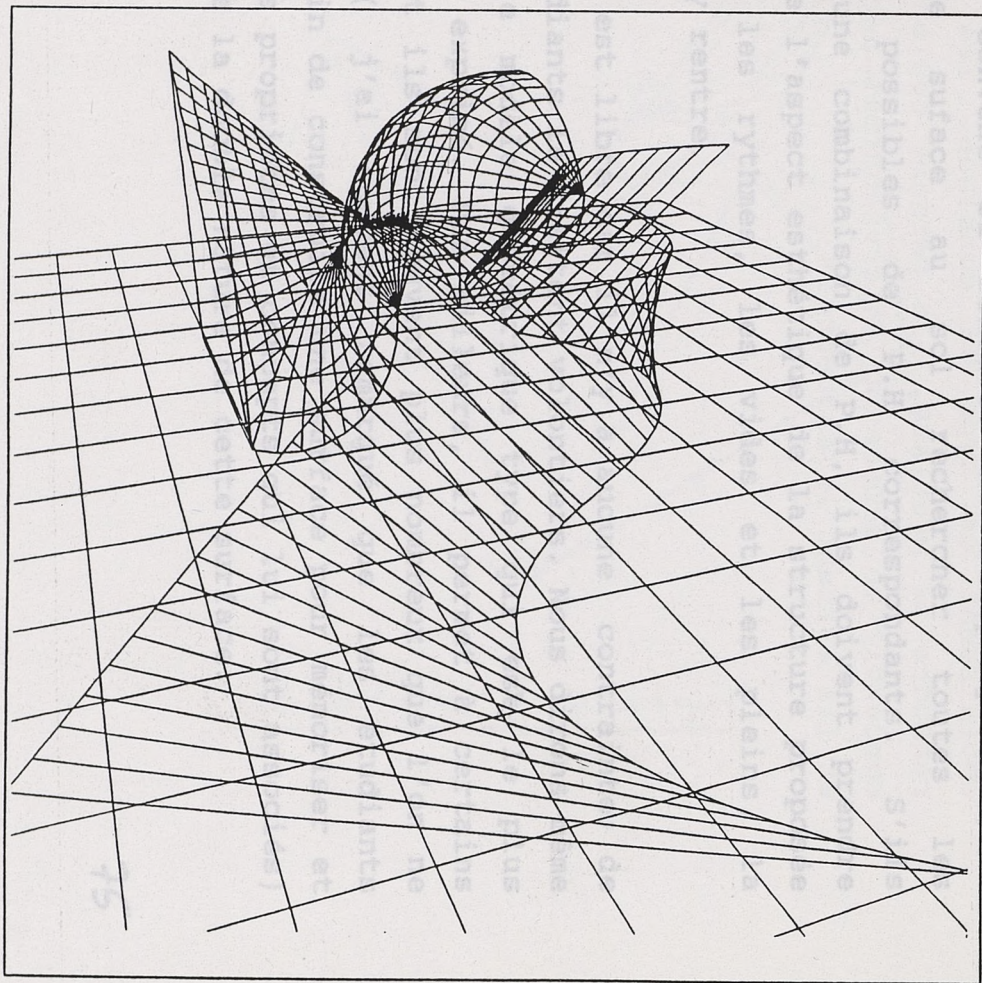
Façades



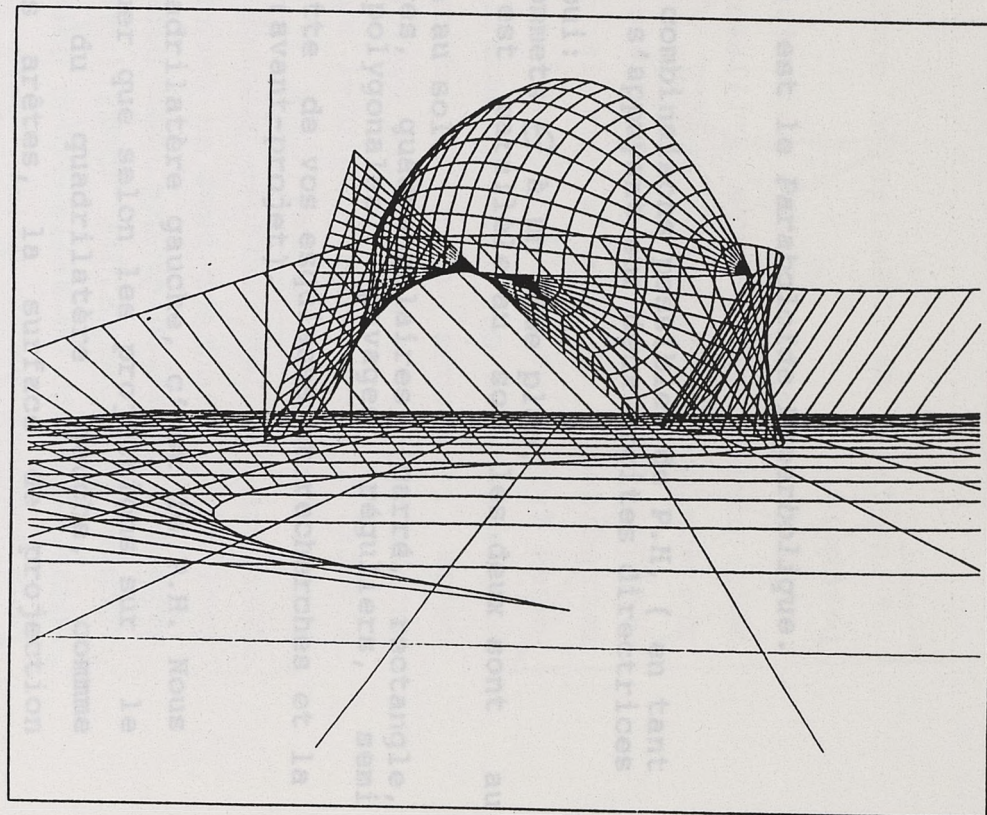
Visualisation axonométrique n° 1



Visualisation Informatique



Visualisation Informatique



Deuxième modèle

Le modèle géométrique est le *Paraboloïde Hyperbolique*.

Consigne

- 1) Chercher diverses combinaisons possibles de P.H, (en tant que surfaces réglées s'appuyant sur deux droites directrices non coplanaires), selon leur mode d'appui:
un, deux, ou trois sommets \in à un même plan, une des directrices est parallèle au sol, les deux sont au sol;
selon leur projection au sol:
surfaces triangulaires, quadrangulaires (carré, rectangle, losange, etc..), polygonales, pavages réguliers, semi réguliers.
- 2) Réaliser une maquette de vos esquisses et recherches et la mettre en situation, (avant-projet).

Nous partons d'un quadrilatère gauche, c'est le P.H. Nous faisons alors remarquer que selon les projections sur le sol des sommets du quadrilatère gauche, comme l'orientation de ses arêtes, la surface de projection change de forme; une première étape est celle d'analyser toutes les projections possibles d'un P.H donné, (triangle, quadrilatère convexe ou concave. Et réciproquement, à partir d'une surface au sol rechercher toutes les combinaisons possibles de P.H correspondants. S'ils choisissent une combinaison de P.H, ils doivent prendre conscience de l'aspect esthétique de la structure proposée en étudiant les rythmes, les vides et les pleins, la lumière qui y rentre.

Cet exercice est libre car il n'y a aucune contrainte; de fait les étudiants le traitent volontiers. Nous dirons même que c'est le modèle géométrique type qui est le plus spontanément exprimé. Par ailleurs, il permet à certains étudiants, et ils sont souvent plus nombreux que l'on ne s'imagine, (j'ai souvent remarqué que les étudiants avaient besoin de construire une surface pour mémoriser et assimiler les propriétés et concepts qui lui sont associés) de comprendre la double nature de cette surface:

* surface de translation dont la génératrice est une parabole,

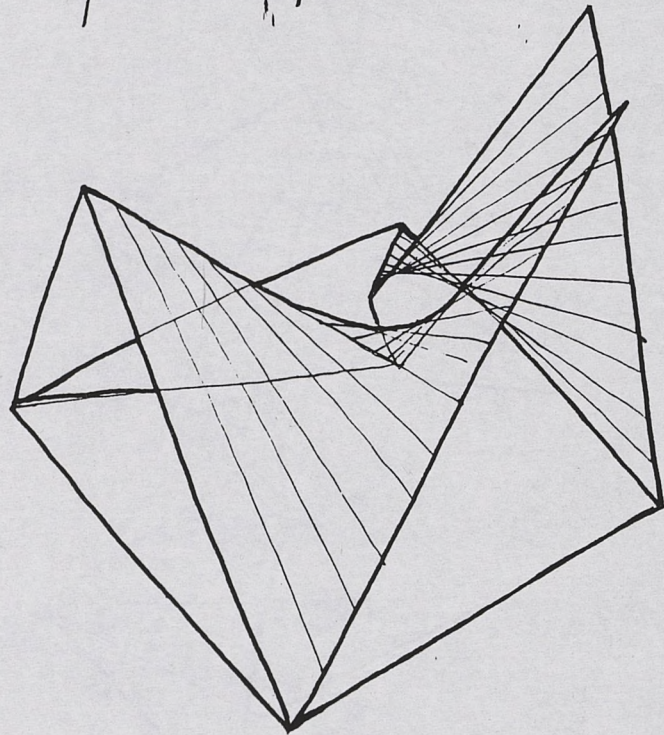
* surface réglée à plan directeur.

Nous proposons à titre d'illustrations quelques uns des projets de nature assez simple.

Quelques uns ont été exécutés à l'aide de logiciels surfaciques. Il semble que la demande informatique soit assez forte, et qu'il faudrait la considérer comme une des composantes du cours de mathématiques. Ce sera la suite de cette recherche dans le champ de la pédagogie des mathématiques: c'est à dire évaluer quel serait l'apport de l'outil informatique, logiciel surfacique du genre Zoom ou Autocad ou tout autre, dans l'assimilation de certains concepts sur les surfaces gauches.

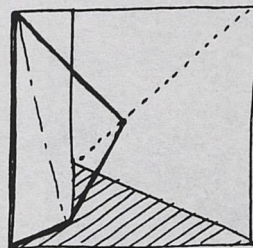
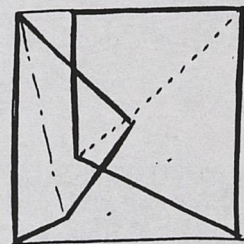
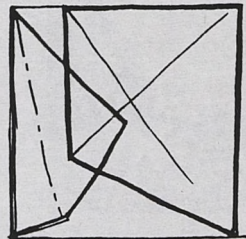
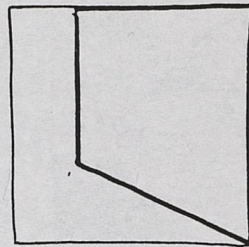
Ceci dit le lecteur peut se demander si les étudiants sont capables de calculer quelques paramètres de cette structure donnée sous certaines conditions, comme par exemple: on donne le point de selle et un point de la structure, ou le plan tangent en un point, puis l'étudiant a également des informations sur la surface au sol, ou d'autres types d'informations. En général, du moins pour ceux qui choisissent ce type de consigne, les étudiants savent résoudre le problème, ils perdent seulement l'occasion de concevoir un espace où interviendrait une telle structure, et ils évitent la maquette!

Mathématiques

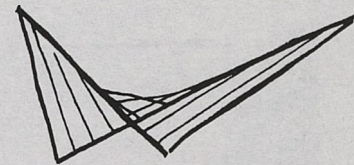


Paraboloides Hyperboliques

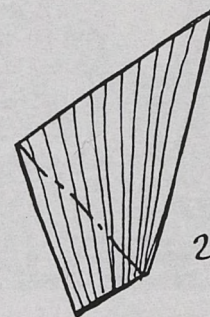
Plans



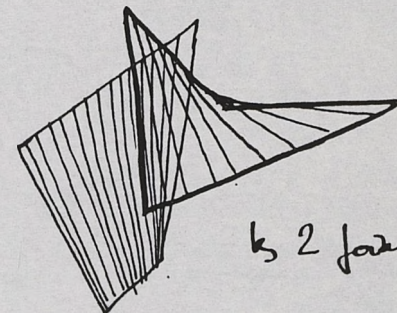
Volumes



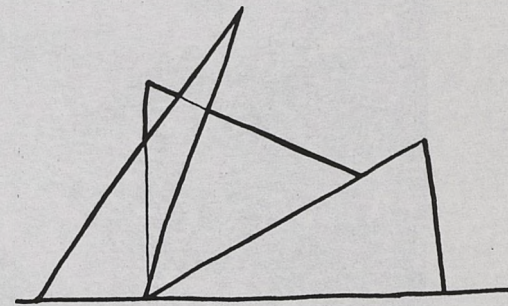
1^a PH

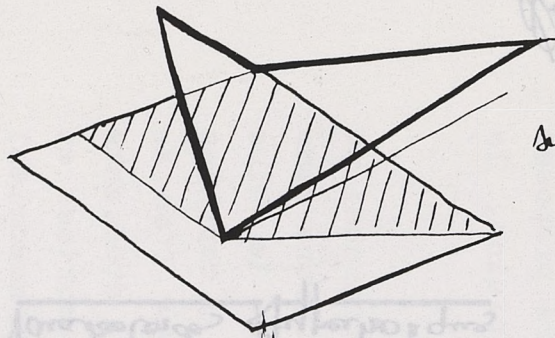


2^{em} PH

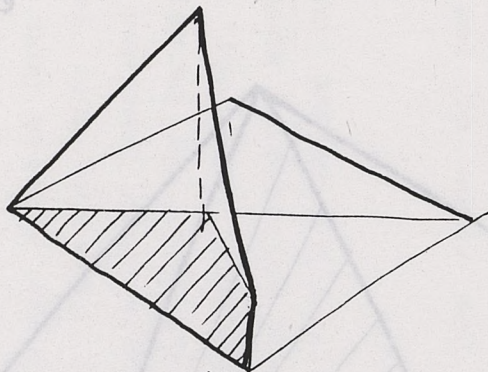


3^e 2 faces

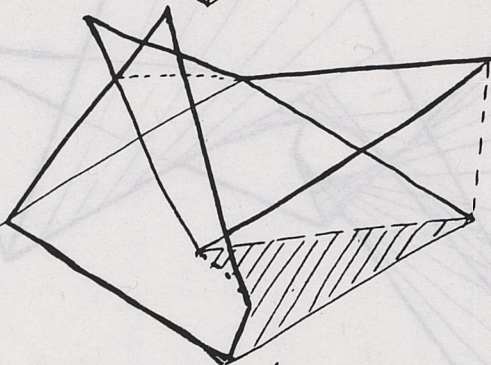




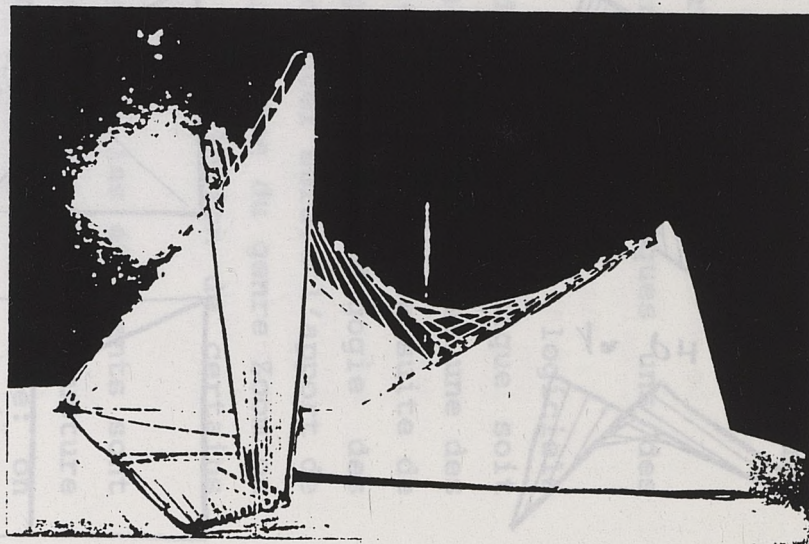
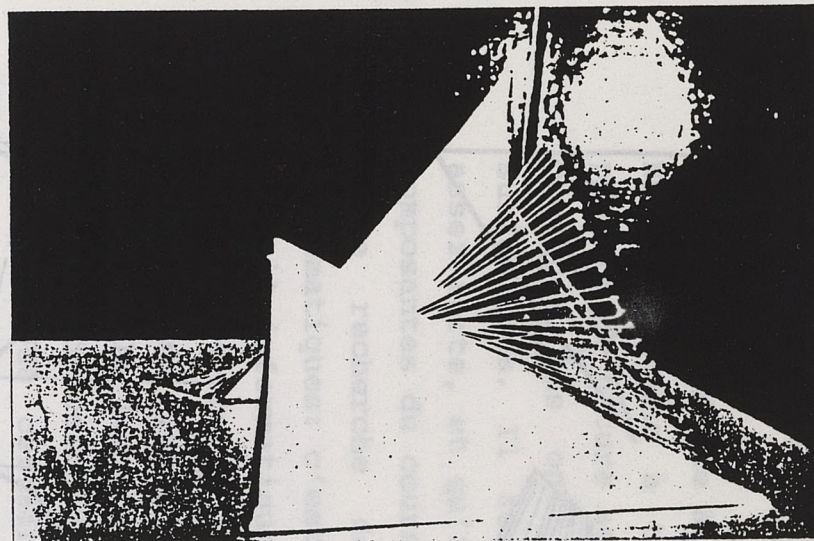
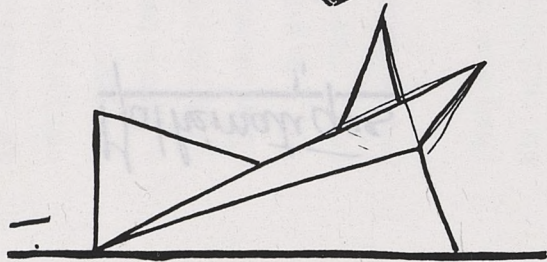
Surface couverte
par le
plan P₁₁



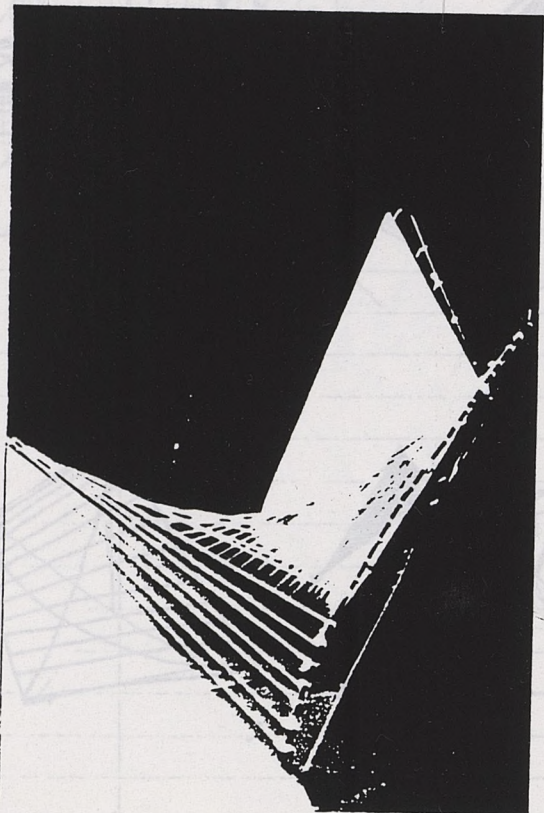
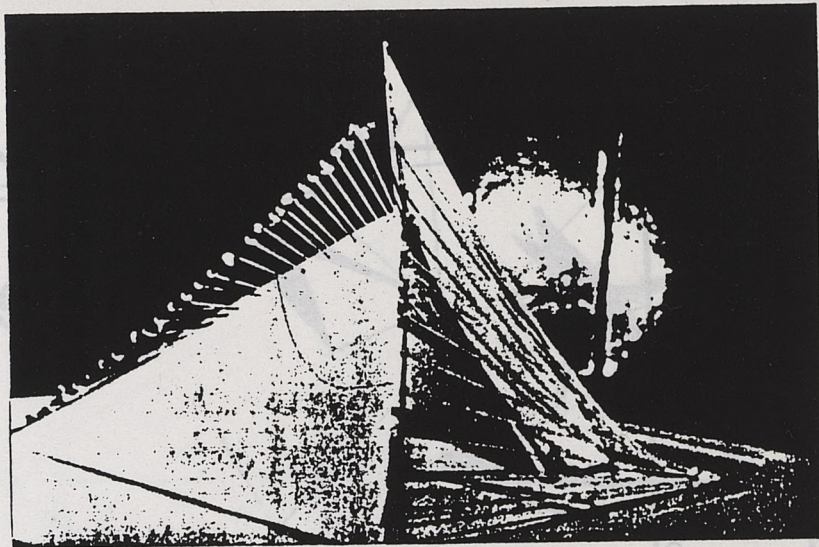
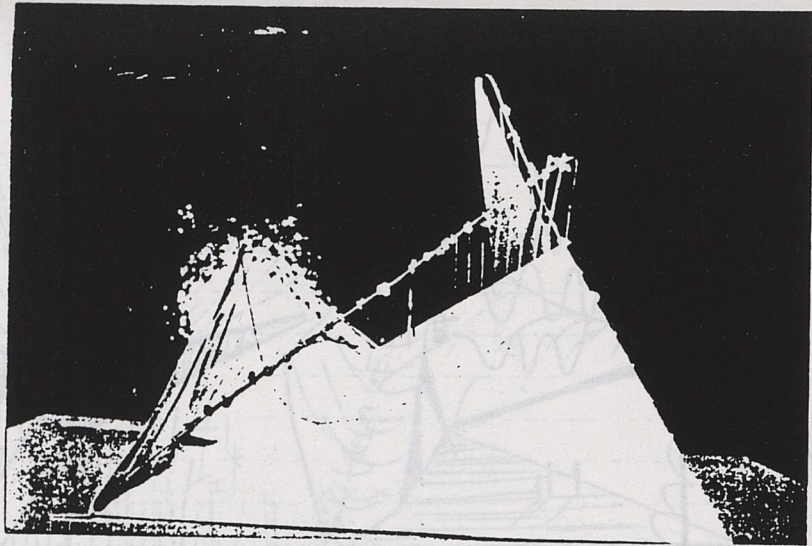
Surface couverte
par
le plan P₁₁



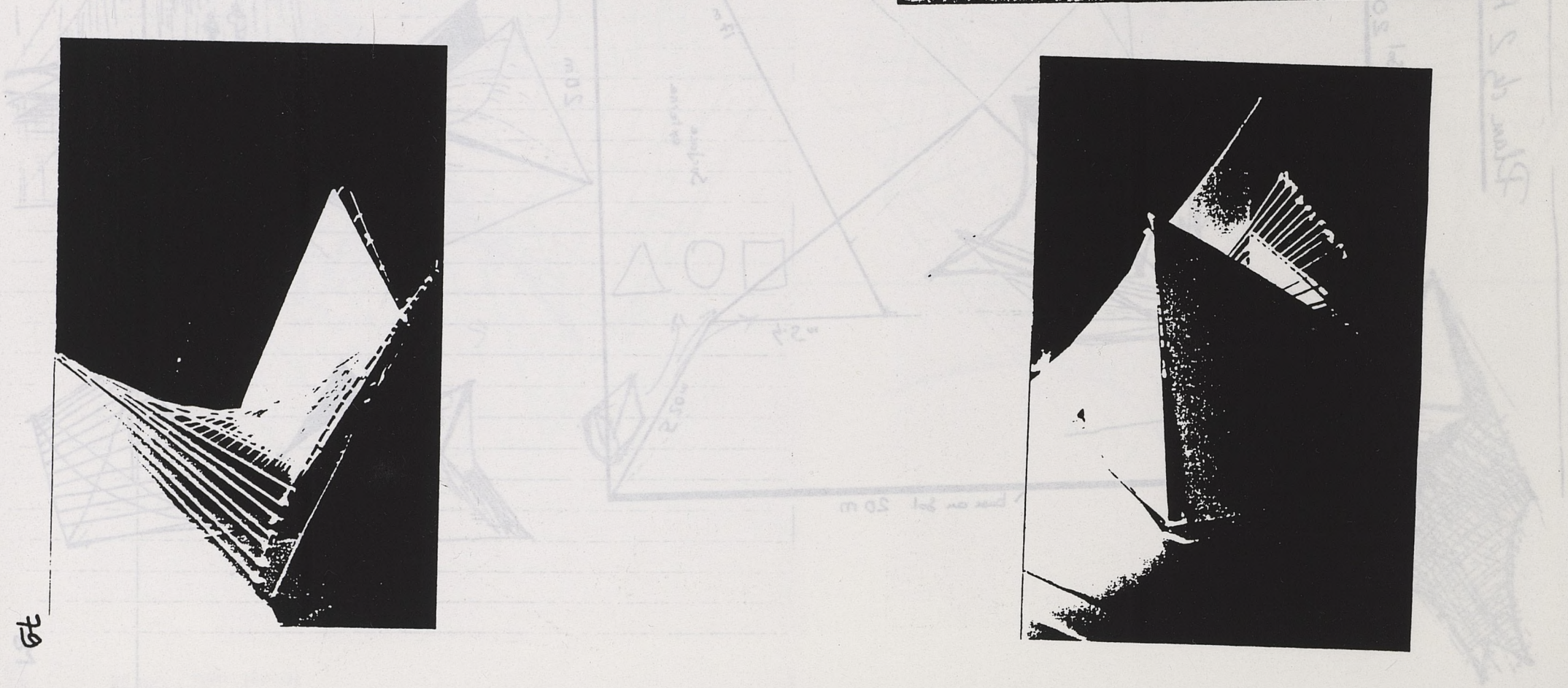
Surface non
couverte
Zone
d'entrée,



8

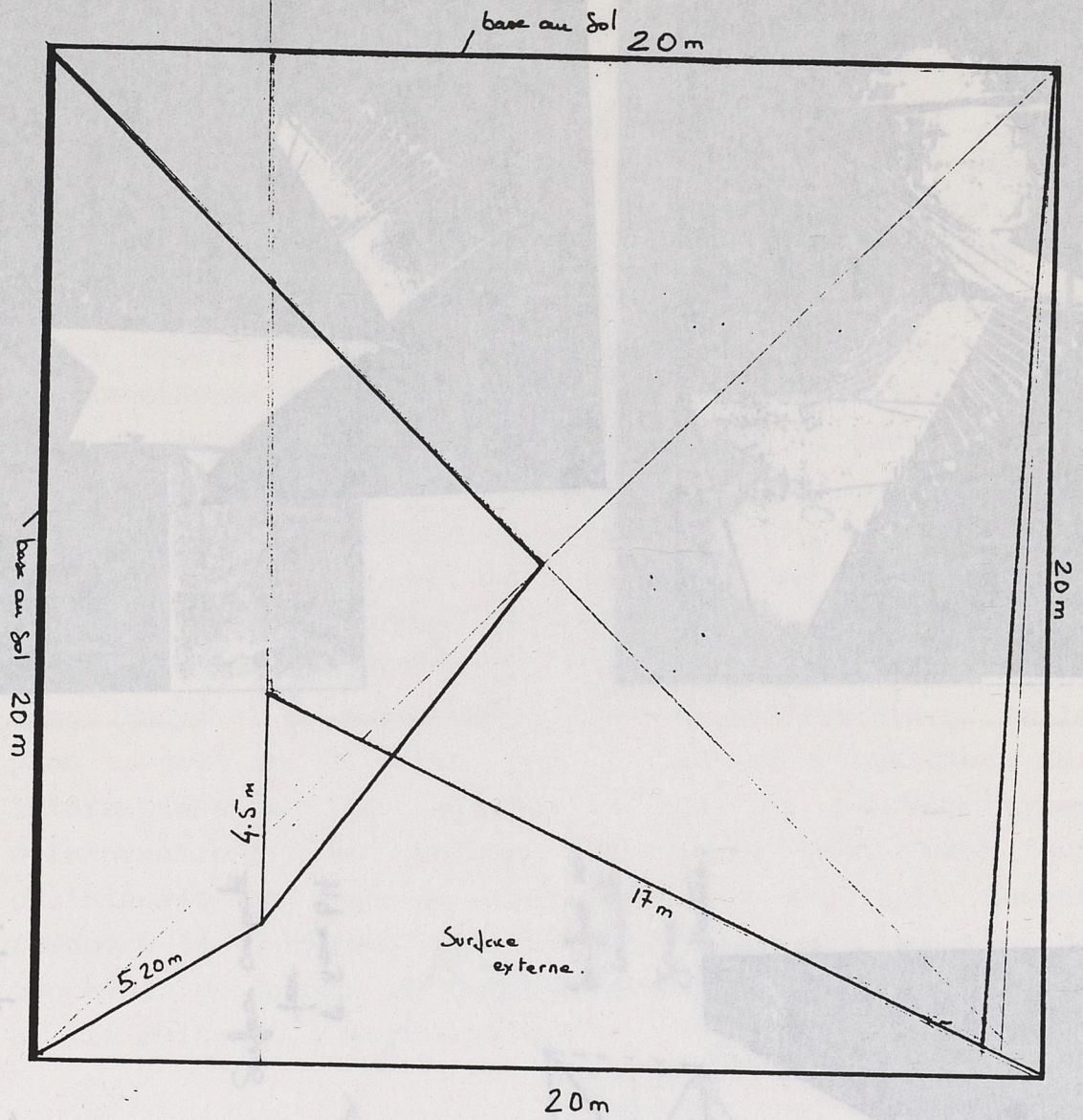


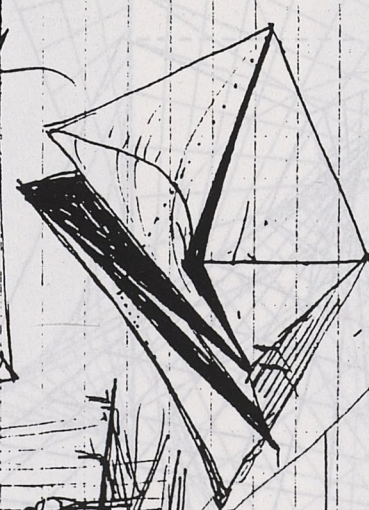
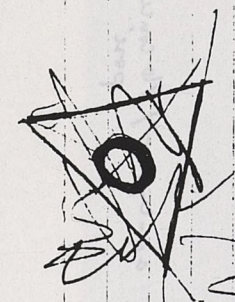
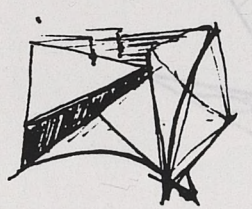
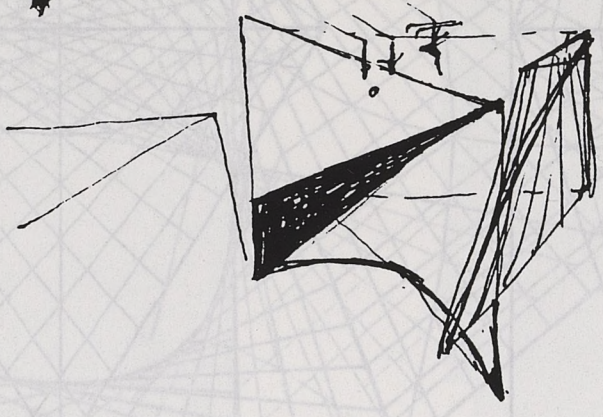
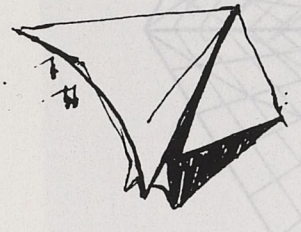
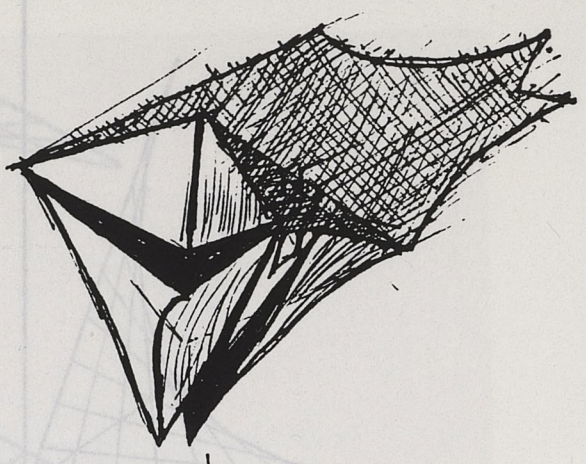
6t



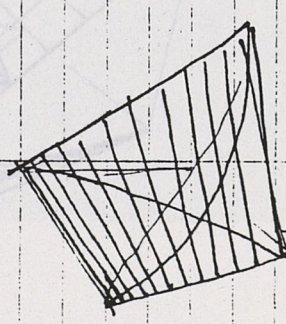
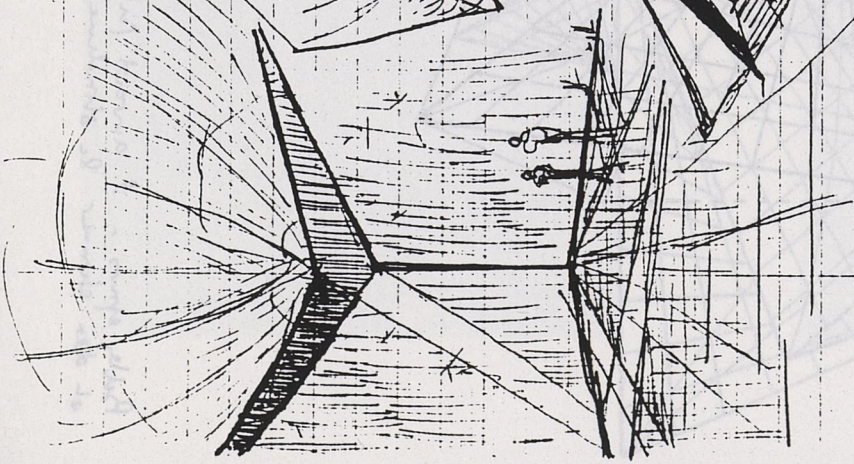
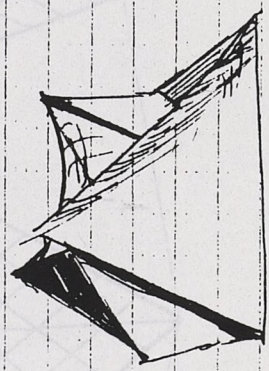
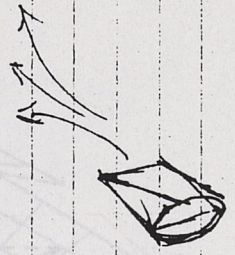
HP 5 in 1964

Plan de 2 P.H.



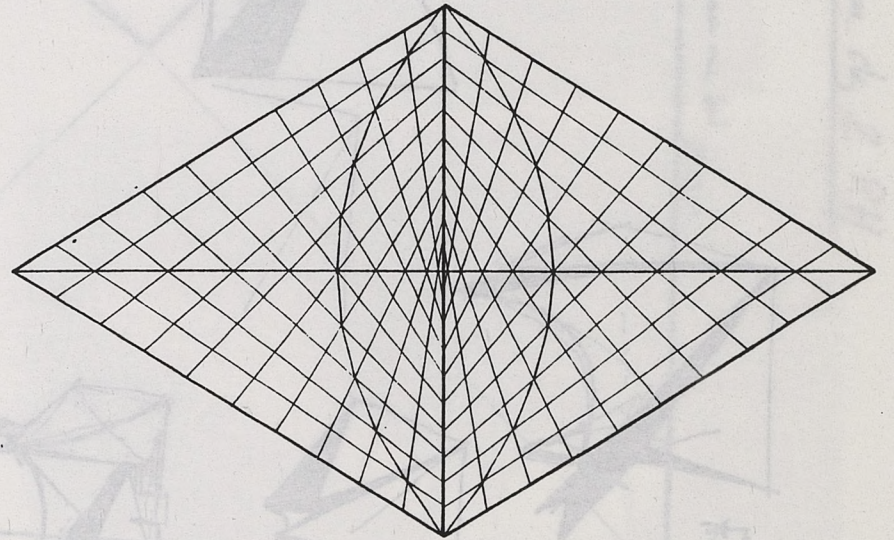
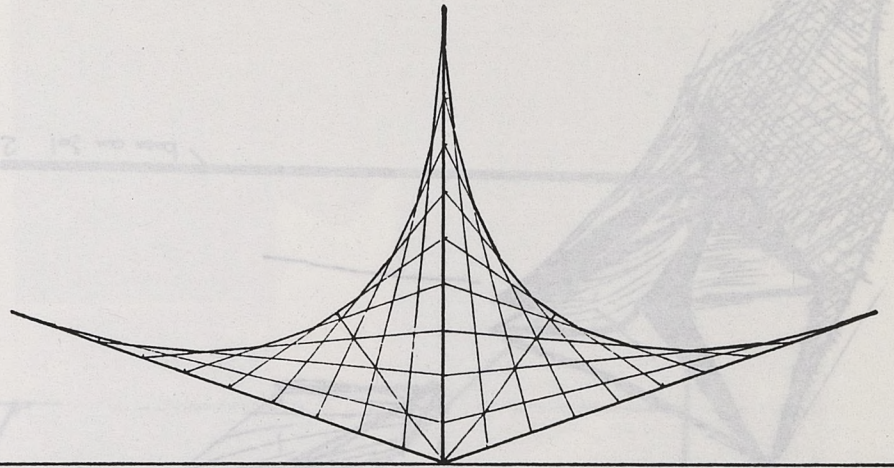
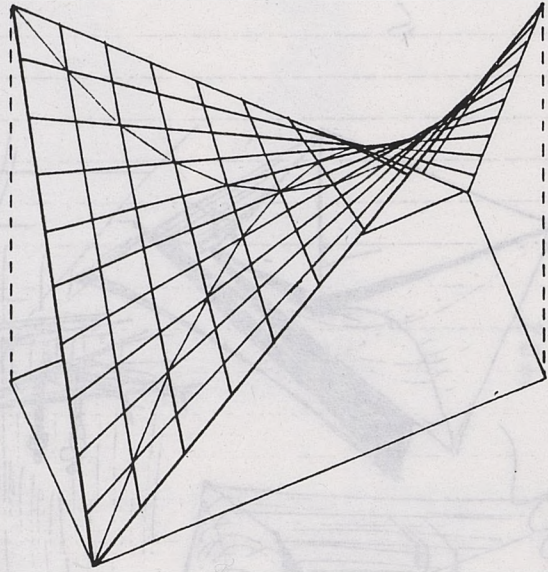


□
□
□
△

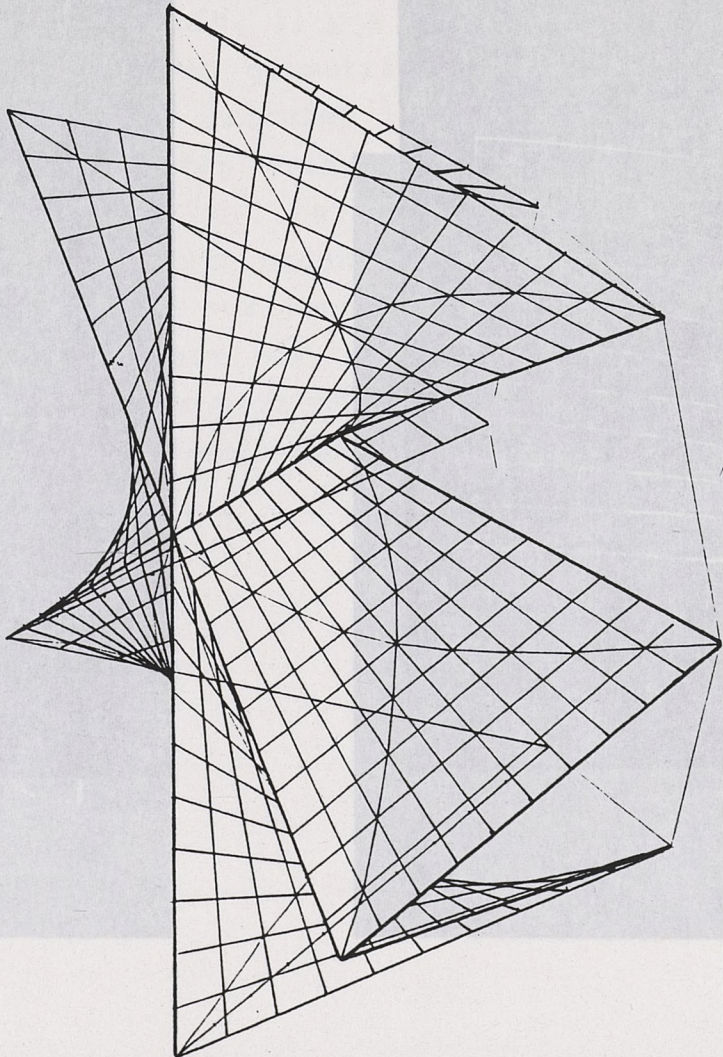
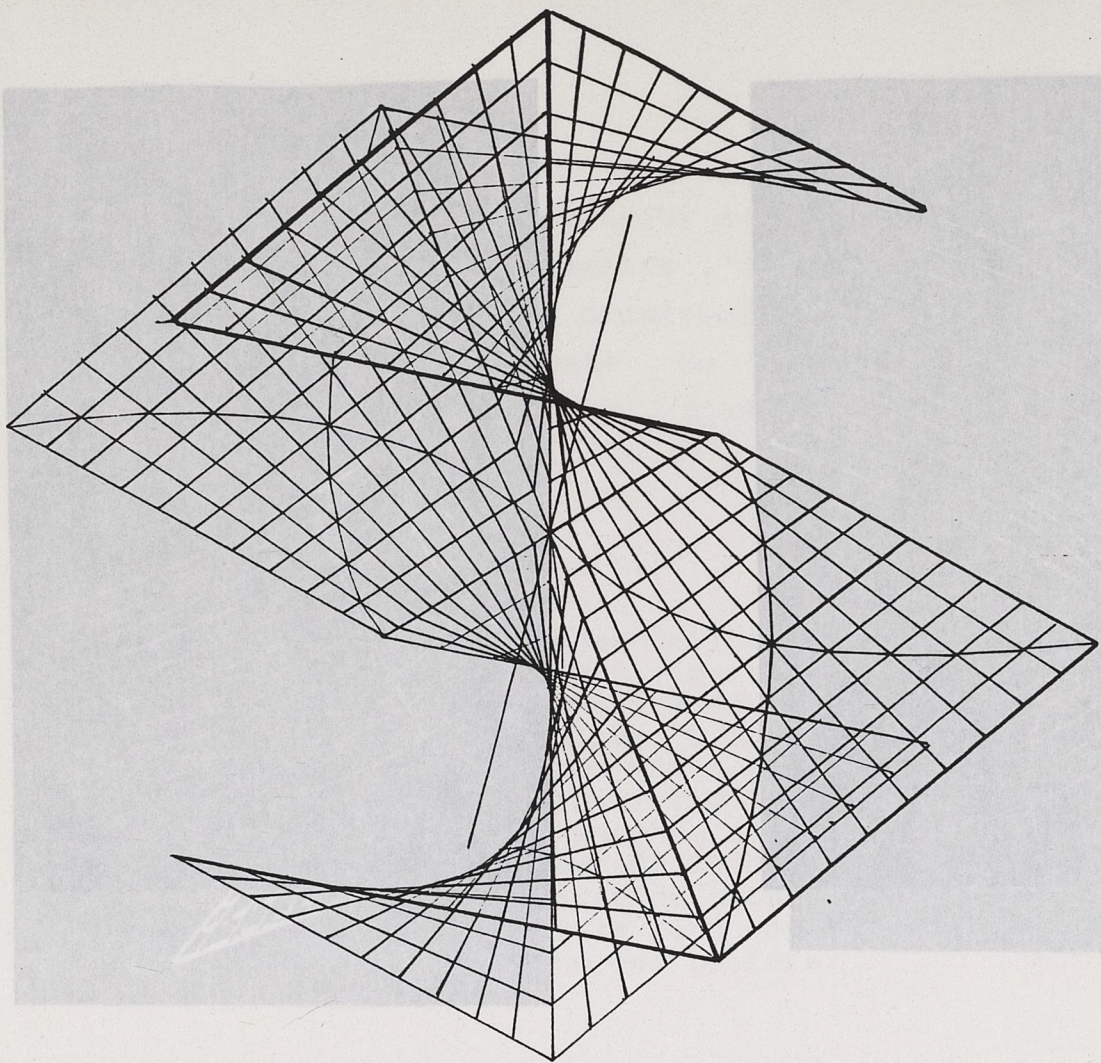


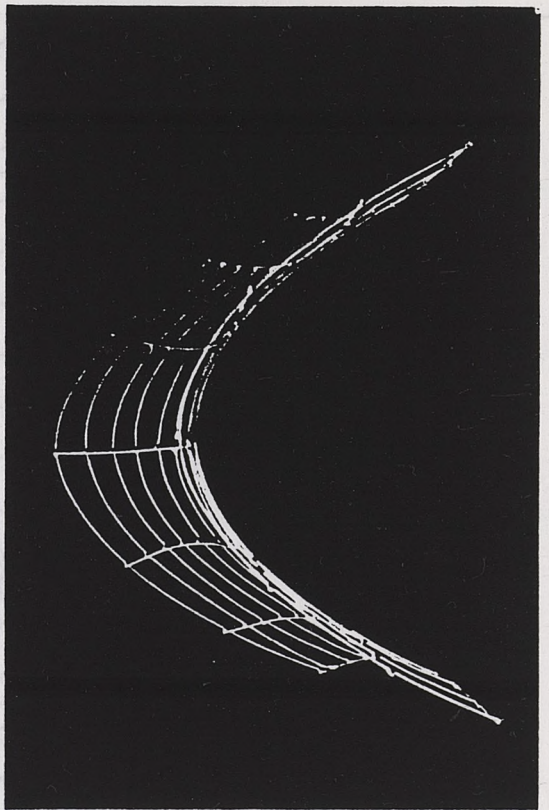
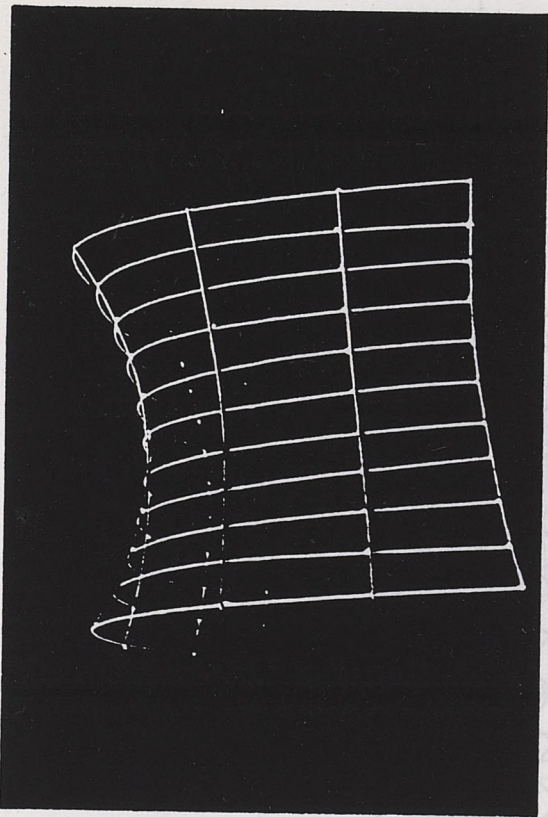
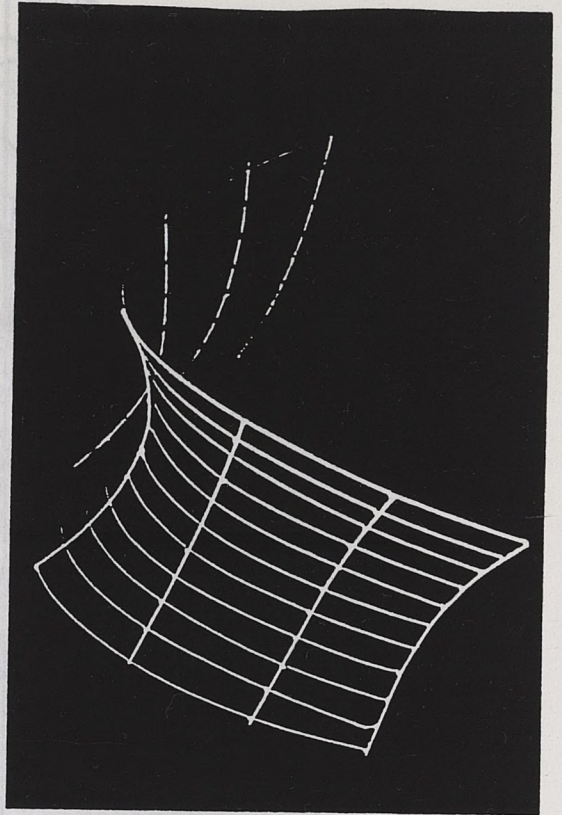
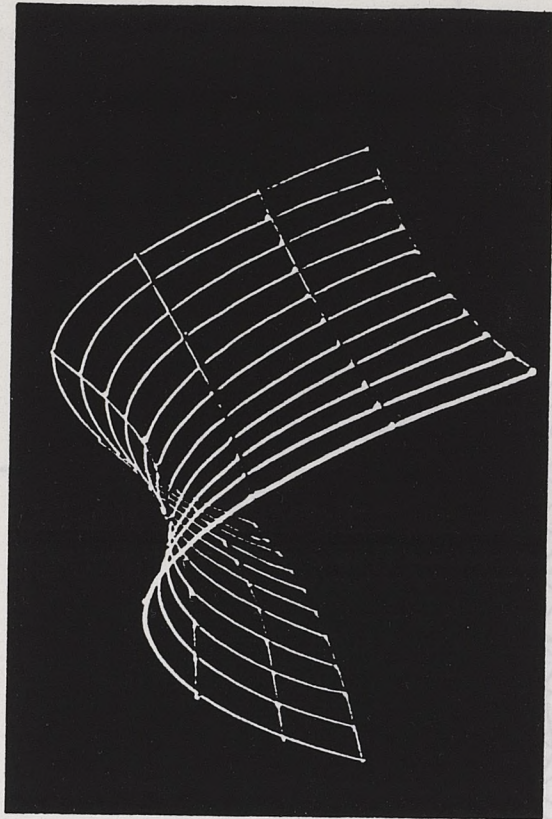
Handwritten text, possibly a name or signature, oriented vertically.

HENRY Jean Pascal



Belle epure - j'avais voulu tenter de le analyser / Pb crucial
et de donner le structure analytique. pose





HEMAY Jean Fosseol

82

Paulo de Tarsis
et de la Thémis

Troisième modèle

Le modèle géométrique est celui de l'hélicoïde.

En résolvant mathématiquement l'intégration d'un escalier hélicoïdal dans un parti architectural, ceci sous certaines contraintes, voir texte de l'exercice ci-dessous, l'étudiant fait preuve d'assimilation du modèle mathématique imposé.

Consigne

Etude analytique et représentation en 3D, et dans les plans XOZ, et YOZ d'un escalier à vis, ou hélicoïde, à 2 volées, et 6 paliers disposés à intervalles égaux

Hauteur totale de l'escalier: 7.20m

a, rayon du cercle externe est $a = 1.60$ m,

c, rayon du cercle interne est $c = 0.40$ m,

déterminer le nombre de marches sachant que le pas moyen entre 2 marches consécutives est de 20 cm;

préciser également le giron de chaque marche, l'angle α de la tangente à l'hélice avec le plan horizontal;

quel est l'angle θ d'un des paliers?

Comme nous pouvons le voir, il y a d'abord une réflexion et une analyse de la forme géométrique en tant que telle; l'étudiant doit pouvoir calculer les différents paramètres répondant aux contraintes données. Il doit également en rendre une représentation, par axonométrie, cohérente. Certains des rendus sont produits par l'infographie. Je rends cependant hommage aux rendus qui ont été "grattés" à la main et parfois aquarellés, car il y a un charme, une poésie, qu'on ne peut trouver chez les autres...

Le lecteur trouvera successivement les rendus de

Myriam Burie,

Sandrine Gonon,

Cécile Verdenne,

Laurent Osché,

Denis Pegaz-Blanc,

Emil Anton,

qui ont chacun un caractère différent, et qui sont avant tout un témoignage réel et vivant de l'intégration de ce modèle dans un projet architectural.

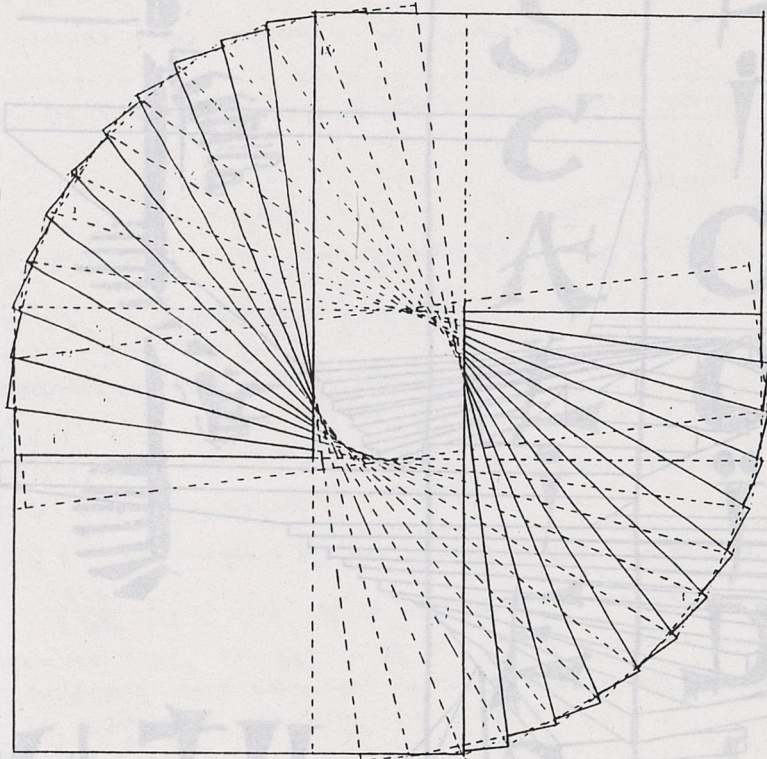
En résolvant mathématiquement les problèmes géométriques imposés, l'étudiant fait preuve d'assimilation du modèle mathématique imposé.

Étude analytique et représentation en 3D, et dans les plans XOZ, et YOZ d'un escalier à vis, ou hélicoïde, à 3 volées, et à paliers disposés à intervalles égaux. Hauteur totale de l'escalier: 7.50m. a, rayon du cercle externe est a = 1.50 m, c, rayon du cercle interne est c = 0.40 m, déterminer le nombre de marches sachant que le pas moyen entre 2 marches consécutives est de 20 cm; préciser également le giron de chaque marche, l'angle α de la tangente à l'hélice avec le plan horizontal; quel est l'angle θ d'un des paliers?

Comme nous pouvons le voir, il y a d'abord une réflexion et une analyse de la forme géométrique en tant que telle; l'étudiant doit pouvoir calculer les différents paramètres répondant aux contraintes données. Il doit également en rendre une représentation, par exagération, cohérente. Certains des rendus sont produits par l'infographie. Je rends cependant hommage aux rendus qui ont été "grattés" à la main et parfois spatulés, car il y a un charme, une poésie, qu'on ne peut trouver chez les autres...

- Myriam Baris,
- Sandrine Gonon,
- Cécile Verdanne,
- Laurent Gaché,
- Denis Pegg-Bianc,
- Emil Ancou,

BURIE Nizam
L'année 2017



hauteur total à franchir 7,20m
40 marches de 18 cm de hauteur
3 paliers - le premier palier à 14 marches
les deux suivants ont 13 marches

ESCALIER A - 2 volées

- 6 PALIERS À INTERVALLES ÉGAUX
- 7,2 m DE HAUTEUR
- 2,4 m DE RAYON DE CERCLE EXTERNE
- 0,4 m DE RAYON DE CERCLE INTERNE
- 40 cm DE CONTRE MARCHE

NOMBRE DE MARCHES

5 PALIERS À INTERVALLES ÉGAUX

5 marches de

13 marches de

13 marches de

14 marches de

13 marches de

13 marches de

13 marches de

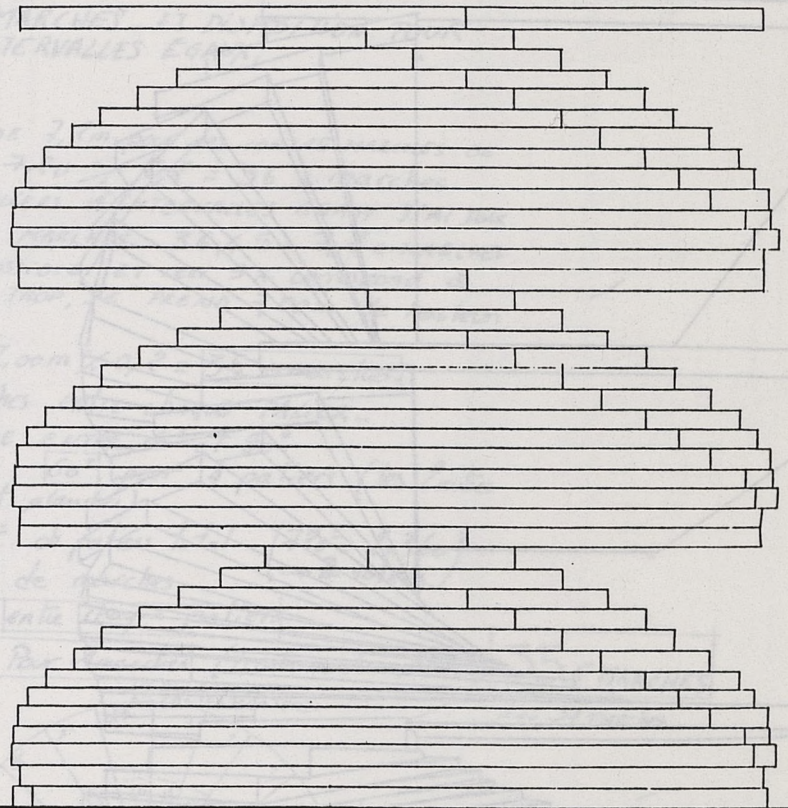
13 marches de

13 marches de

13 marches de

13 marches de

13 marches de



la tangente au point d'inflexion de la courbe fait avec une horizontale un angle α qui détermine la pente de l'escalier développé.

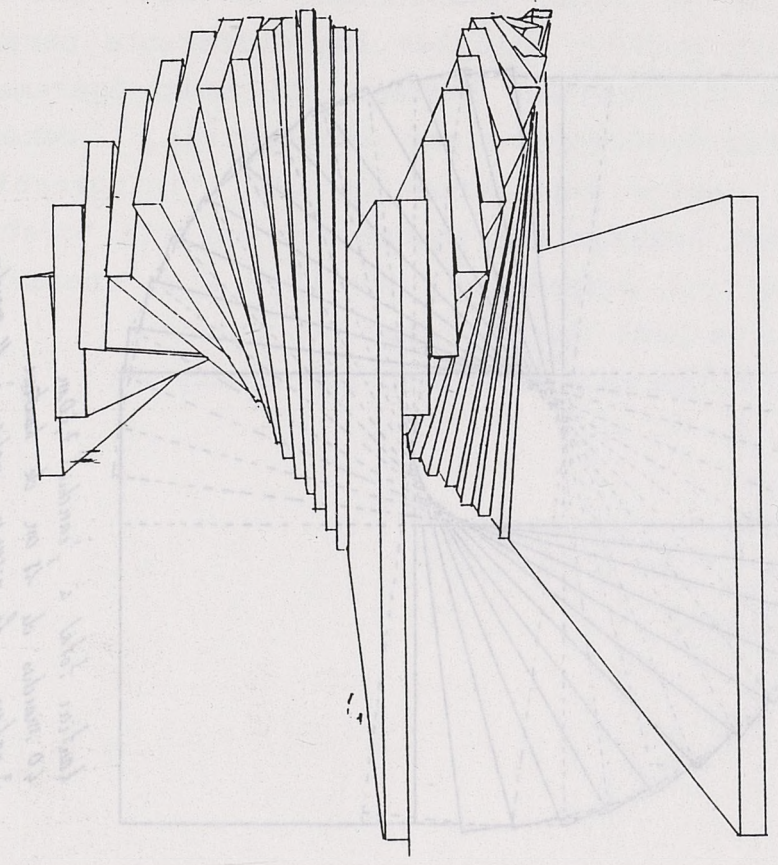
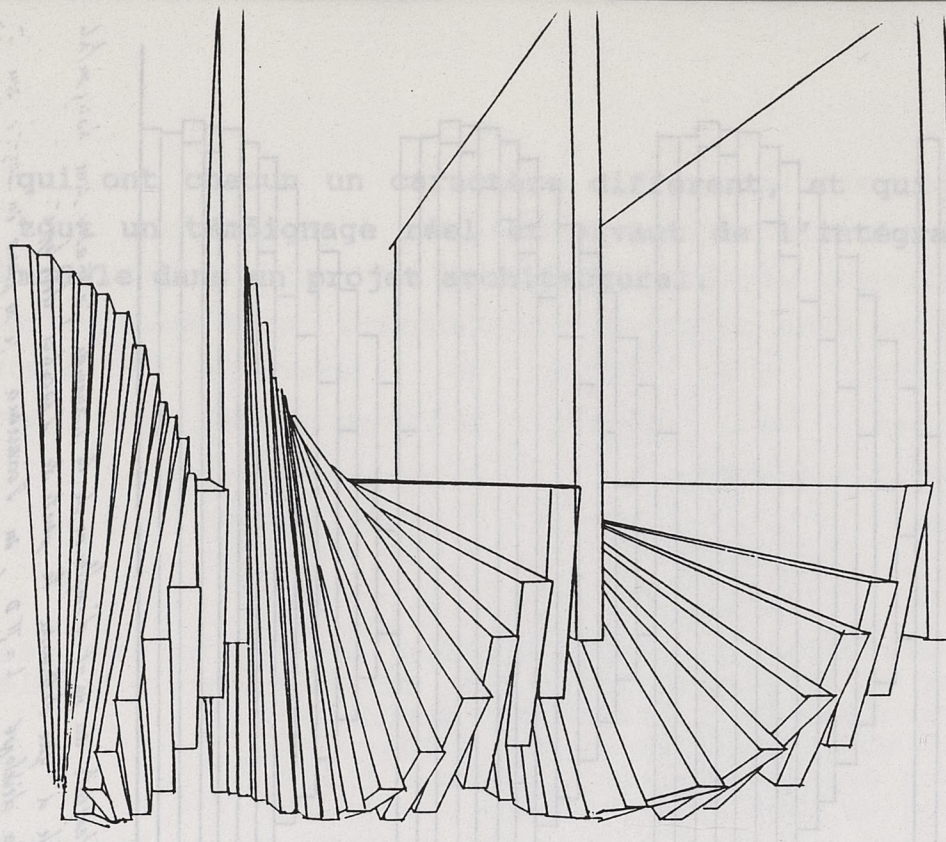
Escalier développé $L = \pi D$, on s'accorde à ne pas prendre en compte que car les marches occupent que $\frac{1}{4}$ du diamètre, la suite se répète précédemment en dehors de l'espace des paliers qui sera égal à la longueur plus le largeur des paliers.

$L = \pi \frac{D}{4} = 5,23 \text{ m}$ tg $\alpha = \frac{4}{5,23}$ 4 pour 1 palier = 2,4 m

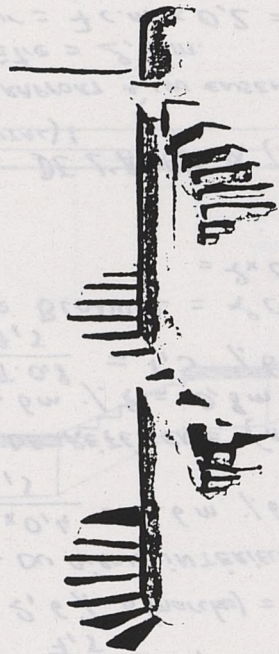
tg $\alpha = \frac{2,40}{5,23} = 0,45$

ech. 3cm / m

sch. Sem 1/11



MATH.



ÉSCALIER

HÉLICOÏDAL

ETUDE D'UN ESCALIER HÉLICOÏDAL

ESCALIER À - 2 volées.

- 6 PALIERS À INTERVALLES ÉGAUX.
- 7,2 m DE HAUTEUR.
- 0,4 m DE RAYON DE CERCLE EXTERNE.
- 0,4 m DE RAYON DE CERCLE INTERNE.
- 20 cm DE CONTRE MARCHÉ.

NOMBRE DE MARCHES - ET DISPOSITION POUR 6 PALIERS À INTERVALLES ÉGAUX:

Sur une hauteur de 7,2m pour des contre marches de 0,20m on a $7,20 \div 0,2 = 36$ c. marches.
 Pour avoir 6 PALIERS À INTERVALLES ÉGAUX J'AI DONC 5 ENSEMBLES DE MARCHES. $36 \div 5 = 7,2$ c. marches
 0,2 étant impossible et ceci 5x correspond à 1 c. marches de trop, JE PREND 7,00m de hauteur

Pour 7,00m: $7,00m \div 0,2 = 35$ c. marches.

$35 \div 5 = 7$ marches entre chaque PALIER.

Un PALIER mesure entre 60° et 90° .

Si JE PRENDS 60° pour 4 paliers (les 2 autres étant le sol et plancher).

$4 \times 60^\circ = 240^\circ$ de paliers total ($720^\circ = 2 \times 360^\circ$)

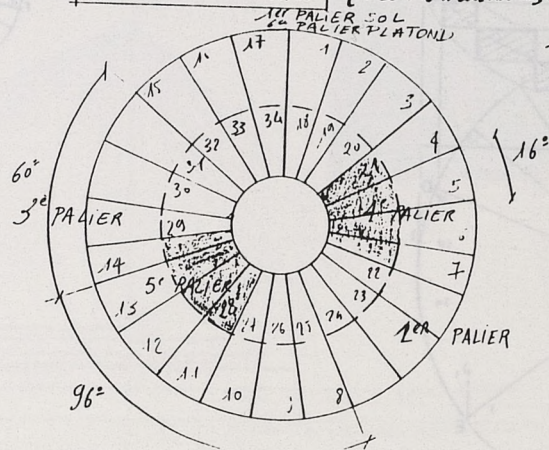
$720^\circ - 240^\circ = 480^\circ$ de marches.

$480^\circ \div 5 = 96^\circ$ entre chaque paliers

$96^\circ \div 6 = 16^\circ$ Par marches (7 contre marches \rightarrow 6 marches)

35 c. MARCHES

d'où 34 marches.



CALCUL DU GIRON:

Toutes les MARCHES D'UN MÊME ESCALIER DOIVENT AVOIR LE MÊME GIRON.

1^{er} GIRON EXTÉRIEUR

Le PÉRIMÈTRE D'UN CERCLE = $2\pi R$. Avec l'angle d'ouï 72° on a = $2(2\pi R)$.

CALCUL DU PÉRIMÈTRE $\Rightarrow 4 \cdot \pi \cdot 1,6 = 20,1 \text{ m}$

CALCUL DU GIRON PAR RAPPORT À UN ENSEMBLE DE 6 MARCHES. UN ENSEMBLE = $96^\circ \rightarrow 72^\circ / 96^\circ = 7,5$ de RAPPORT

d'où $\frac{4\pi R}{7,5} = 2,6 \text{ m}$ d'un PALIER À UN AUTRE

$2,6 / 6 (\text{marches}) = 0,44 \text{ m}$ de GIRON EXTÉRIEUR.

CALCUL DU GIRON INTÉRIEUR

$\frac{4 \cdot \pi \cdot 0,4}{7,5} = 0,6 \text{ m} / 6 = 0,11 \text{ m}$ de GIRON INTÉRIEUR

GIRON DE RÉFÉRENCE (Auxiliaire)

$a = 1,6 \text{ m} / 2 = 0,8 \text{ m}$

$\frac{4\pi \cdot 0,8}{7,5} = 1,3 / 6 = 0,22 \text{ m}$

Loi de BLONDEL = $2 \cdot C \cdot \text{marches} + 1 \text{ giron} = 0,60 \text{ à } 0,64$
 $= 2 \times 0,2 + 0,22 = 0,62$

CALCUL DE L'ANGLE α (de la TANGENTE À L'HÉLICE AVEC LE PLAN HORIZONTAL)

PAR RAPPORT À UN ENSEMBLE DE 6 MARCHES.

PÉRIMÈTRE = $2,6 \text{ m}$.

HAUTEUR = $7 \text{ c.m} \times 0,2 = 1,4 - 0,2 = 1,2$.

$\tan \alpha = \frac{\text{côté opp}}{\text{côté adj}} \quad \tan \alpha = \frac{1,2}{2,6} \quad \alpha = 24^\circ$

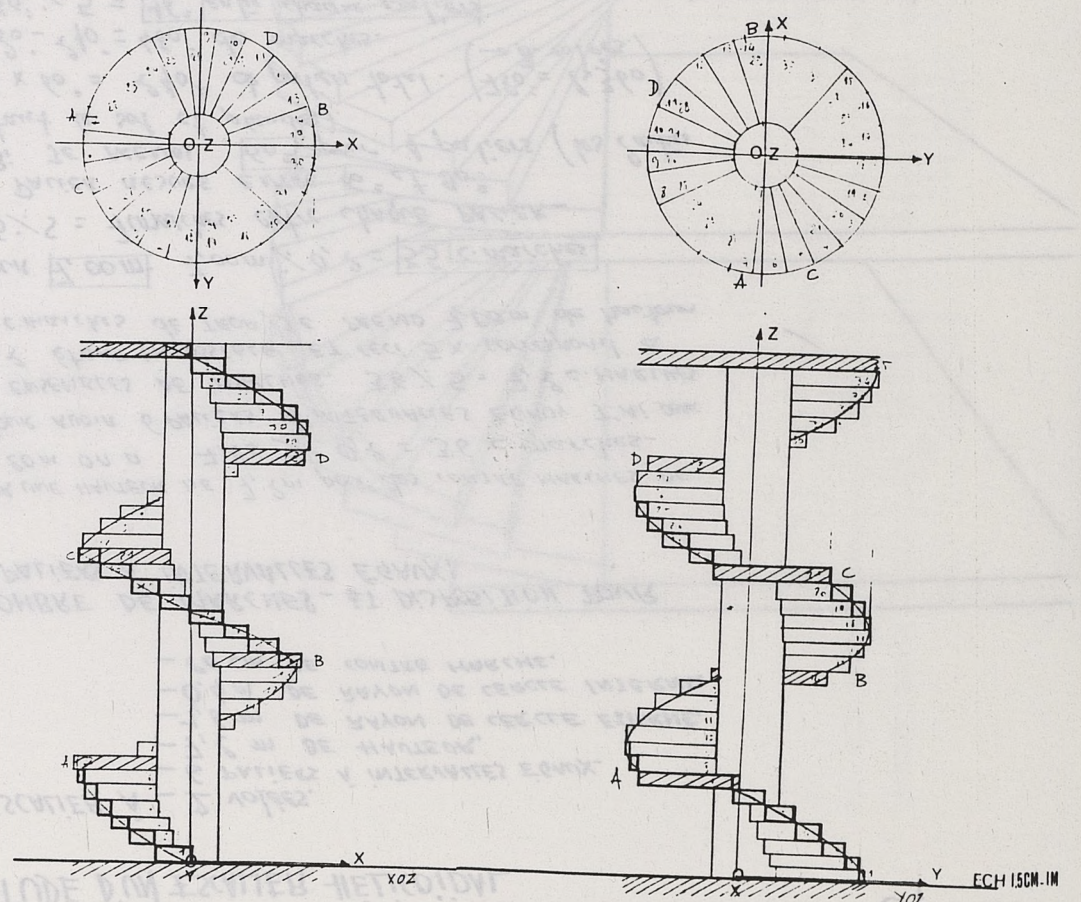
CALCUL DE L'ANGLE θ UN PALIER = 60°

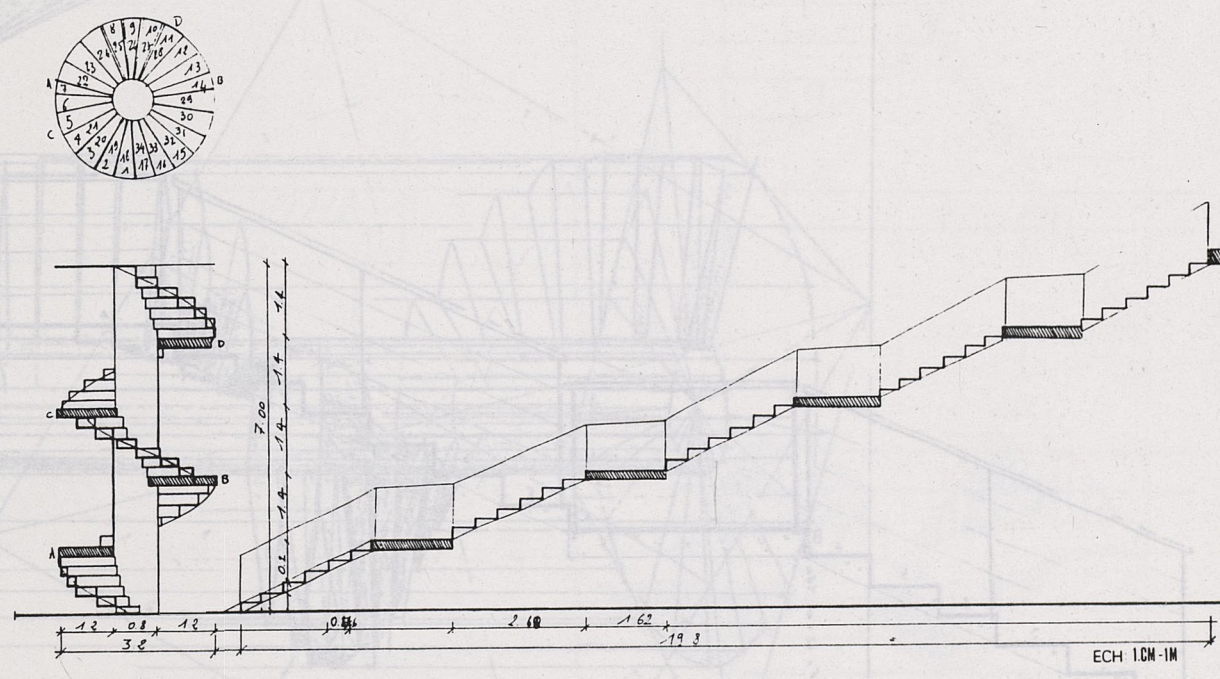
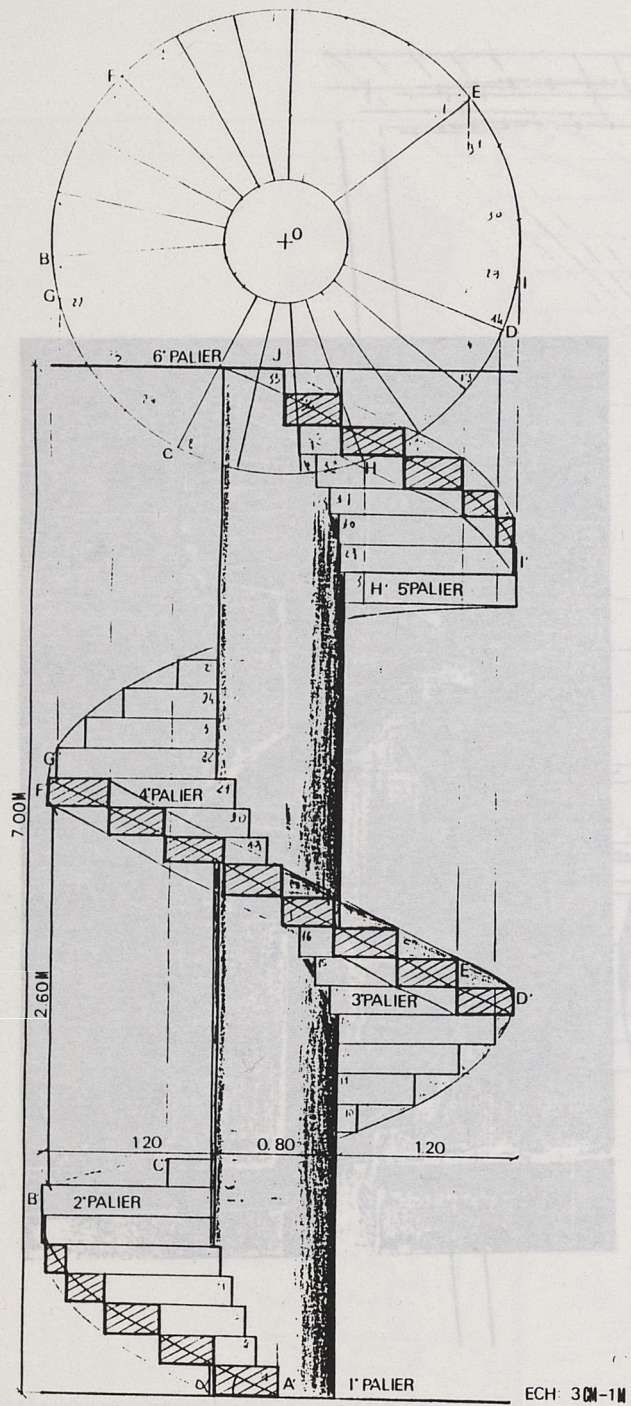
PÉRIMÈTRE = $1,6$ ($72^\circ / 60^\circ = 1,2 \Rightarrow \frac{4\pi R}{1,2} = 1,67$)

$H = 0,2 \text{ m}$

$\theta = 7,12^\circ$

PLANS XOZ . YOZ





DEVELOPPE

CALCUL DU GIRON:

Toutes les marches d'une même escalier doivent
avoir le même giron.

1^{er} GIRON EXTÉRIEUR

Le périmètre d'un cercle = $2\pi R$ avec R l'un des rayons du 70°
on a = 2 (ETR)

Calcul de périmètre = $2 \times \pi \times 1,6 = 10,1 m$

Calcul du giron par rapport à un ensemble de marches

de hauteur = $36^\circ \rightarrow 70^\circ \times 36 = 25^\circ$ de hauteur

d'où $\frac{4,85}{25} = 2,6 m$ d'un rayon à un rayon

$2,6 \times 4 = 10,4 m$ de giron extérieur

Calcul du giron intérieur

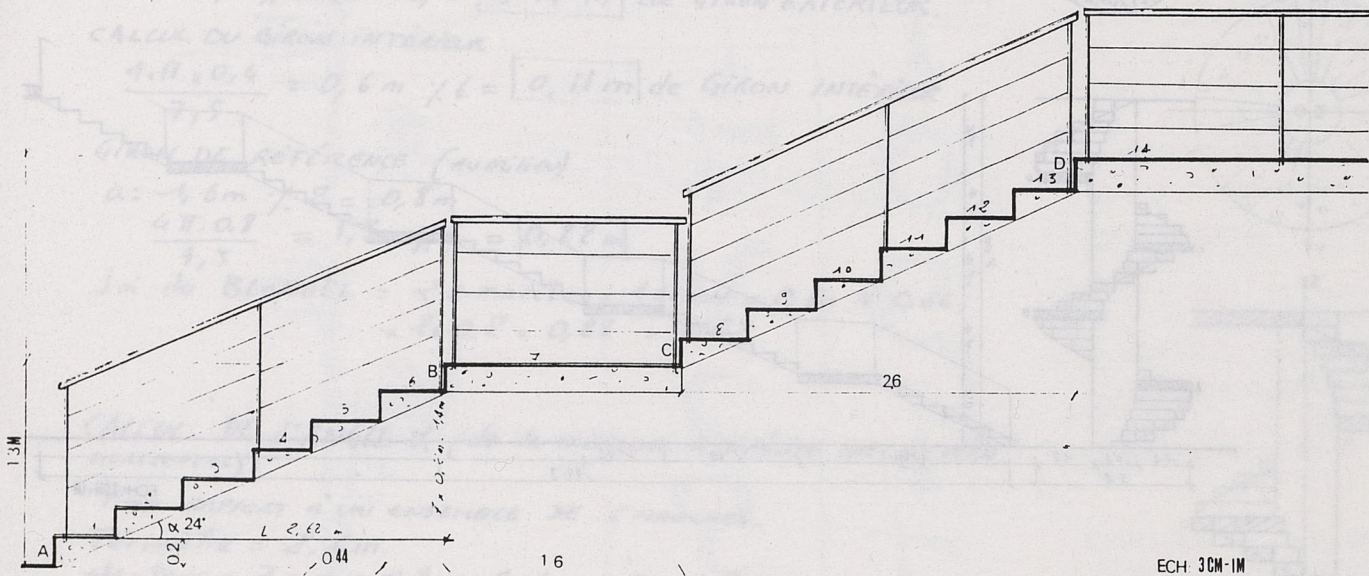
$4,85 \times 0,6 = 2,91 m$ de giron intérieur

Giron de référence (intérieur)

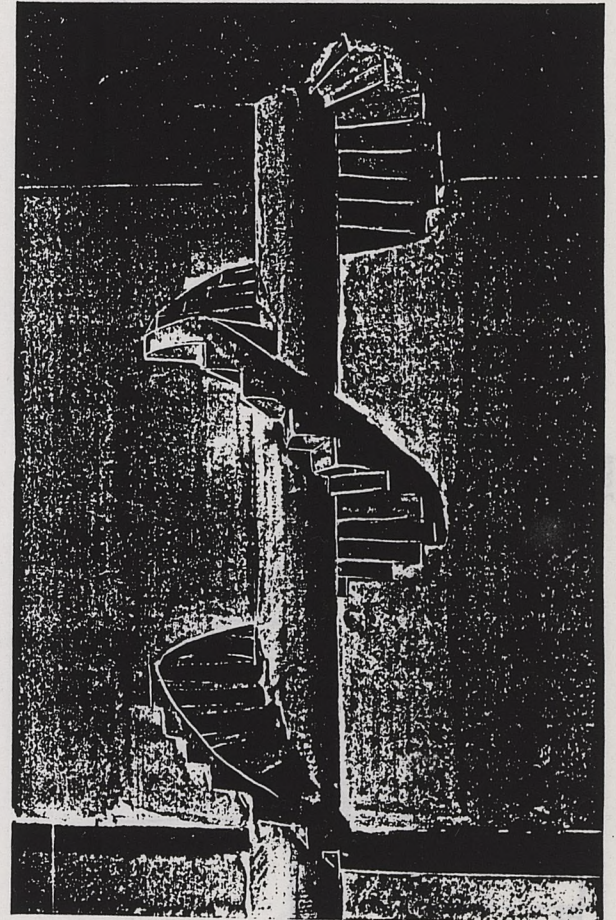
$a = 4,6 m$ $\alpha = 24^\circ$

$4,6 \times 0,41 = 1,88 m$

$1,88 \times 2 = 3,76 m$



ECH 3CM-1M

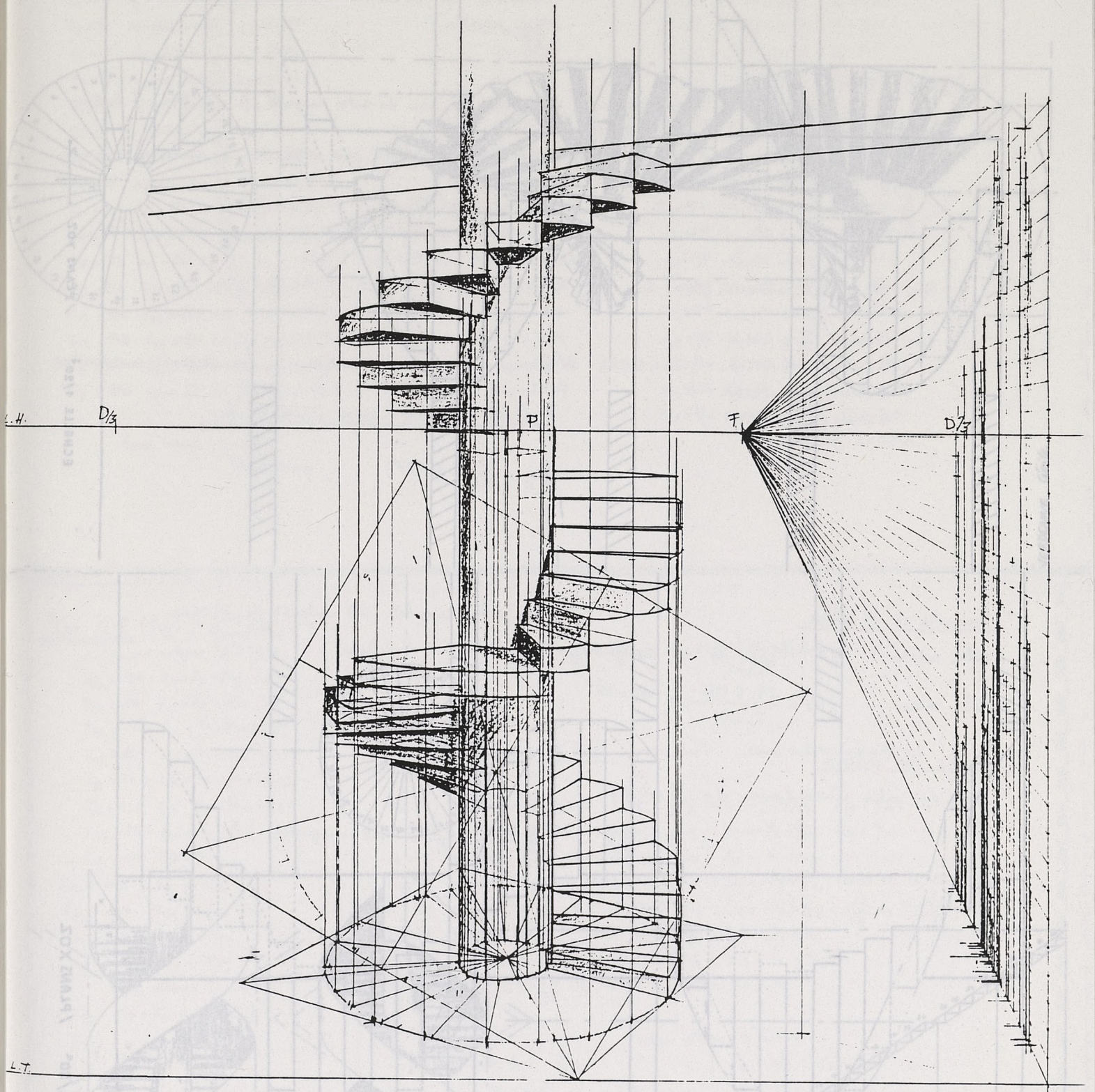


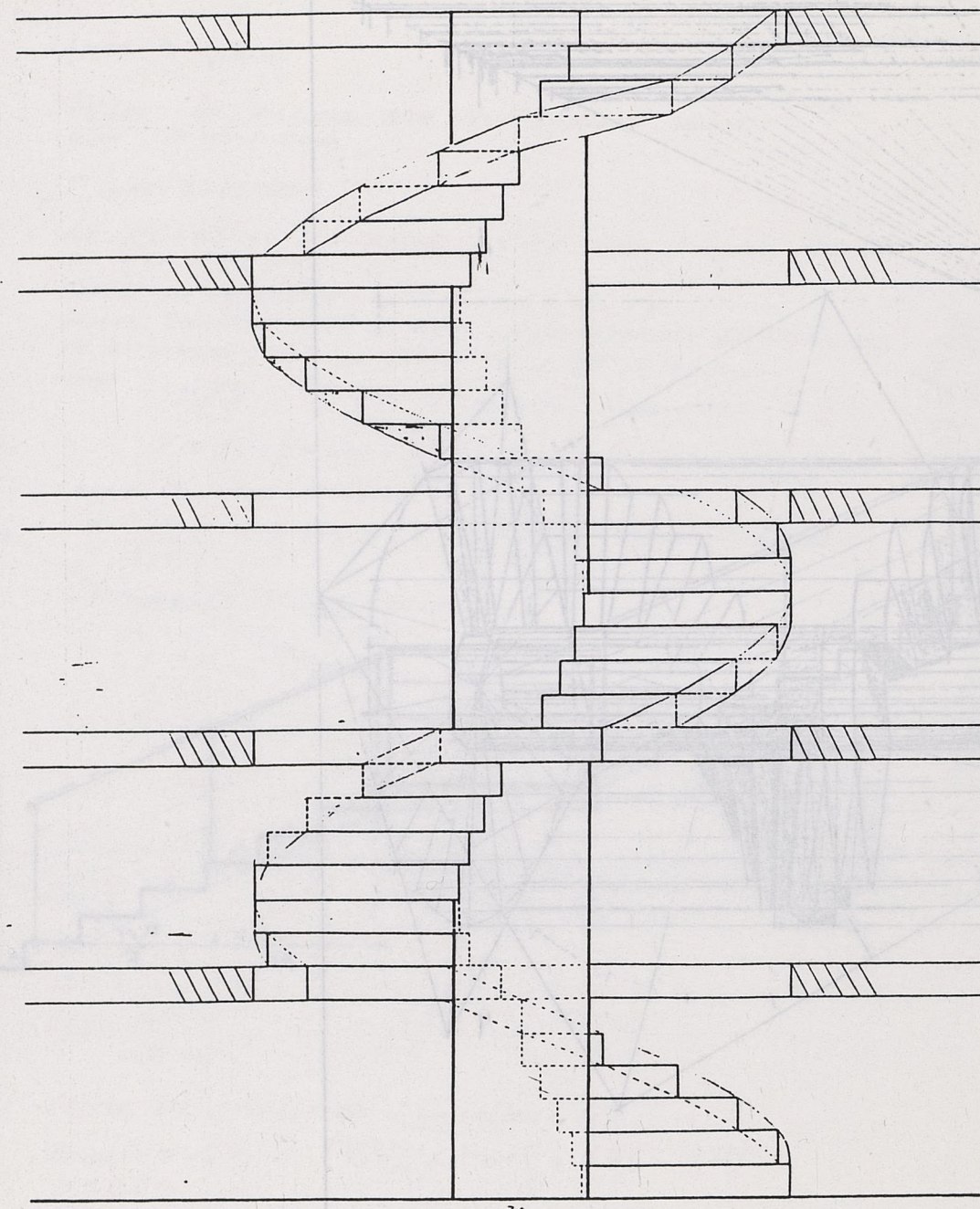
Calcul de l'angle α par rapport à R

Winda = 1,6 $(720/60^\circ = R = \frac{480}{72} = 6,6)$

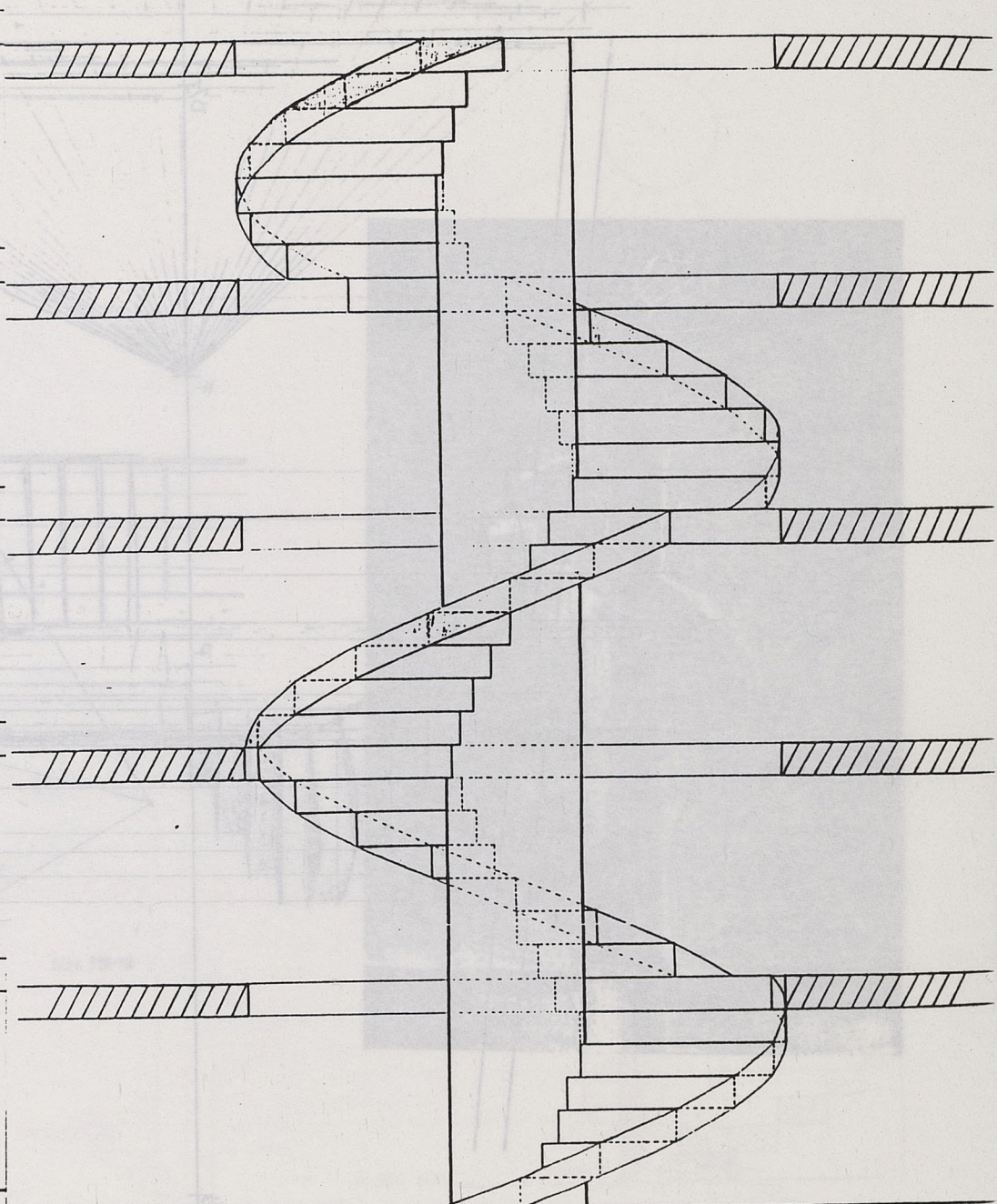
H = 0,2 m

$\alpha = 7,12^\circ$



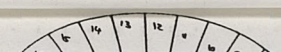


ECHELLE 1/20^e / PLANS XOZ

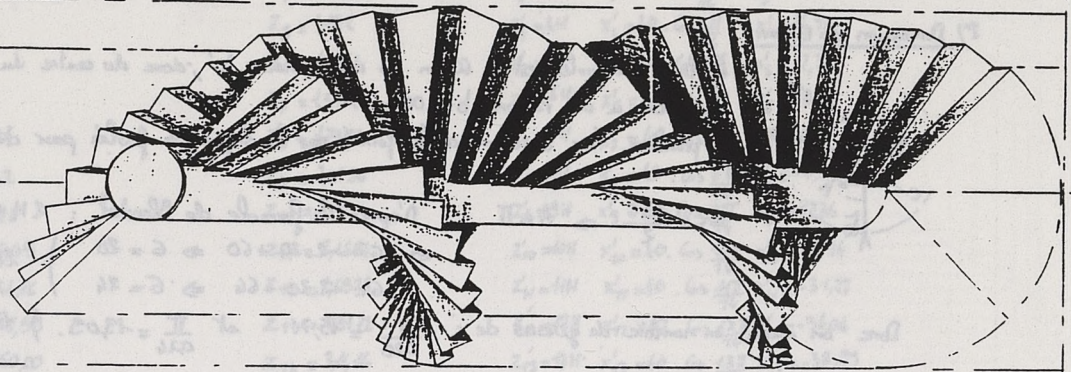
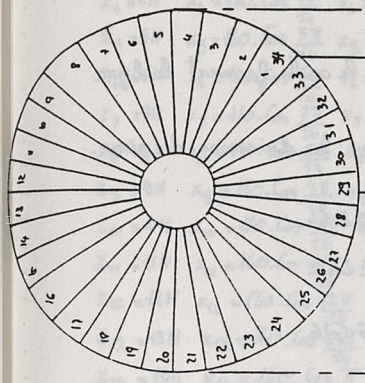


ECHELLE 1/20^e / PLANS YOZ

95

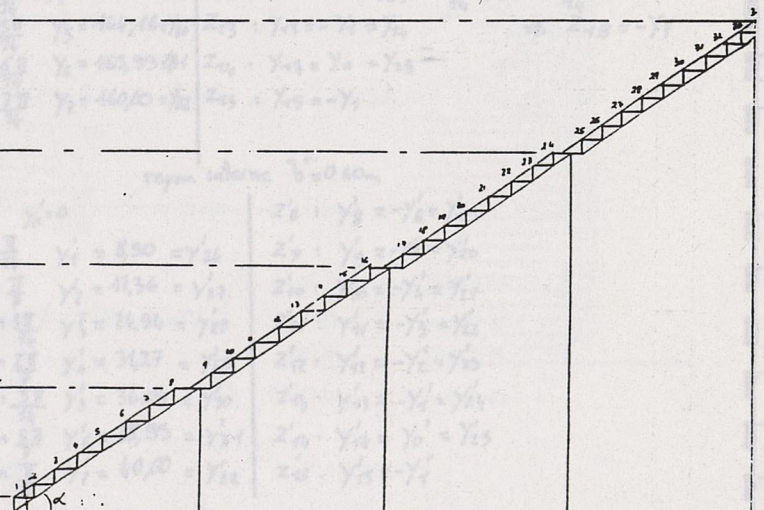
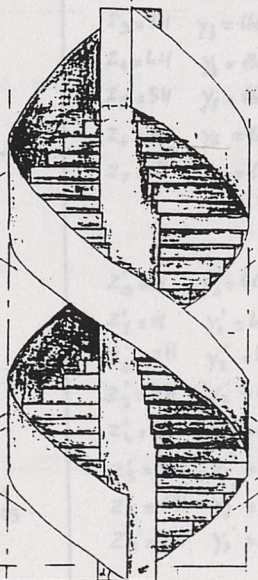
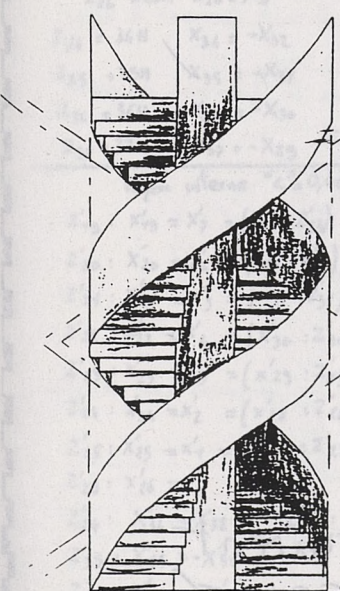
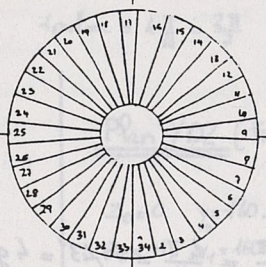


Plan XOZ (Fig. 1)



VERDENNE Génie

Plan XOZ (Fig. 2)



VERDENNE Génie 96

Données: - Hauteur à franchir 7,20 m.

- 2 volées donc 3 paliers.

- Rayon du cercle externe: $a = 1,60$ m.

- Rayon du cercle interne: $c = 0,10$ m.

- Les marches entre 2 marches: 20 cm.

1° Nombre de Marches.

$$\frac{7,20}{0,20} = 36 \text{ marches} \Rightarrow 36 \text{ hauteurs de } 0,20.$$

dont 3 hauteurs de paliers et 33 hauteurs de marches.

- ce qui implique 1 volée de 17 marches et 1 volée de 16 marches.

pour avoir des paliers à intervalles égaux il faut 2 volées de 17 marches $\Rightarrow 34$ hauteurs + 3 hauteurs de paliers = 37 H.

$$\frac{7,20}{37} = 0,1946 \text{ m.}$$

2° Dimension du Giron.



- La ligne de foulée est à 60 cm du rayon interne 'c'; donc du centre du cercle, le cercle formant la ligne de foulée a un rayon $b = 1,00$ m.

On prendra l'arc du demi-cercle formé par la ligne de foulée pour déterminer la dimension du giron.

$$\text{Arc} = \frac{2\pi r}{2} \Rightarrow A = \pi \quad \text{D'après la formule de Blondel: } 2H + G = 60 \text{ à } 64.$$

$$\Rightarrow G = -2 \cdot 20 + 60 \Rightarrow G = 20$$

$$G = -2 \cdot 20 + 64 \Rightarrow G = 24$$

$$20 < G < 24.$$

Donc on aura un nombre de girons de: $\frac{\pi}{0,20} = 15,71$ et $\frac{\pi}{0,24} = 13,09$. $13 < \text{Nb} G < 16$.

pour 13 Girons: $\frac{\pi}{13} = 0,2416$.

14 Girons: $\frac{\pi}{14} = 0,2244$.

15 Girons: $\frac{\pi}{15} = 0,2054$.

16 Girons: $\frac{\pi}{16} = 0,1963$.

$20 < G < 24$ le giron maximum sera: $G = 0,2244$ m, avec 14 girons par demi-tour

3° L'angle α formant le giron de cette escalier.

$$\frac{\text{Arc}}{\text{Nb} G} = \frac{\pi}{14} = 12,857^\circ.$$

$$\alpha = 12,857^\circ.$$

4° Tangente à l'hélice

- Hélice externe: $\text{tg } \theta_1 = \frac{29 \times 0,1946}{\pi \times 3,20} \Rightarrow \theta_1 = 29,30^\circ$

- Hélice interne: $\text{tg } \theta_2 = \frac{29 \times 0,1946}{\pi \times 0,80} \Rightarrow \theta_2 = 66^\circ$

5° Angles des paliers.

- Angle du palier intermédiaire: $\alpha_p = -\left(\frac{\pi}{2} + \frac{3\pi}{14}\right)$

$$= 2\pi - \frac{24\pi}{14} = \frac{28\pi - 24\pi}{14} = \frac{4\pi}{14} = 51,43^\circ = 4 \text{ girons.}$$

- Pour un tour complet: 28 hauteurs de 19,46 cm.

Laurent
OSCHÉ

Plan XOZ (Fig 1) $x = a \cos \alpha$

1^{re} Volée (Fig A) $d = 1,60 - 0,40 = 1,20$ largeur d'une marche ; $c =$ rayon interne $0,40$; $b =$ rayon de la ligne de faibles $1,00$;
 $a = 1,60$ rayon externe ; $Giron = 0,22^{44} = \frac{\pi}{14}$; Hauteur $= 0,19^{46} = H$; $\alpha = 12,857^\circ$.

$Z_0 = 0$	$x_0 = 160 \cdot \cos 0$	$x_0 = 160,00$
$Z_1 = H$	$x_1 = 160 \cdot \cos \frac{\pi}{14}$	$x_1 = 155,99$
$Z_2 = 2H$	$x_2 = 160 \cdot \cos \frac{2\pi}{14}$	$x_2 = 144,16$
$Z_3 = 3H$	$x_3 = 160 \cdot \cos \frac{3\pi}{14}$	$x_3 = 125,09$
$Z_4 = 4H$	$x_4 = 160 \cdot \cos \frac{4\pi}{14}$	$x_4 = 99,76$
$Z_5 = 5H$	$x_5 = 160 \cdot \cos \frac{5\pi}{14}$	$x_5 = 69,42$
$Z_6 = 6H$	$x_6 = 160 \cdot \cos \frac{6\pi}{14}$	$x_6 = 35,66$
$Z_7 = 7H$	$x_7 = 160 \cdot \cos \frac{7\pi}{14}$	$x_7 = 0$
$Z_8 = 8H$	$x_8 = 160 \cdot \cos \frac{8\pi}{14}$	$x_8 = -35,66$
$Z_9 = 9H$	$x_9 = 160 \cdot \cos \frac{9\pi}{14}$	$x_9 = -69,42$
$Z_{10} = 10H$	$x_{10} = 160 \cdot \cos \frac{10\pi}{14}$	$x_{10} = -99,76$
$Z_{11} = 11H$	$x_{11} = 160 \cdot \cos \frac{11\pi}{14}$	$x_{11} = -125,09$
$Z_{12} = 12H$	$x_{12} = 160 \cdot \cos \frac{12\pi}{14}$	$x_{12} = -144,16$
$Z_{13} = 13H$	$x_{13} = 160 \cdot \cos \frac{13\pi}{14}$	$x_{13} = -155,99$
$Z_{14} = 14H$	$x_{14} = 160 \cdot \cos \frac{14\pi}{14}$	$x_{14} = -160,00$
$Z_{15} = 15H$	$x_{15} = 160 \cdot \cos \frac{15\pi}{14}$	$x_{15} = -155,99$
$Z_{16} = 16H$	$x_{16} = 160 \cdot \cos \frac{16\pi}{14}$	$x_{16} = -144,16$
$Z_{17} = 17H$	$x_{17} = 160 \cdot \cos \frac{17\pi}{14}$	$x_{17} = -125,09$

Rayon externe : $a = 160$ m

$Z_1 = 0,22144$
$Z_2 = 0,44288$
$Z_3 = 0,66432$
$Z_4 = 0,88576$
$Z_5 = 1,122$
$Z_6 = 1,3464$
$Z_7 = 1,5708$
$Z_8 = 1,7952$
$Z_9 = 2,0196$
$Z_{10} = 2,244$
$Z_{11} = 2,4684$
$Z_{12} = 2,6928$
$Z_{13} = 2,9172$
$Z_{14} = 3,1416$
$Z_{15} = 3,366$
$Z_{16} = 3,5904$
$Z_{17} = 3,8148$

$Z'_0 = 0$	$x'_0 = 40 \cdot \cos 0$	$x'_0 = 40,00$
$Z'_1 = H$	$x'_1 = 40 \cdot \cos \frac{\pi}{14}$	$x'_1 = 38,99$
$Z'_2 = 2H$	$x'_2 = 40 \cdot \cos \frac{2\pi}{14}$	$x'_2 = 36,04$
$Z'_3 = 3H$	$x'_3 = 40 \cdot \cos \frac{3\pi}{14}$	$x'_3 = 31,27$
$Z'_4 = 4H$	$x'_4 = 40 \cdot \cos \frac{4\pi}{14}$	$x'_4 = 24,94$
$Z'_5 = 5H$	$x'_5 = 40 \cdot \cos \frac{5\pi}{14}$	$x'_5 = 17,36$
$Z'_6 = 6H$	$x'_6 = 40 \cdot \cos \frac{6\pi}{14}$	$x'_6 = 8,90$
$Z'_7 = 7H$	$x'_7 = 40 \cdot \cos \frac{7\pi}{14}$	$x'_7 = 0$
$Z'_8 = 8H$	$x'_8 = 40 \cdot \cos \frac{8\pi}{14}$	$x'_8 = -8,90$
$Z'_9 = 9H$	$x'_9 = 40 \cdot \cos \frac{9\pi}{14}$	$x'_9 = -17,36$
$Z'_{10} = 10H$	$x'_{10} = 40 \cdot \cos \frac{10\pi}{14}$	$x'_{10} = -24,94$
$Z'_{11} = 11H$	$x'_{11} = 40 \cdot \cos \frac{11\pi}{14}$	$x'_{11} = -31,27$
$Z'_{12} = 12H$	$x'_{12} = 40 \cdot \cos \frac{12\pi}{14}$	$x'_{12} = -36,04$
$Z'_{13} = 13H$	$x'_{13} = 40 \cdot \cos \frac{13\pi}{14}$	$x'_{13} = -38,99$
$Z'_{14} = 14H$	$x'_{14} = 40 \cdot \cos \frac{14\pi}{14}$	$x'_{14} = -40$
$Z'_{15} = 15H$	$x'_{15} = 40 \cdot \cos \frac{15\pi}{14}$	$x'_{15} = -38,99$
$Z'_{16} = 16H$	$x'_{16} = 40 \cdot \cos \frac{16\pi}{14}$	$x'_{16} = -36,04$
$Z'_{17} = 17H$	$x'_{17} = 40 \cdot \cos \frac{17\pi}{14}$	$x'_{17} = -31,27$

Rayon interne : $a = 40$ m

Plan XOZ (Fig 1) 2^{eme} Volée (Fig B)

rayon externe $a'' = 160$ m

Debit de la 2^{eme} Volée : $\frac{17\pi}{14} + \frac{4\pi}{14} = \frac{21\pi}{14} \Rightarrow \cos \frac{21\pi}{14} = 0 \Rightarrow x_{17} = x_7$
 1^{re} Volée = $\frac{4\pi}{14} = \frac{2\pi}{7}$

$Z_{15} = 15H$	$x_{15} = x_7 = (x_{33} : z_{33})$
$Z_{20} = 20H$	$x_{20} = x_6 = (x_{32} : z_{32})$
$Z_{21} = 21H$	$x_{21} = x_5 = (x_{31} : z_{31})$
$Z_{22} = 22H$	$x_{22} = x_4 = (x_{30} : z_{30})$
$Z_{23} = 23H$	$x_{23} = x_3 = (x_{29} : z_{29})$
$Z_{24} = 24H$	$x_{24} = x_2 = (x_{28} : z_{28})$
$Z_{25} = 25H$	$x_{25} = x_1 = (x_{27} : z_{27})$
$Z_{26} = 26H$	$x_{26} = x_0$
$Z_{34} = 34H$	$x_{34} = -x_{32}$
$Z_{35} = 35H$	$x_{35} = -x_{31}$
$Z_{36} = 36H$	$x_{36} = -x_{30}$
$Z_{37} = 37H$	$x_{37} = -x_{29}$

rayon interne $c'' = 0,40$ m

$Z'_{15} : x'_{15} = x'_7 = (x'_{33} : z'_{33})$	
$Z'_{20} : x'_{20} = x'_6 = (x'_{32} : z'_{32})$	
$Z'_{21} : x'_{21} = x'_5 = (x'_{31} : z'_{31})$	
$Z'_{22} : x'_{22} = x'_4 = (x'_{30} : z'_{30})$	
$Z'_{23} : x'_{23} = x'_3 = (x'_{29} : z'_{29})$	
$Z'_{24} : x'_{24} = x'_2 = (x'_{28} : z'_{28})$	
$Z'_{25} : x'_{25} = x'_1 = (x'_{27} : z'_{27})$	
$Z'_{26} : x'_{26} = x'_0$	
$Z'_{34} : x'_{34} = -x'_{32}$	$Z'_{37} : x'_{37} = -x'_{29}$
$Z'_{35} : x'_{35} = -x'_{31}$	
$Z'_{36} : x'_{36} = -x'_{30}$	

Plan YOZ (Fig 1) 1^{re} Volée $y = a \sin t$ rayon externe $a'' = 160$ m.

$Z_0 = 0$	$y_0 = 160 \cdot \sin 0$	$y_0 = 0$
$Z_1 = H$	$y_1 = 160 \cdot \sin \frac{\pi}{14}$	$y_1 = 35,60 = y_{26}$
$Z_2 = 2H$	$y_2 = 160 \cdot \sin \frac{2\pi}{14}$	$y_2 = 69,42 = y_{27}$
$Z_3 = 3H$	$y_3 = 160 \cdot \sin \frac{3\pi}{14}$	$y_3 = 99,76 = y_{28}$
$Z_4 = 4H$	$y_4 = 160 \cdot \sin \frac{4\pi}{14}$	$y_4 = 125,09 = y_{29}$
$Z_5 = 5H$	$y_5 = 160 \cdot \sin \frac{5\pi}{14}$	$y_5 = 144,16 = y_{30}$
$Z_6 = 6H$	$y_6 = 160 \cdot \sin \frac{6\pi}{14}$	$y_6 = 155,99 = y_{31}$
$Z_7 = 7H$	$y_7 = 160 \cdot \sin \frac{7\pi}{14}$	$y_7 = 160,00 = y_{32}$

$Z_8 : y_8 = -y_6 = y_{15}$	$Z_{16} : y_{16} = -y_2$
$Z_9 : y_9 = -y_5 = y_{20}$	$Z_{17} : y_{17} = -y_3$
$Z_{10} : y_{10} = -y_4 = y_{21}$	
$Z_{11} : y_{11} = -y_3 = y_{22}$	
$Z_{12} : y_{12} = -y_2 = y_{23}$	
$Z_{13} : y_{13} = -y_1 = y_{24}$	
$Z_{14} : y_{14} = y_0 = y_{25}$	
$Z_{15} : y_{15} = -y_1$	

Debit de la 2^{eme} Volée :
 $\frac{21\pi}{14} \Rightarrow \sin \frac{21\pi}{14} = -1$
 $\Rightarrow Z_{18} = -y_7$

rayon interne $b'' = 0,40$ m

$Z'_0 = 0$	$y'_0 = 40 \cdot \sin 0$	$y'_0 = 0$
$Z'_1 = H$	$y'_1 = 40 \cdot \sin \frac{\pi}{14}$	$y'_1 = 8,90 = y'_{26}$
$Z'_2 = 2H$	$y'_2 = 40 \cdot \sin \frac{2\pi}{14}$	$y'_2 = 17,36 = y'_{27}$
$Z'_3 = 3H$	$y'_3 = 40 \cdot \sin \frac{3\pi}{14}$	$y'_3 = 24,94 = y'_{28}$
$Z'_4 = 4H$	$y'_4 = 40 \cdot \sin \frac{4\pi}{14}$	$y'_4 = 31,27 = y'_{29}$
$Z'_5 = 5H$	$y'_5 = 40 \cdot \sin \frac{5\pi}{14}$	$y'_5 = 36,04 = y'_{30}$
$Z'_6 = 6H$	$y'_6 = 40 \cdot \sin \frac{6\pi}{14}$	$y'_6 = 38,99 = y'_{31}$
$Z'_7 = 7H$	$y'_7 = 40 \cdot \sin \frac{7\pi}{14}$	$y'_7 = 40,00 = y'_{32}$

$Z'_8 : y'_8 = -y'_6 = y'_{15}$	
$Z'_9 : y'_9 = -y'_5 = y'_{20}$	
$Z'_{10} : y'_{10} = -y'_4 = y'_{21}$	
$Z'_{11} : y'_{11} = -y'_3 = y'_{22}$	
$Z'_{12} : y'_{12} = -y'_2 = y'_{23}$	
$Z'_{13} : y'_{13} = -y'_1 = y'_{24}$	
$Z'_{14} : y'_{14} = y'_0 = y'_{25}$	
$Z'_{15} : y'_{15} = -y'_1$	

4° tangente à l'hélice

- Pour un tour complet: 29 hauteurs de 19,46 cm.

- Hélice externe: $\tan \theta_1 = \frac{29 \times 0,1946}{\pi \times 3,20} \Rightarrow \theta_1 = 29,30^\circ$

- Hélice interne: $\tan \theta_2 = \frac{29 \times 0,1946}{\pi \times 0,80} \Rightarrow \theta_2 = 66^\circ$

5° Angles des paliers.

- Angle du palier intermédiaire: $\alpha_p = -\left(\frac{\pi}{2} + \frac{3\pi}{14}\right)$
 $= 2\pi - \frac{24\pi}{14} = \frac{28\pi - 24\pi}{14} = \frac{4\pi}{14} = 51,43^\circ = 4 \text{ girons.}$

Données: - Hauteur à franchir 7,20 m.

- 2 volées donc 3 paliers.

- Rayon du coude externe: $a = 1,60 \text{ m.}$

- Rayon du coude interne: $c = 0,40 \text{ m.}$

- Pas moyen entre 2 marches: 20 cm.

1° Nombre de marches.

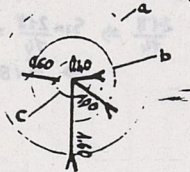
$\frac{7,20}{0,20} = 36 \text{ marches} \Rightarrow 36 \text{ hauteurs de } 0,20.$

dont 3 hauteurs de paliers et 33 hauteurs de marches.

- ce qui implique 1 volée de 17 marches et 1 volée de 16 marches.
 Pour avoir des paliers à intervalles égaux il faut 2 volées de 17 marches $\Rightarrow 34 \text{ hauteurs} + 3 \text{ hauteurs de paliers} = 37 \text{ H.}$

$\frac{7,20}{37} = 0,1946 \text{ m.}$

2° Dimension du Giron.



- La ligne de foulée est à 60 cm du rayon interne 'c', donc du centre du coude, le coude formant la ligne de foulée a un rayon $b = 1,00 \text{ m.}$

On prendra l'arc du demi-coude formé par la ligne de foulée pour déterminer la dimension du giron.

$\text{Arc} = \frac{2\pi r}{2} \Rightarrow A = \pi$

D'après la formule de Blondel: $2H + G = 60 \text{ à } 64.$

$\Rightarrow G = -2 \cdot 20 + 60 \Rightarrow G = 20$

$G = -2 \cdot 20 + 64 \Rightarrow G = 24$

$20 < G < 24.$

Donc on aura un nombre de girons de: $\frac{\pi}{0,20} = 15,71$ et $\frac{\pi}{0,24} = 13,09.$) $13 < NbG < 16.$

Sur 13 Girons: $\frac{\pi}{13} = 0,2416.$

14 Girons: $\frac{\pi}{14} = 0,2244.$

15 Girons: $\frac{\pi}{15} = 0,2054.$

16 Girons: $\frac{\pi}{16} = 0,1963.$

$20 < G < 24$ le giron maximum sera: $G = 0,2244 \text{ m,}$ avec 14 girons par demi-tour

3° L'angle α formant le giron de cette escalier.

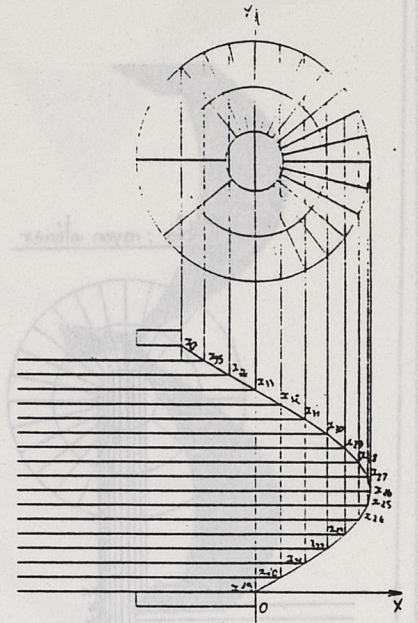
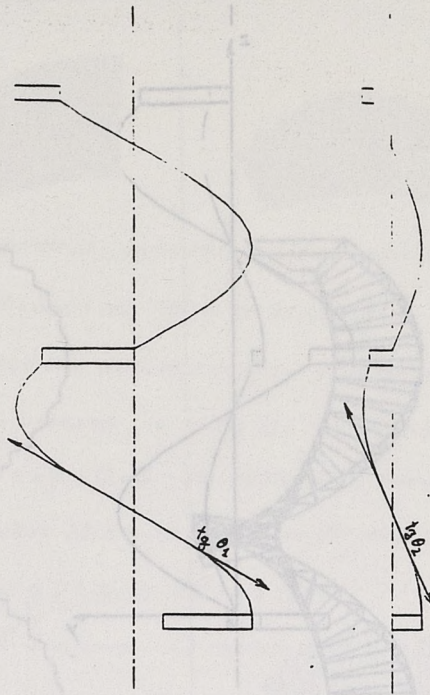
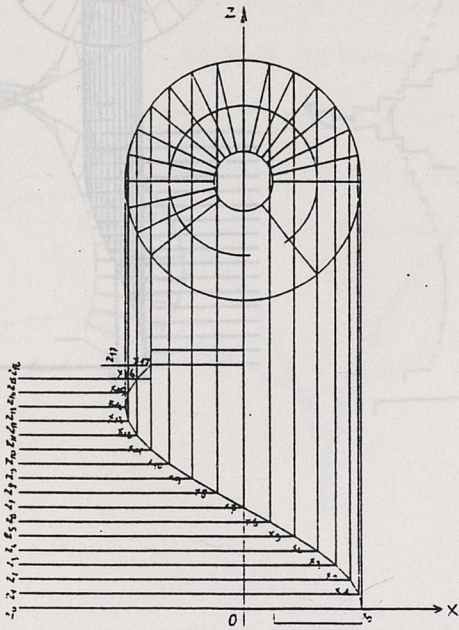
$\frac{\text{Arc}}{NbG} = \frac{\pi}{14} = 12,857^\circ.$

$\alpha = 12,857^\circ.$

PLAN XOZ (Fig 1)

1^{er} Vite: Rayon extérieur.

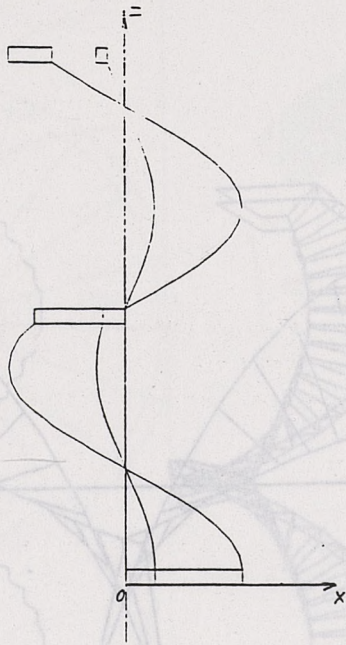
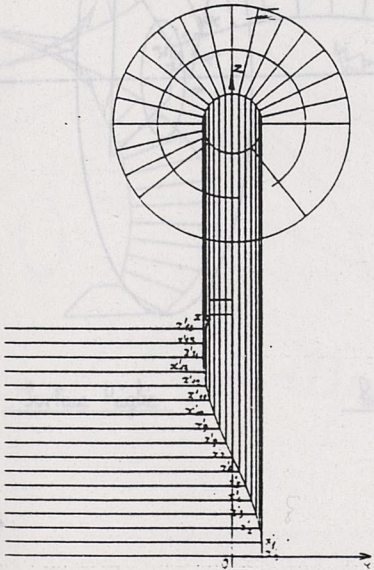
FIG A.



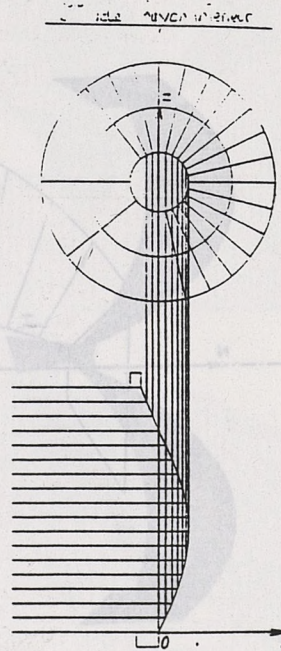
2^{em} Vite: Rayon extérieur.

FIG B.

1^{er} Vite: Rayon intérieur.



PLAN XOZ



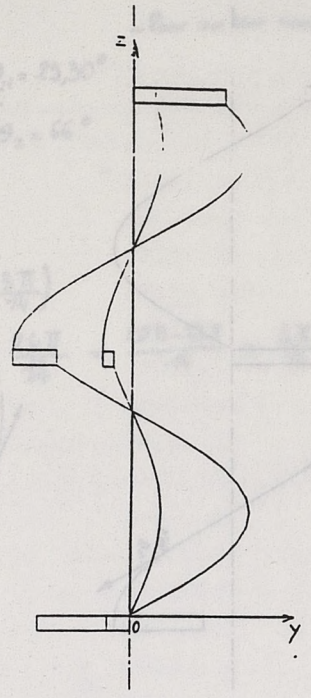
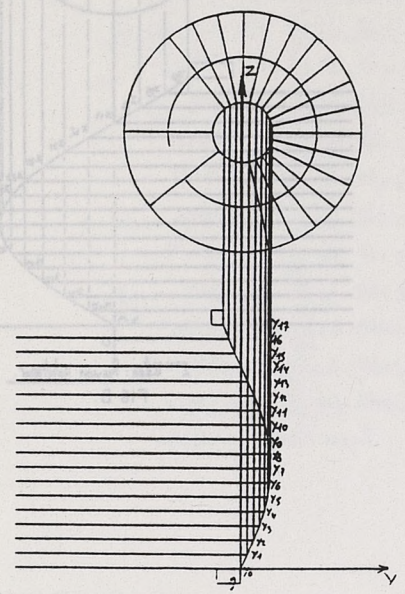
4) tangente à θ helice

Helice interne: $\gamma_1 = \frac{25,074}{7,33} = 3,421^\circ$
 Helice externe: $\gamma_2 = \frac{25,074}{7,02} = 3,572^\circ$

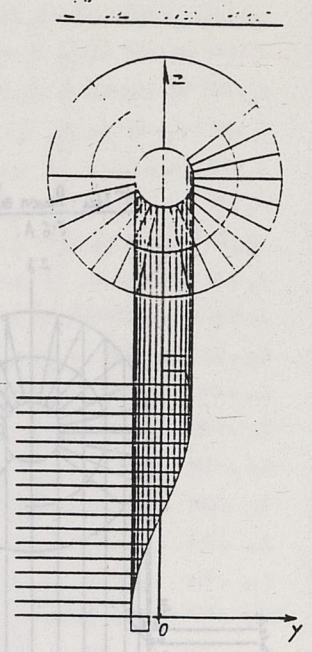
5) Angle des pales

Angle des pales interne: $\alpha_1 = 3,421^\circ$

1^{re} Voile : rayon interieur

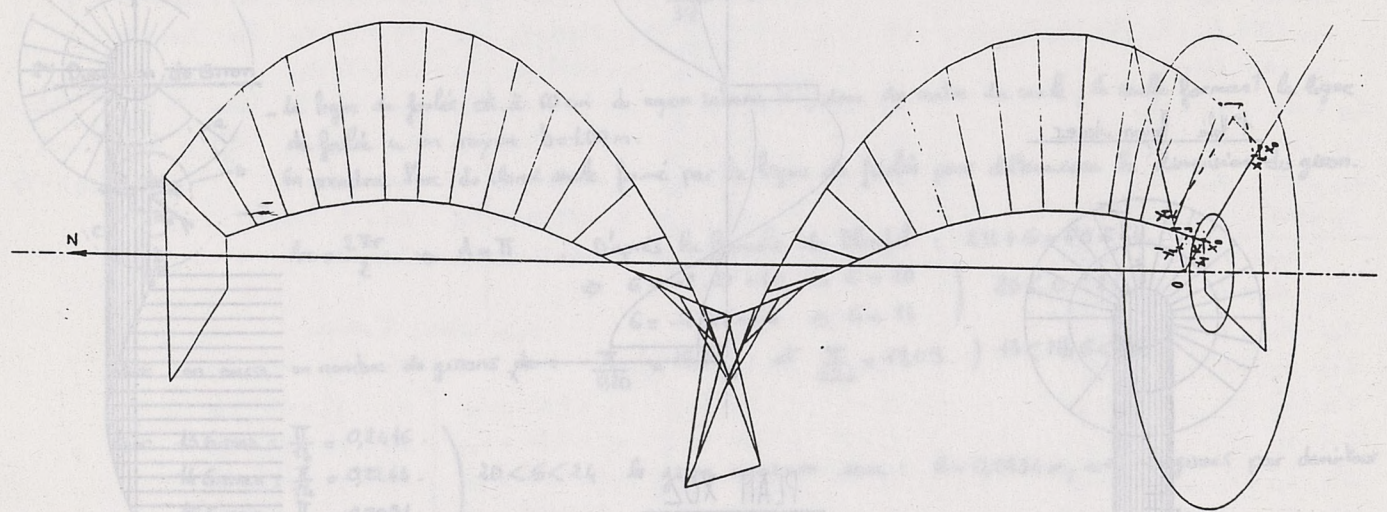


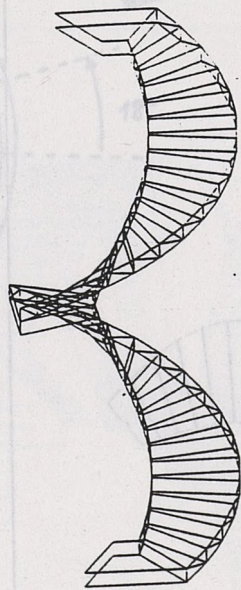
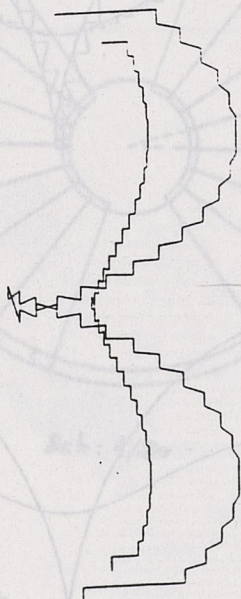
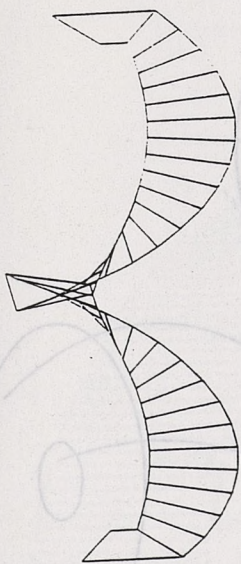
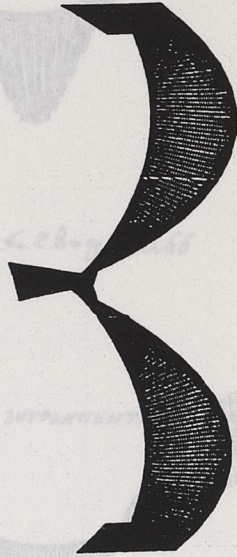
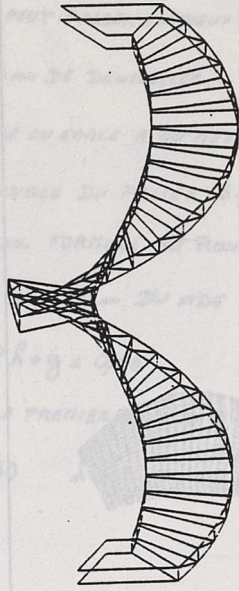
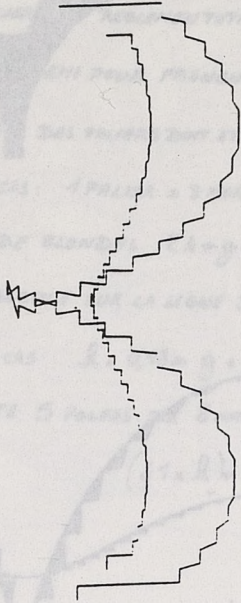
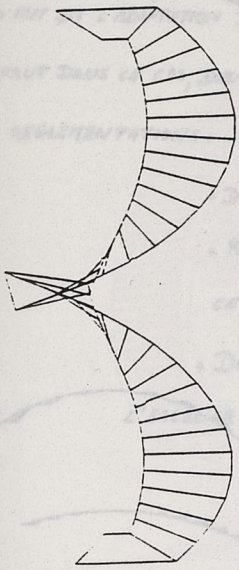
PLAN YOZ



Données : Hauteur à fondoir 7,10m
 2 voiles dans 3 pales
 Rayon de cercle interne : r = 1,10m
 Rayon de cercle externe : r = 1,15m
 Pas moyen entre 2 cercles : 20mm

1) Nombre de pales
 2) Nombre de pales
 3) Nombre de pales
 4) Nombre de pales
 5) Nombre de pales
 6) Nombre de pales
 7) Nombre de pales
 8) Nombre de pales
 9) Nombre de pales
 10) Nombre de pales
 11) Nombre de pales
 12) Nombre de pales
 13) Nombre de pales
 14) Nombre de pales
 15) Nombre de pales
 16) Nombre de pales
 17) Nombre de pales
 18) Nombre de pales
 19) Nombre de pales
 20) Nombre de pales
 21) Nombre de pales
 22) Nombre de pales
 23) Nombre de pales
 24) Nombre de pales
 25) Nombre de pales
 26) Nombre de pales
 27) Nombre de pales
 28) Nombre de pales
 29) Nombre de pales
 30) Nombre de pales
 31) Nombre de pales
 32) Nombre de pales
 33) Nombre de pales
 34) Nombre de pales
 35) Nombre de pales
 36) Nombre de pales
 37) Nombre de pales
 38) Nombre de pales
 39) Nombre de pales
 40) Nombre de pales
 41) Nombre de pales
 42) Nombre de pales
 43) Nombre de pales
 44) Nombre de pales
 45) Nombre de pales
 46) Nombre de pales
 47) Nombre de pales
 48) Nombre de pales
 49) Nombre de pales
 50) Nombre de pales
 51) Nombre de pales
 52) Nombre de pales
 53) Nombre de pales
 54) Nombre de pales
 55) Nombre de pales
 56) Nombre de pales
 57) Nombre de pales
 58) Nombre de pales
 59) Nombre de pales
 60) Nombre de pales
 61) Nombre de pales
 62) Nombre de pales
 63) Nombre de pales
 64) Nombre de pales
 65) Nombre de pales
 66) Nombre de pales
 67) Nombre de pales
 68) Nombre de pales
 69) Nombre de pales
 70) Nombre de pales
 71) Nombre de pales
 72) Nombre de pales
 73) Nombre de pales
 74) Nombre de pales
 75) Nombre de pales
 76) Nombre de pales
 77) Nombre de pales
 78) Nombre de pales
 79) Nombre de pales
 80) Nombre de pales
 81) Nombre de pales
 82) Nombre de pales
 83) Nombre de pales
 84) Nombre de pales
 85) Nombre de pales
 86) Nombre de pales
 87) Nombre de pales
 88) Nombre de pales
 89) Nombre de pales
 90) Nombre de pales
 91) Nombre de pales
 92) Nombre de pales
 93) Nombre de pales
 94) Nombre de pales
 95) Nombre de pales
 96) Nombre de pales
 97) Nombre de pales
 98) Nombre de pales
 99) Nombre de pales
 100) Nombre de pales



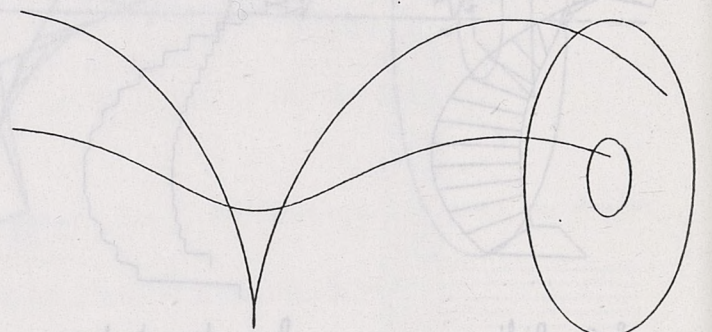
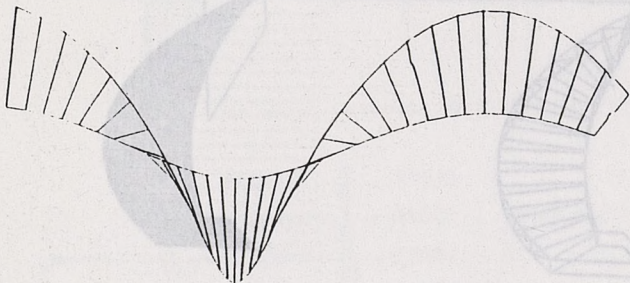
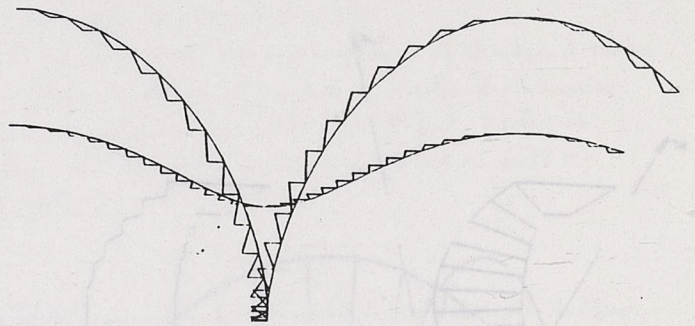
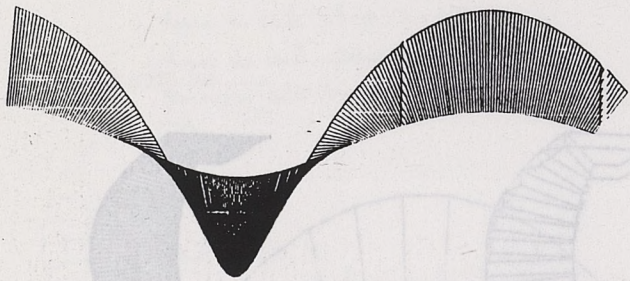
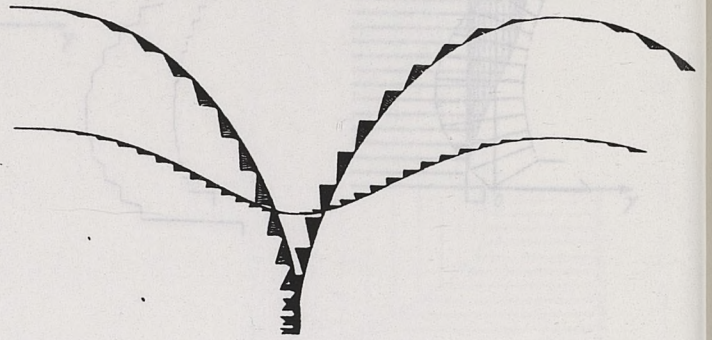
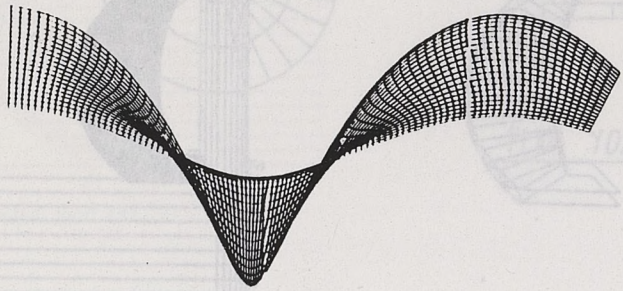
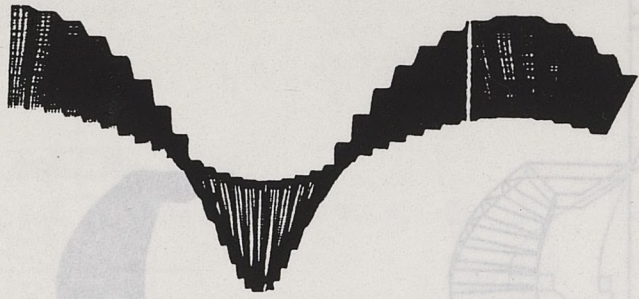


Surface Régée.

Limons intérieur et extérieur.

Marches et Contremarches.

Surface Gauche.



DU FAIT DE L'ADAPTATION DE L'ESCALIER A LA REGLEMENTATION; ON NE PEUT PASSER EN DEUX TOURS.

IL FAUT DANS CE CAS, DEUX TOURS ET DEMI POUR FRANCHIR LES 7,50m DE DENIVELLE.

LES REGLEMENTATIONS: • LA LONGUEUR DES PALIERS DOIT ETRE SUPERIEURE OU EGALE A UN METRE.

+ DANS NOTRE CAS: 1 PALIER = 3 MARCHES \Rightarrow ANGLE DU PALIER 54°

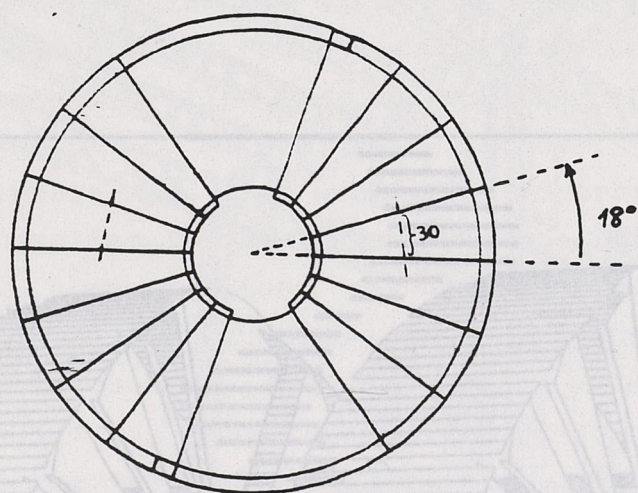
• RELATION DE BLONDEL $2h+g = 0,64$ OU FORMULE DE RONDELET $0,60 < 2h+g < 0,66$

CECI EST CALCULE SUR LA LIGNE DE FOULEE A 0,60m DU VIDE CENTRAL

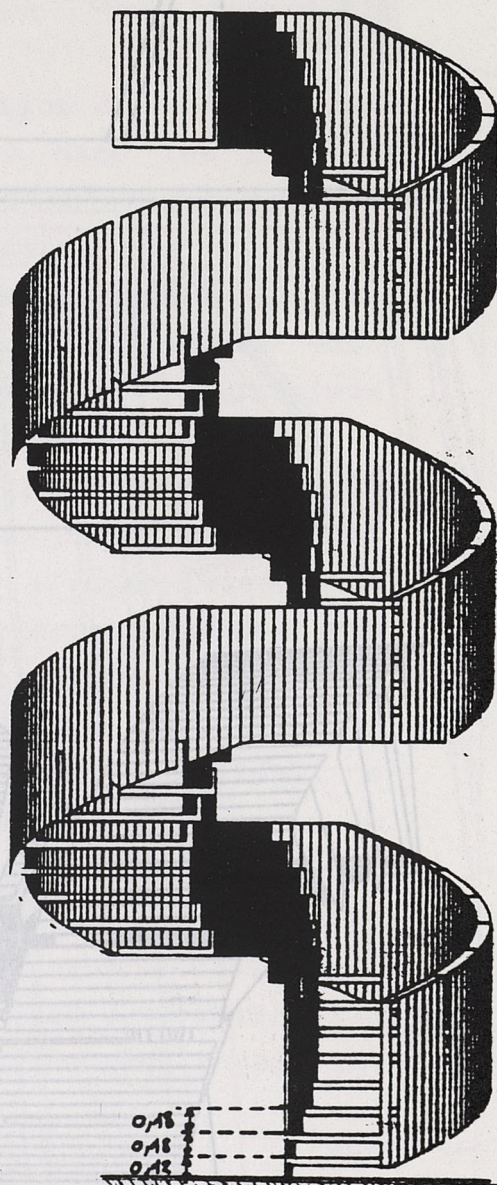
+ DANS NOTRE CAS $h = 0,18m$ $g = 0,3m \Rightarrow 2h+g = 0,66$

L'ESCALIER COMPORTE 5 VOLEES DE 8 MARCHES. LA PREMIERE VOLEE A UNE MARGE SUPPLEMENTAIRE A 0,12m DU SOL

$$(4 \times h) + 0,12 = 7,50 \quad h = 0,18m$$



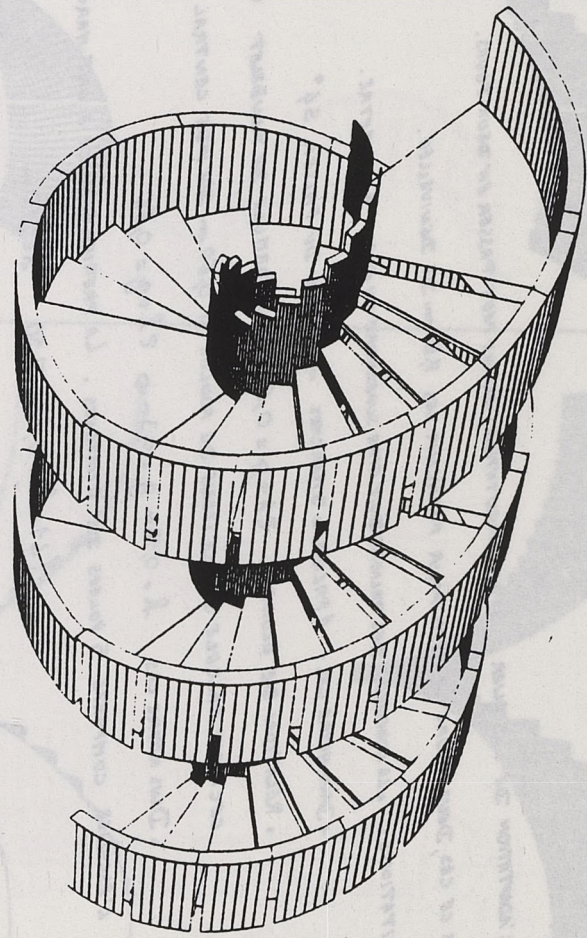
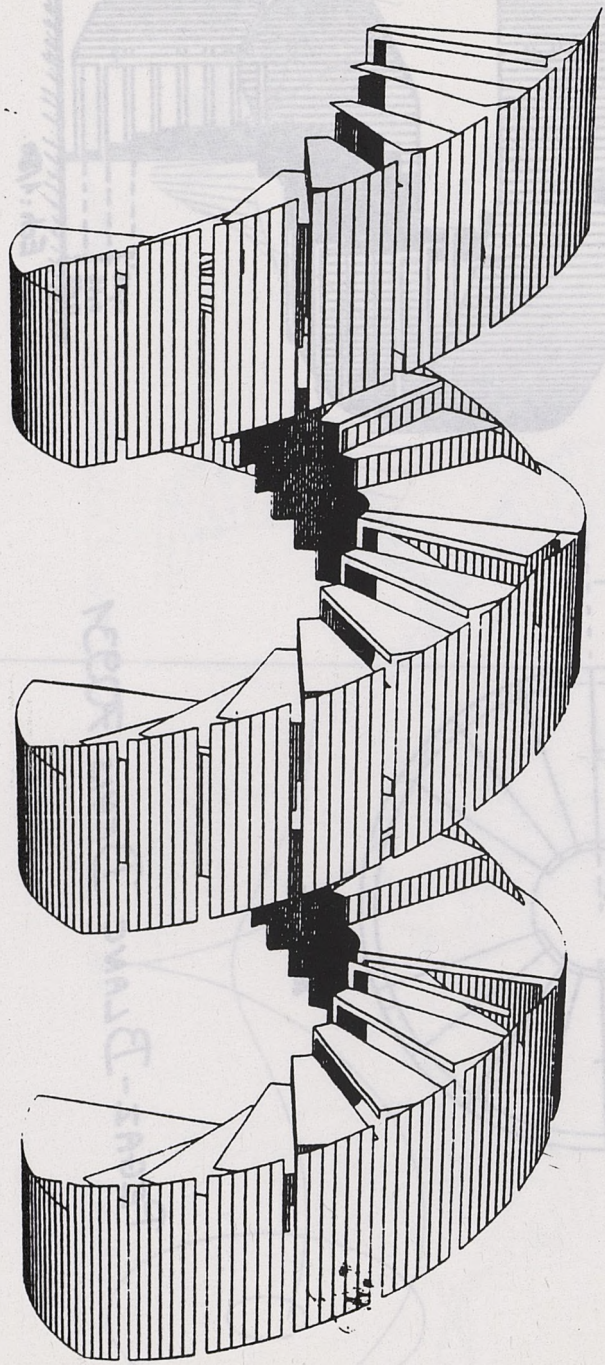
Ech: 1/50

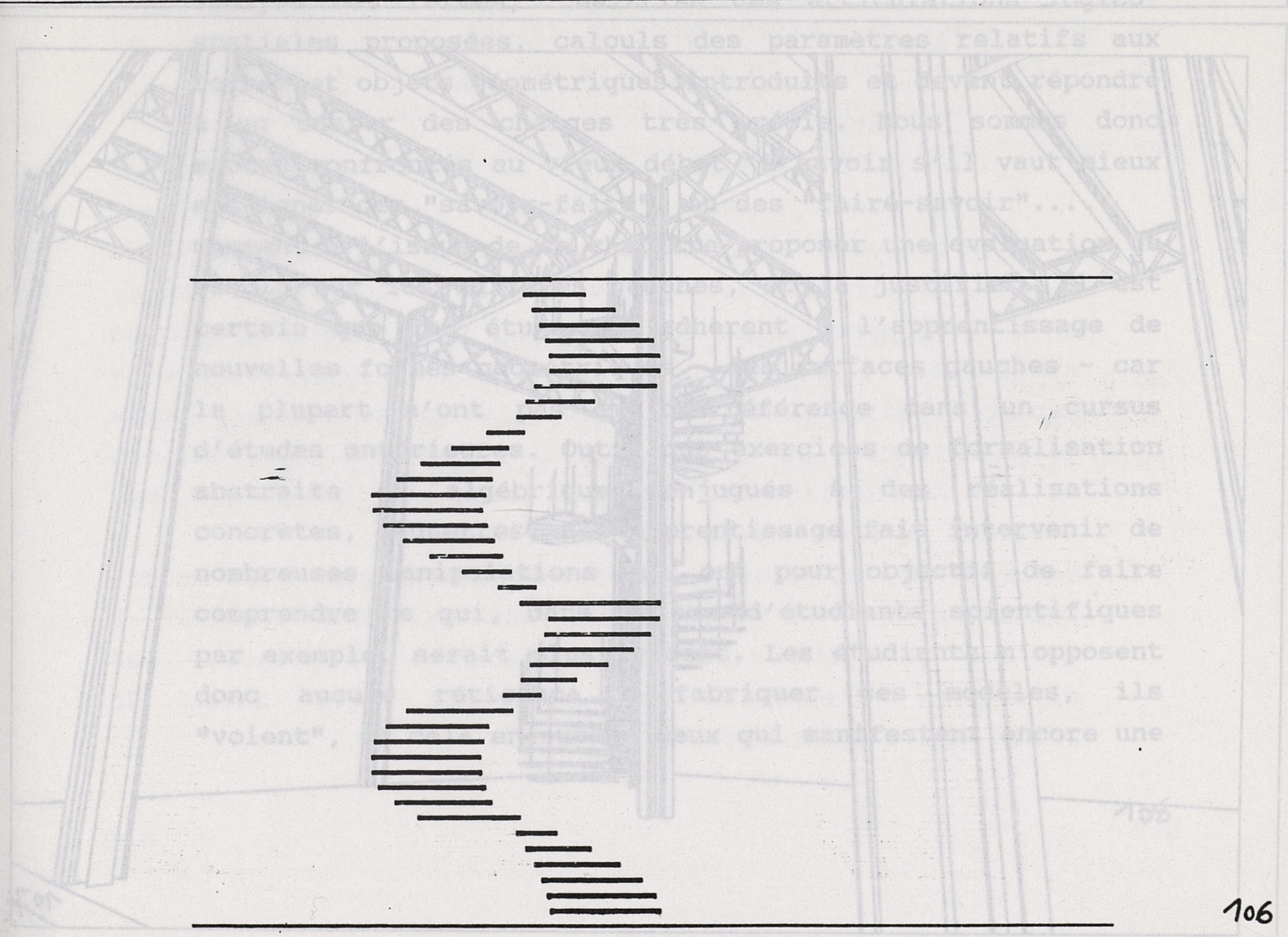
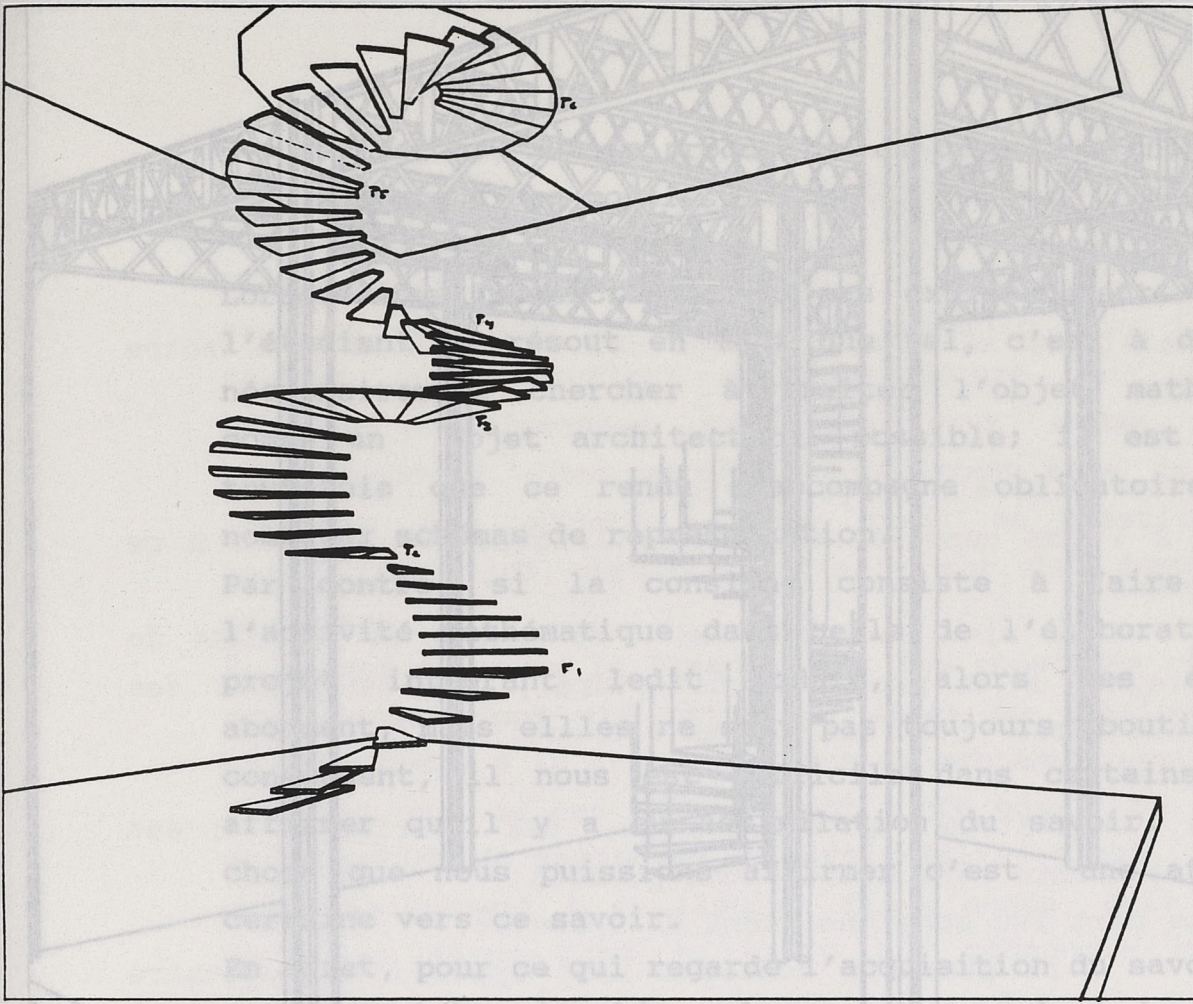


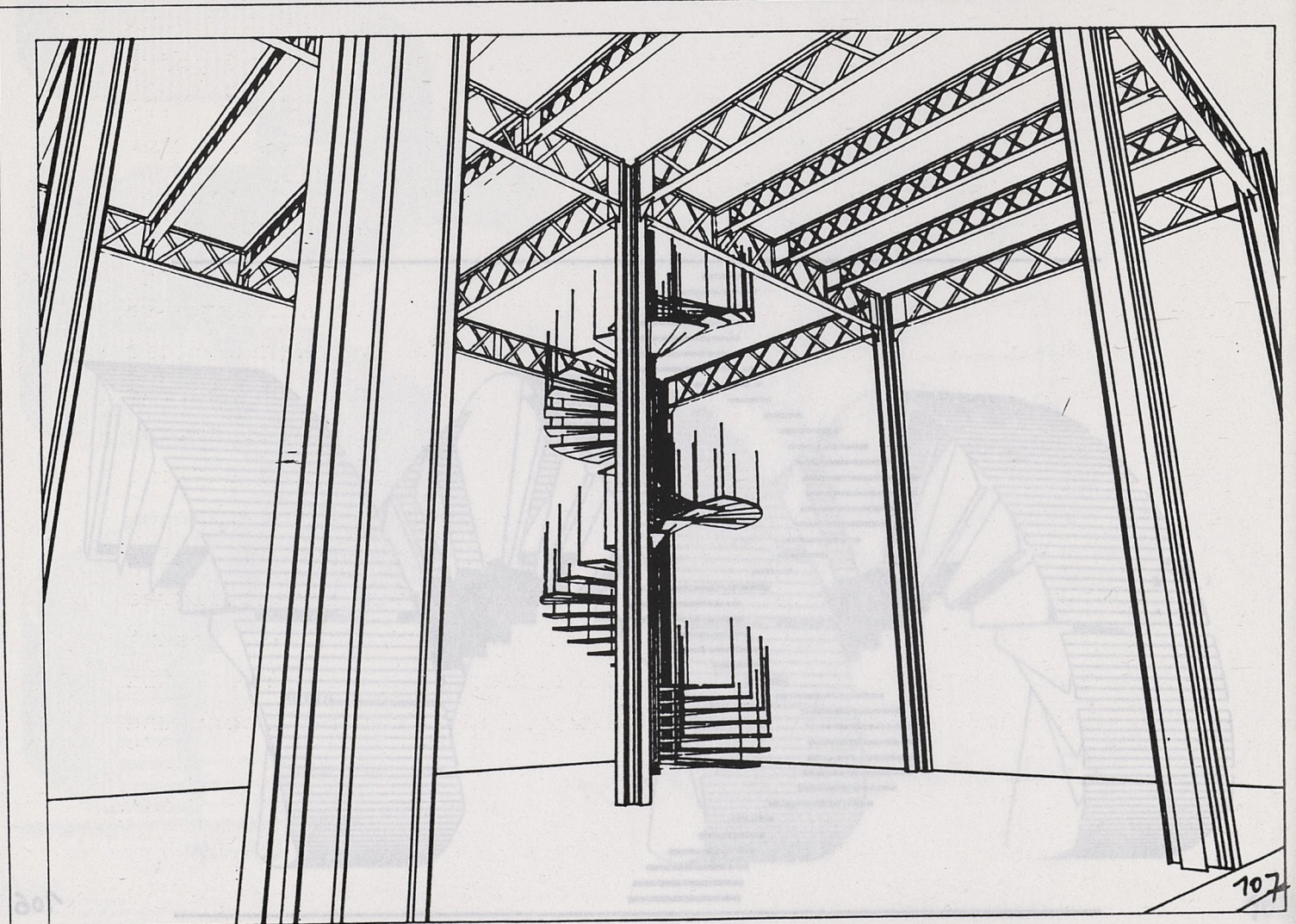
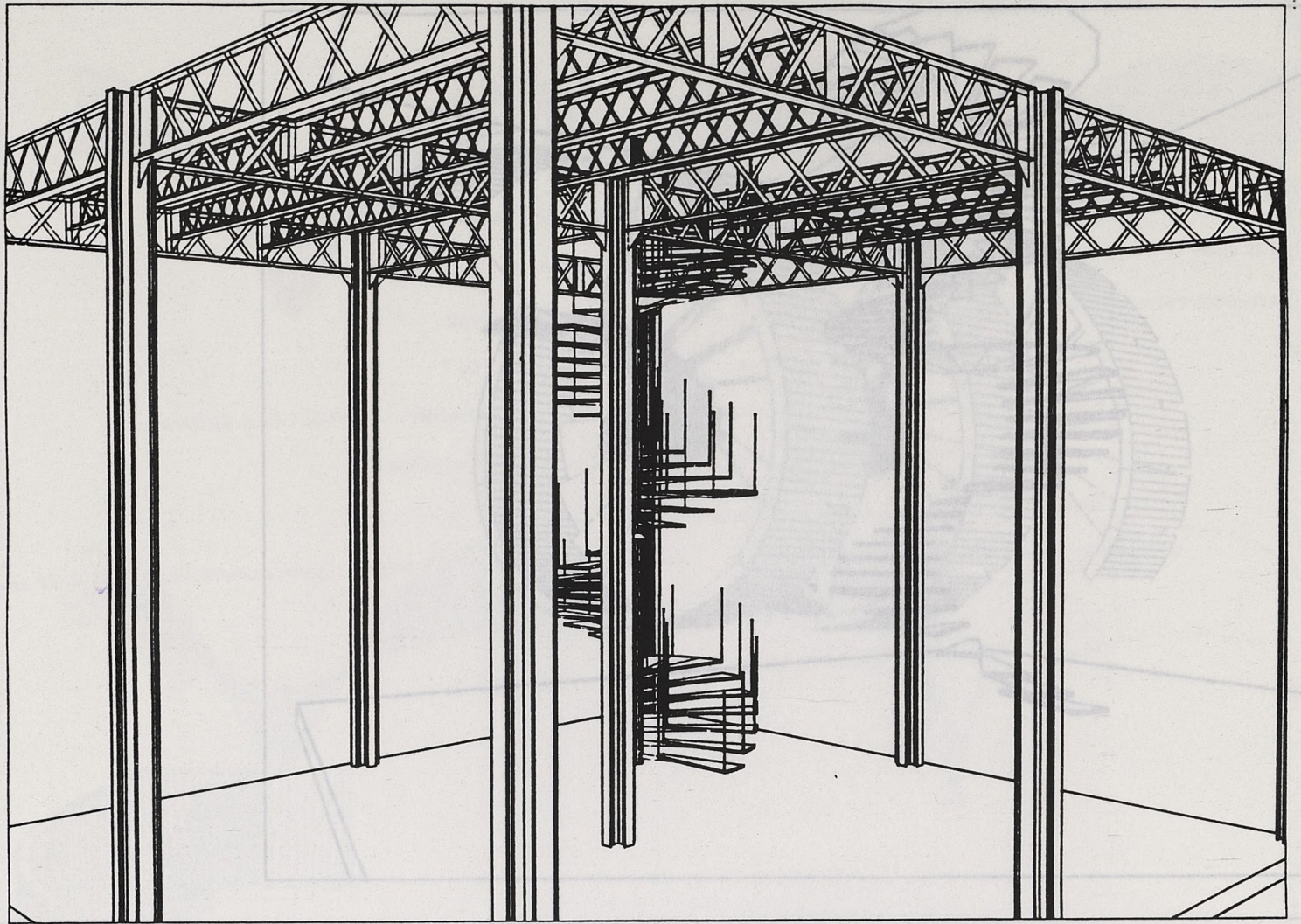
0,18
0,18
0,12

Ech: 1/50

PEGAZ-BLANC DENIS 70931







- *Réflexions sur la production de projets architecturaux
intégrant ces modèles.*

Lorsque que l'exercice n'est pas explicitement "ouvert", l'étudiant le résout en tant que tel, c'est à dire sans nécessairement chercher à traiter l'objet mathématique comme un objet architectural possible; il est à noter toutefois que ce rendu s'accompagne obligatoirement de nombreux schémas de représentation.

Par contre, si la consigne consiste à faire oeuvrer l'activité mathématique dans celle de l'élaboration d'un projet intégrant ledit modèle, alors les esquisses abondent, mais elles ne sont pas toujours abouties. Par conséquent, il nous est difficile dans certains cas d'affirmer qu'il y a eu assimilation du savoir. La seule chose que nous puissions affirmer c'est une attraction certaine vers ce savoir.

En effet, pour ce qui regarde l'acquisition du savoir, nous avons parfois signalé quelques erreurs dans les rendus: analyse des formes, maîtrise des articulations logico-spatiales proposées, calculs des paramètres relatifs aux formes et objets géométriques introduits et devant répondre à un cahier des charges très précis. Nous sommes donc encore confrontés au vieux débat, à savoir s'il vaut mieux enseigner des "savoir-faire", ou des "faire-savoir"....

Comment à l'issue de ce chapitre proposer une évaluation du savoir sur les surfaces gauches, et la justifier. Il est certain que les étudiants adhèrent à l'apprentissage de nouvelles formes géométriques - les surfaces gauches - car la plupart n'ont pas eu de référence dans un cursus d'études antérieures. Outre des exercices de formalisation abstraite et algébrique conjugués à des réalisations concrètes, maquettes, cet apprentissage fait intervenir de nombreuses manipulations qui ont pour objectif de faire comprendre ce qui, dans le cas d'étudiants scientifiques par exemple, serait plus évident. Les étudiants n'opposent donc aucune réticence à fabriquer ces modèles, ils "voient", et cela encourage ceux qui manifestent encore une

certaine appréhension, voire négation, vis à vis des objets mathématiques. Ce genre d'activité favorise toute création spontanée.

Par ailleurs si nous prenions comme variables dans notre étude:

- * V 1 : le modèle le géométrique,
- * V 2 : les connaissances scientifiques par rapport à ce modèle,
- * V 3 : la mise en situation , ou encore la capacité de l'intégrer à un projet architectural, d'en maîtriser ses articulations avec les autres éléments,

nous constatons qu'aucune de ces variables n'est discriminante dans notre étude puisque d'une part les consignes sont différentes,

- la première consigne fait appel à l'imaginaire créatif et spontané de l'étudiant

- la deuxième consigne fait intervenir un seul modèle le P.H, que l'étudiant peut traiter de façon conceptuelle et imaginative, comme de façon scientifique,

- la troisième consigne fait intervenir également un seul modèle; l'étudiant devra simultanément résoudre le problème mathématique, acquisition du savoir, et faire preuve d'imagination constructive,

et d'autre part les rendus présentés proviennent de groupes et d'années différentes. Il faudrait donc tenir compte de variables difficilement classifiables ou mesurables, comme celle notamment de la dynamique intra-groupe, mais qui ont un lien non négligeable avec les résultats, les rendus, sur lesquels se base une partie de cette étude.

Malgré tout, et bien que cette expérimentation soit encore insuffisante en ce qui concerne une évaluation possible, à l'issue de cette étude nous tenterons de proposer des directions d'appréciations générales mais aussi de recherches à poursuivre.

-
La *Perspective* en tant que modèle géométrique de la représentation.

La *Perspective* ou l'*Axonométrie*?

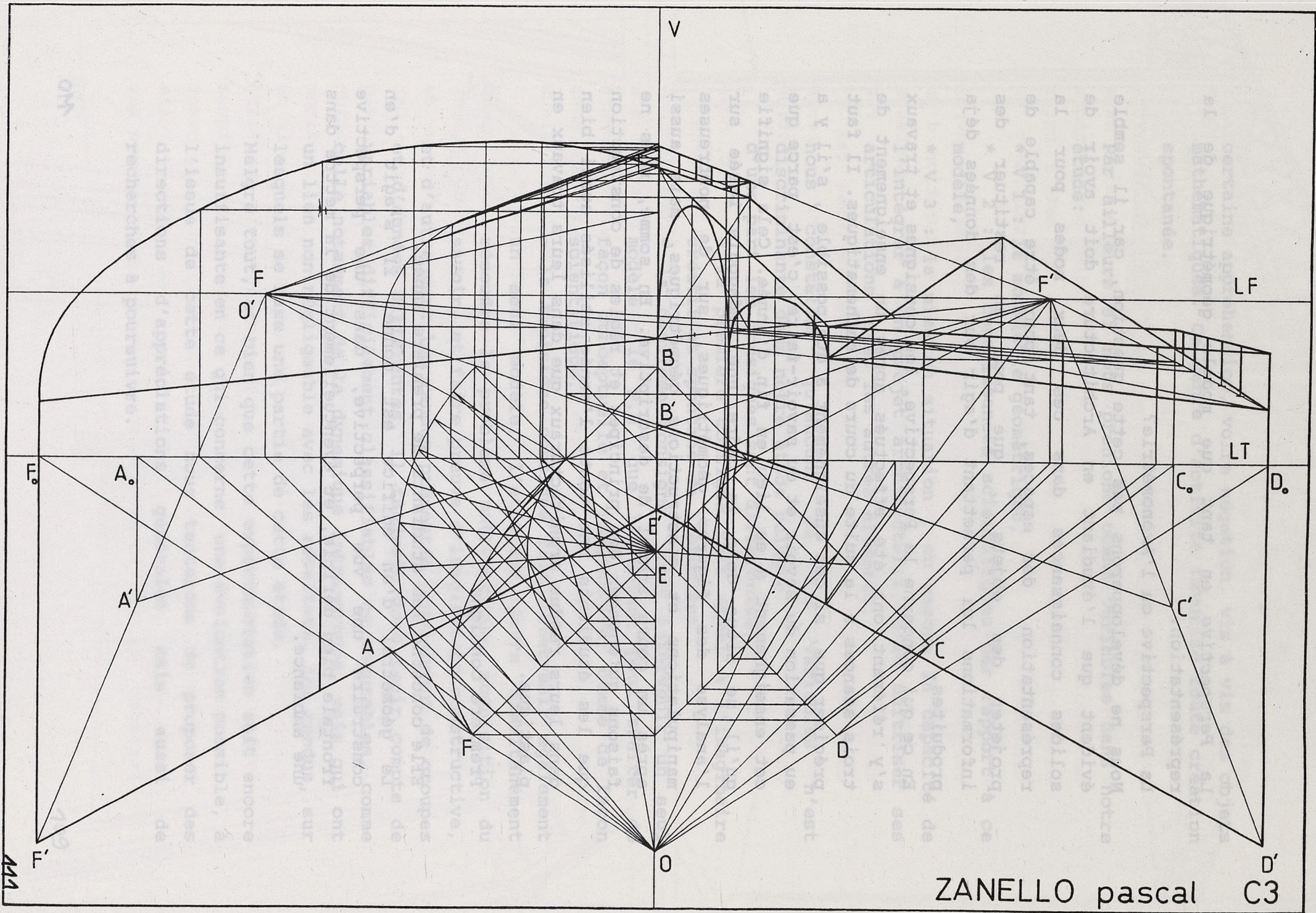
Nous ne développerons pas cette question, car il semble évident que l'étudiant en Architecture doit avoir de solides connaissances dans ces deux modes pour la représentation des espaces, tant pour être capable de projeter des objets, que pour en restituer des informations lui permettant d'agir sur des données déjà produites.

En ce qui concerne la *Perspective*, les consignes et travaux s'y référant ont été effectués après un enseignement de trois séances à la suite du cours de mathématiques. Il faut préciser que, si cet enseignement a été possible, s'il y a eu passation du savoir et du savoir-faire, c'est parce que cet enseignement a eu lieu en fin d'année. Cela signifie qu'il se situe dans le cadre une pédagogie basée sur l'analyse des figures géométriques, sur de nombreuses manipulations et constructions géométriques, mais aussi après un cours annuel de descriptive. En somme, nous ne faisons qu'énoncer des principes et règles de construction que les étudiants ont toute l'année utilisés aussi bien dans leurs rendus architecturaux que dans leurs travaux en plastique.

Première consigne

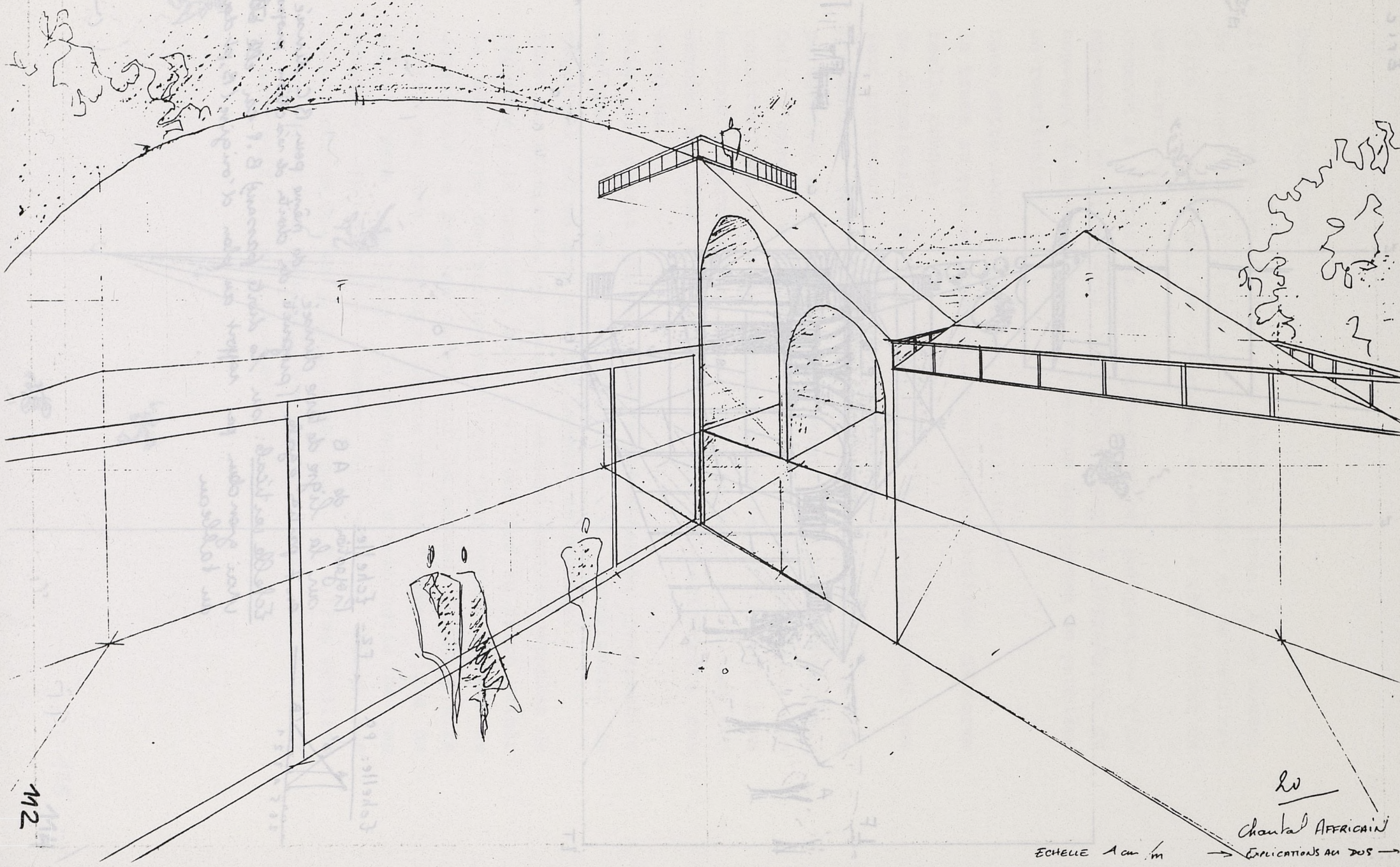
Elle concerne les étudiants de première année.

Le géométral d'un édifice est donné; il s'agit d'en construire une vue perspective, dans une perspective frontale bien définie, et éventuellement de la mettre dans une ambiance.



ZANELLO pascal C3

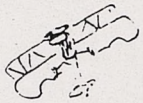
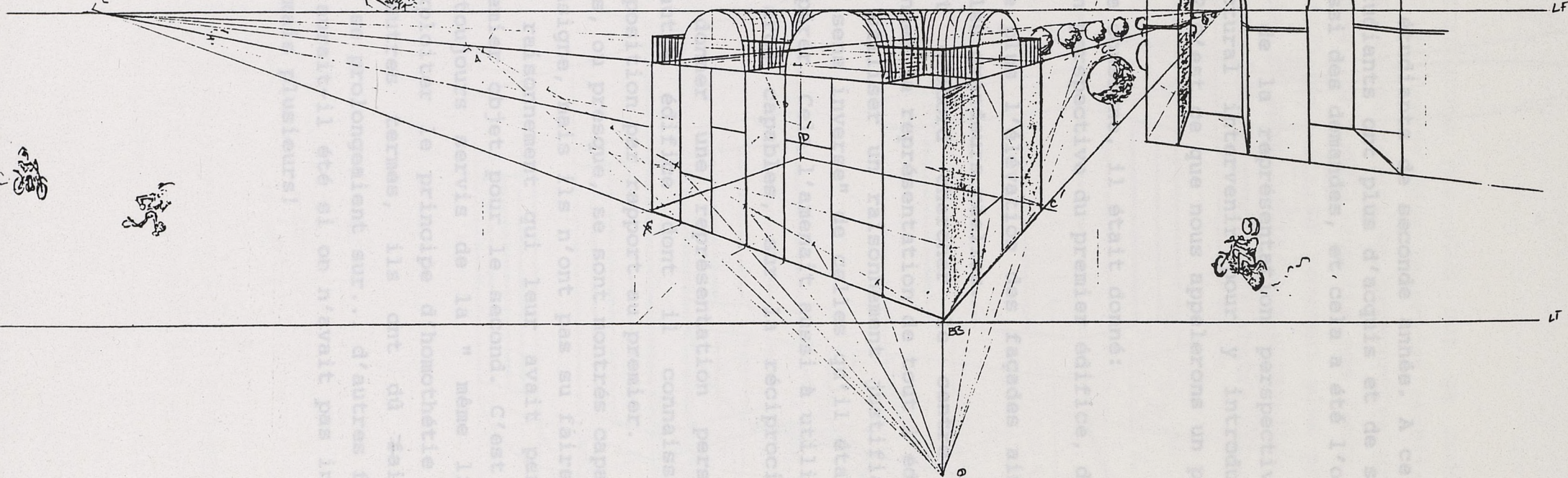
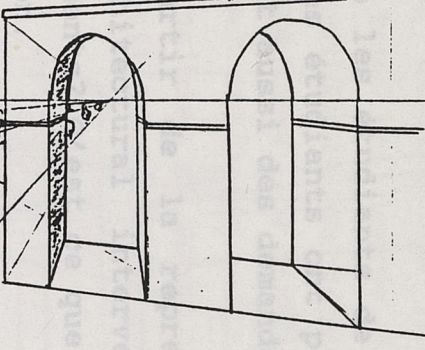
441



M2

Echelle 1 cm / m

lv
Chantal AFRICAIN
→ Explications au dos →



115
114

Deuxième consigne

Elle concerne les étudiants de seconde année. A ce moment de l'année les étudiants ont plus d'acquis et de savoir-faire, ils ont aussi des demandes, et cela a été l'objet de cet exercice.

Comment à partir de la représentation perspective d'un ensemble architectural intervenir pour y introduire de nouveaux éléments? C'est ce que nous appellerons un problème de restitution.

Dans cette seconde consigne, il était donné:

la trace au sol en perspective du premier édifice, de forme réelle connue,

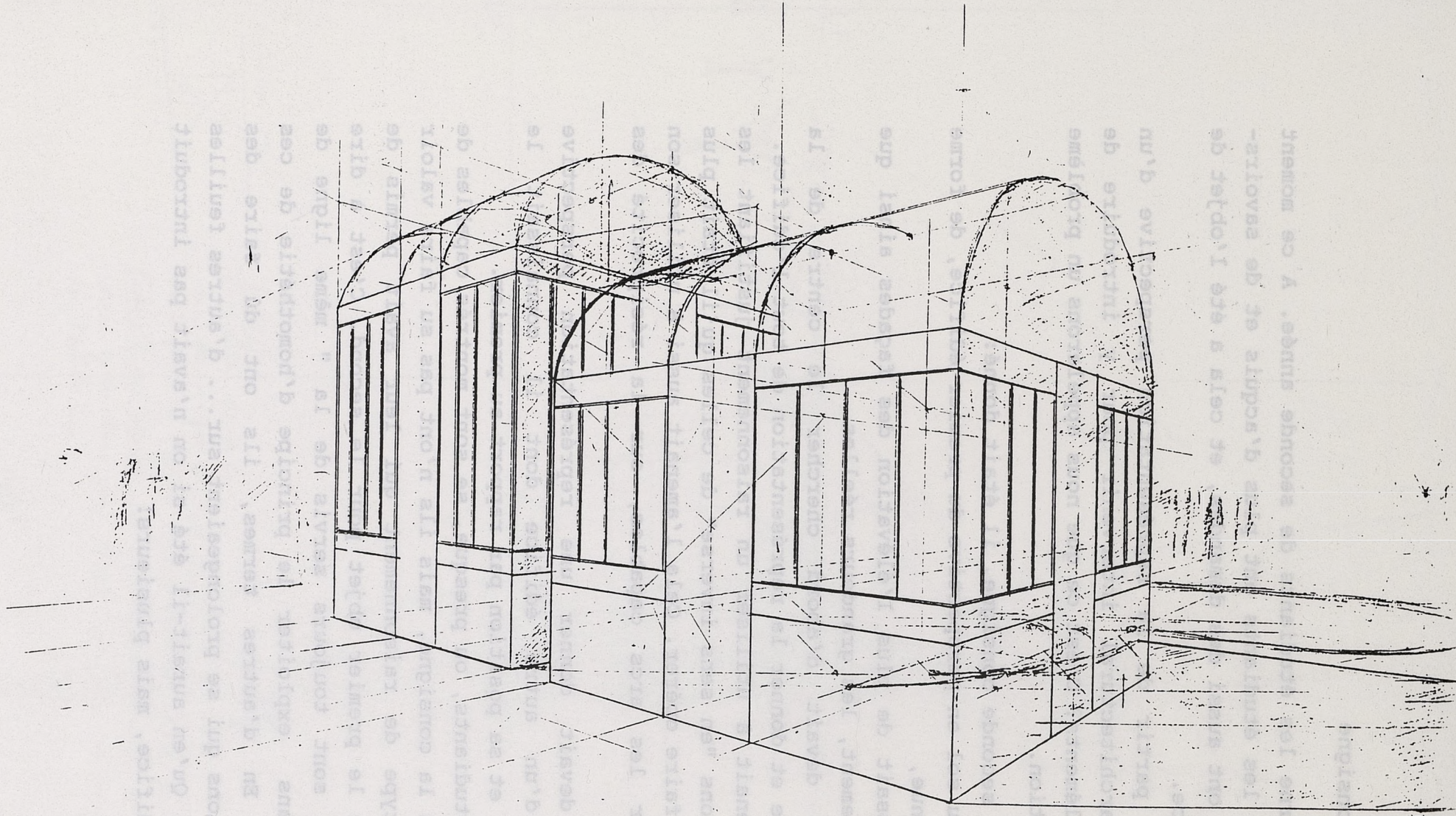
on connaissait de plus l'élévation des façades ainsi que leur traitement, les grandeurs réelles.

L'étudiant devait d'abord chercher le centre de la perspective et donner la représentation de tout l'édifice.

Cela l'amenait à utiliser un raisonnement justifiant les constructions "en sens inverse" de celles qu'il était plus habitué à faire opérer. Cela l'amenait aussi à utiliser son savoir sur les arcs capables, sur la réciprocité des échelles.

Puis il devait donner une représentation perspective conforme d'un autre édifice dont il connaissait le géométral et sa position par rapport au premier.

Tous les étudiants, ou presque, se sont montrés capables de répondre à la consigne, mais ils n'ont pas su faire valoir le même type de raisonnement qui leur avait permis de construire le premier objet pour le second. C'est à dire qu'ils se sont toujours servis de la "même ligne de terre", sans exploiter le principe d'homothétie de ces échelles. En d'autres termes, ils ont dû faire des constructions qui se prolongeaient sur... d'autres feuilles de papier. Qu'en aurait-il été si on n'avait pas introduit un seul édifice, mais plusieurs!



Nous ne nous attarderons pas plus sur ce modèle qui intervient à tous les degrés dans le projet architectural. Malgré la possibilité de rendus en perspective grâce aux logiciels graphiques, ce modèle suscite une forte demande de la part des étudiants. Ils le trouvent plus proche de leur monde sensible, et somme toute plus accessible que des savoirs scientifiques bien souvent trop abstraits.

1) SYNTHÈSE DES DIVERSES MANIÈRES

Nous devons d'abord préciser que les modèles qui ont été présentés dans cette étude ne sont pas les seuls à faire l'objet d'une étude mathématique appliquée dans le domaine architectural. Disons qu'ils ont été choisis parmi d'autres faisant partie d'un même cursus d'enseignement, tous ne pouvant être analysés.

De plus, nous voulons rappeler que pour le mathématicien, un concept mathématique a deux valences:

- * l'une, c'est le savoir identifié, c'est l'"objet" mathématique
- * l'autre, c'est l'"outil" ou encore le mode opérationnel qui va permettre de résoudre le problème posé.

Or, dans tous les cas exposés, le modèle géométrique y apparaît sous son mode opératoire. Qu'il s'agisse de "paver" le plan ou l'espace, d'engendrer des formes à partir de courbes ou de répondre à des problèmes de raccordement. Les structures gauches sont elles mêmes des partis constructifs, et la Perspective permet de faire voir, de communiquer.

Nous n'avons donc pas voulu présenter dans cette étude l'aspect "objet" du modèle, (étudié en cours), mais nous avons insisté sur son aspect "outil".

Pourquoi?

Parce qu'il nous semble que c'est l'aspect le plus attractif de l'apprentissage. C'est autour de cette remarque qu'est construite toute la pédagogie de notre enseignement: faire en sorte que les mathématiques aient une part active et concrète par rapport aux préoccupations de l'étudiant en architecture.

IV - CONCLUSION SUR LES MODELES GEOMETRIQUES INTRODUITS
COMME OBJETS D'ETUDE MATHEMATIQUE ET SUSCEPTIBLES
D'INTERVENIR DANS LE PROJET ARCHITECTURAL.

1) SYNTHES DES DIFFERENTES ANALYSES.

Nous devons d'abord préciser que les modèles qui ont été présentés dans cette étude ne sont pas les seuls à faire l'objet d'une étude mathématique appliquée dans le domaine architectural. Disons qu'ils ont été choisis parmi d'autres faisant partie d'un même cursus d'enseignement, tous ne pouvant être analysés.

De plus, nous voulons rappeler que pour le mathématicien, un concept mathématique a deux valences:

* l'une, c'est le savoir identifié, c'est l'"objet" mathématique

* l'autre, c'est l'"outil" ou encore le mode opérationnel qui va permettre de résoudre le problème posé.

Or, dans tous les cas exposés, le modèle géométrique y apparait sous son mode opératoire. Qu'il s'agisse de "paver" le plan ou l'espace, d'engendrer des formes à partir de courbes ou de répondre à des problèmes de raccordement. Les structures gauches sont elles mêmes des partis constructifs, et la Perspective permet de faire voir, de communiquer.

Nous n'avons donc pas voulu présenter dans cette étude l'aspect "objet" du modèle, (étudié en cours), mais nous avons insisté sur son aspect "outil".

Pourquoi?

Parce qu'il nous semble que c'est l'aspect le plus attractif de l'apprentissage. C'est autour de cette remarque qu'est construite toute la pédagogie de notre enseignement: faire en sorte que les mathématiques aient une part active et concrète par rapport aux préoccupations de l'étudiant en architecture.

Rappelons que l'enseignement traditionnel, (dans le secondaire par exemple), est centré sur le contenu d'un programme, alors que l'enseignement qui nous intéresse se trouve, lui, centré sur l'étudiant, sur ses besoins liés à sa formation.

Pour cela nous avons dû choisir des situations d'apprentissage aussi proches que possible des besoins présents et futurs de l'étudiant.

En effet, quelle représentation se fait l'étudiant d'un concept scientifique que le langage mathématique qui le décrit rend, bien souvent, "artificiellement difficile".

C'est pour cela que le contenu d'un enseignement n'est pas transmis sous sa forme la plus achevée. Il y a ce qu'on appelle une *transposition didactique*.

Dans la situation d'apprentissage, le discours scientifique est *recontextualisé* à l'intention des étudiants.

L'enseignant doit pouvoir créer des situations problématiques, ou des conditions qui vont permettre à l'étudiant de s'approprier activement la connaissance.

C'est ce que nous avons tenté de faire et d'exposer.

Quel sens pouvons nous alors accorder à cet exposé sur la didactique des mathématiques et sur la passation d'un savoir, d'un savoir-faire lié aux pratiques architecturales chez ces étudiants?

Tout d'abord celui de nous informer sur quelques uns des modèles intervenant dans ces pratiques architecturales, et aussi de nous permettre d'évaluer qualitativement les résultats liés à cette méthode.

Les modèles présentés ont été développés sous leur aspect actif.

Les résultats liés à cette pédagogie sont, en toute objectivité, satisfaisants,

- tant du point de vue de la passation du savoir, (mesurable à partir du savoir-faire: résolution d'exercices mathématiques),

- que de l'application et de l'usage qui en ont été produits à travers les projets des étudiants.

Le fait que les étudiants soient actifs, qu'ils prennent des initiatives est une des caractéristiques de cet enseignement. Or, nous avons remarqué qu'en début de formation, (1ère année), certains étudiants se trouvaient "déroutés" par les consignes qui faisaient plus appel à cette faculté d'intégrer un modèle dans un projet, tout en le maîtrisant mathématiquement, que celle de résoudre un problème abstrait, formulé algébriquement.

Par ailleurs, nous avons parlé précédemment de situation d'apprentissage qui est celle où l'étudiant prend conscience de la validité du modèle mathématique étudié. L'objectif essentiel dans cette situation est celui de susciter la demande vis à vis de la connaissance, la motivation restant de toute évidence la clé de l'apprentissage.

Les différentes situations et consignes en sont des exemples.

De plus, lorsque nous faisons manipuler ou construire les maquettes des objets mathématiques, c'est aussi parce que nous estimons que la connaissance scientifique se découvre "à tous les degrés", qu'elle se construit.

Après ce bref rappel de nos objectifs, il nous revient de soumettre à examen critique cette pédagogie, à travers les travaux présentés, sur l'assimilation d'un savoir susceptible d'intervenir dans l'élaboration et dans la conception du projet architectural.

Les hypothèses prédictives étaient:

l'assimilation du savoir "passe" mieux lorsqu'il se trouve concrétisé,

l'initiative et l'activité chez l'étudiant favorise sa demande et nourrit sa motivation, d'où nécessairement un effet "feed-back" entre enseignant et enseignés.

Ces hypothèses se trouvent totalement confirmées au vu de la production des travaux des étudiants, car les résultats sont non seulement encourageants mais, dans une très large mesure, ils sont positifs.

L'étudiant, après un temps variable au cours duquel il se familiarise avec le langage mathématique, abstrait et

symbolique démontre ses compétences et ingéniosités à rendre opérationnels ces objets mathématiques dans une problématique donnée.

2) EN QUOI CETTE ETUDE CONTRIBUE-T-ELLE A LA RECHERCHE ET A L'ENSEIGNEMENT?

Cette étude, je l'espère, fournit des éléments aussi bien dans le champ de la Didactique proprement dite que dans celui de l'enseignement des mathématiques pour un public d'étudiants en Architecture.

Nous l'avons plusieurs fois répété: un des premiers principes de la Didactique est que l'apprentissage se fait par l'action. Or, pour être recevable le discours mathématique doit non seulement être médiatisé par du concret, mais aussi répondre aux besoins des étudiants.

Il faut donc cerner les concepts ou modèles qui sont les plus usuels mais aussi les plus opérationnels dans les pratiques architecturales.

Il faut également multiplier les situations problématiques ou d'apprentissage pour que l'étudiant puisse construire son savoir.

Outre la résolution des problèmes mathématiques, l'évaluation du savoir assimilé peut être mesurée d'après la maîtrise démontrée par l'étudiant dans l'exploitation et l'utilisation des concepts qu'il introduit comme stratégie susceptible de répondre à la problématique posée.

3) CONCLUSION GENERALE

Tout au long de cet exposé nous nous sommes attaché à l'aspect opérationnel du modèle mathématique; nous avons fait valoir les compétences actives et créatives de l'étudiant face à ces nouveaux concepts. Cette forme d'enseignement a eu des réponses globalement positives et satisfaisantes ce qui nous permet de valider cette action.

L'évaluation des comportements relatifs au savoir transmis et acquis est établie d'après les rendus des étudiants, mais, dans ce cas, elle serait *non significative*, car les protocoles des consignes ne sont pas les mêmes et induisent des groupes non comparables. Donc nous ne pouvons conclure qu'avec un évaluation de type qualitatif, elle serait globalement positive.

Par ailleurs, il nous apparaît intéressant de signaler l'impact de l'outil informatique en Architecture, et la place prépondérante observable sur des travaux de premier cycle.

Nous pensons qu'il est souhaitable de l'associer à notre enseignement de mathématiques, et nous proposons comme perspective de recherche, toujours dans le cadre de la Didactique des Mathématiques liées au domaine architectural, d'analyser l'apport de l'informatique, outil graphique conceptuel, dans le cadre de l'enseignement des surfaces gauches.

