S.BENSAADA
M.T.BOUZIANE
Med.Zakaria BENSAADA

TRACES GEOMETRIQUES, COURBES ET PERSPECTIVES

Préface

Le dessin industriel est un moyen pouvant traduire des idées techniques lors des études et conceptions technologiques. Il est utilisé dans toutes les industries et surtout l'industrie mécanique. Il est indispensable pour exprimer clairement une pensée technique.

Il permet de représenter graphiquement des objets ou organes de machines avec le maximum de détails utiles et avec la précision voulue.

Le contenu de cette première partie est une base indispensable pour approfondir les connaissances des étudiants inscrit en construction mécanique et de leur donner tous les renseignements dont ils peuvent avoir besoin durant leur scolarité.

Les Auteurs

1. INTRODUCTION

Les machines et équipements sont constitués de plusieurs organes assemblés entre eux par des liaisons fonctionnelles. La fabrication de chaque organe nécessite plusieurs étapes. D'abord se fixer l'idée de ce que l'on veut réaliser tout en lui assignant un objectif à atteindre. Cette conception qui jusque là théorique devra prévoir également le mode de fabrication technologique.

Le dessin doit pouvoir donner des ordres au cours des différentes étapes de la réalisation. Ensuite l'organe doit répondre à un impératif de montage et d'ajustement par rapport à l'ensemble des organes pour pouvoir fonctionner selon les besoins pour lesquels il est fabriqué.

Outre l'aspect géométrique, chaque pièce ou ensemble de pièces doivent répondre à une multitude d'exigences techniques et technologiques qui ne peuvent s'exprimer qu'avec le dessin technique. Ce dernier représente le langage universel de toutes les sciences technologiques.

Le dessin est l'art de représenter les surfaces ou généralement les volumes donc les solides à trois dimensions au moyen de tracés formés uniquement par des lignes droites, courbes ou brisées et continues ou interrompues sur une surface plane à deux dimensions.

Il permet de représenter graphiquement des objets ou organes de machines avec le maximum de détails utiles avec la précision voulue .

Appelé aussi dessin industriel, le dessin technique est utilisé dans toutes les industries et représente le moyen essentiel indispensable et universel pour exprimer clairement une pensée technique. Il est universel puisqu'il utilise les règles et lois de la normalisation. Le dicton " Un schéma vaut mieux qu'un long discours " résume l'intérêt du dessin.

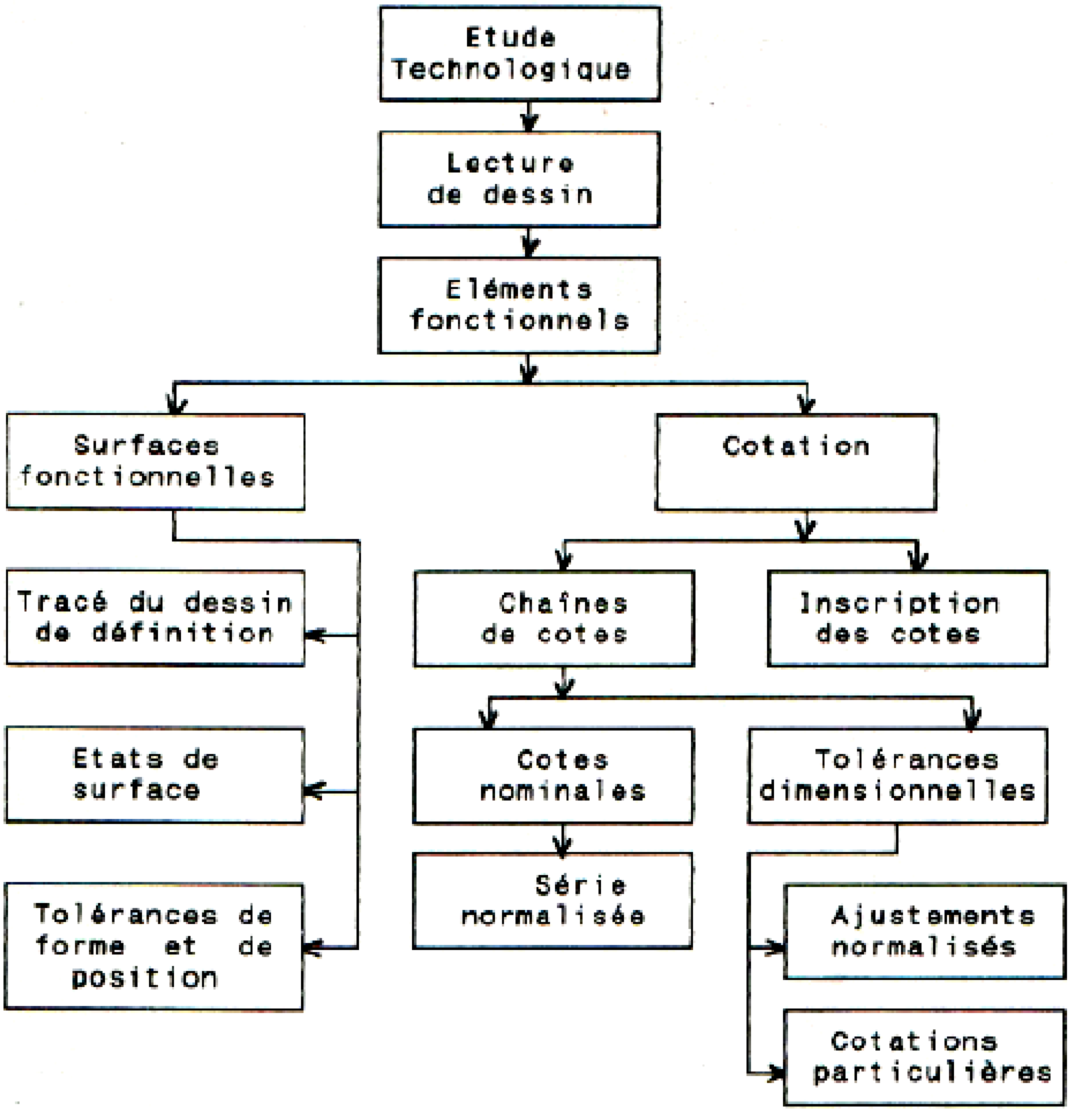
A cet effet, le dessin industriel peut traduire des idées techniques lors des réalisations technologiques; c'est pourquoi, il est assimilé à un langage technique. Comme tout langage, il comporte deux aspects d'exigences complémentaires qui sont l'écriture et la lecture. Comme grammaire, le dessin possède la standardisation ou la normalisation.

SOMMAIRE

L'écriture du dessin ou manière d'exécution, c'est à dire l'aspect représentation de l'objet à trois dimensions sur une surface plane à l'aide de figures décrites par des lignes significatives.

La lecture doit permettre la compréhension des formes, dimensions, états des surfaces, procédures de fabrication, fonctionnement et même utilisation de l'objet représenté.

Schématisons un organigramme qui montre les différentes étapes indispensables lors d'une étude technique. Il renseigne également sur les aspects représentatifs que peut traduire le dessin industriel.



2 - CLASSIFICATION DES DESSINS

2.1. Définition

En général, le dessin est une représentation graphique d'un objet à l'aide de traits.

Le dessin technique est l'art de représenter graphiquement des volumes ou objets sur des surfaces planes au moyens de tracés formés uniquement de lignes droites, courbes ou brisées et continues ou interrompues.

Le dessin technique est appelé aussi dessin industriel parce qu'il est utilisé dans toutes les industries.

On classe un dessin selon sa nature, sa forme ou sa fonction.

2.2. Natures du dessin

Selon la nature du dessin, il existe les principaux groupes de dessins suivants :

2.2.1. Le dessin géométrique

C'est un dessin qui reproduit les proportions géométriques d'un objet.

2.2.2. Le dessin industriel

C'est un dessin exécuté selon les règles géométriques de la projection orthogonale.

2.2.3. Le dessin à main levée

C'est un dessin effectué librement et sans soucis d'exactitude rigoureuse.

2.2.4. Le dessin symbolique

C'est un dessin qu'on appelle schéma. Il ne comporte pas de formes propres mais exprime par des signes symboliques le fonctionnement des mécanismes de machines.

2.3.7. Le graphique

C'est un diagramme ou abaque exprimant les relations et fonctions entre deux ou plusieurs grandeurs par des courbes.

2.4. Fonctions d'un dessin

Une étude de réalisation vient en général compléter les deux fonctions fondamentales:

- exécution du dessin ou écriture
- expression du dessin ou lecture

A cet effet on classe les dessins du point de vue des périodes successives d'une réalisation technologique.

2.4.1. Le dessin d'avant projet

A partir d'une idée donnée et parmi les solutions proposées ou préconisées, le dessin d'avant projet concrétise l'une d'elle dans ses grandes lignes. Il traduit l'étude primaire en précisant les détails ou choix opérés.

Le dessin d'avant projet fait apparaître les différentes phases importantes au projet telles que le fonctionnement ou mouvement, les formes des pièces constitutives principales et les encombrements.

2.4.2. Le dessin de projet

C'est un dessin qui représente les détails des solutions retenues avec l'exactitude et la précision les plus grandes possibles. Il se base sur les dessins d'avant projet.

Il renseigne sur les matières employées, les jeux, tolérances, dimensions essentielles et toutes autres caractéristiques techniques utiles.

2.4.3. Le dessin de définition

Il définit complètement et sans ambiguité les exigences auxquelles le produit doit satisfaire dans l'état de finition qui est demandé et concerne généralement une seule entité. Il doit comporter le maximum de précisions à savoir les caractéristiques mécaniques ou physico-chimiques des matériaux, les limites de résistance, la cotation fonctionnelle et toutes autres caractéristiques nécessaire à la réalisation de cette pièce.

C'est un document qui établit la relation entre les personnes qui donnent les ordres et celles qui les exécutent et fait foi dans ces relations.

2.4.4. Le dessin d'ensemble

Il représente l'ensemble des pièces constitutives assemblées d'après les dessins de définition.

2.4.5. Le dessin de fabrication

Il représente un assemblage de pièces ou semi-produits et précise les renseignements ou détails utiles à la fabrication ou à la transformation comme par exemple les côtes usinées et les tolérances.

2.4.6. Le dessin d'opération

C'est un dessin de fabrication sur lequel sont indiquées les côtes à obtenir lors d'une opération d'usinage ou d'assemblage ainsi que les surfaces de serrage et d'appui. Il peut contenir la gamme d'usinage avec les régimes de coupes et les procédures arrêtées.

2.4.7. Le dessin de vérification

C'est un dessin qui indique avec précision les méthodes de vérification à employer dans le cas d'état de surface, masse, tolérances , ajustements, dimensions ou autres spécifications.

3 - LA NORMALISATION

Etant donné que le dessin industriel représente le langage technique universel, il faut donc qu'il soit lu, compris et interprété de la même façon par tous les technologues. A cet effet, il a été établi des règles universelles dont la signification est pré-établie comme dans le cas de la grammaire dans une langue.

Ces règles uniformisées et standardisées sont appelées des normes. Pour illustrer, prenons un exemple de normalisation, celui des panneaux de la règlementation de la circulation routière. Il a été défini et convenu avec précision les formes, dimensions et couleurs pour chaque panneau afin de comporter une signification donnée que l'on a adopté dans tous les pays. C'est exactement le même cas pour le dessin industriel. Pour représenter par exemple un axe de symétrie, il y a une seule façon de le faire, c'est de le tracer de la façon suivante:

Ainsi donc on définit une norme comme étant une fiche sur laquelle on inscrit principalement les règles techniques relatives à un modèle donné. Ces normes sont diffusées par les organisations et bureaux de normalisation.

La normalisation dite aussi standardisation peut être universelle, régionale ou locale. Utilisée dans tous les domaines de production économique, la normalisation est étudiée, diffusée et appliquée par les organismes spécialisés présents dans tous les pays. Parmi les organisations de normalisation les plus connues en Algérie dont on utilise et adapte leurs normes sont:

- l'Institut National de la Propriété Industrielle (INAPI) qui gèrent les normes en Algérie.
- l'Organisation Arabe des Normes et Mesures (OANM) dont participent la totalité des pays arabes.
- l'International System Organization (ISO) qui est l'organisation mondiale de normalisation. Elle est universelle puisque tous les pays y participent.
- l'Association Française de Normalisation (AFNOR).
- l'Institut Allemand de Normalisation (DIN)

Il est à noter que tout ce que nous allons voir par la suite n'est autre que la manière de représenter les dessins sous forme normalisée. Ceci permettra évidemment de lire les dessins et au cas où l'on dessine, notre dessin devra être lu par autrui et comporter les renseignements voulus.

La normalisation peut concerner des limites, intervalles ou tolérances de valeurs (dimensions, pressions, températures...), des modèles, des techniques de réalisation, des modes de sécurité et autres. Tout ceci permettra de préserver les innovations et protéger les brevets de fabrication d'une part, assurer l'interchangeabilité (remplacement standard) et la sécurité dans l'emploi, le bon fonctionnement des équipements et limiter les coûts de maintenance d'autre part. Aussi la normalisation joue un rôle prépondérant dans la production, l'augmentation de la productivité et la réduction des prix de revient.

En un mot la normalisation est considérée comme la réglementation technique de rigueur en technologie. Enfin nous allons nous familiariser avec l'aspect normalisation appliquée au dessin industriel.

4 - LE MATERIEL DU DESSINATEUR

Le dessinateur a besoin du matériel suivant:

4.1. Matériel pour le dessin au crayon

- une planche à dessin dont les dimensions varient selon le format à adopter. Généralement on utilise des tables à dessin comportant des règles coulissantes sur la planche qui peut prendre plusieurs positions d'inclinaisons par rapport à l'horizontale.

- du papier à dessin dont la caractéristique principale est le g/m² (140 ou 200 G/m²).

- un té couvrant toute la planche.

- des règles plates graduées.

- des équerres à 45° et 60°.

- des règles à échelles évitant le calcul d'échelles, graduées en 1/10 à 1/2500.

- des portes-mines au lieu des crayons car ils sont plus pratiques et économiques. Les duretés des mines graphitées disponibles sont normalisées:
  - tendres: 2B, 3B, 4B, 5B et 6B.
  - moyennes: H, HB et F.
  - dures: 2H, 4H, 5H, 6H et 7H.

Le diamètre des mines est également calibré et normalisé:
  - 0,3 mm de diamètre pour les traits fins.
  - 0,5 mm de diamètre pour les traits moyens.
  - 0,3 mm de diamètre pour les traits forts.

- un affûtoir pour tailler les mines en conique, en biseau (compas) ou en biseau double.

- un rapporteur pour mesurer les angles.

- une gomme en plastique.

- des compas de qualité car ils permettent de réaliser des constructions très précises.

- du ruban adhésif pour fixer la feuille de papier surla planche ou la table à dessin.

4.2. Matériel pour le dessin à l'encre

- des stylos à encre en remplacement des plumes à palette. Ils permettent de tracer des largeurs normalisées (0,25; 0,35; 0,5; 0,7 et 1).

- des compas à étrier permettant d'adopter le stylo sur le compas.

- des traces lettres normalisées utilisables avec les stylos ainsi que des gabarits permettant d'obtenir des représentations normalisées ou conventionnelles (signes de façonnage, cercles, ellipses, écrous et autres figures géométrique usuelles).

- des auto-collants de lettres et chiffres normalisés.

5 - PRESENTATION DES DESSINS

5.1. Les formats

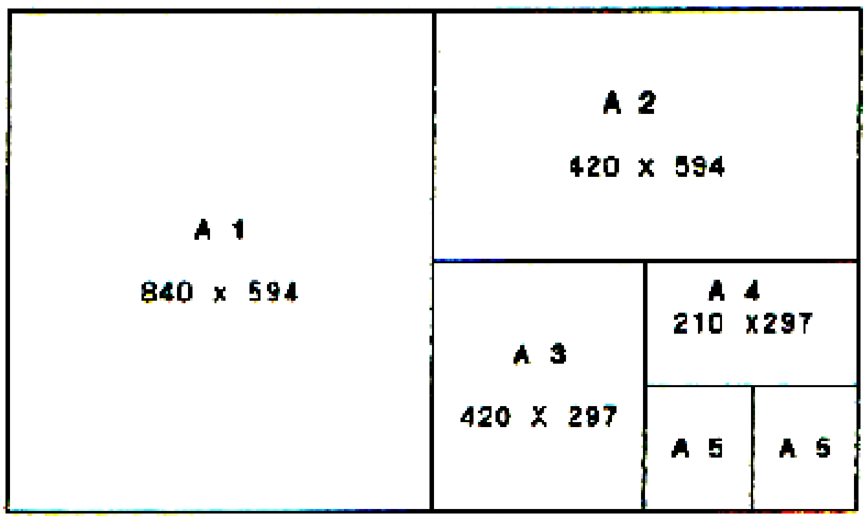
Afin de faciliter la manipulation, la consultation et surtout le classement de milliers de dessins d'une petite usine on utilise des formats normalisés.

Tous les formats dérivent du format de base désigné par A0 de surface 1m² et de dimensions 1188 x 840.

Par subdivision successive par moitié parallèlement au petit côté (largeur), on obtient les cinq autres formats géométriquement semblables qui ont des dimensions dont le rapport est $1/2^{1/2}$. Par ce procédé on obtient tous les formats suivants:

1 - A0 : 1188 x 840
2 - A1 : 840 x 594
3 - A2 : 594 x 420
4 - A3 : 420 x 297
5 - A4 : 297 x 210
6 - A5 : 210 x 148,5

A 0 : 1188 x 840



A5 :148,5x210

Il existe d'autres formats secondaires normalisés obtenues par extension de leurs largeurs tels que :

- Les formats allongés :

A3 x 3 = (420 x 891)
A3 x 4 = (420 x 1189)
A4 x 3 = (297 x 630)
A4 x 4 = (297 x 841)
A4 x 5 = (297 x 1051)

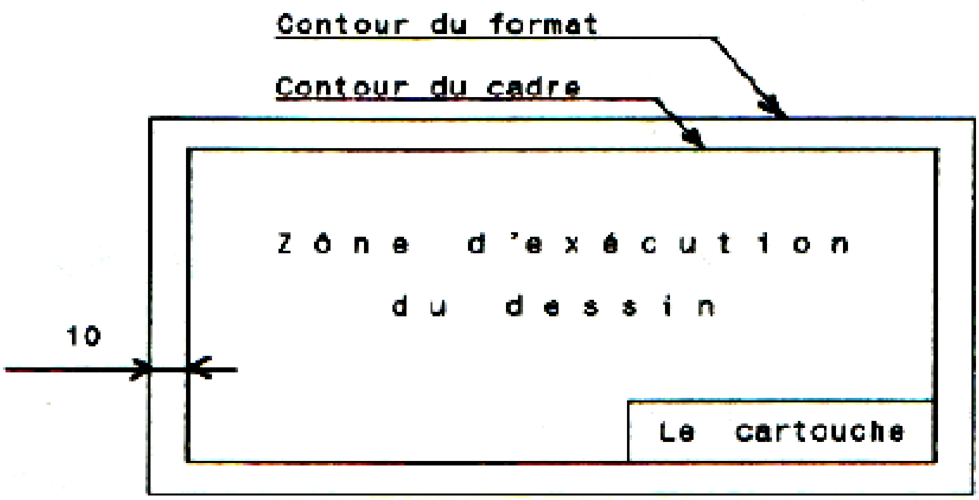
- Les formats allongés exceptionnels :

A0 x 2 , A0 x 3 , A1 x 3 , A1 x 4 , A2 x 3 , A2 x 4 , A2 x 5 , A3 x 5 , A3 x 6 , A3 x 7 , A4 x 6 , A4 x 7 , A4 x 8 , A4 x 9 .

5.2. Le cadre

La surface d'exécution du dessin est délimitée par un cadre dessiné en trait continu fort à l'intérieur du format.

La marge entre le cadre et le bord du format est au minimum de 10 mm pour les formats A2, A3 et A4 et 20 mm pour les formats A0 et A1 (fig. 1).



(Fig.1)

5.3. Le cartouche d'inscription

C'est une partie du format délimitée par un cadre rectangulaire (fig.2) destinée à recevoir les divers renseignements concernant le dessin. Le cartouche doit comporter toutes les indications nécessaires à l'identification et à l'exploitation du dessin (titre, nom de l'entreprise, échelle, N° de dessin, date, nom du dessinateur etc...).

Le cartouche est disposé toujours en bas et à droite du format, de telle façon qu'après le pliage de la feuille il apparaisse en bas et à droite du format A4 .

Le cartouche possède une longueur maximale de 190 mm, sa largeur est variable selon le modèle de cartouche et ne doit pas excéder 277 mm. La figure 2 représente un modèle de cartouche .

Le cartouche se divise en deux zones :

a) - La zone d'exploitation qui se trouve à l'extérieur du cadre du cartouche .Cette zone facultative peut être representée par un tableau donnant les mises à jour des modifications, le nom de la firme qui a élaborée les plans ou elle peut également comporter des renseignements techniques.

b) - La zone d'identification qui comporte :

- Le format et le numéro du dessin
- Le donneur d'ordre ou son sigle et sa raison sociale
- Le titre de l'objet ou de la pièce représentée
- L'échelle
- Le symbole de la méthode de projection (E ou A)
- La date d'exécution du dessin
- Les indices de mise à jour, lorsque le dessin subit des modifications (indices de révision)

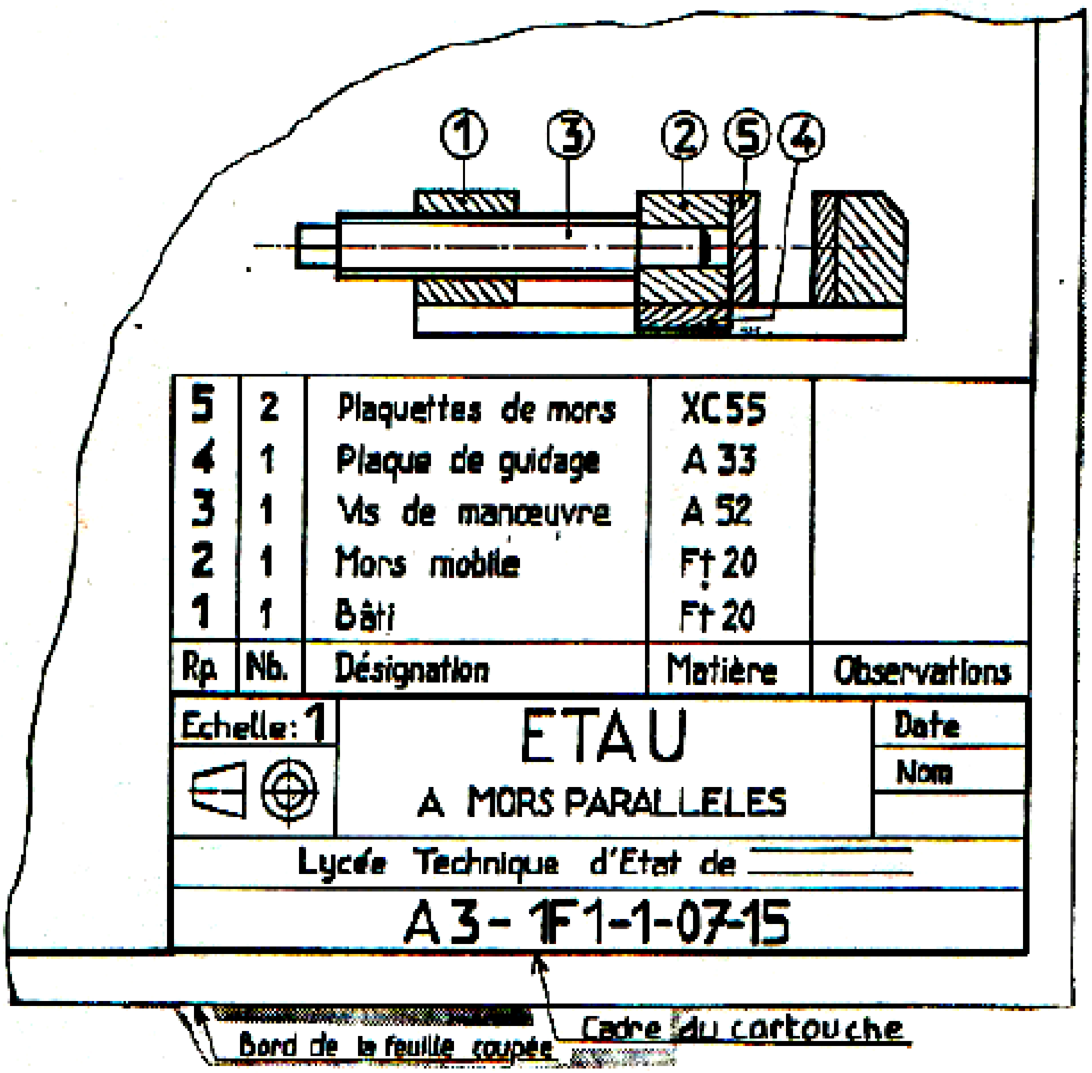
5.4. La nomenclature des pièces

C'est une énumération complète des éléments que constituent un montage faisant l'objet du dessin. C'est aussi une liaison avec le dessin et fournit des renseignements de lecture. Cette liaison est assurée par des repères portés sur le montage .

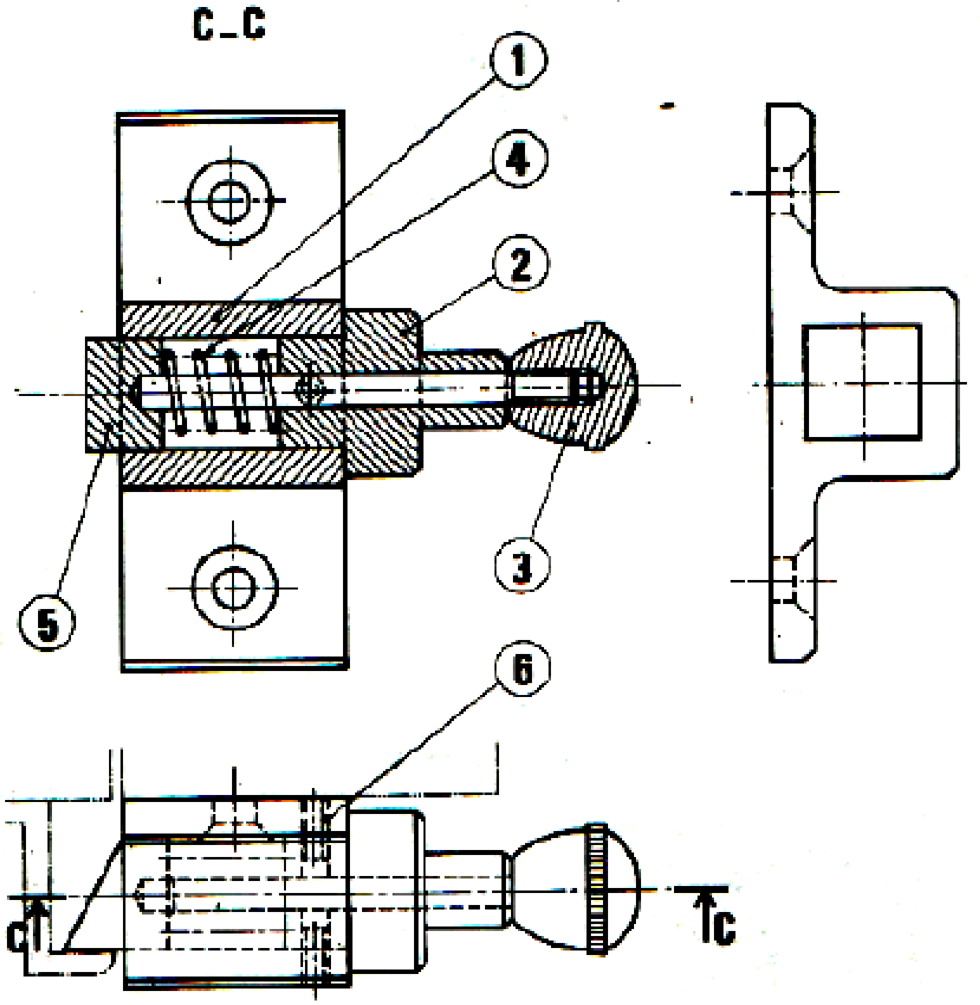
La nomenclature comprend :

- Les numéros de repérage sur le dessin
- Le nombre de pièces données
- La désignation de ces pièces
- La matière constituant la pièce
- Les observations éventuelles (état de surface, démontage, traitement thermique, ou autre spécifications utiles.

La nomenclature se place toujours au dessus du cartouche et suivant le sens de lecture du dessin. Elle peut être parfois sur une feuille indépendante et s'établit de bas en haut (fig.3).



(Fig. 2)



Rep.	Nb.	Désignation	Matière	Observations
6	2	Goupille		MÉCANINDUS E 4×[illegible]
5	1	Pêne et tige	A 60	Soudés
4	1	Ressort	XC 45	4 spires ⌀1 - Enroulement ⌀12 - Longueur fil 135
3	1	Bouton	Bakélite	
2	1	Chapeau	A - 52 G	
1	1	Corps	A - 52 G	

Éch. 1

LOQUETEAU

Cartouche d'inscriptions (D5)

Nomenclature (D6)

Dessin proprement dit

(Fig.3)

5.5. L'écriture normalisée

Pour la clarté et la présentation convenable des dessins, l'écriture est normalisée afin de faire partie intégrante du dessin.

Il existe deux types d'écritures normalisées désignées par les lettres A et B caractérisées par la largeur du trait. L'écriture peut être aussi DROITE ou INCLINEE à 15° par rapport à la verticale. Généralement on utilise l'écriture droite.

La hauteur des majuscules, des minuscules avec hampe et des chiffres est la cote nominale (h) dont les valeurs normalisées forment une progression géométrique de raison $\sqrt{2}$ et sont :

2,5 - 3,5 - 5 - 7 - 10 - 14 - 20

Les autres dimensions sont exprimées en fonction de h (voir tableau ci-dessous) et sont représentées dans l'exemple ci-après.

5.5.1. Dimensions normalisées des écritures

Dimensions		HAUTEURS NOMINALES : h						
		2,5	3,5	5	7	10	14	20
Hauteur majuscules et chiffres	h	2,5	3,5	5	7	10	14	20
Hauteur minuscules sans hampe ni queue	c=0,7h	1,8	2,5	3,5	5	7	10	14
Hauteur minuscules avec hampe ou queue	h	2,5	3,5	5	7	10	14	20
Largeur du trait	d=0,1h	0,25	0,35	0,5	0,7	1	1,4	2
Espace entre les caractères	a=0,2h	0,5	0,7	1	1,4	2	2,8	4
Espace minimal entre les mots	e=0,6h	1,5	2,1	3	4,2	6	8,4	12
Interligne minimal	b=1,4h	3,5	5	7	10	14	20	28

5.5.2. Largeur des majuscules

		HAUTEURS NOMINALES: h			
		7	10	14	20
A M V X Y	0,7.h	5	7	10	14
Tous les autres caractères majuscules	0,6.h	4	6	8,5	12
C L E F	0,5.h	3,5	5	7	10
J	0,5.h	3	4	5,5	8

5.5.3. Largeur des minuscules

La largeur des minuscules a pour valeur moyenne:

$$4/7 \times h = 0,59 \times h$$

5.5.4. Espacement entre les caractères

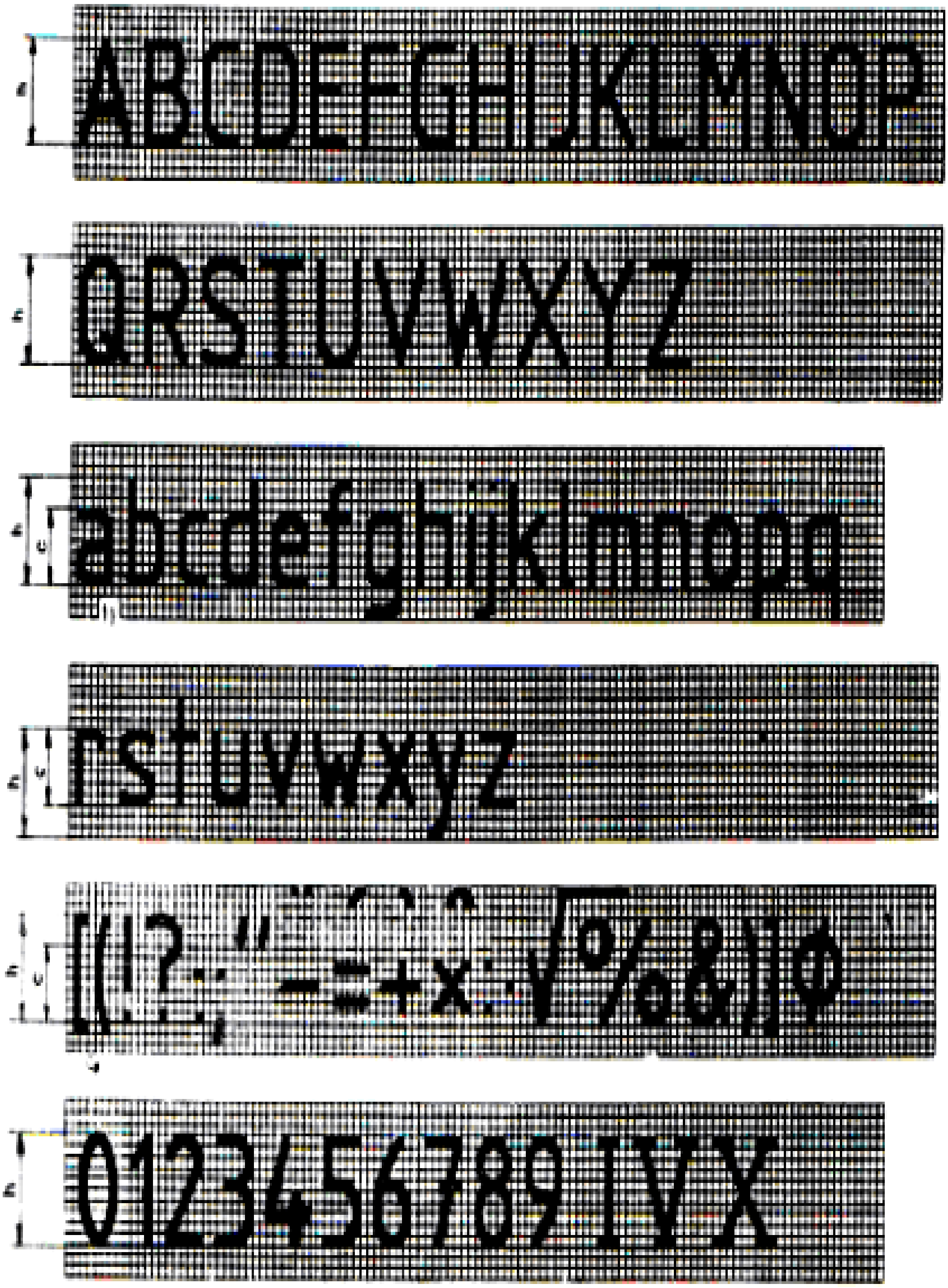
L'espacement entre deux caractères dépend de la place dont on dispose. La valeur minimale (a) à laisser entre deux points les plus rapprochées de deux caractères consécutifs doit être égal à deux largeurs de trait (2d) voir exemple ci- dessous:

5.5.5. Signes particuliers

Les caractères mathématiques et les caractères grecs ainsi que les autres signes sont traités comme les caractères courants.

Ci-dessous est représentée la forme des lettres majuscules, minuscules, les chiffres et les signes particuliers.

ÉCRITURE B. DROITE



5.6. Les traits

Le dessin technique est constitué par un ensemble de traits dont chacun à une signification conventionnelle particulière. Les traits se différencient par:

- leur nature
- leur largeur

5.6.1. Largeur des traits

La gamme normalisée des largeurs des traits est la suivante:

0,18 - 0,25 - 0,35 - 0,5 - 0,7 - 1 - 1,4 - 2

Le choix ou la combinaison entre le trait fort et fin se fait de la manière suivante :

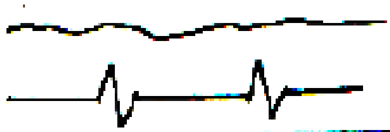
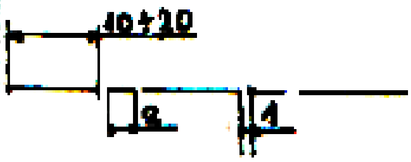
- l est la largeur du trait fin
- L est la largeur du trait fort

$$l/L \leq 1/2$$

Nous conseillons l'utilisation des valeurs données dans ce tableau .

LARGEUR DU TRAIT (en mm)						
Nature du trait	Série primaire		Série secondaire			
	N°1	N°2	N°3	N°4	N°5	N°6
Trait fin	0,18	0,25	0,18	0,25	0,35	0,50
Trait moyen	0,35	0,50	0,25	0,35	0,50	0,70
Trait fort	0,70	1,00	0,35	0,50	0,70	1,00

5.6.2. Nature des traits et leurs utilisations

NATURE		ASPECT	UTILISATION
TRAIT CONTINU	FORT		Arêtes et contours vus des vues, sections sor--ties et coupes. Flèches indiquant le sens d'observation. Cadres et cartouche des dessins
	FIN		Ligne d'attache et de co--te. Hachures. Esquisse Contours des sections rabattues. Contour des pièces voissines. Fonds des filets vus. Arêtes et contours fictifs. Con--toure initiaux éliminés par les façonnages. Traits de constructions géométriques
	FIN		Limite des vues ou des coupes partielles si elle n'est pas un axe
INTERROMPU MOYEN			Arêtes et contours fonds de filets cachés
TRAIT MIXTE	FIN		Axes et traces de plans de symétrie. Parties si--tuées en avant du plan de coupe. Positions maximums des pièces mobiles
	FORT ET FIN		Tracés des plans de coupe et de section
	FORT		Indication des surfaces devant subir un traite--ment qui est indiqué par ailleurs

5.7. Les échelles

L'étude technique d'un objet, d'une pièce, d'une machine ou d'une construction ne peut se réaliser qu'en tenant compte de l'importance de l'étude et des formats normalisés de papier.

De ce fait, le technicien est appelé à réduire ou à agrandir les dessins en appliquant un rapport de réduction ou d'agrandissement, que l'on appelle ECHELLE, par rapport à la vraie grandeur de l'objet.

L'échelle est donc un rapport constant et rationnel de proportionnalité qui existe entre les éléments du modèle réduit ou agrandi sur le plan et les éléments correspondants de la pièce ou de l'objet.

L'échelle est toujours indiquée sur les dessins à l'emplacement prévu dans le cartouche .

Elle peut s'exprimer :

1- Sous forme de fraction, exemple : Echelle 1/50 ème
2- Sous forme décimale, exemple : Echelle 0,02
3- Sous forme de rapport, exemple : Echelle 2 cm par m

Il existe donc trois méthodes pour calculer les dimensions à reporter sur le dessin.

__Exemple__:

Supposons que nous avons à reporter une longueur réelle de 2,40 m sur un dessin exécuter à l'échelle de réduction de 1/200 ème

1/200 ème = 0,005 = 5 mm par m

Trois opérations différentes sont possibles pour calculer ce que représente 2,40 m à cette échelle:

1) - 2,40 x 1/200 = 0,012 m = 12 mm
2) - 2,40 x 0,005 = 0,012 m = 12 mm
3) - 5 x 2,40 = 12 mm

Il existe trois types d'échelles dont nous donnons leurs valeurs sous forme décimale.

a) - Echelle naturelle

Elle est dite aussi l'échelle 1 ou vraie grandeur. On utilise la grandeur réelle en reportant les dimensions réelles de la pièce ou de l'objet à représenter sur le dessin. C'est l'échelle recommandée.

b) - Echelles de réduction

Les échelles de réduction recommandées sont :

0,5 - 0,05 - 0,005 - 0,4 - 0,04 - 0,004 -
0,2 - 0,02 - 0,002 - 0,1 - 0,01 - 0,001 .

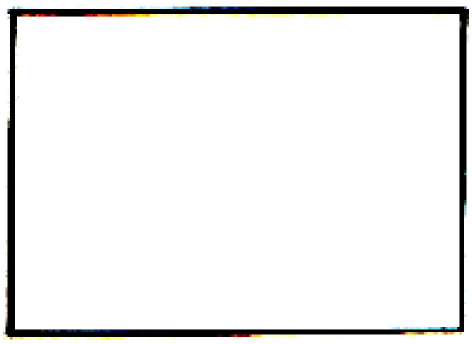
c) - Echelles d'agrandissement

Les échelles recommandées sont :

2 - 20 - 200 - 2,5 - 25 - 250 - 5 - 50 -
500 - 10 - 100 - 1000 .

Rectangle : 30 x 20
Echelle : 1/1

Echelle : 0,5 ou 1/2



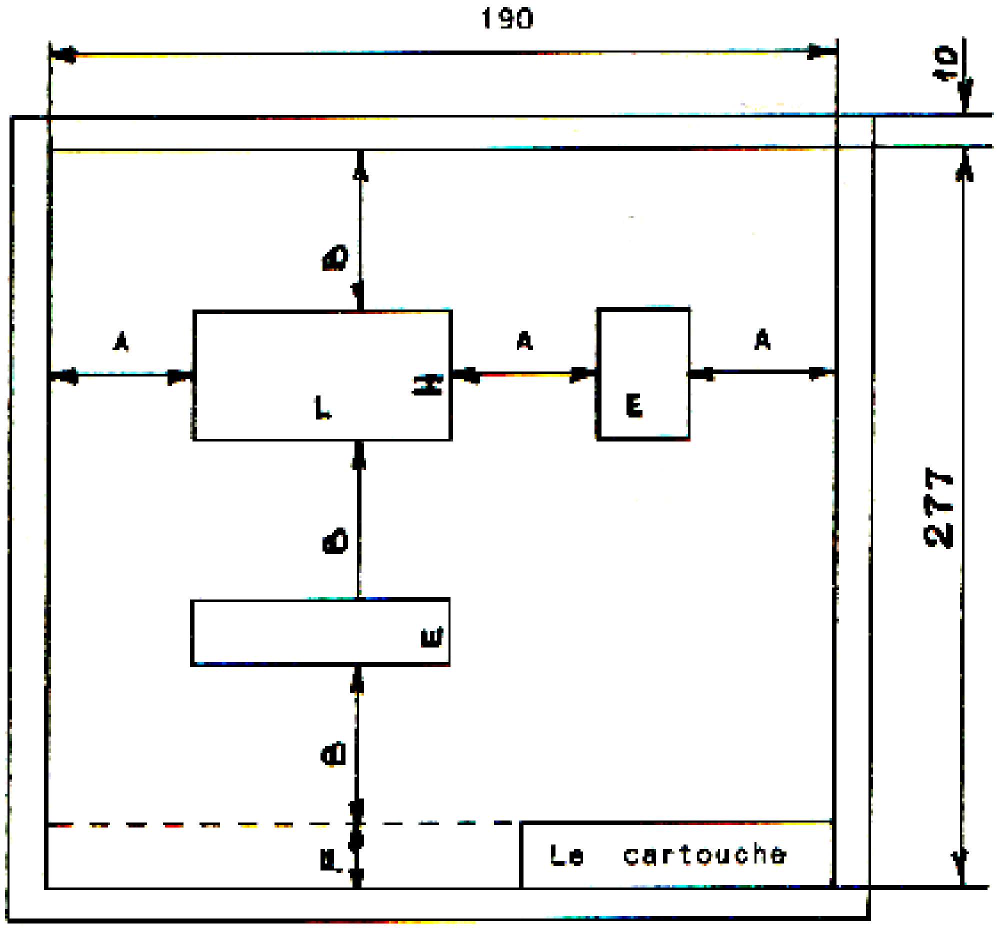
Echelle : 2 ou 2/1

6 - METHODE D'EXECUTION D'UN DESSIN

La marche à suivre comme présenté ci-dessous vous permettra de dessiner avec précision, efficacité et rapidité.

1) - Avant d'aborder le travail de dessin proprement dit, il convient de bien lire le sujet plusieurs fois et savoir de quoi il s'agit .

2) - Etudier la mise en page sur une feuille de brouillon, connaissant les dimensions principales d'encombrement (largeur, longueur et hauteur de l'objet), il est nécessaire de calculer les cotes A et B appelées cotes de mise en page afin que les 3 vues soient bien espacées. Prenons l'exemple avec un format A4 (fig.4).



(Fig.4)

a) - Additionner: L + E
b) - Soustraire: 277 - (F + E + H)
c) - Diviser le résultat de la soustraction par le nombre d'intervalles (3):

$$A = \frac{190 - (L + E)}{3}$$

$$B = \frac{277 - (F + E + H)}{3}$$

3) - Exécuter au crayon dur (H) l'esquisse de tout le dessin. Le premier traçé est une esquisse dessinée avec une mine dure (traits fins) faisant apparaître les différences entre les formes vues et celles cachées.

Lorsqu'une forme se traduit sur vue par un cercle ou un arc de cercle, on commence d'abord par les tracer pour représenter les formes principales.

4) - Faire la mise au net en repassant dans l'ordre:

- Les axes
- Les lignes courbes cachées
- Les lignes courbes vues
- Les droites cachées
- Les droites vues

Des conseils pratiques pour la mise au net:

- Repasser les lignes verticales en commençant par celles situées à l'extrémité gauche
- Repasser les lignes horizontales en commençant par celles situées en haut du dessin
- Penser à repasser la forme exacte des intersections de solides si elles existent.

5) - Exécuter la cotation en plaçant tous les signes des états de surfaces.

6) - Exécuter les hachures.

7) - Exécuter les écritures.

8) - Essayer de lire votre dessin.

7 - TRACES GEOMETRIQUES

But :

Les tracés géométriques permettent de réaliser des dessins avec une grande précision .

7.1. Construction de perpendiculaires

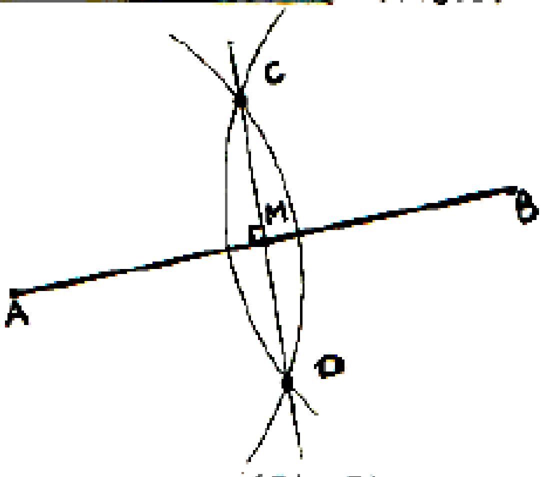
7.1.1. Médiatrice d'un segment de droite AB (fig.5)

- Choisir une ouverture du compas égale à R tel que R > AB/2

- A partir de A et B comme centre, tracer les deux arcs qui se coupent en C et D

- Joindre CD qui est la médiatrice du segment AB.

CA = CB = BD
et MA = MB



(Fig.5)

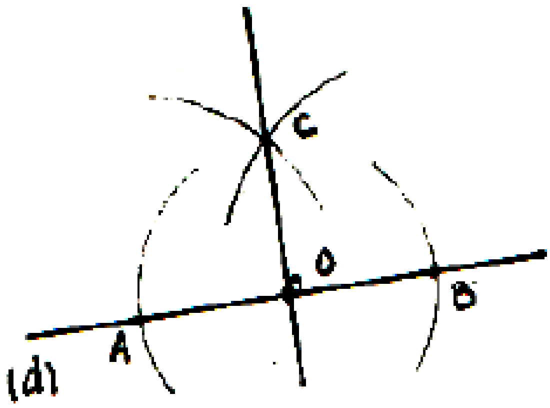
7.1.2. Perpendiculaire à une droite (d) connue passant par le point O (fig.6)

- Choisir une ouverture du compas égale à R quelconque

- De O tracer un arc coupant en A et B, où OA = OB

- De A et B comme centre tracer les deux arcs de rayon R1 > OA qui se coupent en C

- CO est perpendiculaire à (d)



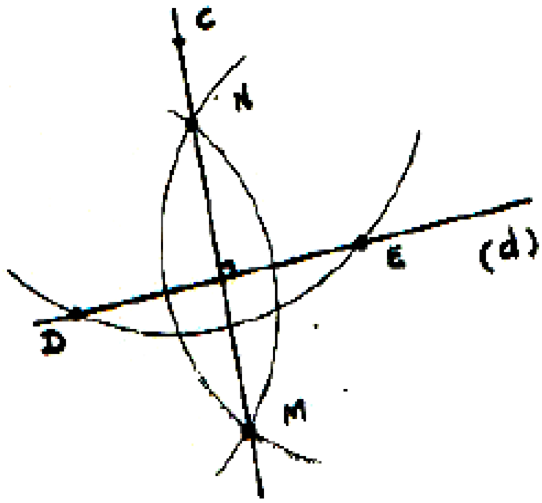
(Fig.6)

7.1.3. Perpendiculaire à une droite (d) connue passant par un point C extérieur à cette droite (fig.7)

- A partir du point C et avec une ouverture du compas égale à R tracer un arc coupant en D et E

- A partir de D et E, tracer les arcs de rayon R1 = DE lesquels se coupent en N et M

- MN est perpendiculaire à (d)



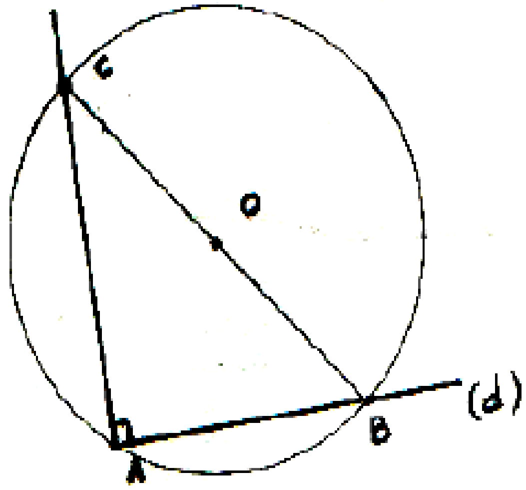
(Fig.7)

7.1.4. Perpendiculaire passant par un point A connu qui est à l'origine d'une demi-droite (fig.8)

- A partir de O quelconque tracer un cercle de rayon R = OA, ce dernier coupe la droite (d) en B

- Tracer la droite BO et la prolonger pour couper le cercle en C, BC = diamètre

- Elever la droite CA qui est perpendiculaire à d car l'angle BAC est inscrit dans un demi-cercle



(Fig.8)

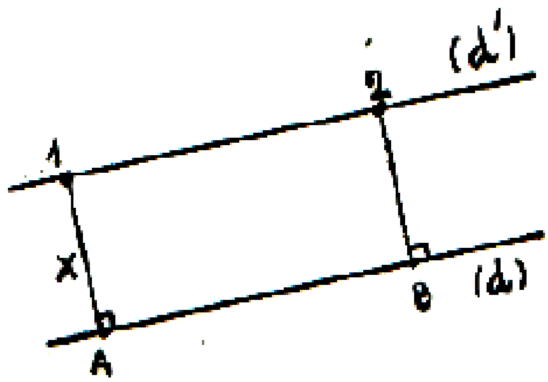
7.2. Construction de parallèles

7.2.1. Droite (d') parallèle à une autre droite (d) connue et se trouvant à une distance X (fig.9)

- Choisir deux points A et B quelconques sur (d)

-Tracer les perpendiculai--res à (d) et passant par A et B et sur ces derniers représenter la distance X

- Joindre 1 et 2 qui représentent la droite (d') // (d)



(Fig.9)

7.2.2. Droite (d') parallèle à une autre droite (d) connue et passant par un point M connu (fig.10)

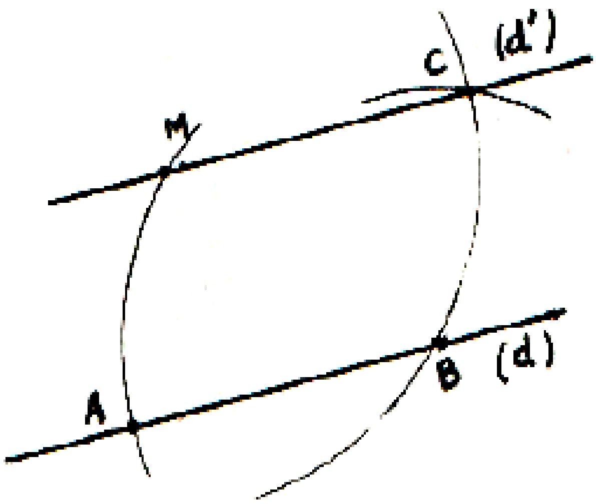
- Choisir un point quelconque B sur (d)

- Tracer un arc ayant pour centre B et pour rayon R = BM, ce dernier coupe (d) en A

- A partir de M et avec le même rayon R = BM, tracer l'arc passant par B

- Avec une ouverture du compas égale à MA, tracer à partir de B un arc coupant le premier en C

- MC est la droite (d') // (d)



(Fig.10)

7.3. Division d'un segment de droite AB en un nombre quelconque de parties égales (fig.11)

- De A tracer une demi-droite AX quelconque

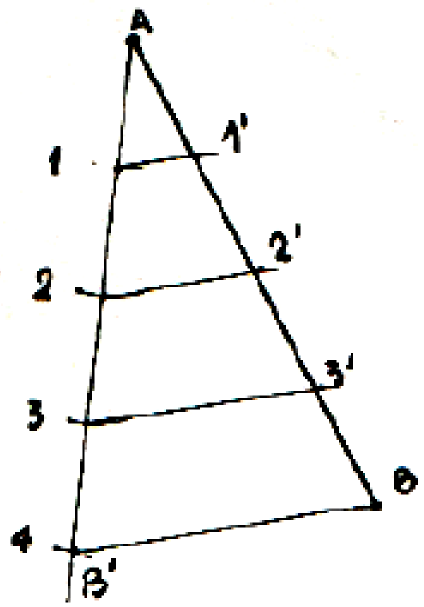
- Choisir une ouverture du compas égale à R

- De A porter sur la droite le nombre de divisions recherchées par exemple 4

- Joindre BB

-Tracer les parallèles à BB' passant par 3, 2, 1 et coupant AB en 3', 2', 1'

A1' = 1'2' = 2'3' = 3'B



(Fig.11)

7.4. Construction d'angles

7.4.1. Report d'angles (fig.12)

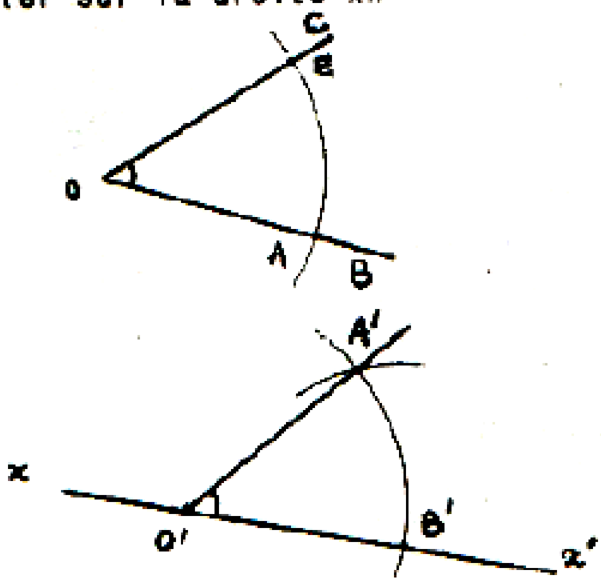
L'angle $\widehat{BOC}$ est à reporter sur la droite xx'

- Sur xx'porter le point O'

- Avec une ouverture du compas quelquonque R, tracer à partir de O l'arc coupant les cotés de l'angle en A et E

- A partir de O', tracer ce même arc sur xx' on obtient B'

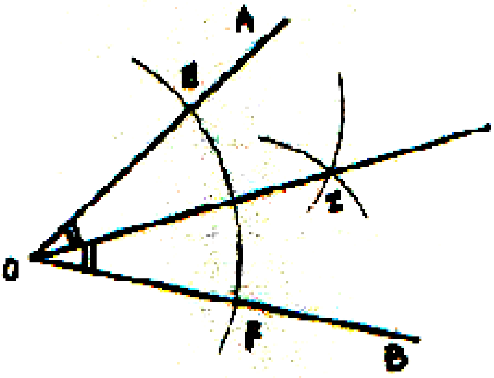
- Avec une ouverture du compas égale à R1 = EA, la reporter sur l'arc tracer sur xx', on obtient A'
$\widehat{OAB}$ = O'A'B'



(Fig.12)

7.4.2. Bissecteur d'un angle (fig.13)

- A partir de O et avec une ouverture du compas égale à R, tracer un arc qui coupe OA en E et OB en F
- De E et F tracer les arcs de rayon R1 qui se coupent en I
- Le bissecteur de l'angle $\widehat{OAB}$ est OI. $\widehat{AOI} = \widehat{BOI}$

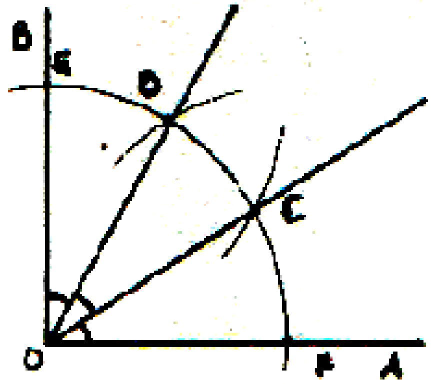


(Fig.13)

7.4.3. Division d'un angle droit en 3 parties égales (fig.14)

- A partir de O tracer un arc de rayon R et coupant OB en E et OA en F
- De E et F tracer les arcs avec la même ouverture du compas égale à R et coupant ce dernier en C et D
- Joindre OD et OC, on obtient :

$\widehat{EOD} = \widehat{DOC} = \widehat{COA} = 30°$

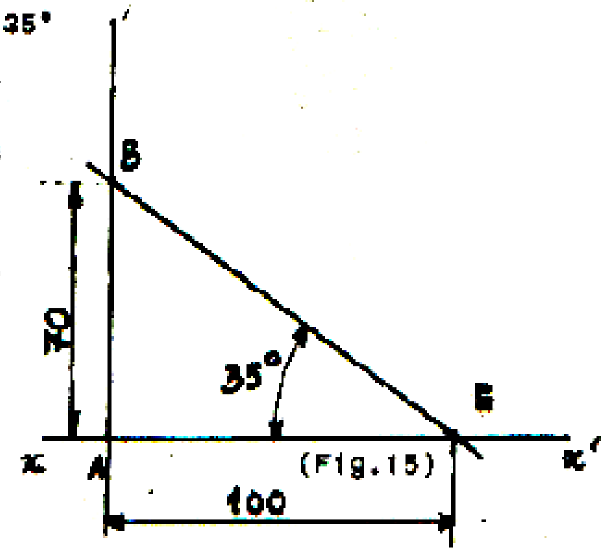


(Fig.14)

7.4.4. Construction d'un angle quelconque à l'aide de sa tangente (fig.15)

Exemple d'un angle de 35°

- Sachant que la valeur de la tangente de 35° est 0,702 (0,7), prendre sur la droite xx' un point E
- Tracer la droite EA et la perpendiculaire AB, en respectant le rapport 100 pour 70
- Joindre EB pour obtenir le triangle EAB, l'angle de 35° est l'angle opposé au coté AB



(Fig.15)

7.4.5. Construction d'un angle quelconque à l'aide d'un arc de cercle ayant pour rayon 57,3 mm (fig.16)

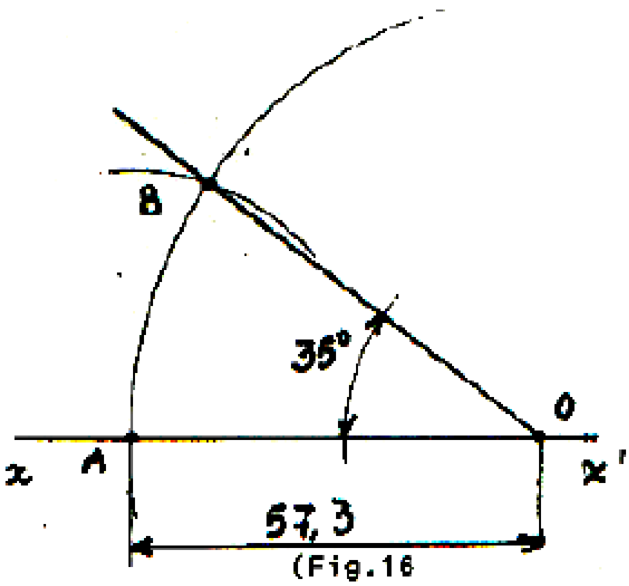
- O est un point de la droite xx'

- Prendre une ouverture du compas R = 57,3 mm

- De O, tracer un arc de rayon R coupant xx' en A

- Pour un angle = 35°, tracer de A un arc de 35 mm qui coupe le premier arc en B

- L'angle $\widehat{AOB}$ = 35° partant de ce principe, on obtient l'angle recherché de 1 mm sur la circonférence est égale à peu prés à 1° pour l'angle



(Fig.16)

7.4.6. Construction d'un angle de 60°, 120°, 30° et 150° (fig.17)

- O est un point de la droite xx'

- A partir de O, tracer un arc de cercle de rayon R et coupant xx' en A

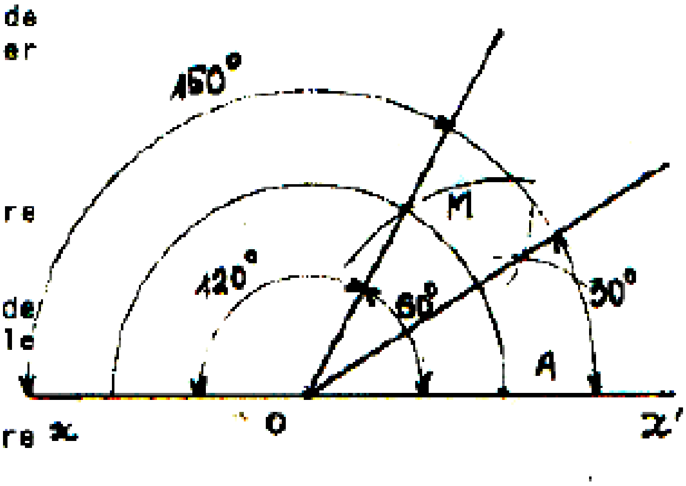
- De A tracer un arc de rayon R, coupant le premier en M

- Joindre OM, $\widehat{MOA}$ = 60°

- Son angle supplémentaire fait 120°

- Tracer la bissectrice de MOA, qui nous donne l'angle de 30°

- Son angle supplémentaire fait 150°



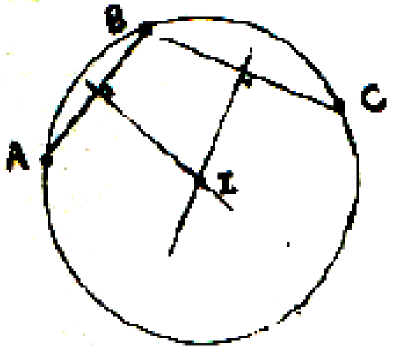
(Fig.17)

7.5. Construction de circonférences

Pour tracer une circonférence il faut connaître:

- son centre
- son rayon R

7.5.1. Circonférence passant par 3 points non alignés (fig.18)

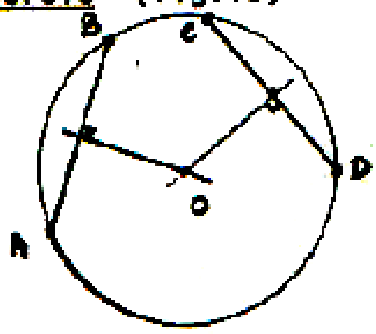


(Fig.18)

- Les trois points sont A, B et C

- Tracer les médiatrices de AB et AC leur point d'intersection I , nous donne le centre du cercle passant par ces 3 points

7.5.2. Déterminer le centre du cercle (fig.19)



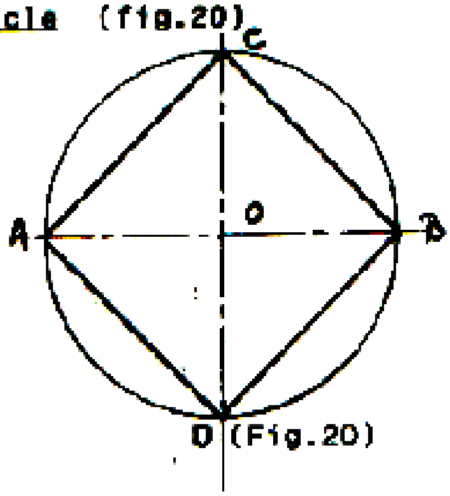
(Fig.19)

- tracer deux cordes quelconques et non parallèles, AB et CD

- tracer les médiatrices de AB et CD qui se coupent en O centre du cercle

7.6 Les polygones

7.6.1. Carré inscrit dans un cercle (fig.20)



(Fig.20)

- Tracer les axes perpendiculaires AB et CD se coupant en O

- Tracer le cercle de rayon R = CD/2 et de centre O

- Joindre AC, BC, BD et AD qui forment les côtés du carré

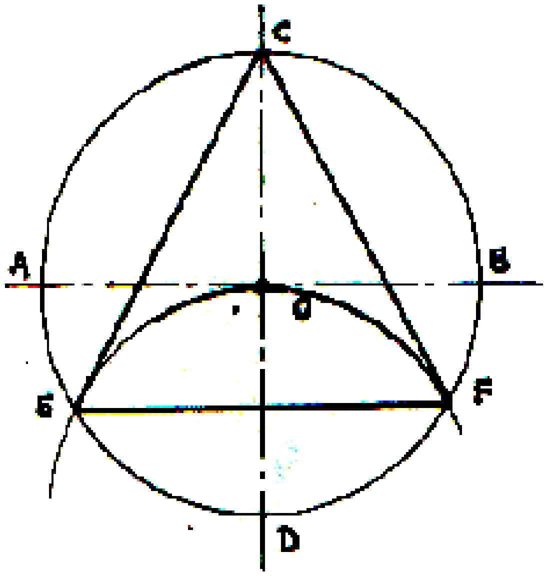
7.8.2. Triangle équilatéral inscrit dans un cercle (fig.21)

- Tracer les axes AB et CD se coupant en O

- Tracer le cercle de rayon R = OB et de centre O

- Tracer un arc de cercle de rayon R et de centre D, ce dernier coupe le cercle en E et F

- Joindre EC, EF et FC qui forment les côtés du triangle



(Fig.21)

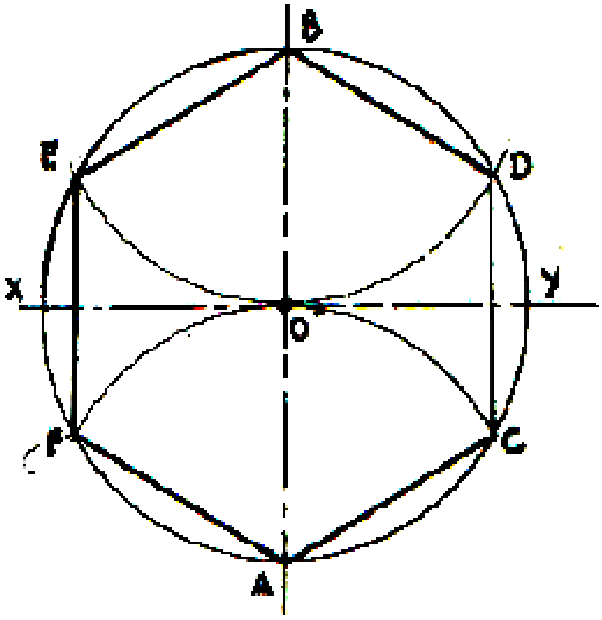
7.8.3. Hexagone inscrit dans un cercle (fig.22)

- Tracer les axes XY et AB se coupant en O

- Tracer le cercle de rayon R = AO et de centre O

- De A et B, tracer deux arcs de rayon R coupant le cercle aux points E, D, F et C

- Joindre AF, FE, EB, BD, DC et AC qui forment les côtés de l'hexagone



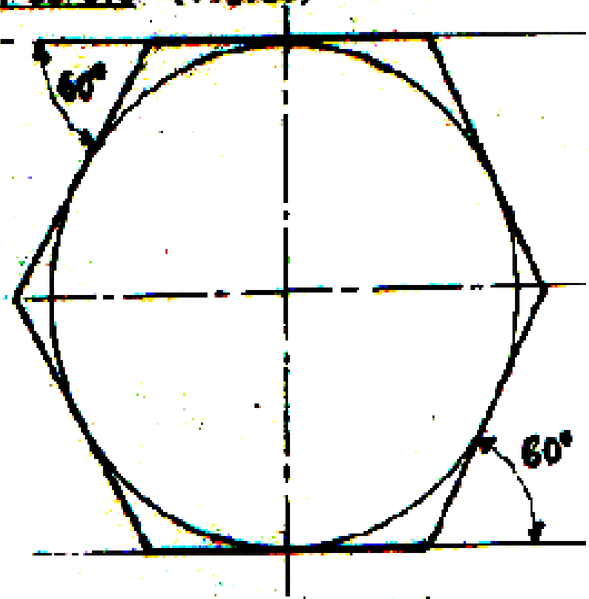
(Fig.22)

7.8.4. <u>Hexagone tangent à un cercle</u> (fig.23)

- Connaissant la largeur du plat : a

- Tracer un cercle de rayon R = a/2

- Tracer les côtés tangents avec l'équerre à 60° et le Té



(Fig.23)

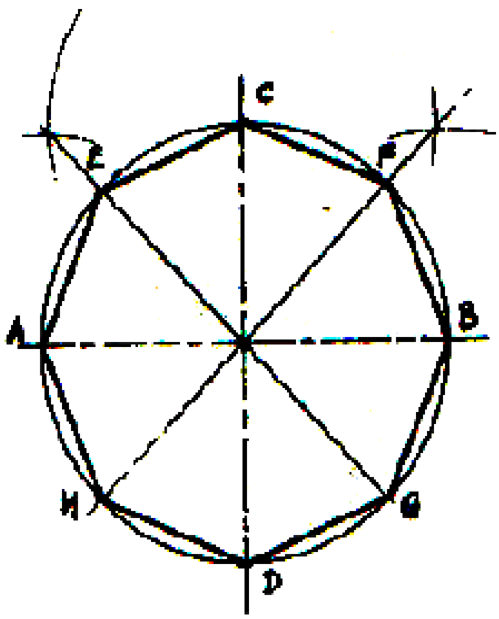
7.8.5. <u>Octogone inscrit dans un cercle</u> (fig.24)

- Tracer les axes AB et CD se coupant en O

- Tracer un cercle de rayon R = CD/2 et de centre O

- Diviser le cercle en 8 parties égales, en prenant R1 quelquonque, on obtient E, F, G et H

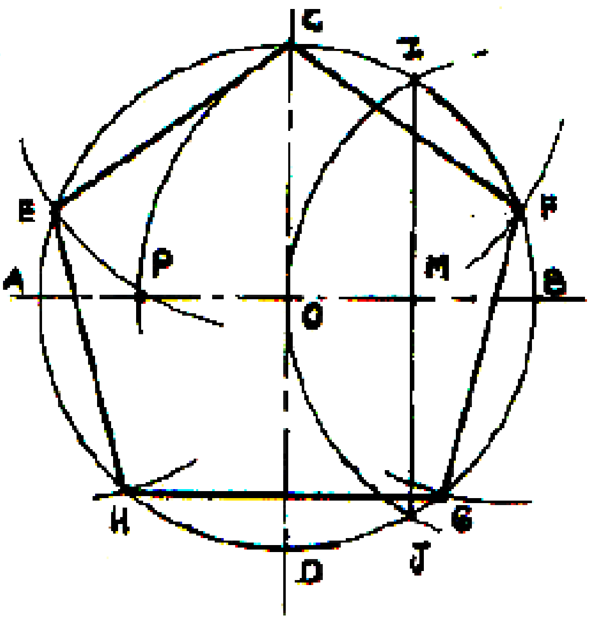
- AE, CE, FC, BF, BG, GD, DH et HA représentent les cotés de l'octogone



(Fig.24)

7.6.6. Pentagone inscrit dans un cercle (fig.25)

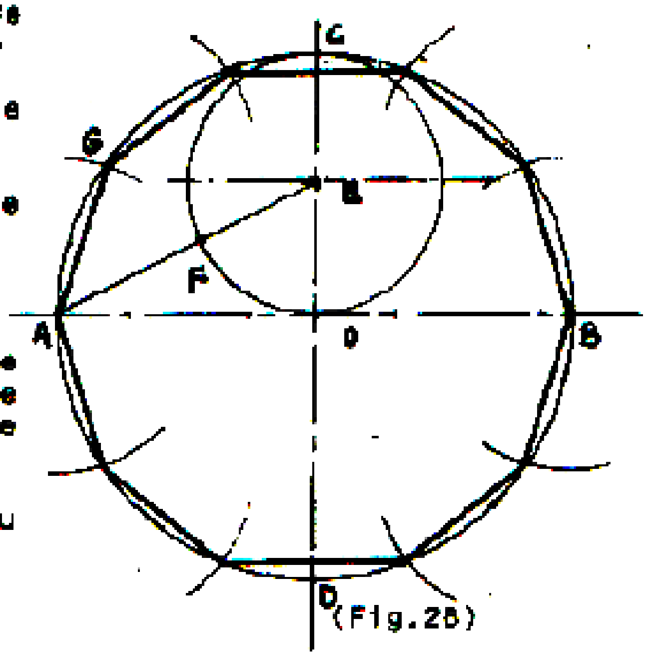
- Tracer le cercle de centre O et de diamètres AB et CD
- Du point B, tracer un arc de rayon R1= CD/2 et coupant le cercle en I et J
- M et le point d'intersection de IJ avec AB
- A partir de M, tracer un arc de cercle de rayon CM, ce dernier coupe AB en P
- De C tracer un arc de cercle de rayon R2 = PC coupant le cercle en E, CE représente le côté du pentagone
- A partir des points C, F et G tracer un arc de rayon R2
- Joindre CE, FC, GF, GH, HE



(Fig.25)

7.6.7. Décagone inscrit dans un cercle (fig.26)

- Tracer le cercle de rayon R et de centre O
- Tracer la médiatrice de OC en E
- De E tracer un cercle de rayon R1 tel que R1 = OC/2
- Joindre AE
- Tracer de A un arc de cercle de rayon R2 = AF, ce dernier coupe le cercle de centre O en G
- GA est le coté du décagone



(Fig.26)

7.6.6. Polygones de N cotés 12, 14, 16, etc... (fig.27)

- Tracer deux axes AB et XY se coupant en O

- Tracer un cercle de rayon AB/2 et de centre O

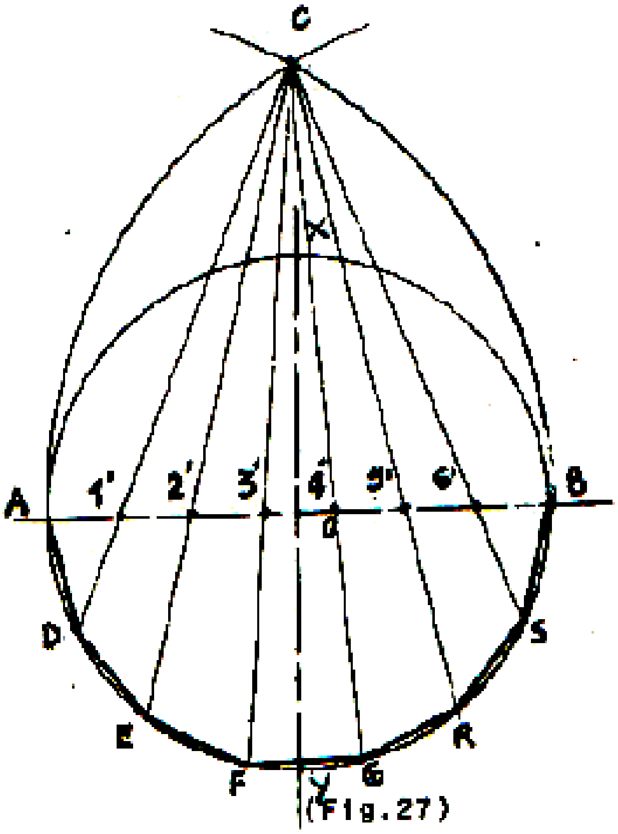
- Tracer deux arcs de centre A et B et de rayon R1=AB ,qui se coupent en C

- Diviser le segment AB en n parties égales par exemple 7, ce qui donne 1', 2', 3', 4', 5', 6'

- Tracer C1', C2', C3' etc...qui coupent le cercle en D, E, F etc...

- Joindre DE, EF, FG etc...ce qui représente la moitié du polygone

- Pour obtenir l'autre moitié refaire la même construction



(Fig.27)

7.7. Construction de tangentes

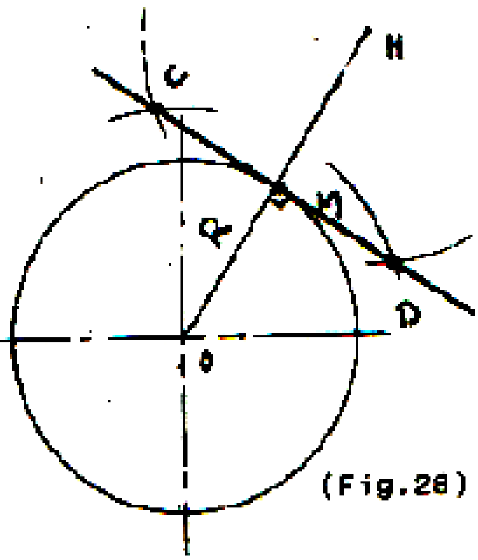
7.7.1. Tangente en un point donné situé sur un cercle (fig.28)

- Soit le cercle de centre O et le point M

- Prolonger MO jusqu'à H, ou MO =MH

- Tracer la perpendiculaire CD à MH passant par M

- CD est la tangente au cercle, au point M est perpendiculaire au rayon R



(Fig.28)

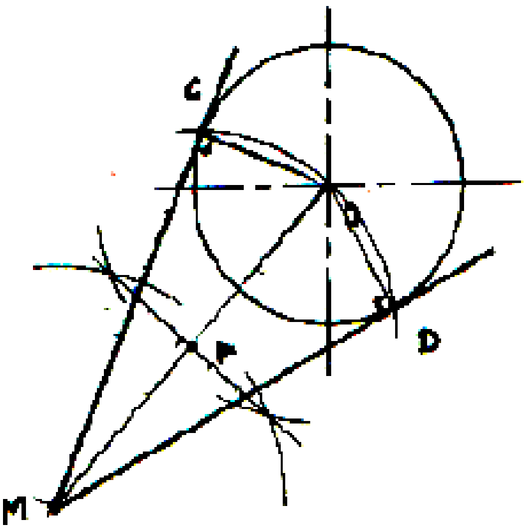
7.7.2. Tangente à un cercle à partir d'un point extérieur connu (fig.29)

- Soit le cercle de centre O et le point extérieur M

- Joindre MO et prendre le point A milieu de MO

- A partir de A tracer le cercle de rayon R = MA = OA ce dernier coupe le premier cercle en C et D

- Tracer les tangentes MC et MD



(Fig.29)

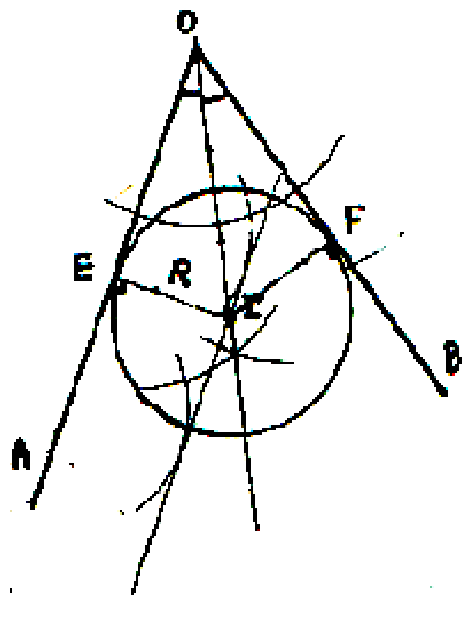
7.7.3 Cercle de rayon R tangent aux cotés d'un angle (fig.30)

- Soit l'angle AOB et le rayon du cercle connu

- Tracer la bissectrice de l'angle

- Tracer la droite parallèle à l'un des cotés de l'angle et à une distance R

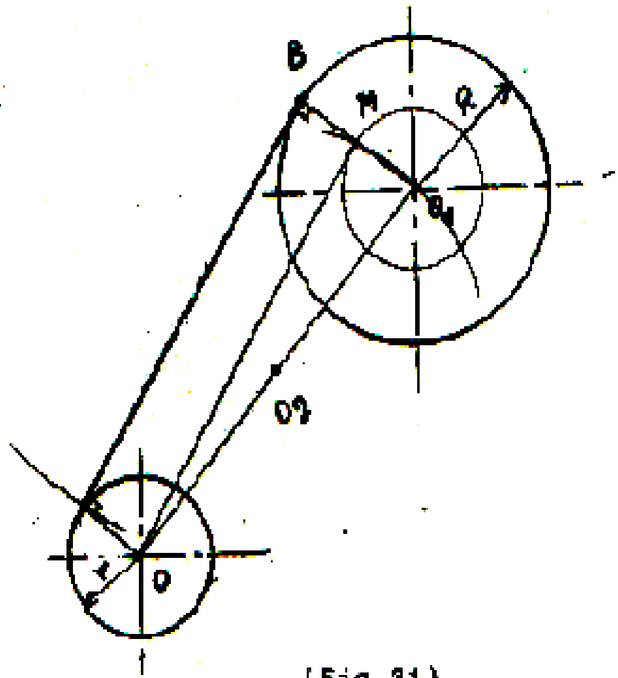
- Leur point d'intersection I représente le centre du cercle, ou IE et IF sont perpendiculaire aux cotés de l'angle



(Fig.30)

7.7.4. Tangente commune extérieure à deux cercles (fig.31)

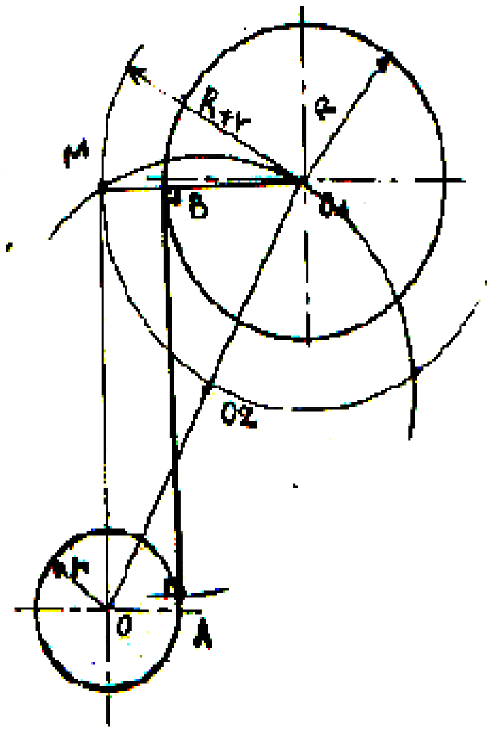
- Soit les deux cercles (O,r) et (O1,R)
- Joindre OO1 et prendre O2 milieu de OO1
- Tracer un cercle de centre O1 et de rayon:R - r
- Tracer un arc de centre O2 et de rayon R2 = OO1/2, ce dernier coupe le petit cercle en M
- Joindre O1M, coupant le grand cercle en B
- Joindre OM
- Tracer la perpendiculaire à OM passant par O et coupant le cercle en A
- A et B sont les points de tangence



(Fig.31)

7.7.5. Tangente commune intérieure à deux cercles (fig.32)

- Soit deux cercles (O,r) et (O1,R)
- Joindre OO1 et prendre O2 milieu de OO1
- Tracer un cercle de rayon: R + r et de centre O1
- Tracer un arc de cercle de centre O2 et de rayon R2 = OO1/2, on obtient M
- Joindre O1M coupant le grand cercle en B
- Joindre OM
- Tracer la perpendiculaire à OM, passant par O et coupant le petit cercle en A
- A et B représentent les points de tangence



(Fig.32)

8 - LES RACCORDEMENTS

Dans la pratique, on rencontre des formes d'objets et de pièces relativement compliquées qu'il faudrait déterminer avec toute la précision voulue.

On dit que deux lignes sont raccordées si et seulement si elles admettent au point de raccordement une tangente commune.

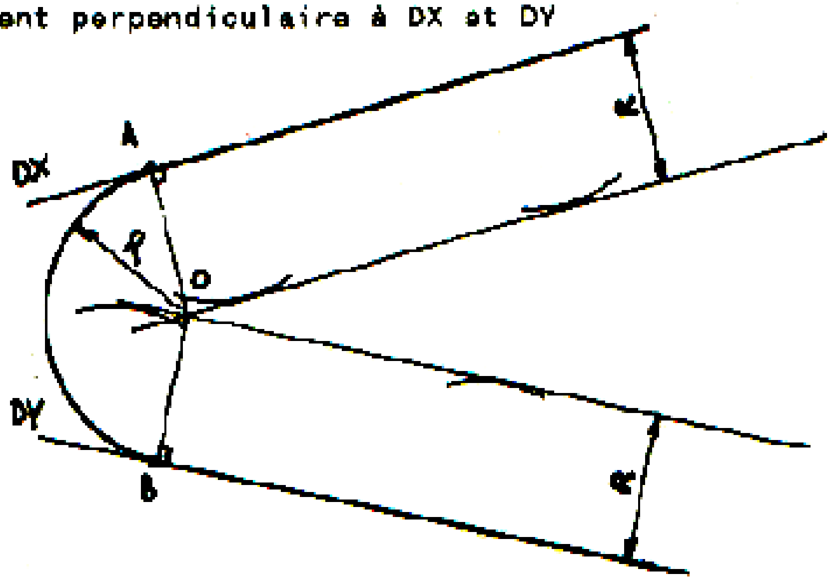
Pour réussir ce tracé, il est indispensable de déterminer avec précision les points de tangence des lignes raccordées; pour deux cercles le point est sur la ligne des centres; pour une droite et un cercle c'est le pied de la perpendiculaire abaissé du centre du cercle sur la droite.

8.1. <u>Raccordement de deux droites par un arc</u> (fig.33)

- Soit deux droites DX et DY, à raccorder avec un arc de rayon R

- Le centre de l'arc de raccord est à l'intersection O des deux parallèles aux droites données menées à une distance R de ces droites

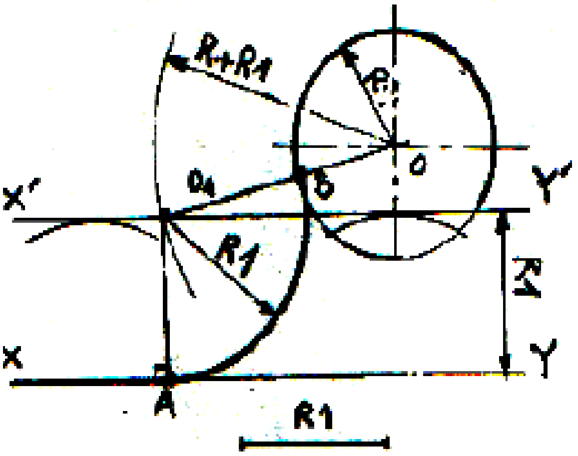
- A et B sont les points de raccordement, ou OA et OB sont respectivement perpendiculaire à DX et DY



(Fig.33)

8.2. Raccordement extérieur d'une droite à un cercle par une courbe (fig.34)

- Connaissant la droite XY, le cercle de rayon R et de centre O et R1 le rayon de la courbe
- Pour déterminer le centre de raccordement O1 tracer X'Y' parallèle à XY et distante de R1 tracer un arc de rayon R + R1 et de centre O coupant X'Y' en O1
- Tracer l'arc de raccor--dement A, B de centre O1



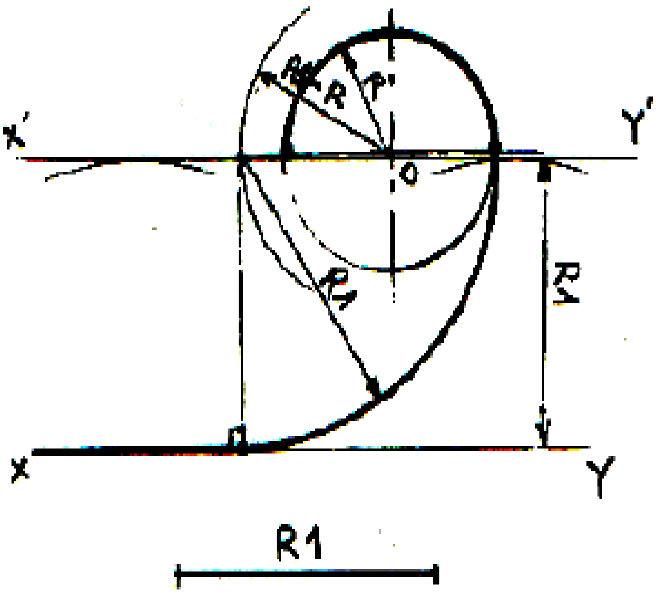
(Fig.34)

Remarque:

Pour un raccordement extérieur entre deux arcs on a :
- La distance entre les centres est égale à la somme des rayons (R+R1)
- Le point de raccordement se trouve sur la ligne des centres et entre les centres

8.3. Raccordement intérieur d'une droite à un cercle par une courbe (fig.35)

- Connaissant la droite XY, le cercle de rayon R et le rayon de courbure R1
- Pour déterminer le centre O1 de la courbe tracer une droite X'Y' parallèle à XY et distante de R1, tracer un arc de centre O et de rayon = R1-R ce dernier coupe X'Y' en O1 qui est centre
- Prolonger OO1 ligne des centres coupant le cercle en B, point de raccordement
- De O1 abaisser la perpendiculaire à XY, pour obtenir A
- Tracer la courbe de raccordement AB



(Fig.35)

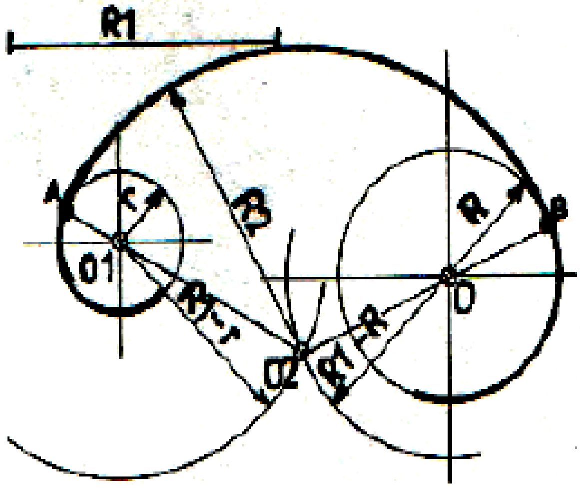
Remarque:

Pour un raccordement intérieur entre deux arcs on a :

- La distance entre les centres est égale à la différence entre les rayons (R1-R)
- Le point de raccordement se trouve sur la ligne des centres et à l'extérieur

8.4. Raccordement intérieur de deux cercles par une courbe (fig.36)

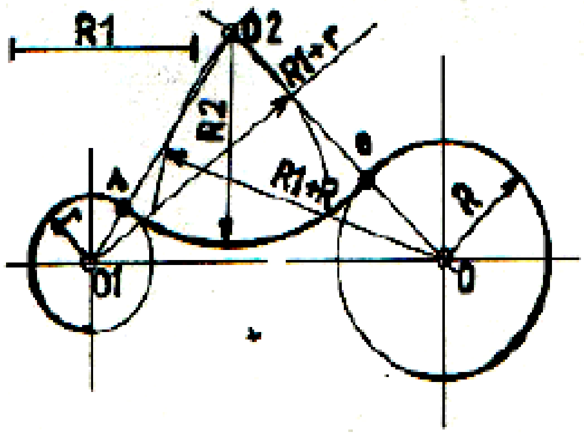
- Connaissant les cercles (O,R) et (O1,r) et le rayon de la courbe R1
- Tracer les arcs (O,R1-R) et (O1,R1-r), leur point d'intersection est O2 centre de la courbe
- Le prolongement des lignes des centres nous donne les points de raccordement A et B



(Fig.36)

8.5. Raccordement extérieur de deux cercles par une courbe (fig.37)

- Soit les cercles (O,R) et (O1,r) et R1 le rayon de la courbe
- Tracer les arcs (O,R+R1) et (O1,r+R1) leur intersection nous donne O2 le centre de la courbe
- Le prolongement des lignes de centres nous donne les points de raccordement A et B



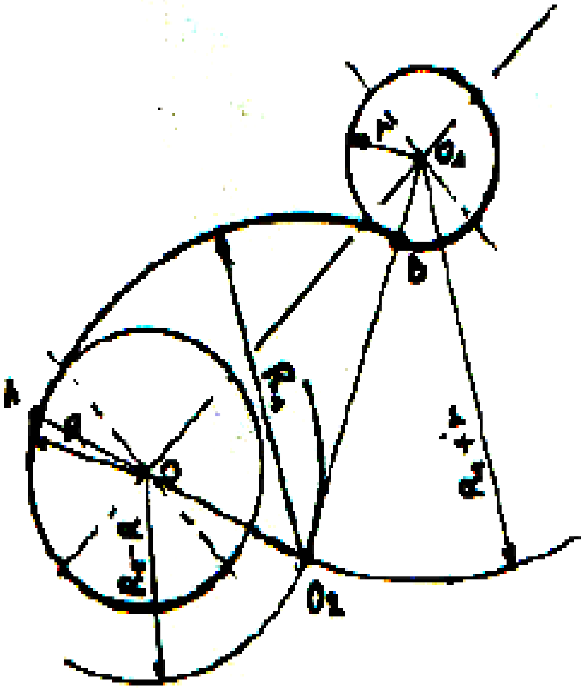
(Fig.37)

6.6. Raccordement de deux cercles par une courbe l'un raccordé intérieurement et l'autre extérieurement (fig.38)

- Soit les cercles (O,R) et (O1,r) et R1 le rayon de la courbe

- Tracer les arcs (O,R1-R) et (O1,R1+r) leur intersec--tion nous donne O2 le centre de la courbe

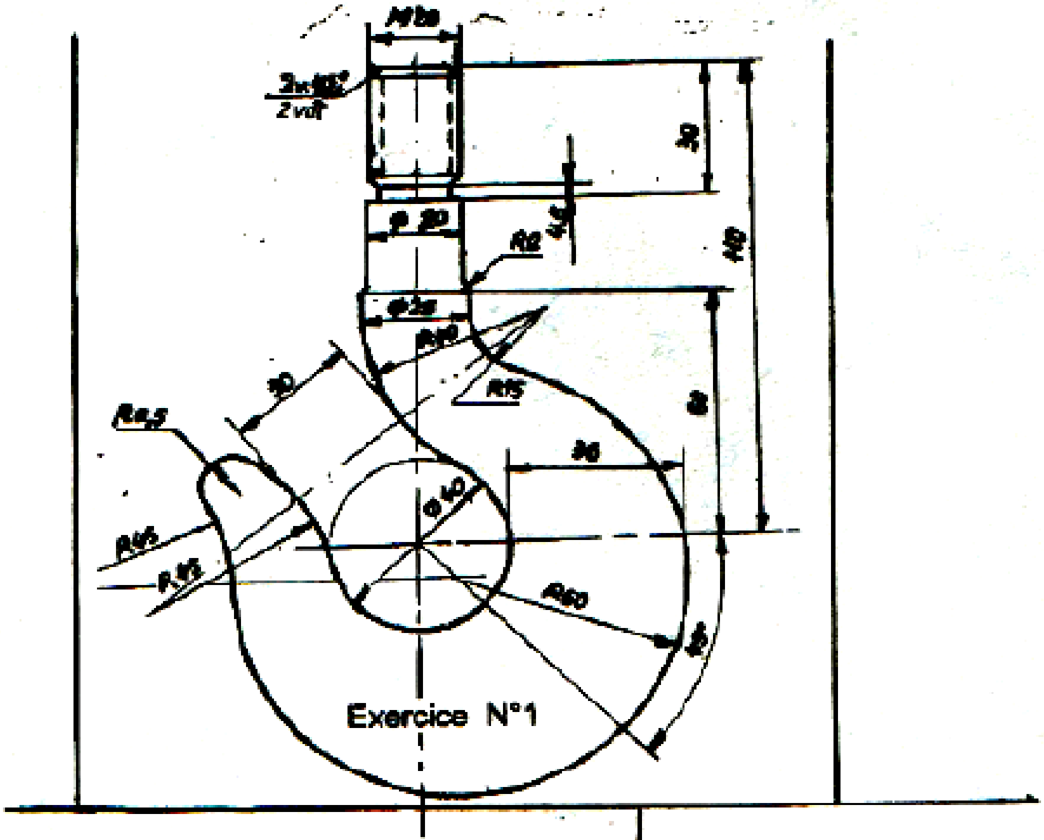
- Prolonger les lignes des centres pour obtenir les points de raccordement A et B



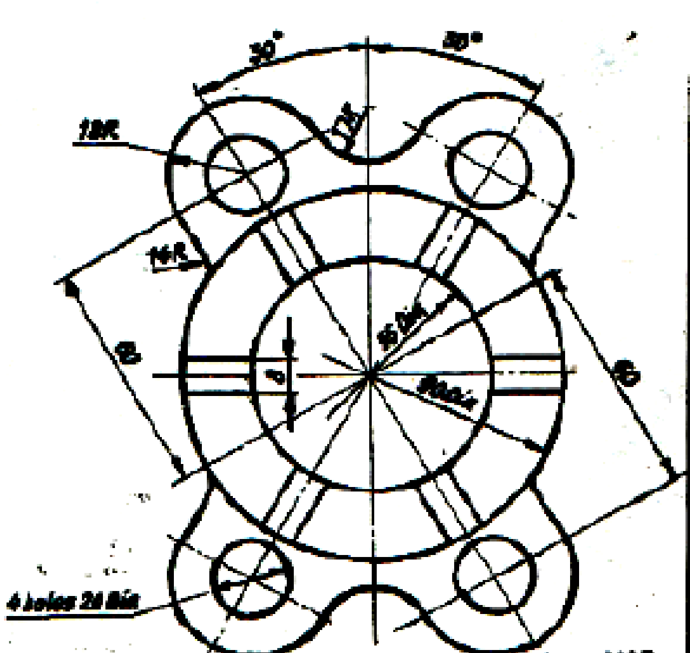
(Fig.38)

8.7. Exercices

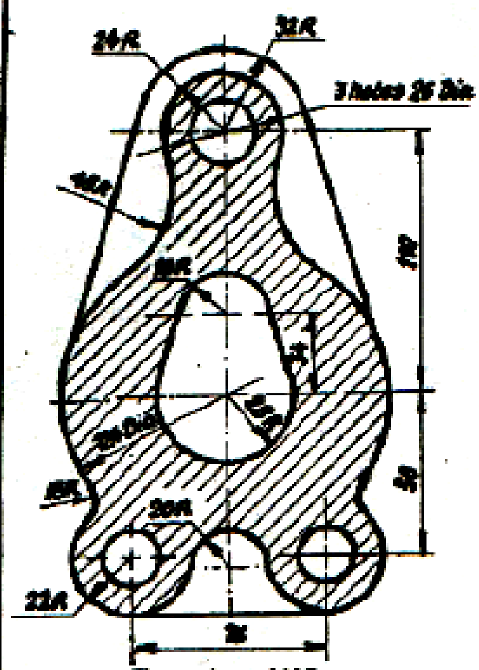
Exécuter les raccordements des pièces ci-dessous en déterminant les points de tangence ainsi que les centres de raccordement.



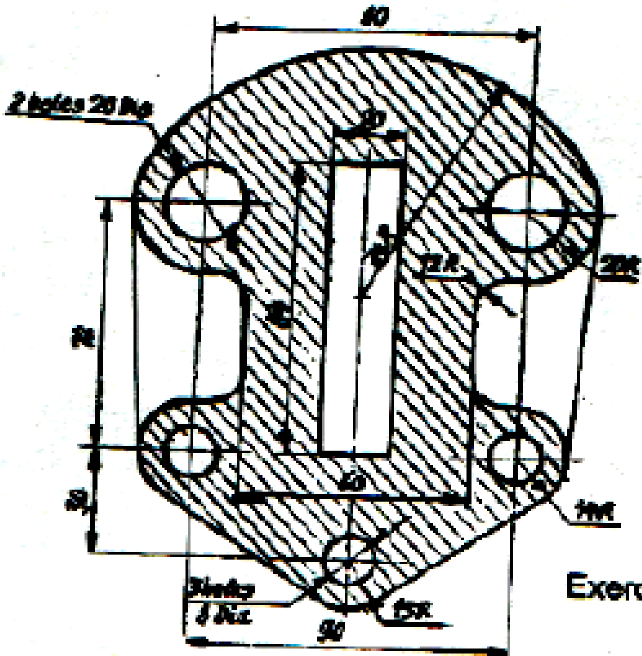
Exercice N°1



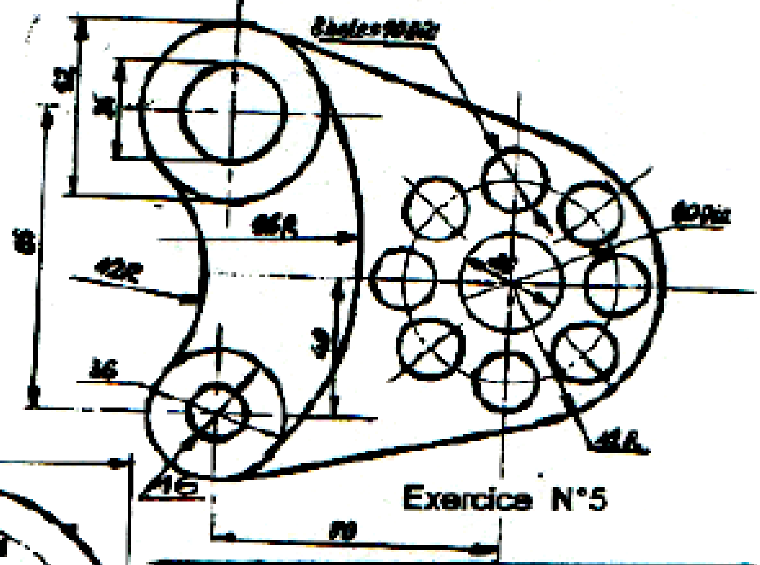
Exercice N°2



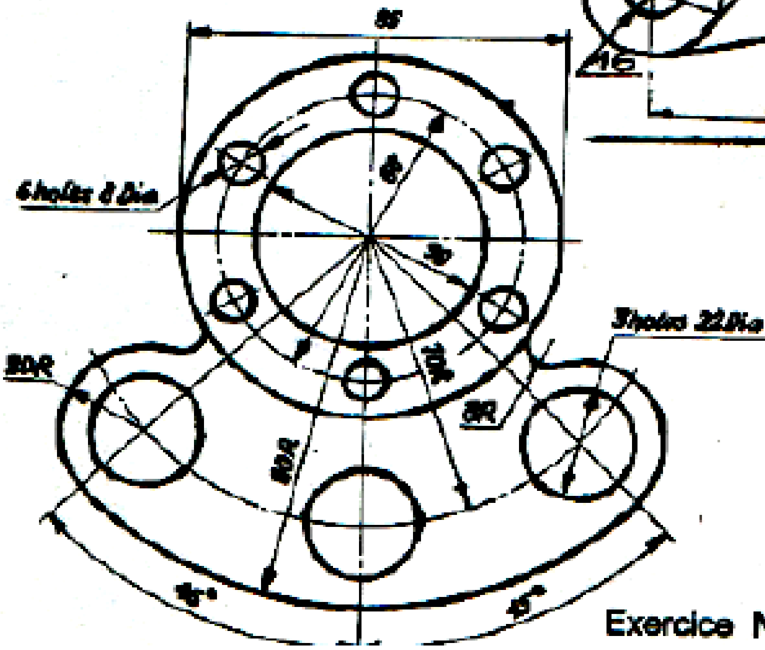
Exercice N°3



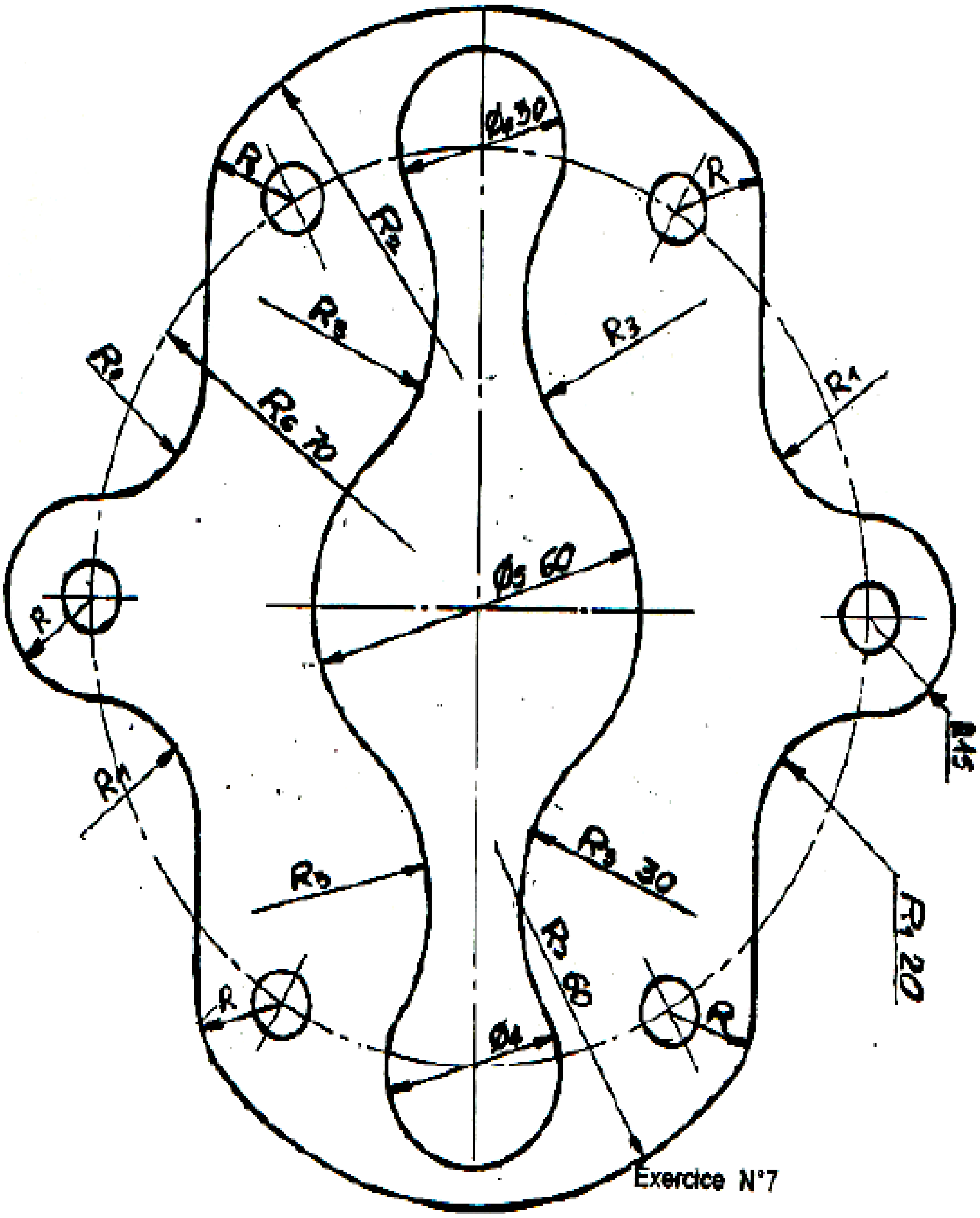
Exercice N°4

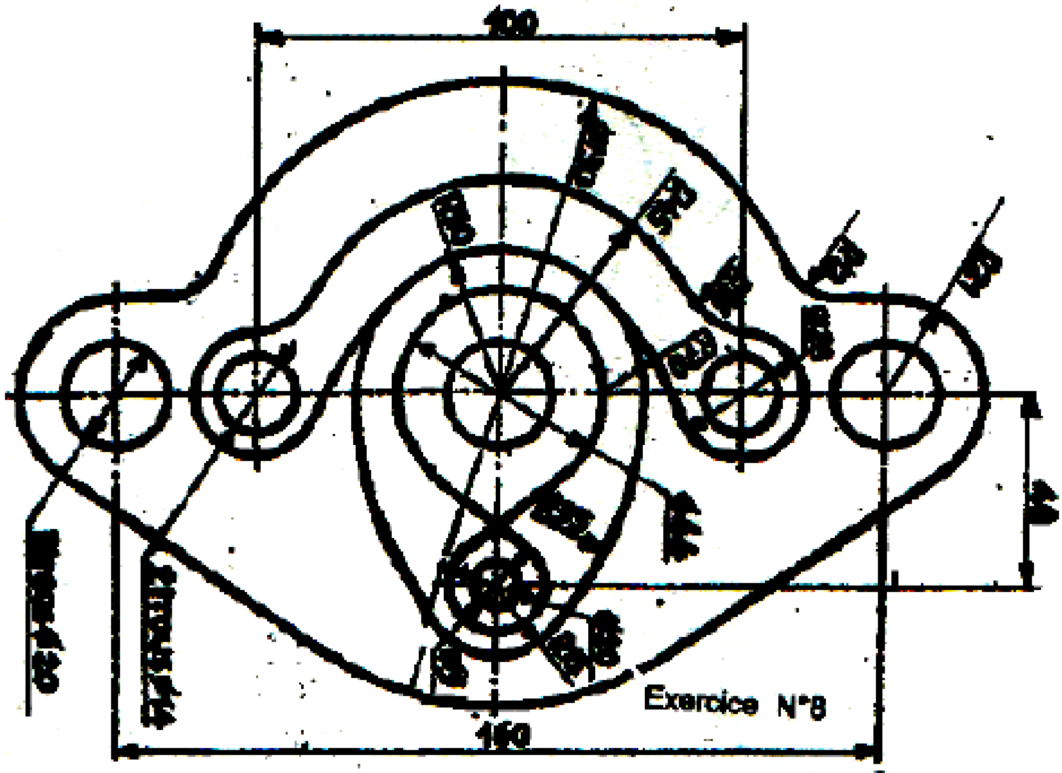


Exercice N°5

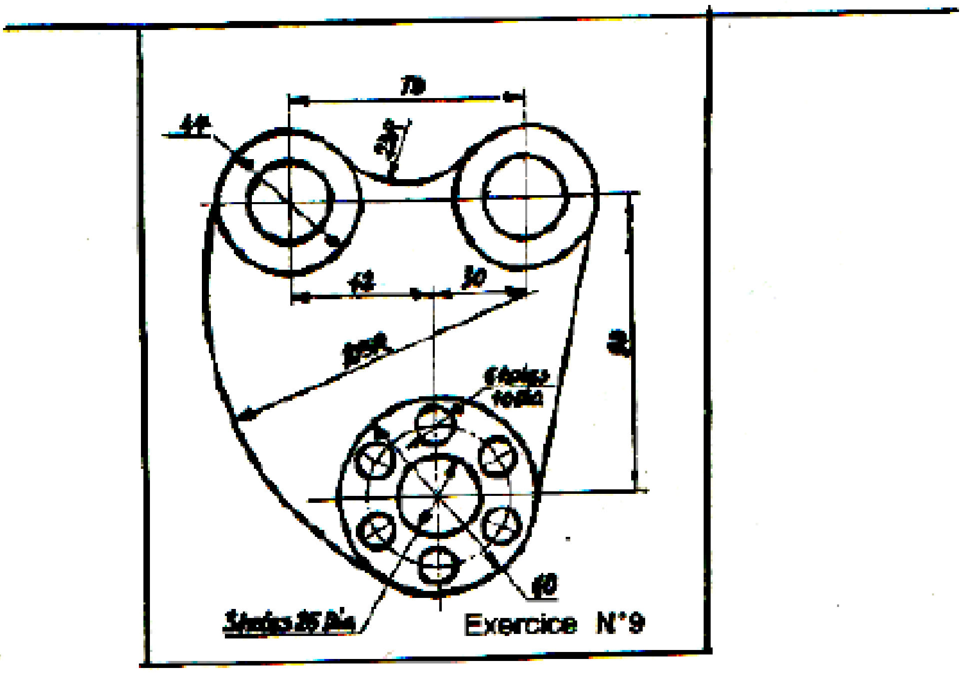


Exercice N°6


Ø4 30
R2
R3
R1
R6 70
Ø5 60
R
R1 20
R3 30
R3 60
Ø4
Exercice N°7



Exercice N°8



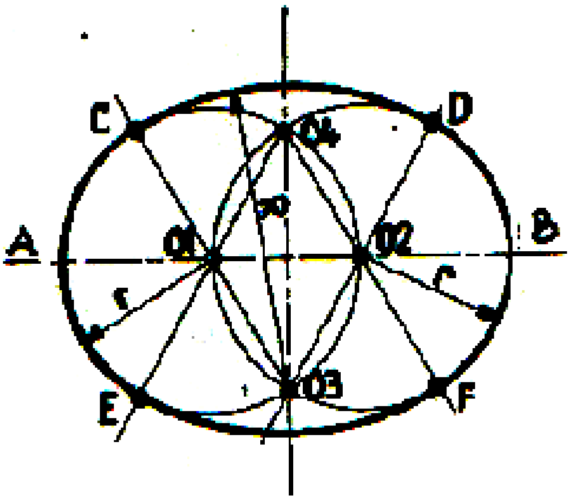
Exercice N°9

9 – LES COURBES USUELLES

9.1. Les ovales

9.1.1. Ovale au tier (fig.39)

- Diviser AB en 3 parties égales
- Tracer les 2 cercles (O1,AB/3) et (O2,AB/3) qui se coupent en O3 et O4
- Joindre O3O1 coupant le cercle de centre O1 en C et O4O1 coupant le même cercle en E
- Joindre O3O2 coupant le cercle de centre O2 en D et O4O2 coupant le même cercle en F
- Tracer l'arc CD, de rayon R = O3C et de centre O3, avec le même rayon tracer l'arc EF de centre O4
- Les arcs EC et DF appartenant aux cercles sont déjà tracés



(Fig.39)

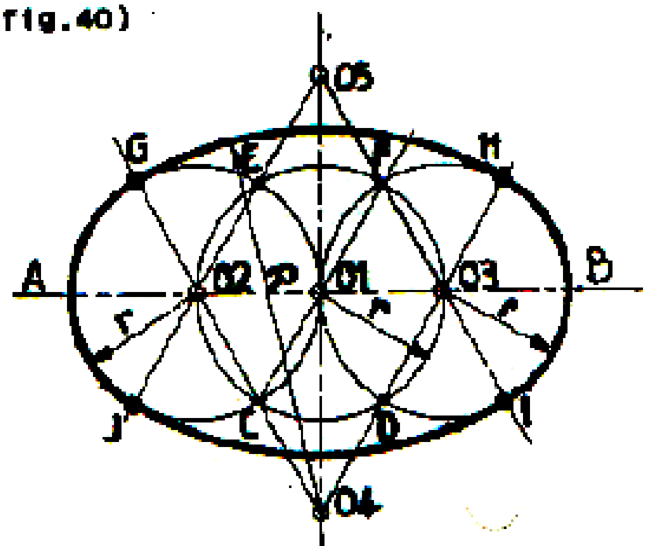
9.1.2. Ovale au quart (fig.40)

- Diviser AB en 4 parties égales

- Tracer 3 cercles de rayon R = AB/4 et de centre O1, O2, O3. se coupant en C, F, D et E

- Joindre O2E et FO3 se coupant en O5, Joindre O3D et O2C se coupant en O4

- Tracer les arcs GH, JI, HI et IG de centre O4, O5, O3 et O2



(Fig.40)

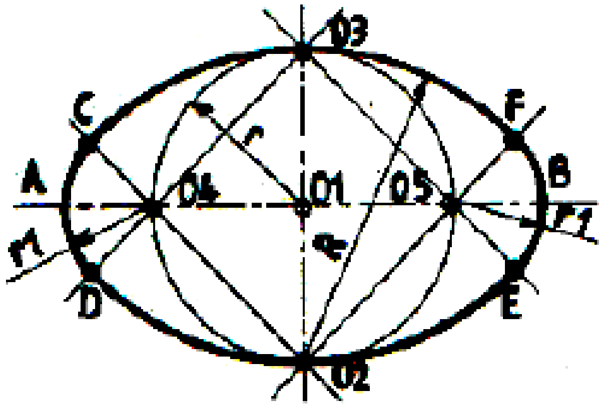
9.1.3. Ovale dont le petit axe est connu (fig.41)

- Tracer le cercle de centre O1 et de rayon r = axe/2 coupant AB en O4 et O5 et l'axe connu en O3 et O2

- De O2, tracer O2C et O2F et de O3 tracer O3D et O3E

- Tracer les arcs CF et DE, de rayon R et de centre O2 et O3

- Tracer les arcs CD et EF, de rayon r1 et de centre O4 et O3



(Fig.41)

9.2. Tracé d'ellipses

C'est une courbe plane formée de points tels que la somme des distances de chacun d'eux à deux points fixes F et F', appelés foyers, est constante (fig.42)

MF+ MF'= constante.

L'ellipse possède deux axes de symétrie : AA' est le grand axe, BB' le petit axe, FF' est la distance focale; les droites joignant un point quelconque aux foyers (telles que MF, MF') sont les rayons vecteurs.

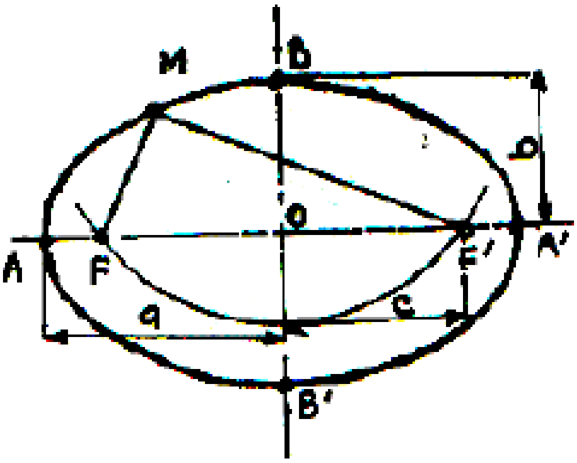
$\overline{AA'} = \overline{2a}$

$\overline{BB'} = \overline{2b}$

$\overline{FF'} = \overline{2c}$

$\overrightarrow{MF} + \overline{MF'} = \overline{2a}$, $a^2=b^2+c^2$

Pour déterminer le foyer, on trace de l'extrémité B du petit axe, comme centre, un arc de cercle $\frac{AA'}{2}$ coupant le grand axe aux points F et F'



(Fig.42)

9.2.1. 1ère méthode: par point à l'aide du compas (fig.43)

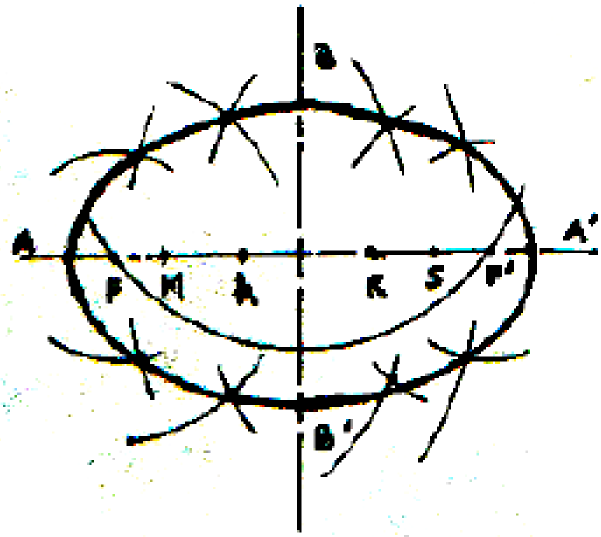
Connaissons les deux axes:

- Tracer les foyers F et F'

- Choisir sur le grand axe un point quelquonque tels que M

- Tracer les deux arcs (F,AM) et (F',A'M) se coupant en C et C', appartenant à l'ellipse

- On obtient d'autres points de l'ellipse en déplaçant le point M entre les foyers F et F'.

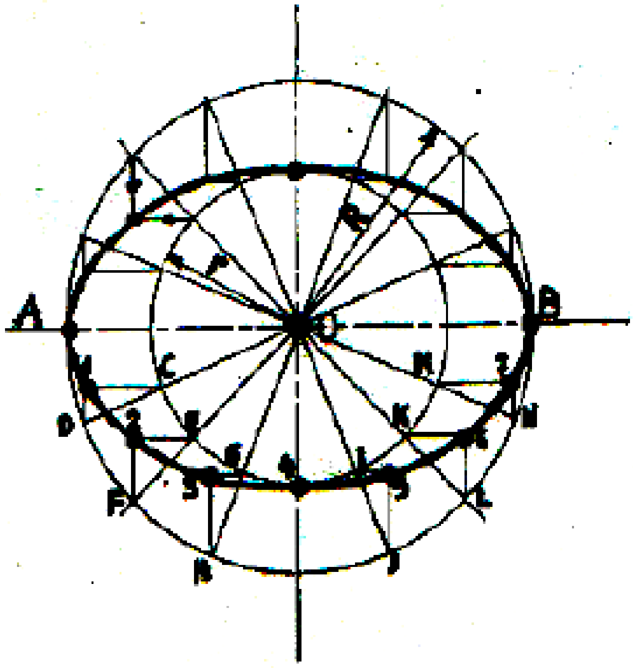


(Fig.43)

9.2.2. 2ème méthode: par réduction des ordonnées d'un cercle (fig.44)

Connaissons les deux axes :

- Tracer les cercles de centres O et de rayons:
  r = petit axe/2
et R = grand axe/2
- Tracer les génératrices coupant les deux cercles en D, F, H, J, L, N et C, E, G, I, K, M etc...
- A partir des points D, F, H etc... tracer des droites parallèles au petit axe
- A partir des points C, E, G etc.... tracer des droites parallèles au grand axe
- On obtient 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 points appartenant à l'ellipse
- On obtient l'autre partie de l'ellipse par même procédé



(Fig.44)

9.2.3. 3ème méthode: des huit points (fig.45)

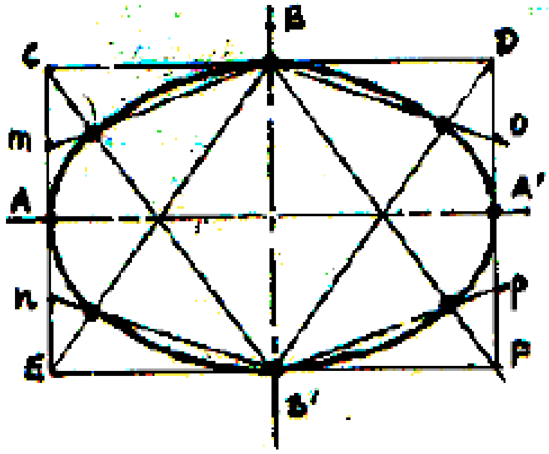
- Connaissons les deux axes, ce qui donne 4 points de l'ellipse A, A', B et B

- Pour obtenir les 4 autres points, on trace le rectangle CDEF

- Soit m, n, o, p respecti-vement les milieux de CA, AE, DA', A'F

- joindre CB' et Bm, leur point d'intersection 1 est un point de l'ellipse.

- la même opération nous permet d'obtenir les autres points



(Fig.45)

9.3. Tracé des arcs

9.3.1 Arc surbaissé (fig.46)

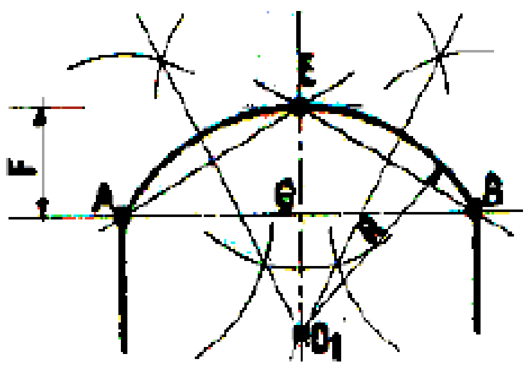
On connaît AB, son ouverture et F sa flèche ou montée

- Tracer l'axe perpendicu-laire à AB

- OE = F

- Tracer les médiatrices de AE et BE; elles se coupent en O1, centre de l'arc AB

- De O1, tracer un arc de rayon R = OB passant par AEB



(Fig.46)

9.3.2. L'anse de panier à 3 centres (fig.47)

Connaissant AB son ouverture et F sa flèche ou montée :

- Tracer l'axe, on obtient O

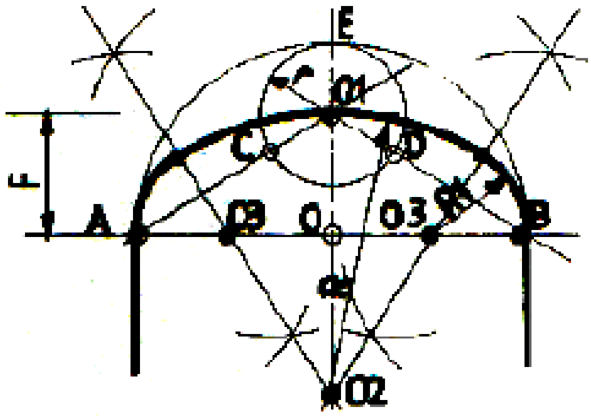
- Tracer l'arc (O, OA) coupant l'axe en E

- Tracer le cercle (O1,O1E) ou OO1 = F ,ce dernier coupe AO1 en C et BO1 en D

- Tracer les médiatrices de AC et BD. Elles coupent AB en O3 et se coupent elles-même en O2

- O2 est le centre de l'arc de rayon R = O2O1

- Les deux points O3 sont les centres des arcs de rayon R1 = O3B = O3A



(Fig.47)

9.3.3. Arc rampant à deux centres (fig.48)

- O sur AB est connu:

- Tracer un arc de cercle (A, OA) coupant AX en C

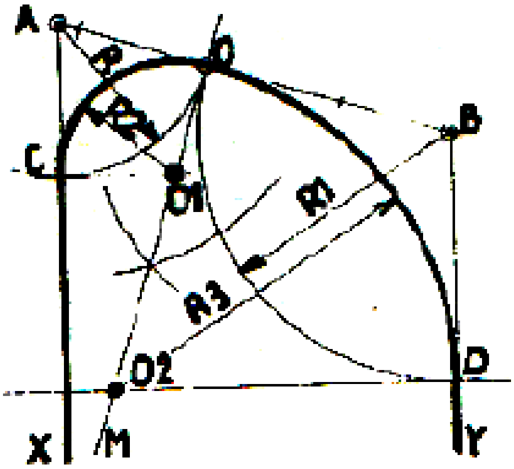
- Tracer un arc de cercle (B, BO) coupant BY en D

- Tracer OM, perpendiculaire à AB et passant par O

- Tracer la perpendiculaire à AX, passant par C et coupant OM en O1

- Tracer la perpendiculaire à BY, passant par D et coupant OM en O2

- O1 et O2 sont les centres des arcs CO et OD, de rayons R2 et R3



(Fig.48)

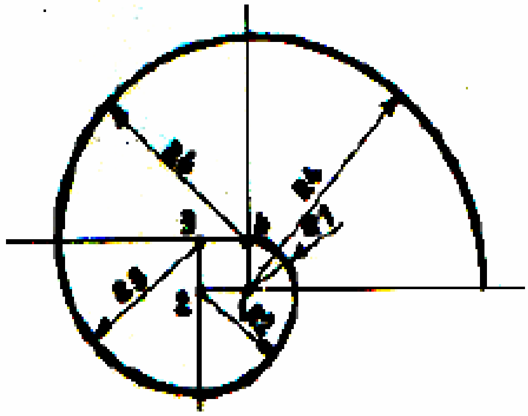
9.4. Spirales et volutes

9.4.1. Spirale à 4 centres en partant d'un carré (fig.49)

- Tracer un carré 1234

- Tracer les quarts de cercles de centre 1, 2, 3, 4 et respectivement de rayons R1, R2, R3, R4, ces arcs se raccordent entre eux en donnant la spirale.

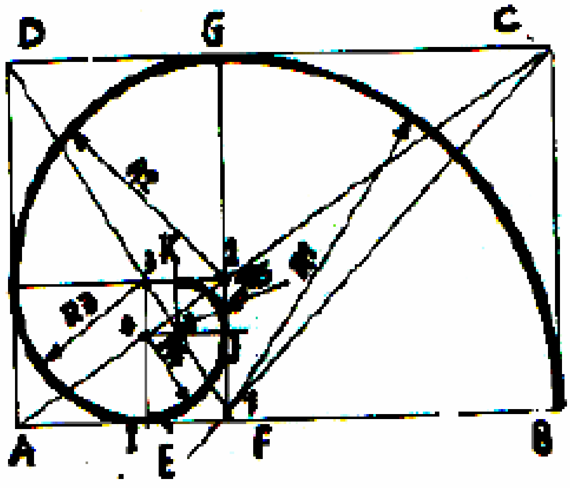
On peut tracer de même une spirale à 3 centres en partant d'un triangle équilatéral, ou une spirale à 6 centres en partant de l'hexagone régulier.



(Fig.49)

9.4.2. Volute inscrite dans un rectangle (fig.50)

- Tracer le rectangle ABCD et la diagonale AC
- Tracer la bissectrice de l'angle C (CE)
- Tracer DF perpendiculaire à AC et coupant EC en 1
- Tracer la perpendiculaire à DC passant par 1 et coupant DC en G et AB en F ainsi que AC en 2
- Tracer la perpendiculaire à DA passant par 2 et coupant DF en 3 et DA en H
- Tracer la perpendiculaire à AB passant par 3 et coupant AC en 4 et AF en I
- De 4 tracer la perpendi--culaire à GF et coupant DF en 5 et GF en J
- Les arcs ont leurs centres alternativement en 1, 2, 3, 4, 5 et leur point de tangence en B, G, H, I, J, K



(Fig.50)

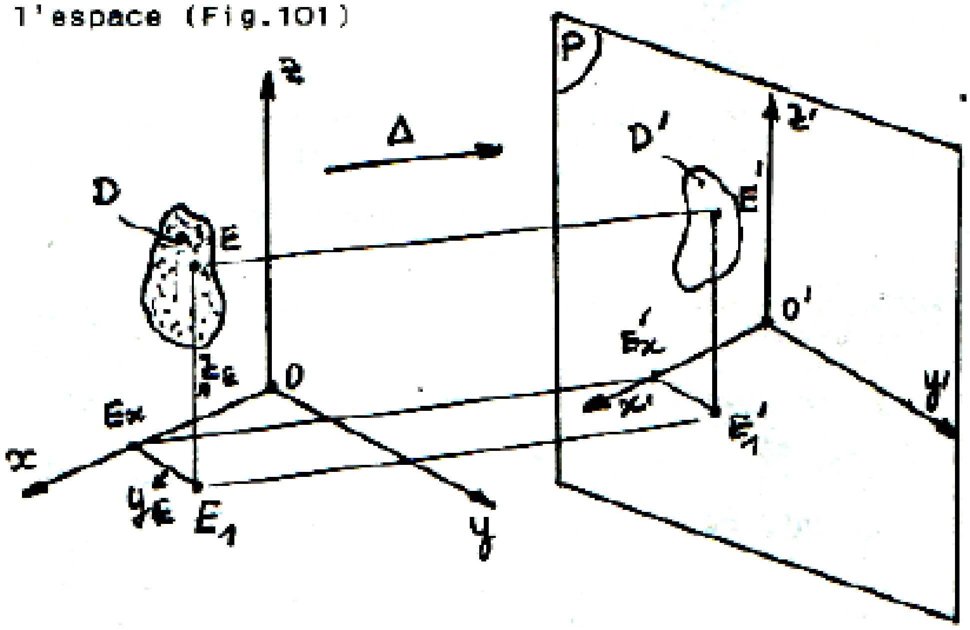
14 - PROJECTIONS AXONOMETRIQUES

14.1. Définition

La projection axonométrique consiste à projeter un objet avec son système de coordonnées sur un plan en utilisant des projetantes parallèles.

14.2. Notions préliminaires

Pour définir la projection axonométrique on choisit dans l'espace (Fig.101)



(Fig.101)

- Un plan de projection P.

- Un système d'axes de coordonnées OXYZ perpendiculaires deux à deux avec un objet D se trouvant dans ce système. Chaque point E de l'objet D possède trois coordonnées Xe, Ye, Ze.

- Une direction Δ de projection, laquelle ne doit pas être parallèle ni au plan P, ni au axes de coordonnées OXYZ.

Si on projette l'objet D et le système d'axes de coordonnées sur le plan P suivant la direction Δ nous obtenons les projections O'X',O'Y',O'Z',D' et E'.

On peut définir ce qui suit:

- OXYZ est le système d'axes naturels ➡ O'X'Y'Z' système d'axes axonométriques.

- Xe ,Ye ,Ze ce sont les coordonnées naturelles du point E ➡ X'e', Y'e', Z'e' ce sont les coordonnées axonométriques du point E.

- E est le point naturel ➡ E' la projection axonométrique du point E dans l'espace.

- D l'objet naturel ➡ D' la projection axonométrique de l'objet D.

14.3. Propriétés

- Un point E de l'espace est déterminé par sa projection axonométrique E' et sa projection secondaire E'1.

- La projection axonométrique d'un segment de droite est un segment de droite.

- La projection axonométrique de deux droites parallèles sont deux droites parallèles.

- En général la projection axonométrique d' un cercle est une ellipse.

14.4. Coefficients de réduction

En projection axonométrique existe 3 coefficients de réduction, suivant X, Y et Z qui sont respectivement p, q et r.

Les rapports de réduction sont:

$$p = \frac{X'e}{Xe} \quad \text{suivant l'axe OX}$$

$$q = \frac{Y'e}{Ye} \quad \text{suivant l'axe OY}$$

$$r = \frac{Z'e}{Ze} \quad \text{suivant l'axe OZ}$$

les rapports de réduction sont fonction des angles formés entre les axes OXYZ.

14.5. Classification des projections axonométriques

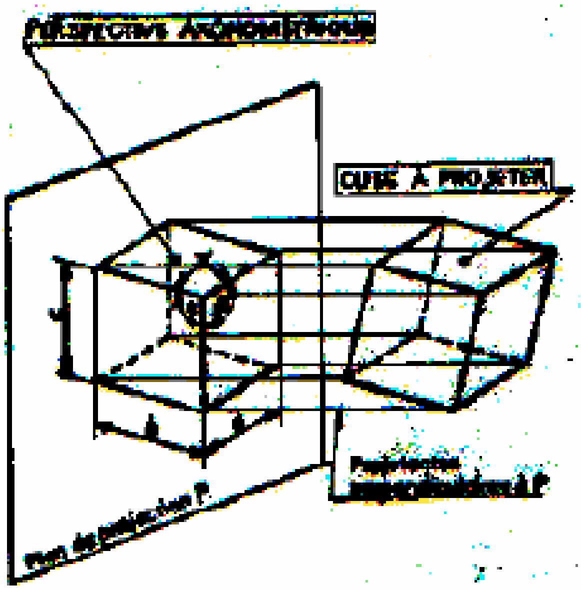
Selon l'angle que forme la direction Δ de la projection avec le plan de projection on distingue deux catégories de projections axonométriques:

- Projection axonométrique oblique si $\varphi \neq 90°$
- Projection axonométrique orthogonale si $\varphi = 90°$

14.6. La projection axonométrique orthogonale

14.6.1. Définition

C'est une projection orthogonale de l'objet (Fig.102) sur un plan oblique, c'est à dire l'objet est placé de telle sorte que ses trois axes principaux soient inclinés sur le plan de projection. Les trois faces du cube apparaissent.

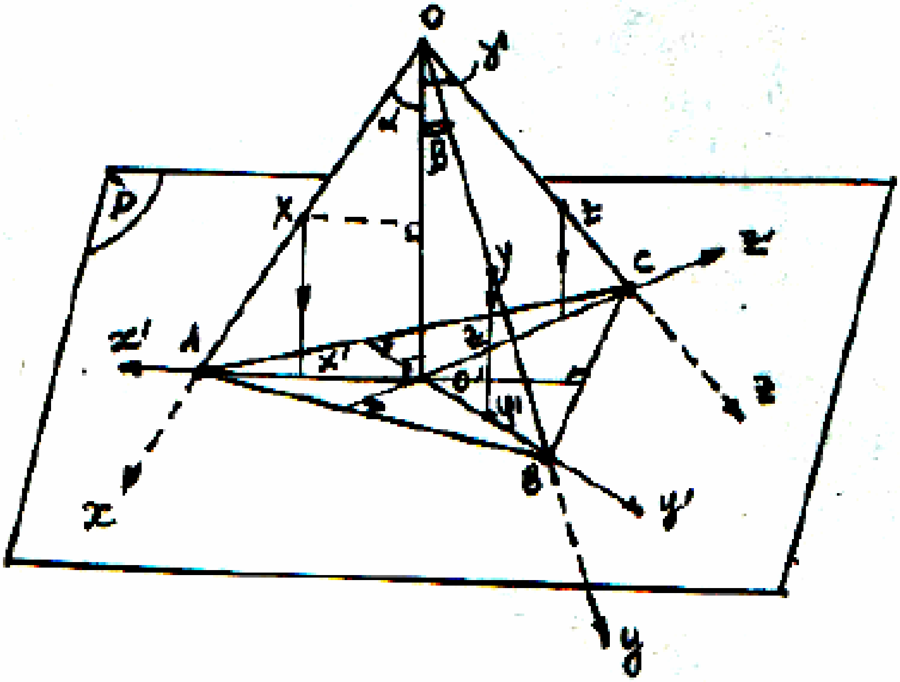


(Fig.102)

14.6.2. Propriétés

a) - considérons les axes OXYZ et leur projection O'X'Y'Z'. L'origine O' (Fig.103) est orthocentre du triangle des traces ABC. (Le triangle des traces est le triangle dont les cotés se trouvent sur les intersections du plan de projection axonométrique et des plans de coordonnées)

O'Z' est perpendiculaire à AB
O'Y' est perpendiculaire à AC
O'X' est perpendiculaire à BC



(Fig.103)

b) - En perspective axonométrique orthogonale la somme des carrés des coefficients de réduction est égale à 2 .

$$\boxed{p^2 + q^2 + r^2 = 2}$$

$$p = \frac{X'}{X} = \sin\alpha = \sqrt{1 - \cos^2\alpha} \quad \text{d'où} \quad p^2 = 1 - \cos^2\alpha$$

$$q = \frac{Y'}{Y} = \sin\beta = \sqrt{1 - \cos^2} \quad \text{d'où} \quad q^2 = 1 - \cos^2\beta$$

$$r = \frac{Z'}{Z} = \sin\gamma = \sqrt{1 - \cos^2} \quad \text{d'où} \quad r^2 = 1 - \cos^2\gamma$$

Ce qui donne:

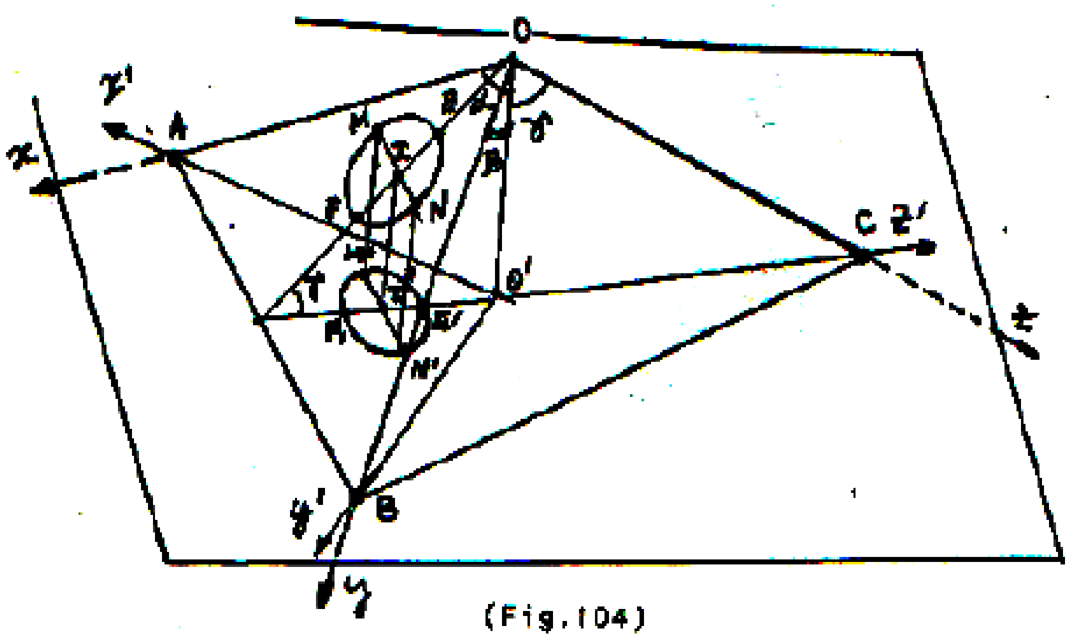
$$p^2 + q^2 + r^2 = 1 - \cos^2\alpha + 1 - \cos^2\beta + 1 - \cos^2\gamma$$

$$\text{〃} \quad \text{〃} \quad \text{〃} = 3 - (\cos^2\alpha + \cos^2\beta + \cos^2\gamma)$$

$$\text{〃} \quad \text{〃} \quad \text{〃} = 3 - 1 = 2$$

Les angles α, β et γ sont choisit arbitrairement ,mais ils sont liés par la relation $\alpha + \beta + \gamma = 360°$ et chacun d'eux doit-être compris entre 90° et 180°.

c) - La projection axonométrique d'un cercle est une ellipse. Considérons la (Fig.104) pour déterminer le grand axe et le petit axe de l'ellipse.



(Fig.104)

Considérons le cercle de centre I situé dans le plan de coordonnées déterminées par les deux axes OX et OY (le cercle peut être situé dans un plan parallèle au plan formé par OX et OY.

Le grand axe M'N' est perpendiculaire à O'Z'.

Si D est le diamètre du cercle et r le coefficient de déformation suivant l'axe OZ.

Le diamètre MN est parallèle à AB d'où MN = D.

M'N' est le grand axe de l'ellipse.

MN = M'N' = D

MN se projette en vraie grandeur sur O'X'Y' car MN // AB et AB appartient à O'X'Y'.

Le petit axe F'E' est égal à FE. $\cos\gamma = D.\sqrt{1 - \sin^2\gamma}$

$r = \sin\gamma = \dfrac{z'}{z}$ d'où $F'E' = D.\sqrt{1 - r^2}$

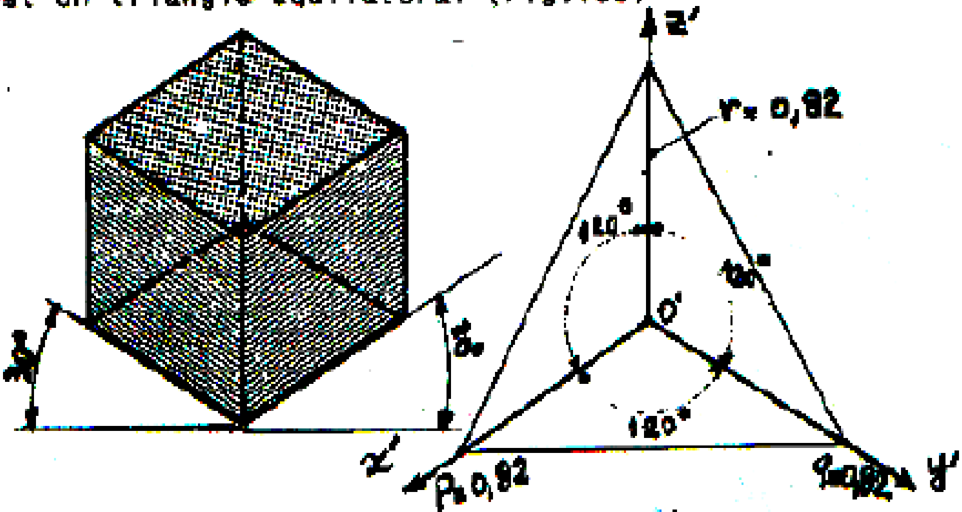
Les projections axonométriques recommandées sont:

1 - la perspective isométrique
2 - la perspective dimétrique usuelle
3 - la perspective dimétrique redressée
4 - la perspective trimétrique

14.7. La perspective axonométrique isométrique

14.7.1. Propriétés

- Les angles α, β et γ formés entre les axes X, Y et Z sont égaux. $\alpha = \beta = \gamma = 120°$ car le triangle des traces est un triangle équilatéral (Fig.105)



(Fig.105)

14.7.2. Coefficient de réduction

Il est le même pour les trois directions X, Y et Z.

$$p = q = r$$

Comme on sait que:

$$p^2 + q^2 + r^2 = 2$$

on peut écrire: $3.p^2 = 2$ d'où $p = \dfrac{2}{3} = 0,82$

$$\boxed{p = q = r = 0,82}$$

14.7.3. Perspective isométrique d'un cercle

La perspective isométrique d'un cercle appartenant à l'une des faces du cube (Fig.106) est une ellipse.

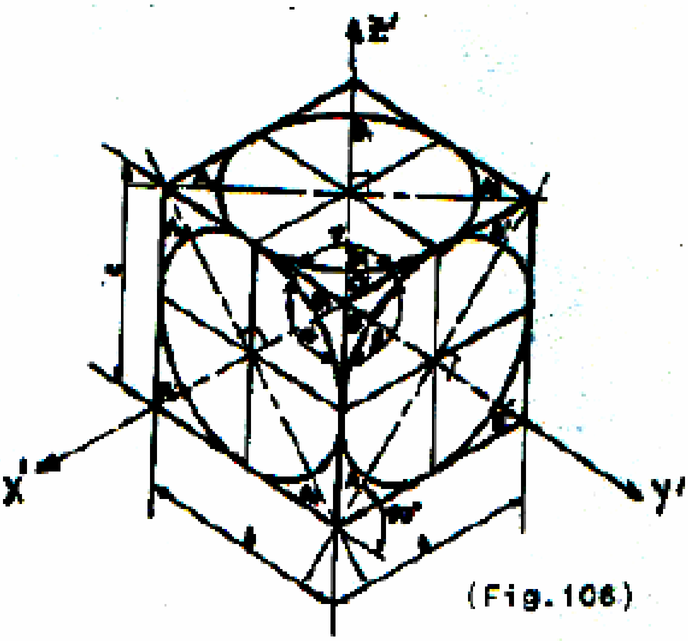
Les dimensions a, b et c s'obtiennent en multipliant la dimension par p, q ou r.

$$a = b = c = \text{dimension} \times 0,82$$

Pour tracer l'ellipse on doit connaître le grand axe et le petit axe.

Le grand axe: $AA' = D$

Le petit axe: $BB' = D \cdot \sqrt{1 - (0,82)^2} = 0,58.D$



(Fig.106)

14.7.4. Remarques

Les grands axes sont perpendiculaires aux trois axes OX', OY' et OZ'.

Pour simplifier le tracé, lorsqu'il n'est question que de représentation on ne réduit pas la longueur des arrêtes; ce qui revient à dessiner l'objet à une échelle d'amplification égale. C'est à dire on utilise le coefficient de réduction égale à 1.

$$p = q = r = 1$$

d'où l'échelle: $E = \dfrac{1}{0,82} = 1,22$

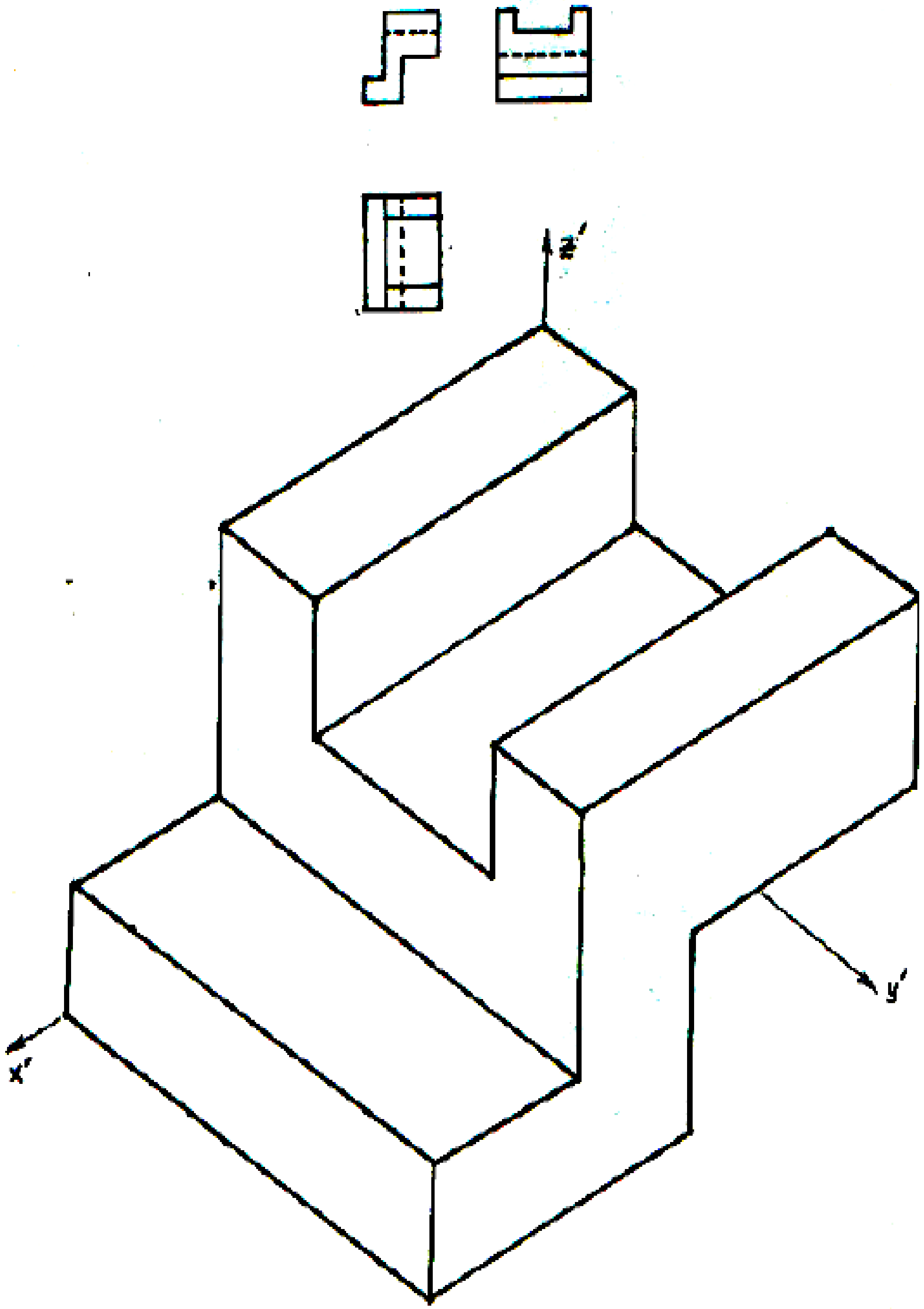
donc on prend:

$$a = b = c = \text{dimension du cube}$$

Le grand axe: AA' = 1,22 x D
Le petit axe: BB' = 0,58 x 1,22 x D = 0,71 x D

14.7.5. Exemples d'application

Déssiner la perspective isométrique du solide donné par les vues ci-dessous.


z'
y'
x'

14.8. La perspective dimétrique usuelle

La perspective dimétrique usuelle est utilisée lorsque l'objet a une face prépondérante ou lorsque l'une des faces doit être mise en valeur. Elle est caractérisée par:

14.8.1. Coefficients de réduction

Elle possède deux échelles de réduction

$$p = q \neq r \quad \text{et} \quad \alpha = \beta \neq \gamma$$

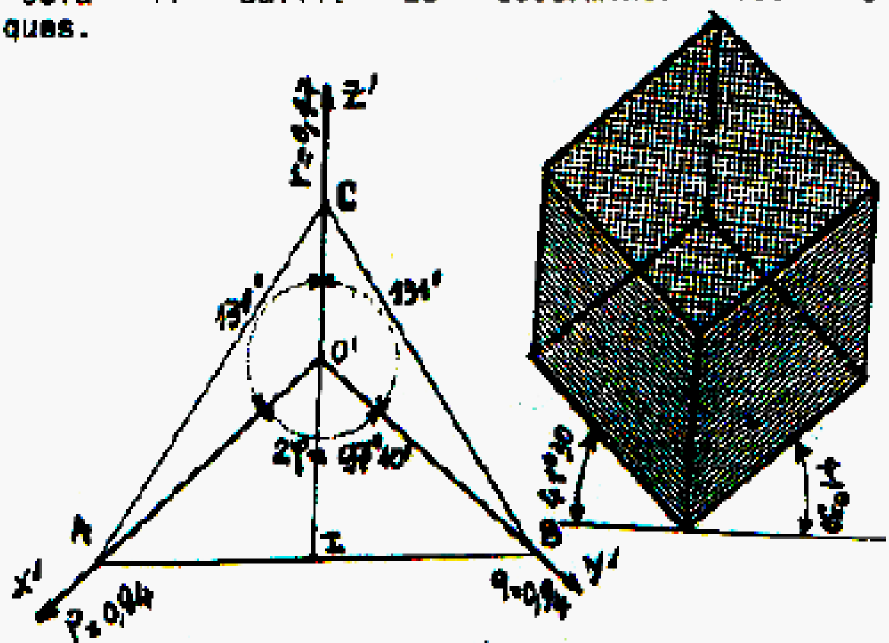
D'après la relation précédente $p^2 + q^2 + r^2 = 2$
Pour des raisons de simplification on choisit le rapport

$$\frac{p}{r} = \frac{q}{r} = 2 \quad \text{d'où} \quad p = q = 2.r$$

$(2.r)^2 + (2.r)^2 + r^2 = 2$
$9.r^2 = 2$ d'où $r = \sqrt{2/9} = 0{,}47$
$p = q = 2.r = 0{,}47 \times 2 = 0{,}94$

14.8.2. Détermination des axes axonométriques

Pour cela il suffit de déterminer les angles axonométriques.



(Fig.107)

Si $p = q$ on a $\alpha = \beta$ et le triangle ABC est un triangle isocèle BC = AC (figure 107) et l'axe axonométrique O'Z' est la bissectrice de l'angle X'O'Y' sur la (Fig.107)

Considérons que: $\widehat{AO'B} = 2.\varphi = \gamma$

$$\sin.\varphi = \frac{IA}{O'A}$$

Dans l'espace le triangle $\widehat{AOB}$ est un triangle rectangle en O (Voir Fig.103)

$$\sin.45° = \frac{IA}{OA} = \frac{\sqrt{2}}{2} \quad \text{d'où} \quad IA = OA \times \frac{\sqrt{2}}{2}$$

$$\sin.\varphi = \frac{OA \times \sqrt{2}/2}{O'A} = \frac{\sqrt{2}}{2} : \frac{O'A}{OA} .$$

$$\text{mais} \quad \frac{O'A}{OA} = \sin.\alpha = \frac{X'}{X} = p$$

$$\text{donc on peut écrire} \quad \sin.\varphi = \frac{\sqrt{2}}{2} : \frac{O'A}{OA} = \frac{\sqrt{2}/2}{p}$$

$$\text{mais} \quad p = 0{,}94 = \frac{2\sqrt{2}}{3}$$

$$\sin.\varphi = \frac{\sqrt{2}}{2} : \frac{2\sqrt{2}}{3} = \frac{3}{4}$$

$$\varphi = 1/2 \,.\, \widehat{X'O'Y'} = \arcsin.3/4 = 48°\ 35'$$
$$2\varphi = \gamma = 97°\ 10'$$

On peut en déduire :

$$\alpha = \beta = \frac{360° - 97°}{2} = 131°$$

Pour tracer les axes axonométriques on se base sur l'angle γ = 97°(Fig108)

Pour plus de commodité on peut adopter une échelle d'amplification: E = 1/0,94 = 1,06

Les coefficients de réduction deviennent:

$$p = q = 1 \quad \text{et} \quad r = 0{,}5$$

14.6.3. Tracé des ellipses situées dans l'un des plans

Pour représenter le cube (Fig.108) en projection axonométrique dimétrique usuelle on prend:

$$a = b = \text{dimension} \times 0,94$$

$$c = \text{dimension} \times 0,47$$

Dans le cas ou l'échelle E = 1,06 c'est a dire p = q = 1 et r = 0,5 on prend:

$$a = b = \text{dimension} \times 1$$

$$c = \text{dimension} \times 0,5$$

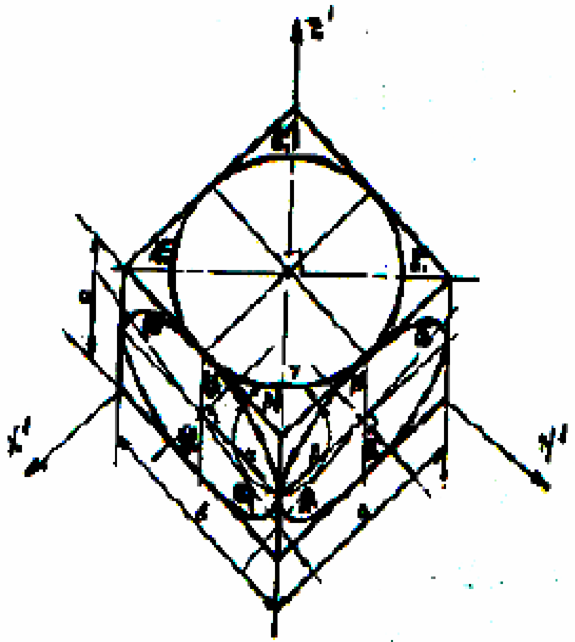
a) - La perspective d'un cercle de diamètre D situé dans le plan horizontal parallèle à X'O'Y' est une ellipse EMNF dont :

Le grand axe EF = D

Le petit axe $MN = D\sqrt{1 - r^2} = D\sqrt{1 - (0,47)^2} = 0,88.D$

Si l'échelle E = 1,06 (p = q = 1 et r = 0,5)

$$EF = 1,06 \times D \quad \text{et} \quad MN = 0,94 \times D$$



(Fig.108)

b) - La perspective des cercles situés dans les plans parallèles à X'O'Z' et Y'O'Z' sont respectivement des ellipses PVQU et KSIR (figure 108) pour lesquelles les grands axes

RS = PQ = D

et les petits axes

$KI = VU = D\sqrt{1 - q^2} = D\sqrt{1 - p^2} = D\sqrt{1 - (0,94)^2} = 0,33 \times D$

Dans le cas ou l'échelle E = 1,06 (p=q=1 et r=0,5)

Les grands axes RS = PQ = 1,06 x D

et les petits axes KI = VU = 0,35 x D

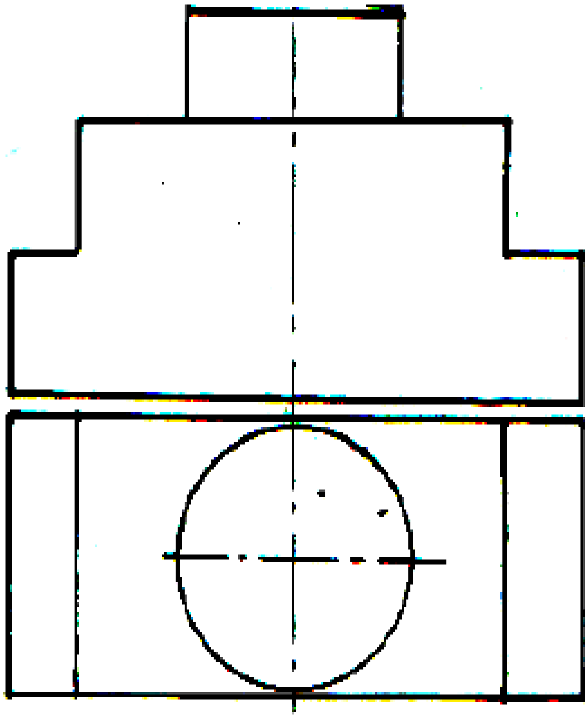
Remarques:

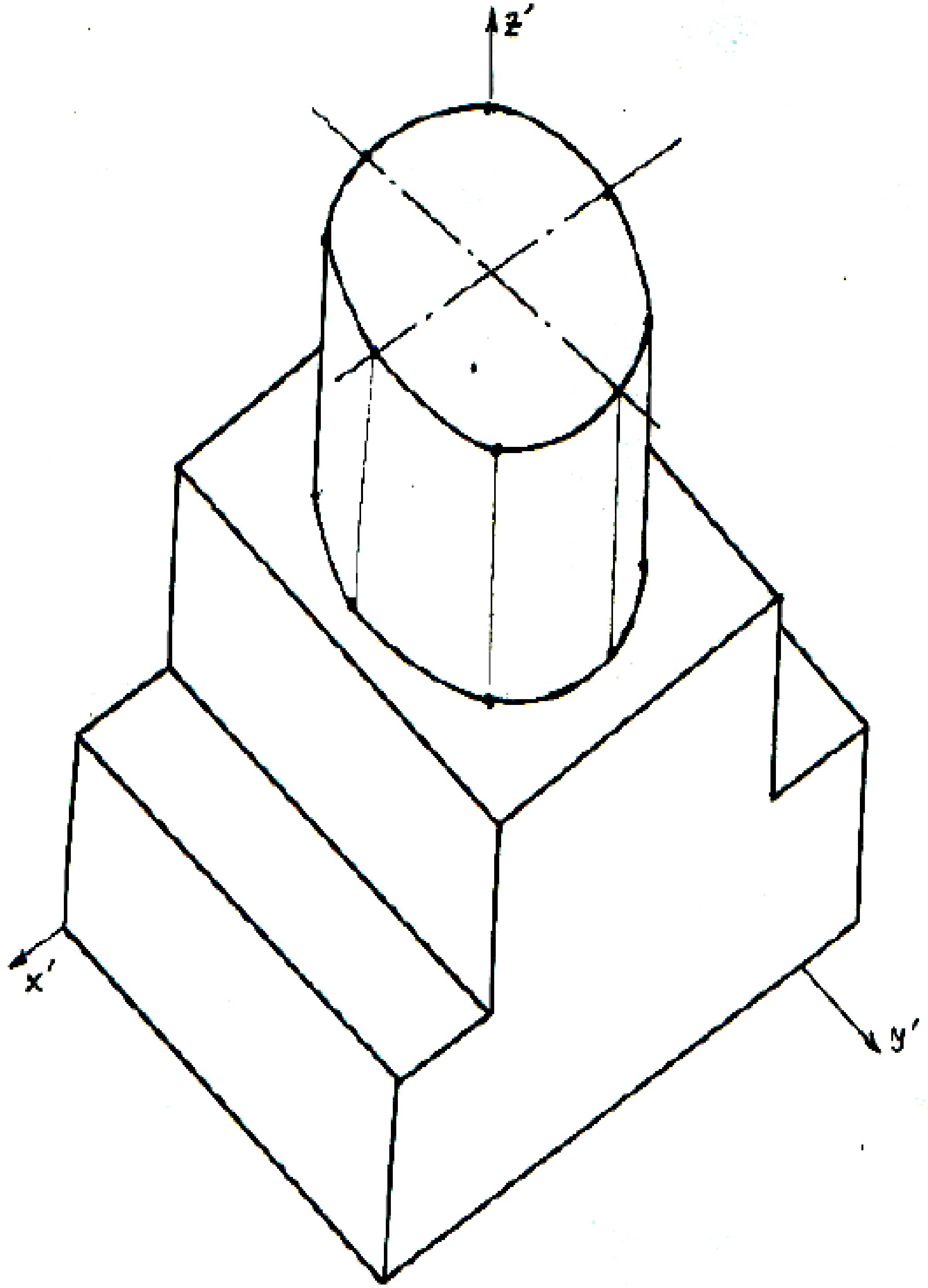
Les grands axes EF , RS et PQ sont respectivement perpendiculaires à O'Z' , O'Y' et O'X'.

Les petits axes MN , VU et KI sont respectivement parallèles à O'Z' , O'X' et O'Y'

14.6.4. **Exemple d'application**

A partir des vues données ci-dessous ,déssiner la perspective dimétrique usuelle du solide .




z'
x'
y'

14.9. La perspective dimétrique redressée

Elle est préférée à la perspective usuelle pour la représentation des pièces longues.

14.9.1. Coefficients de réduction

$$p = q \neq r \quad \text{et} \quad p = q = 0{,}73$$

Selon la relation: $p^2 + q^2 + r^2 = 2$

on peut écrire: $(0{,}73)^2 + (0{,}73)^2 + r^2 = 2$

d'où: $r = 0{,}94$

14.9.2. Axes axonométriques

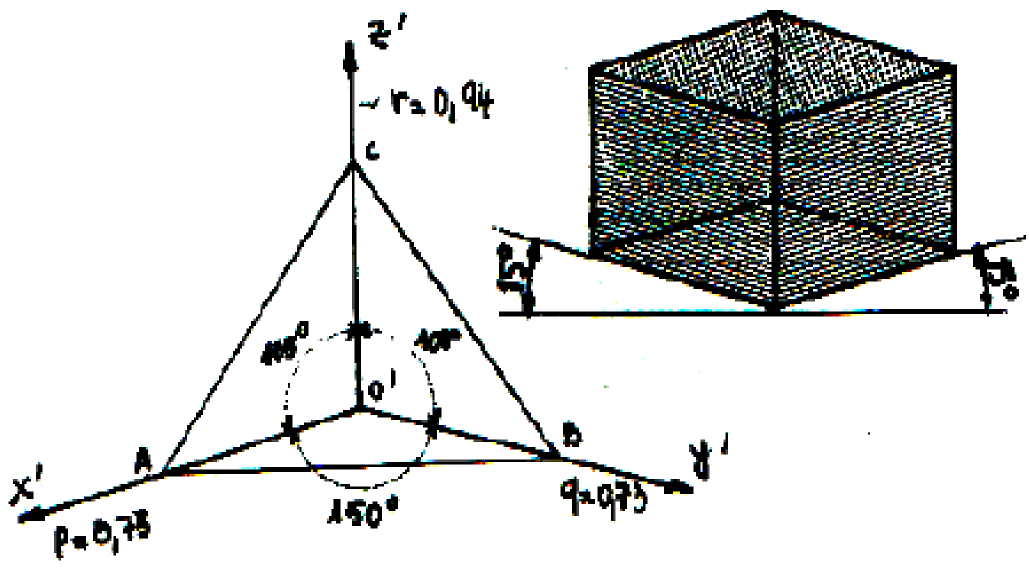
La démonstration précédente est valable pour aboutir aux résultats suivants (Fig.109)

L'angle $\widehat{X'O'Y'} = \hat{\gamma} = 150°$

et les angles $\widehat{Y'O'Z'} = \widehat{X'O'Z'} = \alpha = \beta = 105°$

En adoptant une échelle E = 1,36 , afin d'éviter les calculs on aura :

$$p = q = 1 \quad \text{et} \quad r = 1{,}32$$

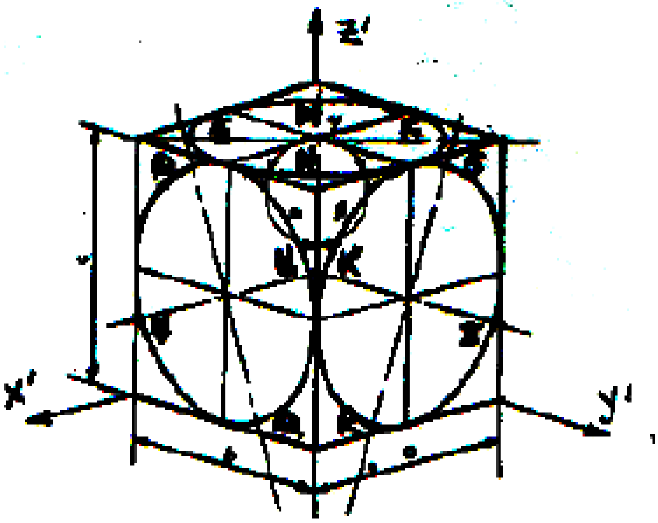


(Fig.109)

14.9.3. Tracé des ellipses

La disposition des grands axes et petits axes est la même que précédemment (Fig.110)

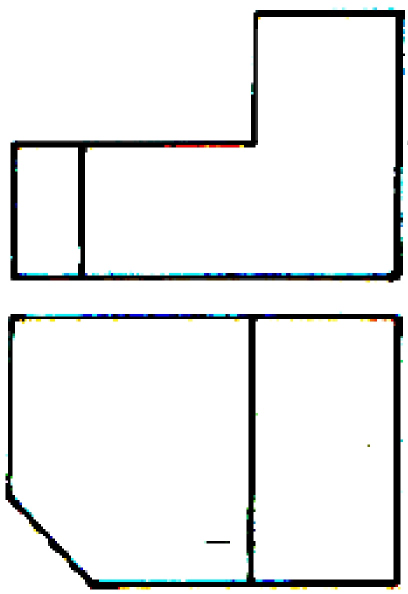
Le grand axe des ellipses = diamètre (D)
Le petit axe MN = D x 0,27
Le petit axe VU = D x 0,68
Le petit axe KI = D x 0,68

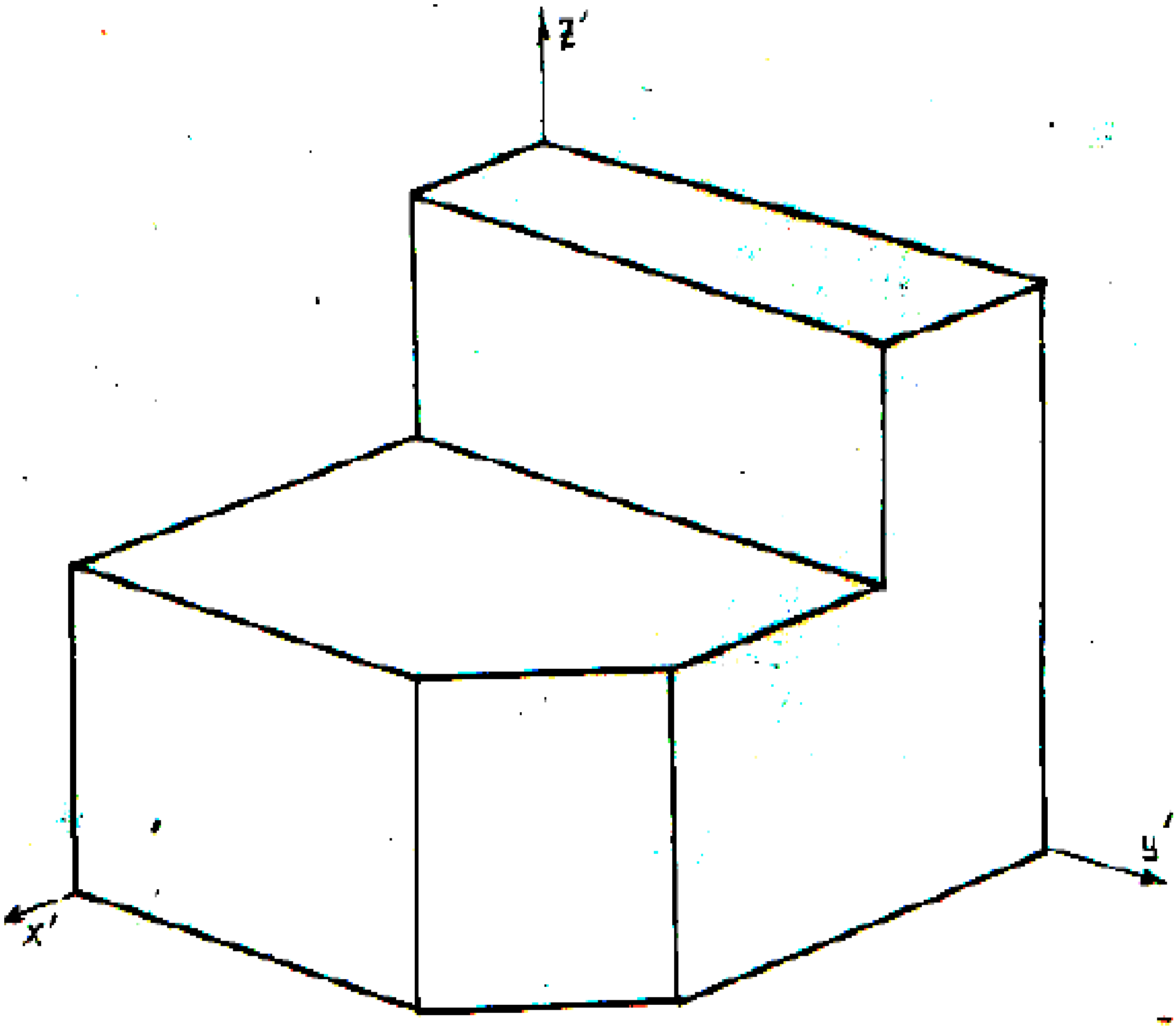


(Fig.110)

14.9.4. Exemples d'applications

A partir des vues données sur les figures dessiner leurs perspectives dimétrique redressées.




z'
x'
y'

14.10. Perspective trimétrique

C'est une perspective très représentative et claire, le seul inconvénient réside dans son exécution qui est assez longue.

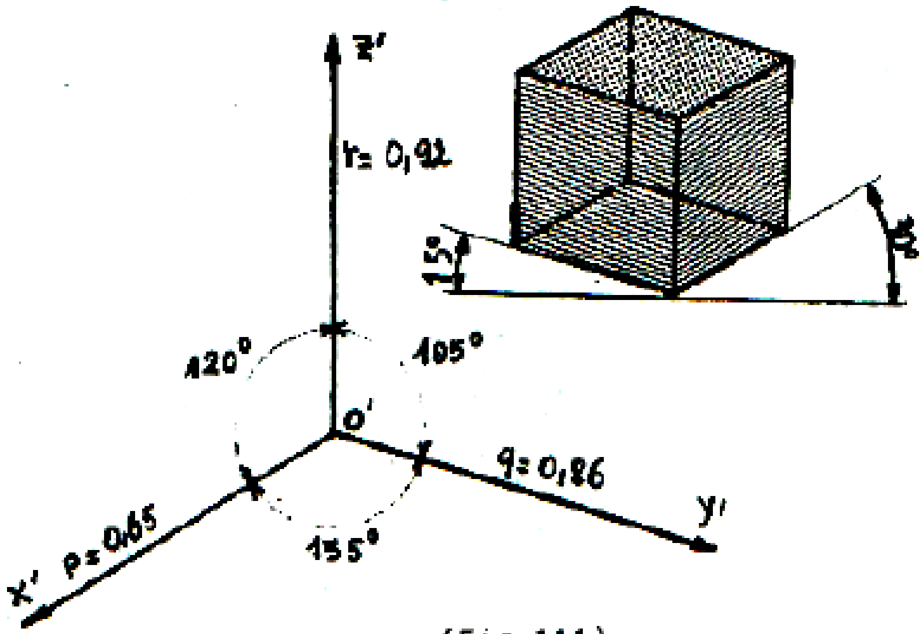
14.10.1. Coefficients de réduction

p = 0,65 q = 0,86 r = 0,92

14.10.2. Axes axonométriques

Les angles recommandés sur la (Fig.111) sont:

α = X'O'Z' = 120°
β = Z'O'Y' = 105°
γ = X'O'Y' = 135°

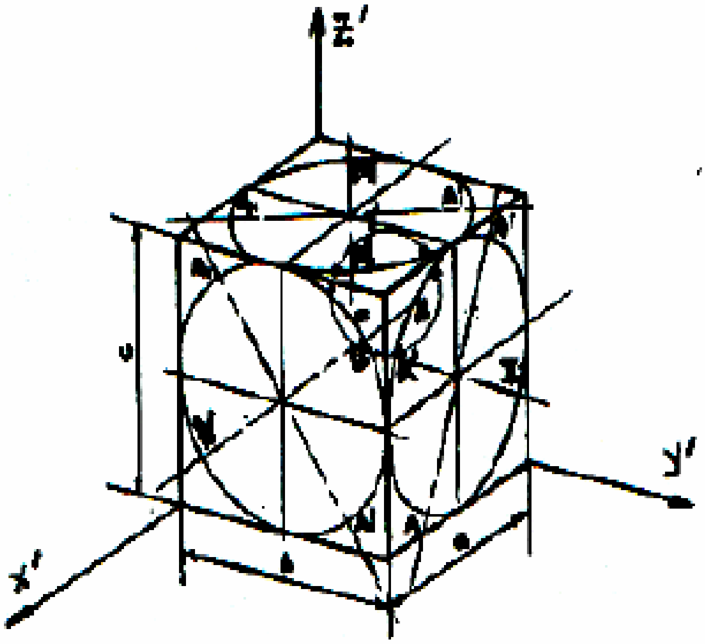


(Fig.111)

14.10.3. Tracé des ellipses

Les grands axes des ellipses sur la (Fig.112) sont donnés en fonction du diamètre (D)
Les grands Axes des ellipses = Diamètre (D) = AA

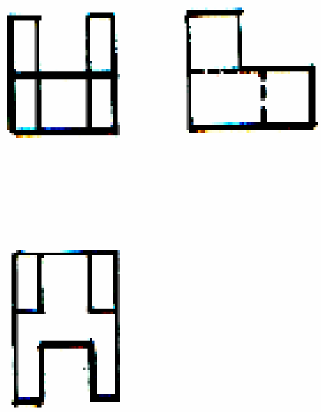
- Le petit axe MN = D x 0,40
- Le petit axe KI = D x 0,62
- Le petit axe VU = D x 0,76

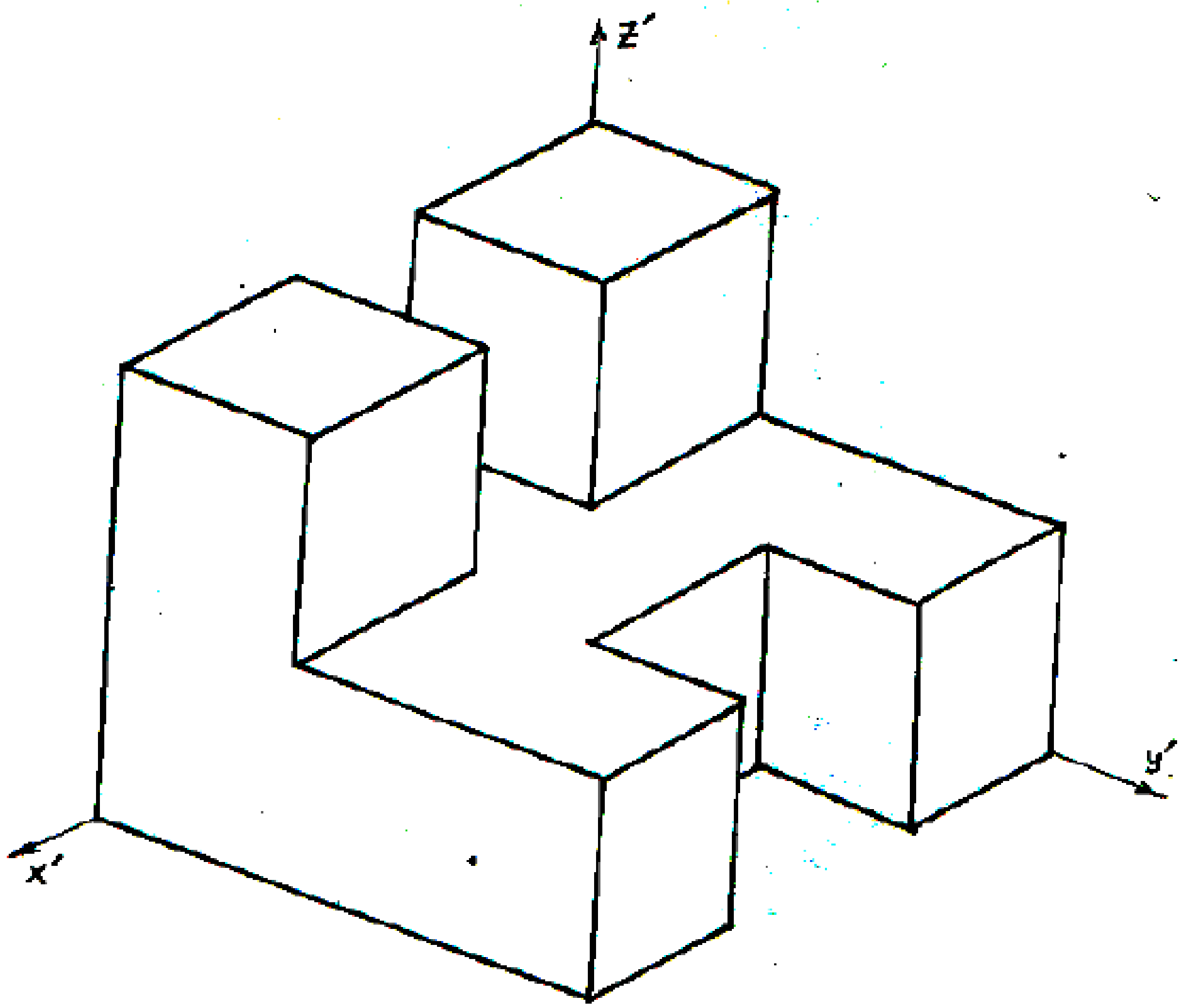


(Fig.112)

14.10.4. Exemples d'application

A partir des vues données sur les figures dessiner leurs perspectives trimétriques.




z'
y'
x'

14.11. La projection axonométrique oblique: La perspective cavalière

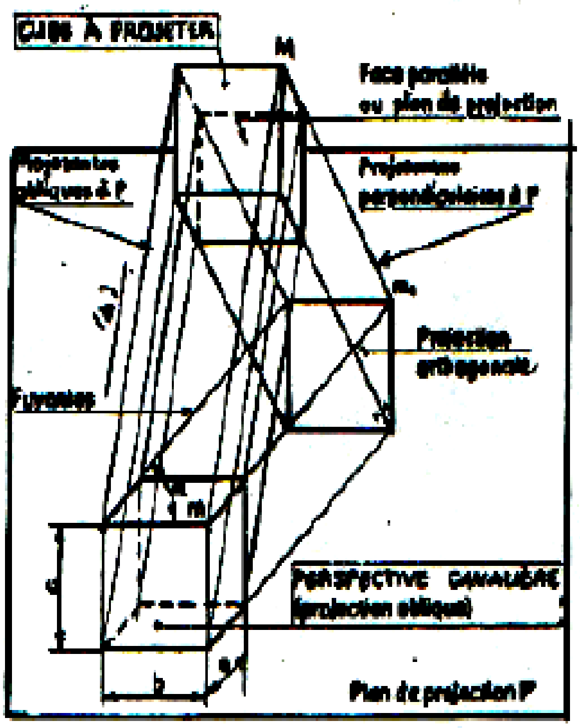
14.11.1. Définition

La perspective cavalière est une projection parallèle oblique de l'objet donné sur un plan de projection parallèle à un de ses faces principales.

c'est à dire l'objet est placé de telle sorte que deux de ses axes principaux soient parallèles au plan de projection (tableau) voir (Fig.113)

Les projetantes sont toutes parallèles à une même direction (Δ) oblique par rapport au plan de projection.

Dans ce type de perspective l'objet doit être disposé de façon à montrer de préférence certaines de ses faces, considérées comme les plus importantes.



(Fig. 113)

14.11.2. Axes axonométriques

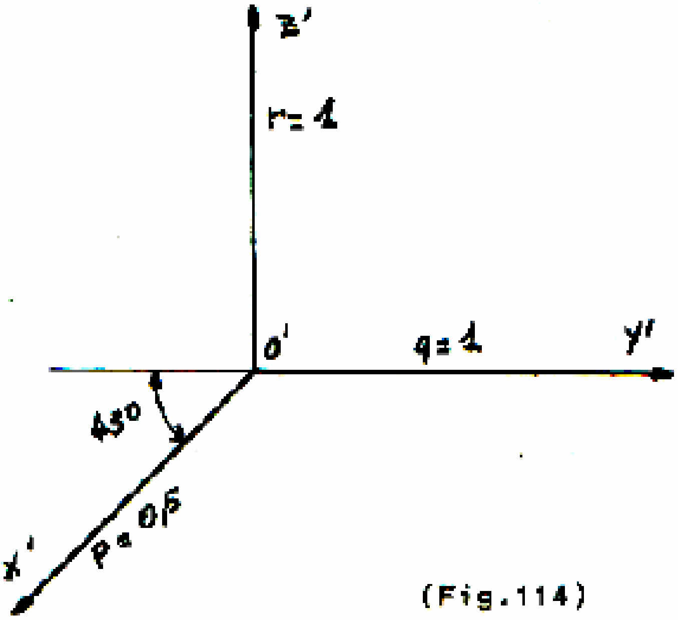
Les axes OY et OZ (Fig.114) se trouvent dans le tableau (OZ vertical, OY horizontal).

L'axe OX' est perpendiculaire au tableau.

Les projetantes sont parallèles au plan bissecteur de l'angle YOZ et s'inclinent de 63° avec le tableau.

Dans ce cas:

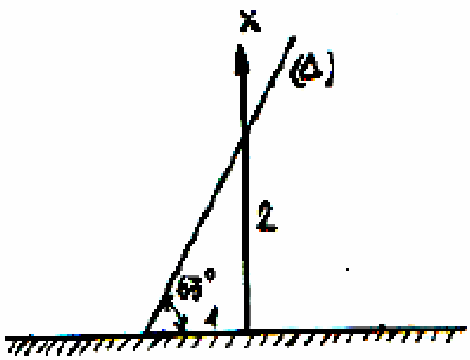
OY = O'Y'
OZ = O'Z'
OX' est bissecteur de l'angle Y'OZ'
OX' fait un angle de 45° avec l'horizontale



(Fig.114)

Pour déterminer le coefficient de réduction, on a:

OY et OZ se trouvent dans le tableau et sont représentés en vraie grandeur



q = 1 et r = 1

OX se projette en OX'

p = 1/2 (tang.63°= 2)

14.11.3. Propriétés et caractéristiques

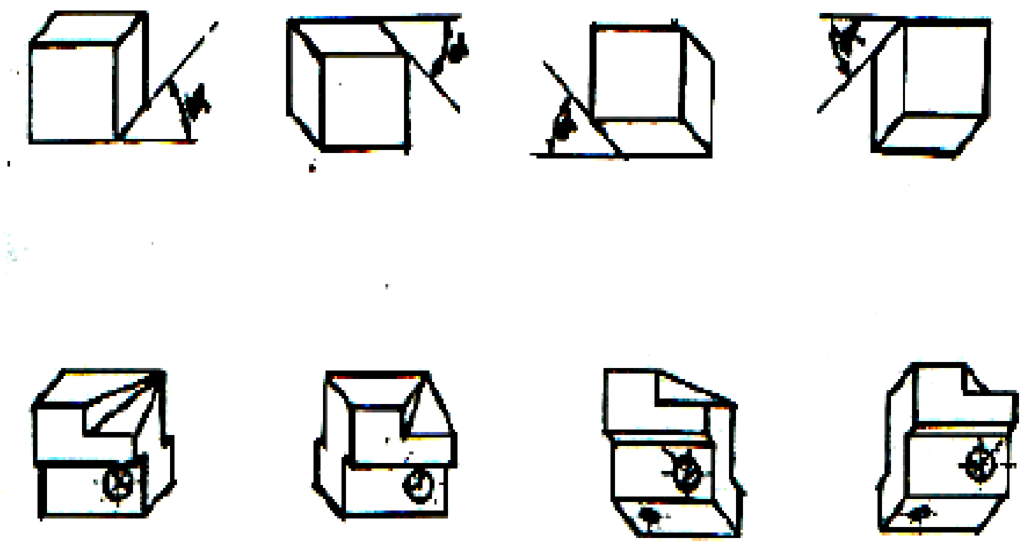
Toute figure parallèle au plan de projection se projette en vraie grandeur. Les autres figures sont déformées et se projettent selon un coefficient de réduction K dépendant de l'angle des projetantes (fuyantes) lequel dépend de la direction d'observation.

Dans ce cas la longueur des fuyantes est réduite selon ce rapport K qui est toujours inférieur à 1. Les caractéristiques conventionnelles recommandées sont:

$$\varphi = 45° \text{ pour } K = 0,5$$

Cela signifie que les dimensions suivant les directions des fuyantes sont multipliées par 0,5.

En orientant convenablement l'axe horizontal (Fig.115), on choisit la direction possible faisant apparaître clairement la face perpendiculaire au tableau.

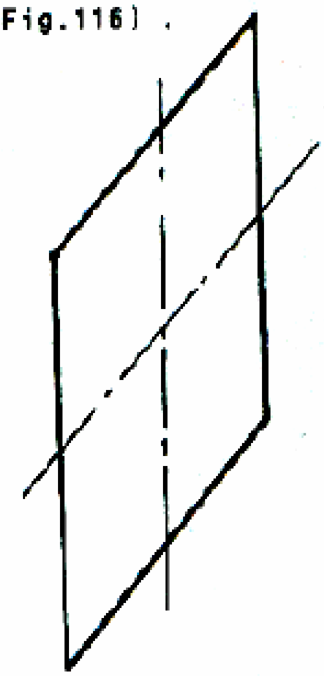


(Fig. 115)

14.11.4. Perspective cavalière de certaines figures usuelles : (carré, cercle et sphère)

a) - Un carré

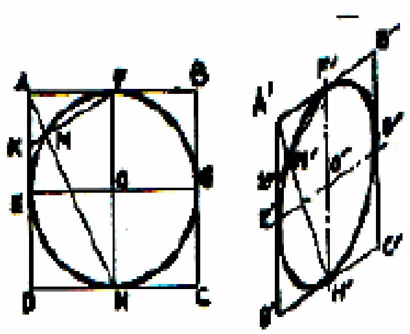
La perspective cavalière d'un carré ou rectangle est un parallélogramme (Fig.116) .



(Fig.116)

b) - Un cercle

La perspective cavalière d'un cercle est une ellipse, son tracé se fait généralement en appliquant la méthode des huit points (Fig.117)



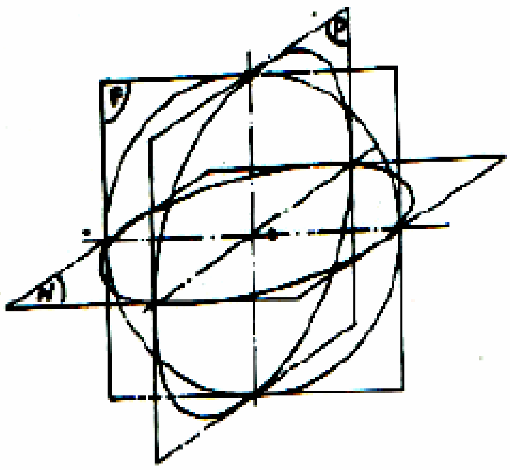
(Fig.117)

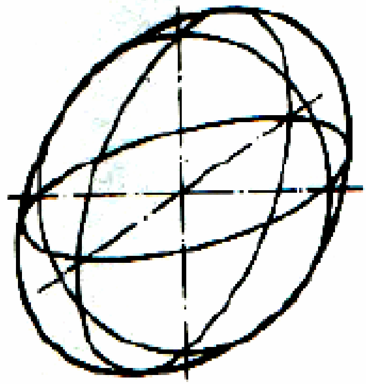
c) - Une sphère

- On trace les grands cercles de la sphère située dans les 3 plans principaux F, H et P.

- On trace la perspective cavalière de chacun de ces cercles, on obtient un cercle frontal et 2 ellipses (horizontal et frontal).

- La courbe représentant la perspective cavalière de la sphèreest l'enveloppe passant par les deux ellipses et le cercle (Fig.118)

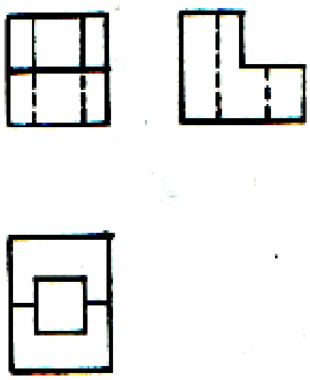


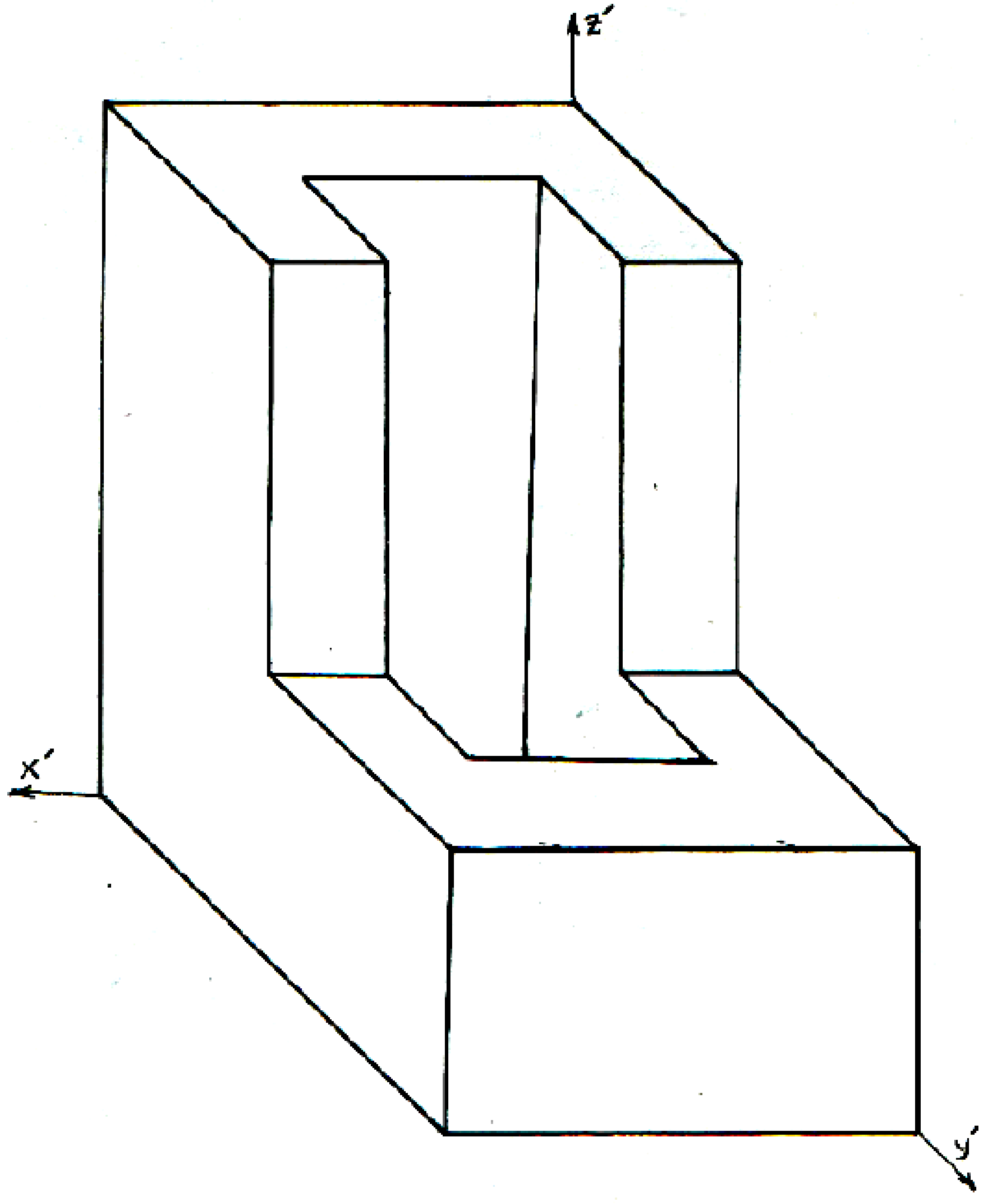


(Fig.118)

14.11.5. Exemples d'application

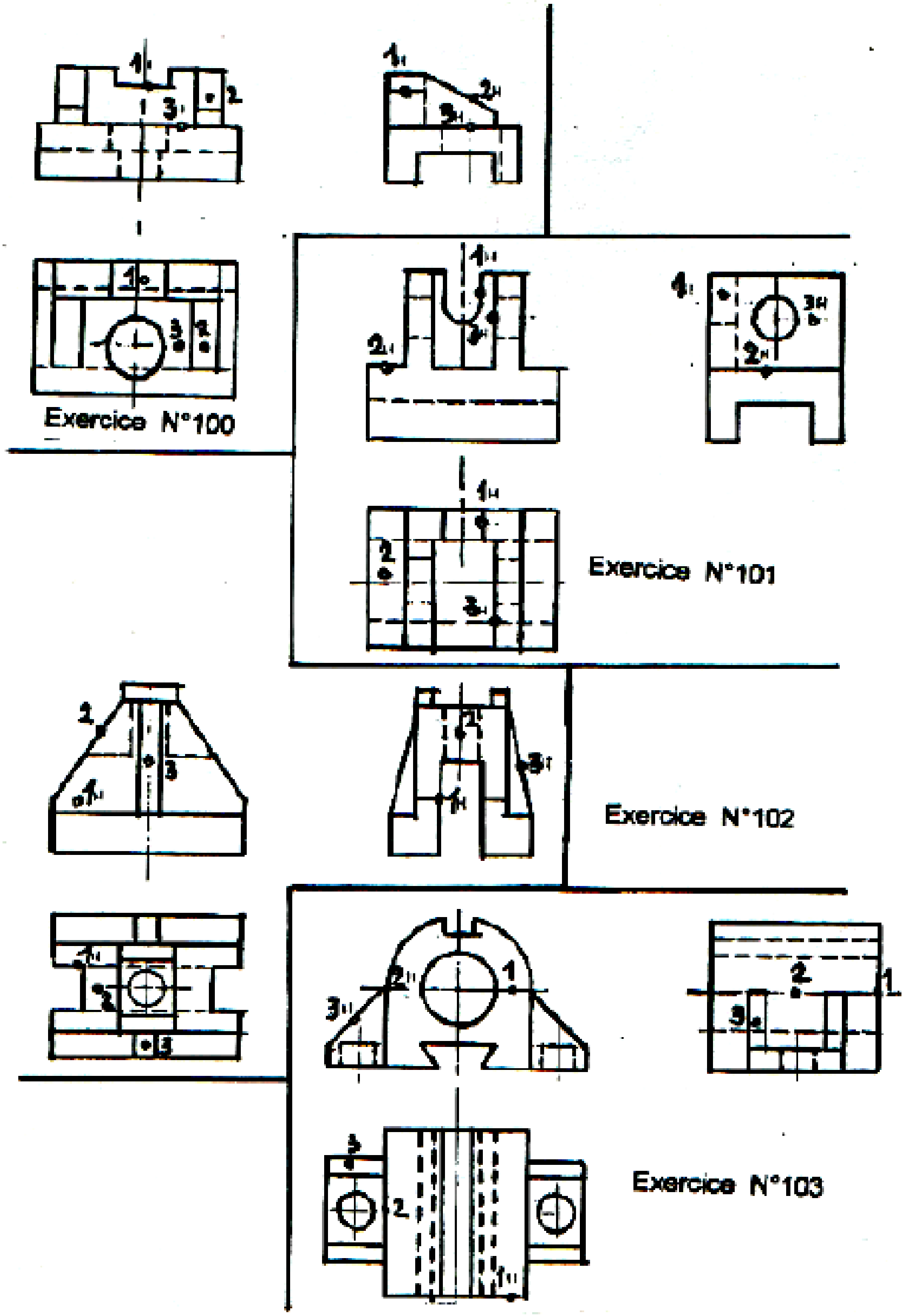
A partir des vues représentées ci-dessous, représenter le solide en perspective cavalière.

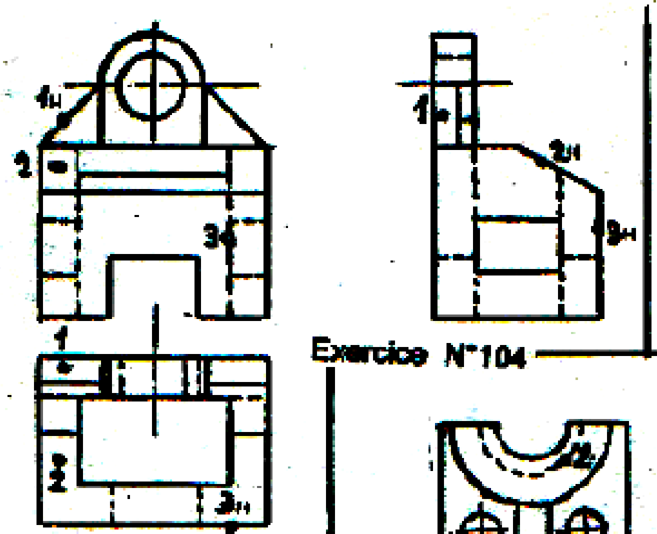



z'
x'
y'

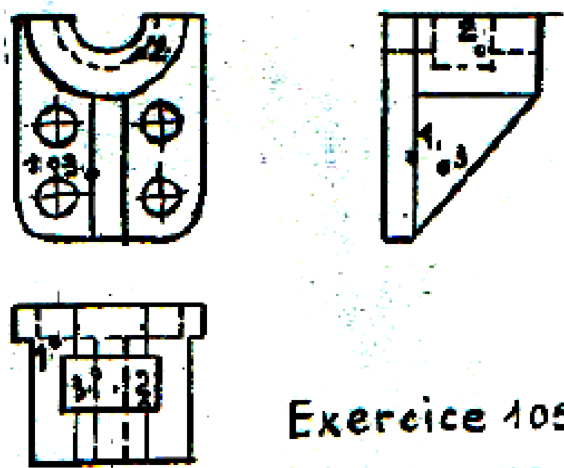
14.12. Exercices

Dessiner les perspectives cavalière et isométrique des solides représentés par les vues ci-dessous.

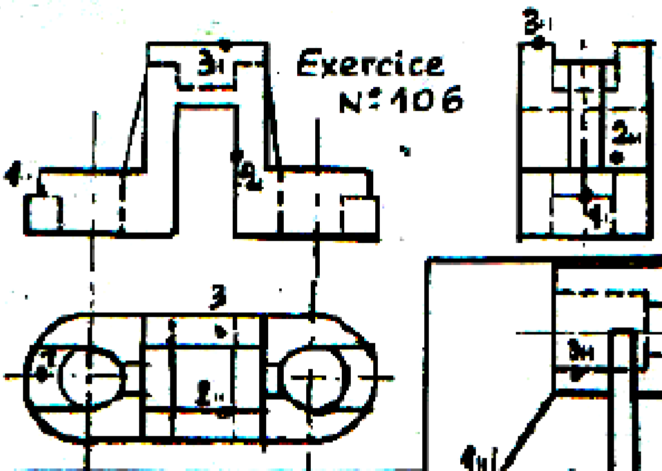




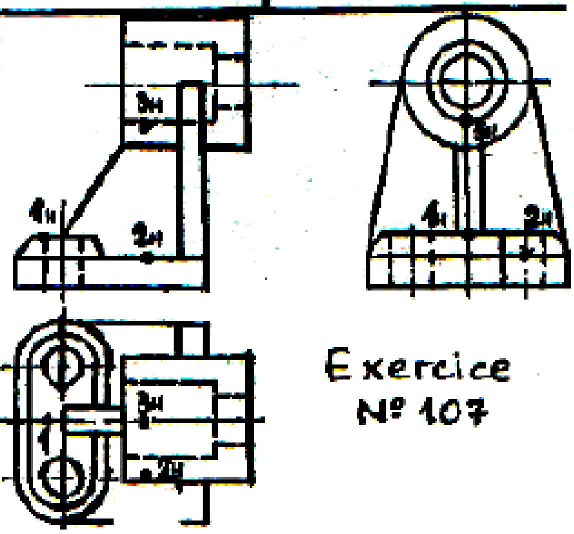
Exercice N°104



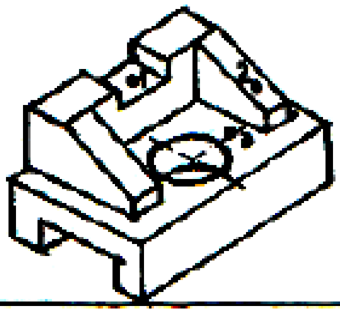
Exercice 105



Exercice N°106

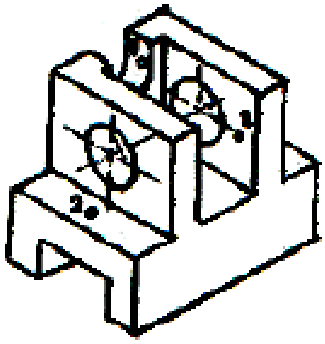


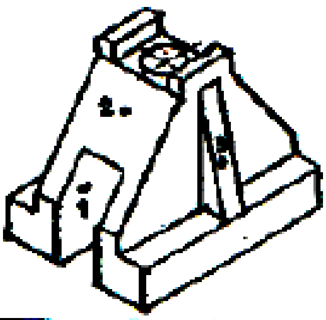
Exercice N°107



Corrigé N°100

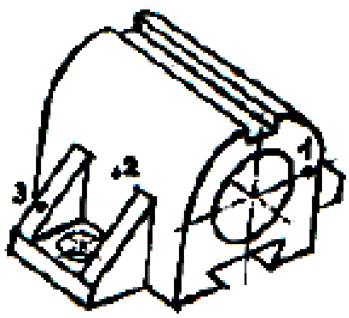
Corrigé N°101

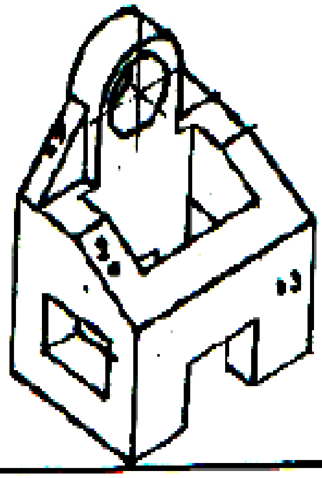




Corrigé N°102

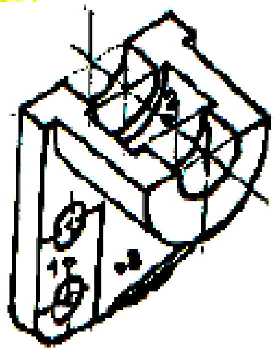
Corrigé N°103

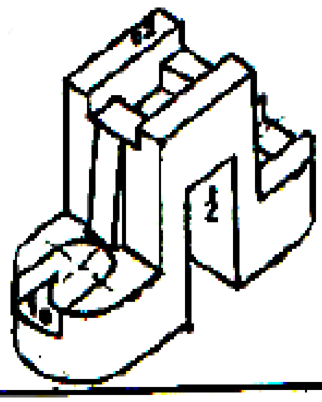




Corrigé N°104

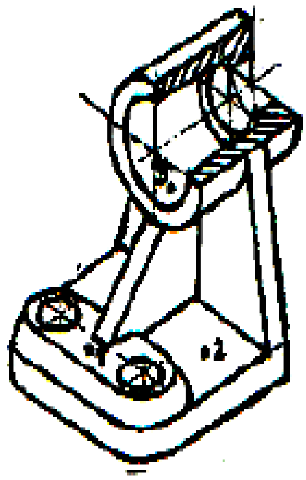
Corrigé N°105





Corrigé N°106

Corrigé N°107



BIBLIOGRAPHIE

1. DESSIN TECHNIQUE ET ELEMENTS DE CONSTRUCTION.
   J.Duroux. Edition André Desvigne.

2. PREMIERES NOTIONS DE DESSIN TECHNIQUE.
   André Ricordeau.
   Edition André Casteilla. Année 1982.

3. MEMENTO DE DESSIN INDUSTRIEL, TOME 1.
   G.Lenormand et J.Tinel. Edition Foucher.

3. DESSIN INDUSTRIEL, LIVRE DE PROBLEMES, TOME 1.
   G.Spiridinov. Edition O.P.U. Année 1987.

4. AIDE MEMOIRE DE L'ELEVE DESSINATEUR.
   M.Norbert et R.Philippe.
   Edition nouvelle. Année 1981.

5. METHODE ACTIVE DE DESSIN TECHNIQUE.
   André Ricordeau et Pierre Compain-Mefray.
   Edition André Casteilla. Année 1984.

6. DESSIN INDUSTRIEL.
   Robert Gautelier.
   Edition Société Angalis. Année1979.

7. INTRODUCTION AU DESSIN INDUSTRIEL.
   Majed Abdelhamid. Edition O.P.U. Année 1989.

8. COURS DE DESSIN.
   Claude Sirault. Edition A.De Boeck. Année 1977.

9. DESSIN TECHNIQUE ET CONSTRUCTION MECANIQUE.
   (1ère partie) M. Norbert.
   Edition de la Capitelle. Année 1971.

10. DOSSIER DE TECHNOLOGIE DE CONSTRUCTION.
    André Ricordeau et André Corbet.
    Edition André Casteilla. Année 1981.

11. DESSIN DE CONSTRUCTION MECANIQUE.
    H. Ribérol. Edition Delagrave. Année 1979.

12. COURS DE GEOMETRIE DESCRIPTIVE
    Professeur HOANG VAN THAN
    Polycopié INES de Biskra. Année 1987.