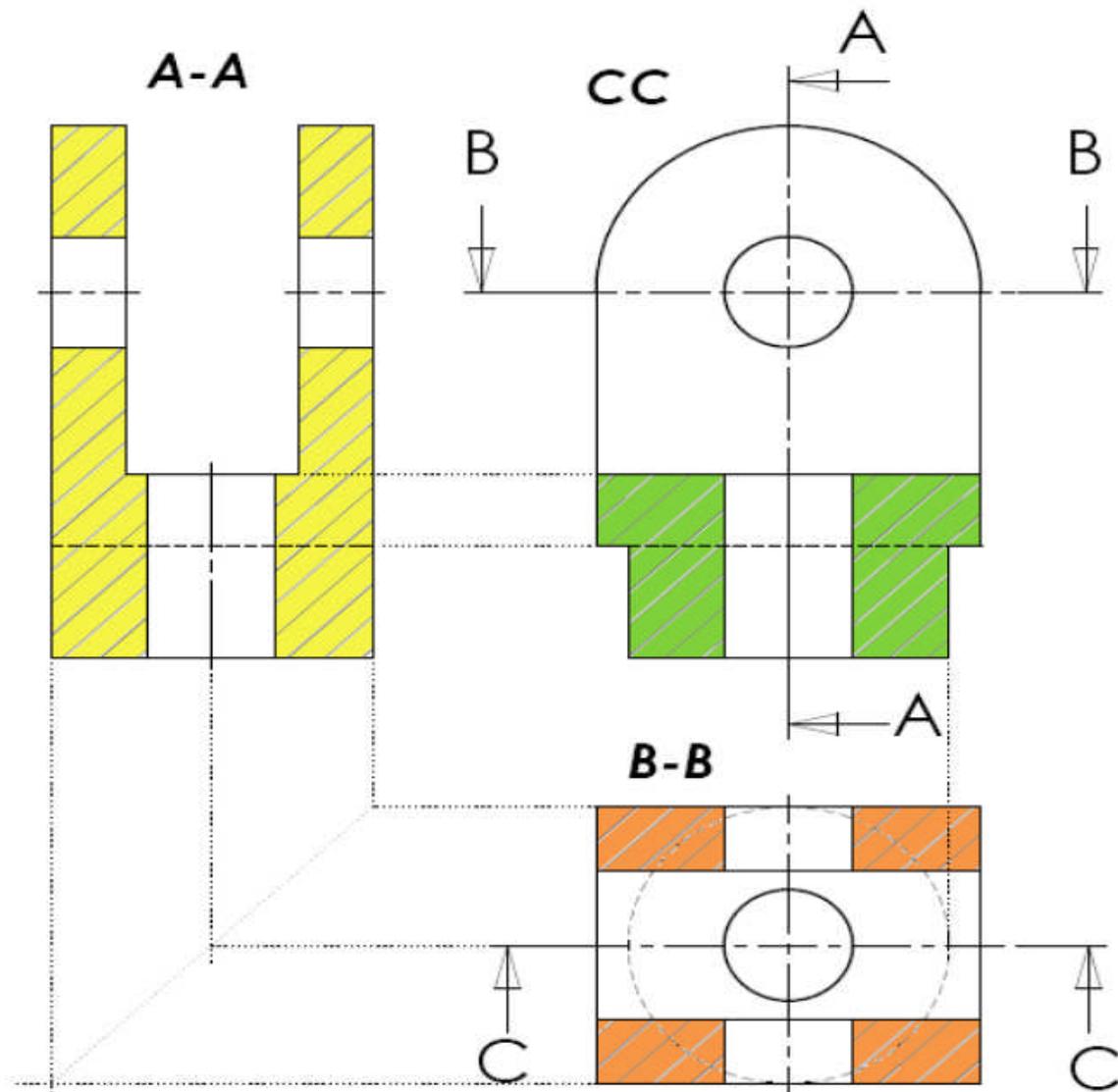


S.BENSAADA
D.FELLIACHI
Med Zakaria BENSAADA

DESSIN TECHNIQUE

COURS ET EXERCICES AVEC SOLUTIONS



S O M M A I R E

PREFACE.....	1
1. INTRODUCTION.....	2
2. CLASSIFICATION DES DESSINS.....	4
2.1. Définition.....	4
2.2. Natures du dessin.....	4
2.2.1. Le dessin géométrique.....	4
2.2.2. Le dessin technique.....	4
2.2.3. Le dessin à main levée.....	4
2.2.4. Le dessin symbolique.....	4
2.3. Formes du dessin.....	5
2.3.1. Le croquis.....	5
2.3.2. Le croquis coté.....	5
2.3.3. L'esquisse.....	5
2.3.4. Le dessin.....	5
2.3.5. Le schéma.....	5
2.3.6. L'épure.....	5
2.3.7. Le graphique.....	6
2.4. Fonctions d'un dessin.....	6
2.4.1. Le dessin d'avant projet.....	6
2.4.2. Le dessin de projet.....	6
2.4.3. Le dessin de définition.....	6
2.4.4. Le dessin d'ensemble.....	7
2.4.5. Le dessin de fabrication.....	7
2.4.6. Le dessin d'opération.....	7
2.4.7. Le dessin de vérification.....	7
3. LA NORMALISATION.....	8
4. LE MATERIEL DU DESSINATEUR.....	10
4.1. Matériel pour le dessin au crayon.....	10
4.2. Matériel pour le dessin à l'encre.....	11
5. PRESENTATION DES DESSINS.....	12
5.1. Les formats.....	12
5.2. Le cadre.....	13
5.3. Le cartouche d'inscription.....	14
5.4. La nomenclature des pièces.....	14
5.5. L'écriture normalisée.....	17
5.5.1 Dimensions normalisées des écritures.....	17
5.5.2 Largeurs des majuscules.....	18
5.5.3 Largeurs des minuscules.....	18
5.5.4 Espacements entre les caractères.....	18
5.5.5 Signes particuliers.....	18
5.6. Les traits.....	20
5.6.1. Lrgeur des traits.....	20
5.6.2. Nature des traits et leur utilisation	
5.7. Les échelles.....	22
6. METHODE D'EXECUTION D'UN DESSIN.....	24
7. TRACES GEOMETRIQUES.....	26

7.1.	Construction de perpendiculaires.....	26
7.1.1.	Médiatrice d'un segment de droite.....	26
7.1.2.	Perpendiculaire à une droite connue passant par un point de la droite.....	26
7.1.3.	Perpendiculaire à une droite connue passant par un point donné extérieur à cette droite.....	27
7.1.4.	Perpendiculaire passant par un point connu qui est à l'origine d'une demi-droite.....	27
7.2.	Construction de parallèles.....	28
7.2.1.	Droite parallèle à une autre droite connue et se trouvant à une certaine distance.....	28
7.2.2.	Droite parallèle à une autre droite connue et passant par un point connu....	28
7.3.	Division d'un segment de droite en un nombre quelconque de parties égales.....	29
7.4.	Construction d'angles.....	29
7.4.1.	Report d'angles.....	29
7.4.2.	Bissecteur d'un angle.....	30
7.4.3.	Division d'un angle droit en trois parties égales.....	30
7.4.4.	Construction d'un angle quelconque à l'aide de sa tangente.....	30
7.4.5.	Construction d'un angle quelconque à l'aide d'un arc de cercle de rayon 57,3 mm.....	31
7.4.6.	Construction d'un angle de 60°, 120°, 30° et 150°.....	31
7.5.	Construction de circonférences.....	32
7.5.1.	Circonférence passant par 3 points non alignés.....	32
7.5.2.	Détermination du centre de cercle.....	32
7.6.	Les polygones.....	32
7.6.1.	Carré inscrit dans un cercle.....	32
7.6.2.	Triangle équilatéral inscrit dans un cercle.....	33
7.6.3.	Hexagone inscrit dans un cercle.....	33
7.6.4.	Hexagone tangent à un cercle.....	34
7.6.5.	Octogone inscrit dans un cercle.....	34
7.6.6.	Pentagone inscrit dans un cercle.....	35
7.6.7.	Décagone inscrit dans un cercle.....	35
7.6.8.	Polygone de N cotés 12, 14, 16 etc.....	36
7.7.	Construction de tangentes.....	36
7.7.1.	Tangente en un point donné situé dans un cercle.....	36
7.7.2.	Tangente à un cercle à partir d'un point extérieur connu.....	37
7.7.3.	Cercle tangent aux cotés d'un angle.....	37

7.7.4.	Tangente commune extérieure à deux cercles.....	38
7.7.5.	Tangente commune intérieure à deux cercles.....	38
8.	LES RACCORDEMENTS.....	39
8.1.	Raccordement de deux droites par un arc.....	39
8.2.	Raccordement extérieur d'une droite à un cercle par une courbe.....	40
8.3.	Raccordement intérieur d'une droite à un cercle par une courbe.....	40
8.4.	Raccordement intérieur de deux cercles par une courbe.....	41
8.5.	Raccordement extérieur de deux cercles par une courbe.....	41
8.6.	Raccordement de deux cercles par une courbe, l'un raccordé intérieurement, l'autre extérieurement.....	42
8.7.	Exercices.....	43
9.	LES COURBES USUELLES.....	47
9.1.	Les ovales.....	47
9.1.1.	Ovale au tiers.....	47
9.1.2.	Ovale au quart.....	47
9.1.3.	Ovale dont le petit axe est connu.....	48
9.2.	Tracé des ellipses.....	48
9.2.1.	1 ^{re} méthode : par point à l'aide du compas.....	49
9.2.2.	2 ^{me} méthode: par réduction des ordonnées d'un cercle.....	49
9.2.3.	3 ^{me} méthode : des huit points.....	50
9.3.	Tracé des arcs.....	50
9.3.1.	Arc surbaissé.....	50
9.3.2.	L'anse de panier à trois centres.....	51
9.3.3.	Arc rampant à deux centres.....	51
9.4.	Spirale et volute.....	52
9.4.1.	Spirale à quatre centres en partant d'un carré.....	52
9.4.2.	Volute inscrite dans un rectangle.....	52
10.	REPRESENTATION DES SOLIDES.....	53
10.1.	Méthode du premier dièdre.....	53
10.1.1.	Noms et disposition des vues.....	54
10.1.2.	Choix des vues.....	56
10.1.3.	Correspondance entre les vues.....	56
10.1.4.	Correspondance entre les projections d'un détail.....	58
10.2.	Méthode du premier dièdre.....	59
10.3.	Méthode des flèches repérées.....	60
10.4.	Vues particulières.....	61
10.4.1.	Vues déplacées.....	61
10.4.2.	Vues interrompues.....	61
10.4.3.	Demi-vues.....	62
10.4.4.	Projections obliques.....	62

10.4.5.	Vues locales.....	63
10.4.6	Formes situées en avant.....	63
10.5.	Exercices.....	64
11.	COTATION DES FORMES.....	77
11.1.	Généralités.....	77
11.2.	Eléments de la cotation.....	78
11.2.1.	Lignes de cotes.....	78
11.2.2.	Lignes d'attache.....	78
11.2.3.	Flèches.....	79
11.2.4.	Chiffres et lettres.....	79
11.3.	Groupement de cotes.....	80
11.3.1.	Cotation en parallèle.....	81
11.3.2.	Cotation en série.....	81
11.3.3.	Cotation en coordonnées.....	82
11.3.4.	Cotation de demi-vues.....	82
11.3.5.	Cotation d'éléments identiques.....	83
11.3.6.	Cotation d'une corde.....	83
11.3.7.	Cotation des rayons.....	84
11.3.8.	Cotation des chanfreins.....	84
11.3.9.	Cotation des diamètres.....	85
11.3.10.	Cotation des rainures et clavettes.....	85
11.3.11.	Cotation des fraises.....	85
11.3.12.	Cotation des pentes et conicités.....	86
11.3.13.	Cotation des queues d'arronde conte- -nantes et contenues.....	86
11.4.	Exercices.....	87
12.	LES COUPES.....	93
12.1.	But.....	93
12.2.	Classification des coupes.....	94
12.3.	Exécution d'une coupe.....	95
12.4.	Les hachures.....	97
12.5.	Coupes simples.....	98
12.6.	Coupes brisées.....	100
12.6.1.	Coupe brisée à plans parallèles.....	100
12.6.2.	Coupe brisée à plans sécants.....	100
12.7.	Coupes partielles.....	102
12.7.2.	Coupes locales.....	102
12.7.2.	Demi-coupes.....	102
12.8.	Exercices.....	104
13.	LES SECTIONS.....	116
13.1.	Définition.....	116
13.2.	Classification.....	116
13.2.1.	Section rabattue.....	116
13.2.2.	Section sortie.....	117
13.3.	Exercices.....	118
14.	LES PROJECTIONS AXONOMETRIQUES.....	121
14.1.	Définition.....	121
14.2.	Notions préliminaires.....	121
14.3.	Propriétés.....	122
14.4.	Coefficients de réduction.....	122
14.5.	Classification des projections axonométriques.....	123

14.6.	La projection axonométrique orthogonale.....	123
14.6.1.	Définition.....	123
14.6.2.	Propriétés.....	123
14.7.	La perspective axonométrique isométrique.....	126
14.7.1.	Propriétés.....	126
14.7.2.	Coefficient de réduction.....	126
14.7.3.	Perspective isométrique d'un cercle....	126
14.7.4.	Remarques.....	127
14.7.5.	Exemple d'application.....	127
14.8.	La perspective dimétrique usuelle.....	129
14.8.1.	Coefficients de réduction.....	129
14.8.2.	Détermination des axes axonométriques..	129
14.8.3.	Tracé des ellipses situées dans l'un des plans.....	131
14.8.4.	Exemple d'application.....	132
14.9.	La perspective dimétrique redressée.....	134
14.9.1.	Coefficients de réduction.....	134
14.9.2.	Axes axonométriques.....	134
14.9.3.	Tracé des ellipses.....	135
14.9.5.	Exemple d'application.....	135
14.10.	La perspective trimétrique.....	137
14.10.1.	Coefficients de réduction.....	137
14.10.2.	Axes axonométriques.....	137
14.10.3.	Tracé des ellipses.....	137
14.10.4.	Exemple d'application.....	138
14.11.	La perspective axonométrique oblique :	
	la perspective cavalière.....	140
14.11.1.	Définition.....	140
14.11.2.	Axes axonométriques.....	141
14.11.3.	Propriétés et caractéristiques.....	142
14.11.4.	Perspective cavalière de certaines figures usuelles : (carré, cercle et sphère).....	143
14.11.5.	Exemples d'application.....	144
14.12.	Exercices.....	146
15.	ETATS DE SURFACE.....	148
15.1.	Les défauts de surface.....	148
15.2.	Critères de rugosité.....	148
15.3.	Indication de la rugosité.....	151
15.4.	Les indices de façonnage.....	152
15.4.1.	Surfaces sans épaisseurs d'usinage.....	152
15.4.2.	Surfaces avec épaisseurs d'usinage.....	153
15.5.	Mise en place des symboles sur le dessin.....	154
16.	TOLERANCES ET AJUSTEMENTS.....	156
16.1.	Notions de dimensions et cotes tolérancées.....	156
16.2.	Types de cotes.....	156
16.2.1.	La cote nominale.....	156
16.2.2.	Les cotes limites.....	157
16.2.3.	La cote effective.....	157
16.3.	Les écarts d'un arbre.....	157
16.3.1.	L'écart effectif.....	157

16.3.2.	L'écart supérieur.....	158
16.3.3.	L'écart inférieur.....	158
16.4.	Les tolérances d'un arbre.....	158
16.5.	Les écarts et tolérances d'un alésage.....	158
16.6.	Les cotes tolérancées.....	159
16.7.	Notion d'interchangeabilité.....	159
16.8.	Les ajustements.....	161
16.9.	Les zones de tolérance.....	161
16.10.	Types d'ajustements.....	162
16.10.1.	Ajustement avec jeu garanti.....	162
16.10.2.	Ajustement avec serrage garanti.....	163
16.10.3.	Ajustement incertain.....	164
16.11.	Système de tolérance et ajustement pour les assemblages cylindriques.....	165
16.11.1.	Le principe du système ISO.....	165
16.11.2.	La qualité d'ajustement.....	166
16.11.3.	L'indice de qualité.....	169
16.11.4.	Les paliers de diamètre.....	170
16.11.5.	Les positions des tolérances.....	172
16.11.6.	Position des alésages.....	173
16.11.7.	Position des arbres.....	173
16.11.8.	Particularités.....	176
16.11.9.	Inscription des tolérances.....	176
16.11.10.	Facteurs du choix des tolérances et ajustement.....	177
16.11.11.	Méthode du choix tolérances et ajus- -tement.....	178
16.11.12.	Ajustements recommandées.....	181
16.11.13.	Tolérances géométriques de forme et position.....	183
17.	LA COTATION FONCTIONNELLE.....	190
17.1.	Définition et but.....	190
17.2.	Chaîne de cotes.....	190
17.3.	Détermination des cotes fonctionnelles.....	193
18.	LE DESSIN D'ENSEMBLE.....	196
18.1.	Opportunité.....	196
18.2.	Perspective d'un ensemble.....	196
18.3.	Vue éclatée d'un ensemble.....	197
18.4.	Dessin en coupe d'un ensemble.....	198
19.	LES MODES DE LIAISONS MECANIQUES.....	201
19.1.	Définition.....	201
19.2.	Formes de contacts.....	202
19.3.	Modes de liaisons.....	205
19.3.1.	Liaison par obstacle.....	205
19.3.2.	Liaison par adhérence.....	205
19.3.3.	Propriétés des liaisons.....	206
19.4.	Caractère des liaisons.....	206
19.4.1.	Liaison complète.....	206
19.4.2.	Liaison partielle.....	207
19.4.3.	Liaison indémontable.....	208
19.4.4.	Liaison démontable.....	209

19.4.5.	Liaison élastique.....	210
19.4.6.	Liaison rigide.....	210
19.5.	Choix des liaisons.....	211
20.	LES MOYENS DE LIASONS MECANQUES ET LES ELEMENTS TECHNOLOGIQUES.....	212
20.1.	Liaisons complètes indémontables.....	213
20.1.1.	Le rivetage.....	213
20.1.2.	Emmanchement forcé.....	213
20.1.3.	Les soudures.....	214
20.2.	Liaisons complètes démontables.....	215
20.2.1.	Les filetages.....	215
20.2.1.1.	Définitions.....	215
20.2.1.2.	Représentation des filetages.....	217
20.2.1.3.	Le boulon.....	218
20.2.1.4.	Le goujon.....	219
20.2.1.5.	Le trou taraudé.....	220
20.2.1.6.	L'écrou.....	221
20.2.1.7.	Cotation d'un filetage.....	222
20.2.1.8.	Assemblage par boulon.....	223
20.2.1.9.	Assemblage par goujon.....	225
20.2.2.	Les clavettes.....	227
20.2.3.	Le goupillage.....	229
20.2.4.	Vis de pression.....	229
20.3.	Liaisons partielles en translation.....	230
20.3.1.	Goupille tangente.....	230
20.3.2.	Bague goupillée.....	230
20.3.3.	Bride d'arrêt.....	230
20.3.4.	Rondelle et goupille.....	230
20.3.5.	Les circlips.....	230
20.4.	Liaisons partielles en rotation.....	231
20.4.1.	Clavette.....	231
20.4.2.	Arbre cannelé.....	231
20.4.3.	Vis à téton.....	231
20.5.	Liaisons partielles: sphérique et articulation.....	232
20.5.1.	Liaison sphérique ou rotule.....	232
20.5.2.	Vis axe pour articulation.....	232
20.5.3.	Articulation.....	232
20.6.	Liaisons partielles élastiques.....	233
20.6.1.	Les ressorts.....	233
20.6.2.	Le caoutchouc.....	233
21.	LA REPRESENTATION SYMBOLIQUE.....	234
21.1.	Représentation simplifiée.....	234
21.2.	Les schémas.....	234
21.3.	Symboles pour schémas.....	236
21.3.1.	Les liaisons mécaniques.....	236
21.3.2.	Représentation des roulements.....	237
21.3.3.	Les engrenages.....	238
21.3.4.	Symboles divers.....	239
22.	LE DESSIN ASSISTE PAR ORDINATEUR.....	243
23.	CORRIGES D'EXERCICES.....	245

24.	LES UNITES DE MESURE.....	267
24.1.	Mesures linéaires.....	267
24.2.	Mesures de surface.....	267
24.3.	Mesures de volume.....	267
24.4.	Mesures de masse, poids et force.....	267
24.5.	Mesures de pression et contrainte.....	268
25.	LEXIQUE DE TERMINOLOGIE FRANCAIS ARABE.....	269
	BIBLIOGRAPHIE.....	279

P R E F A C E

Le dessin technique, étant un langage universel des sciences technologiques demande à être enseigné pour tous les étudiants en tronc commun de technologie.

Son apprentissage requiert un aspect fondamental et particulier à la fois. L'imagination demeure la première faculté d'assimilation néanmoins les nouvelles techniques pédagogiques mises en oeuvre ont facilité le transfert des connaissances graphiques.

La didactique a résorbé un certain nombre de cas d'ambiguïtés dans les concepts qui étaient jusqu'à lors abstraites ou difficilement exploitables.

A cet effet l'approche pédagogique envisagée par les auteurs dans ce domaine et notamment dans la publication du polycopié le dessin technique, première partie la géométrie descriptive (OPU 1993), est une base indispensable et nécessaire dans l'enseignement du dessin industriel.

La géométrie descriptive représente le pré-requis du présent polycopié du fait que le dessin industriel se base principalement sur les techniques des projections orthogonales.

Les techniques du dessin industriel n'étant pas figées, doivent être continuellement améliorées et ce tout au long des cycles d'études à l'université à travers les mini-projets des modules techniques. Cette recherche dans l'amélioration tant technique que pédagogique, comme dans toute discipline scientifique, intègre le dessin technique à son meilleur niveau d'expression rigoureuse et rationnelle.

L'impact d'apprentissage ou d'initiation du dessin industriel est caractérisé dans ce polycopié par l'aspect pédagogique du module TEC 003 en matière de programme et les effets sur les récepteurs ou cibles de ce module.

Dans notre première édition du polycopié sur le dessin technique (première partie: la géométrie descriptive), certainement il y avait des lacunes, nous espérons recevoir des suggestions de la part des lecteurs et seront très attentifs pour la deuxième édition.

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 .

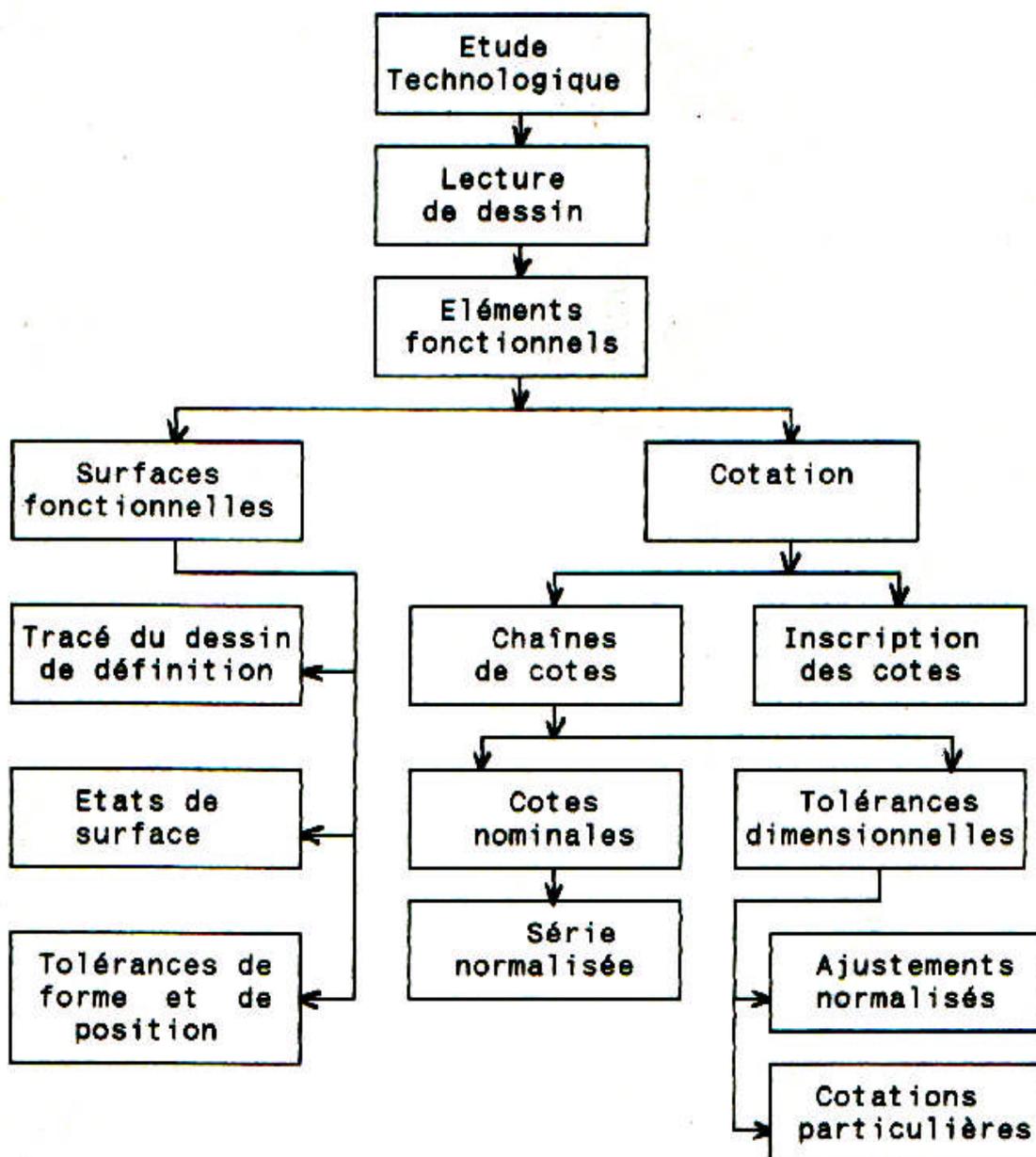
Appelé aussi dessin industriel, le dessin technique est utilisé dans toutes les industries et représente le moyen essentiel indispensable et universel pour exprimer clairement une pensée technique. Il est universel puisqu'il utilise les règles et lois de la normalisation. Le dicton " Un schéma vaut mieux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

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 ambiguïté 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 réglementation 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/m^2 (140 ou 200 G/m^2).

- 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 sur la 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

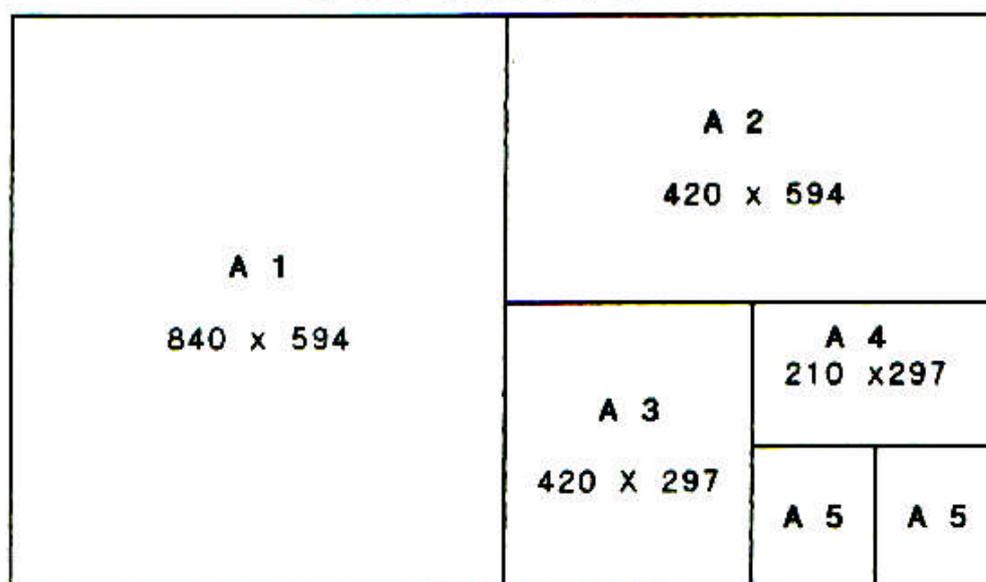
Afin de faciliter la manipulation, la consultation et surtout le classement de milliers de dessins d'une petite usine on utilise des formats normalisés.

Tous les formats dérivent du format de base désigné par A0 de surface 1m^2 et de dimensions 1188×840 .

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 : 1188×840
- 2 - A1 : 840×594
- 3 - A2 : 594×420
- 4 - A3 : 420×297
- 5 - A4 : 297×210
- 6 - A5 : $210 \times 148,5$

A 0 : 1188×840



A5 : $148,5 \times 210$

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)

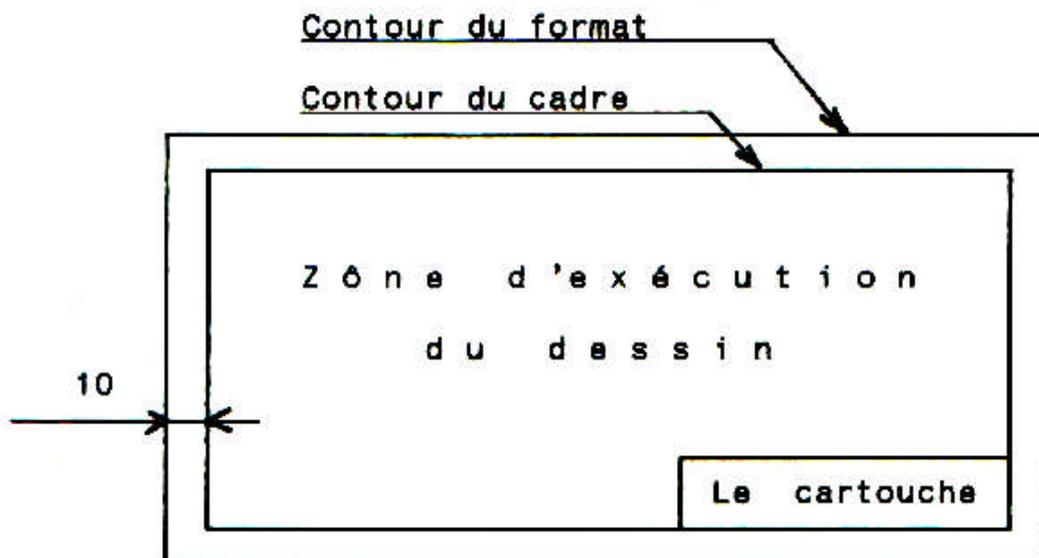
- Les formats allongés exceptionnels :

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 représentée 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)

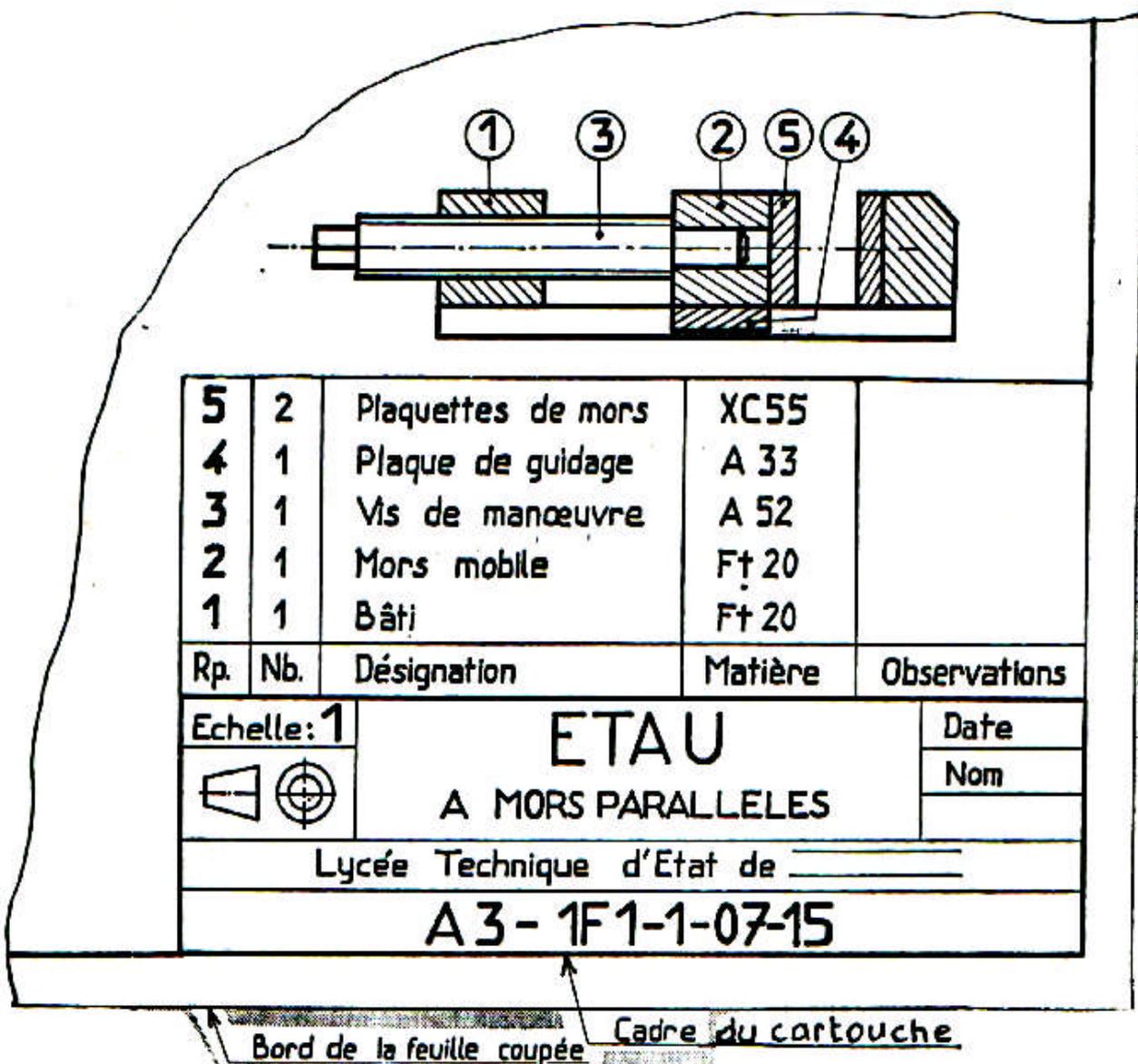
5.4. La nomenclature des pièces

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 .

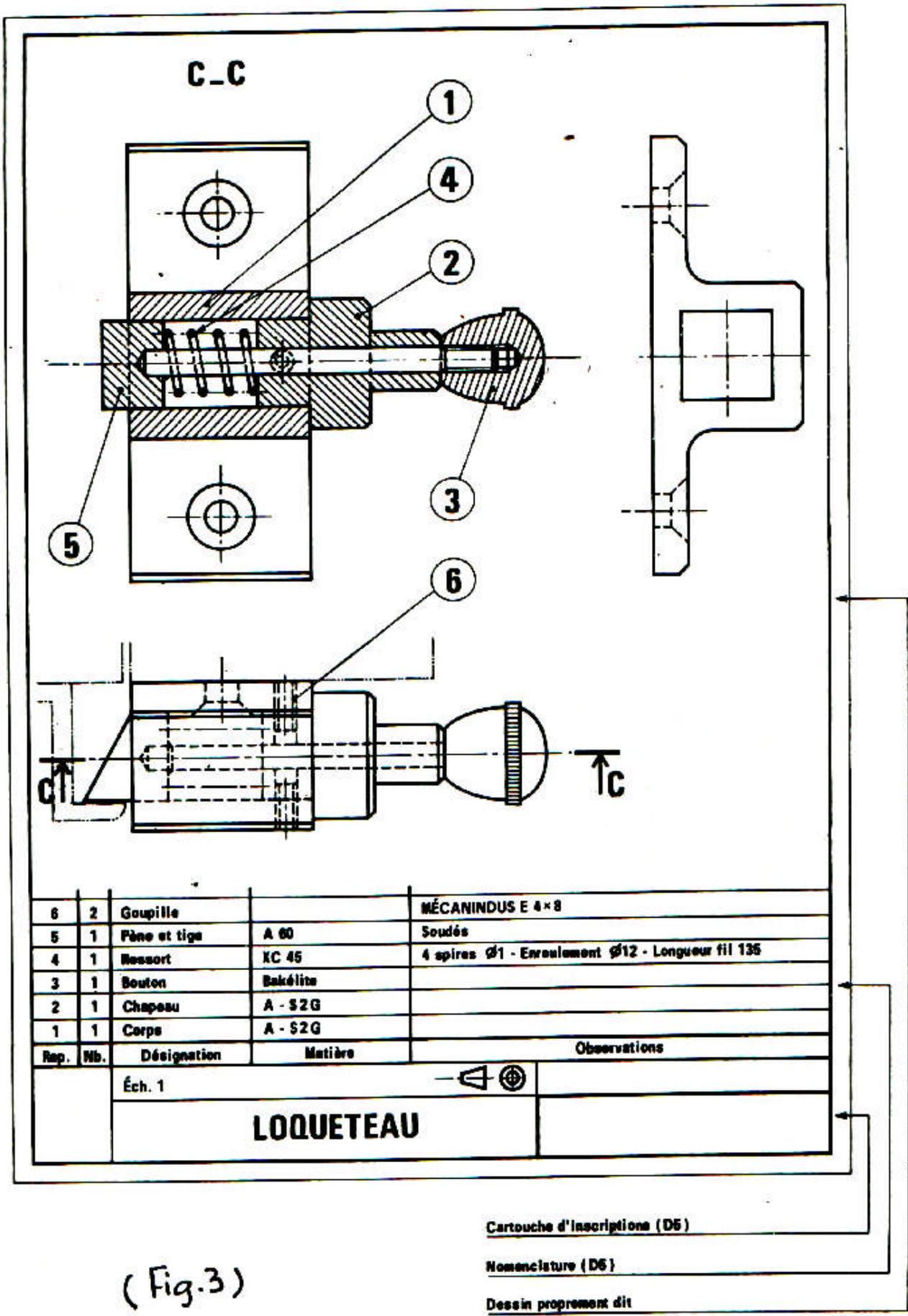
La nomenclature comprend :

- 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)



(Fig.3)

5.5. L'écriture normalisée

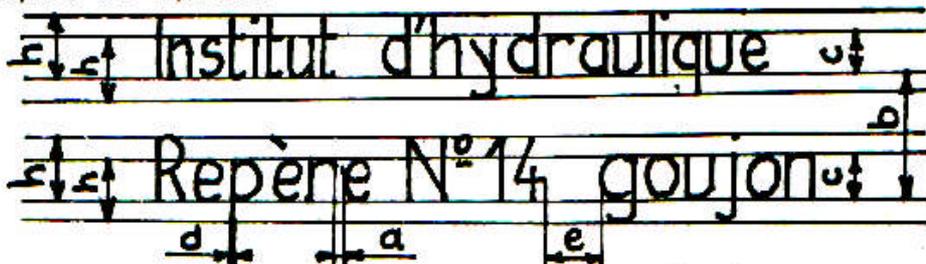
Pour la clarté et la présentation convenable des dessins, l'écriture est normalisée afin de faire partie intégrante du dessin.

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 INCLINÉE 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

ABCDEF GHIJKLMN OP

QRSTUVWXYZ

abcdefghijklmnopq

rstuvwxyz

[(!?; " = + x : √ ° &)] φ

0123456789 IVX

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 :

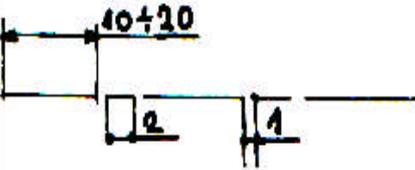
- l est la largeur du trait fin
- L est la largeur du trait fort

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

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

L A R G E U R D U T R A I T (e n m m)						
N a t u r e d u t r a i t	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		A S P E C T	U T I L I S A T I O N
T R A I T C O N T I N U	FORT		Arêtes et contours vus des vues, sections sorties et coupes. Flèches indiquant le sens d'observation. Cadres et cartouche des dessins
	FIN		Ligne d'attache et de cote. Hachures. Esquisse Contours des sections rabattues. Contour des pièces voisines. Fonds des filets vus. Arêtes et contours fictifs. Contours 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
T R A I T	FIN		Axes et traces de plans de symétrie. Parties situées en avant du plan de coupe. Positions maximums des pièces mobiles
M I X T E	FORT ET FIN		Tracés des plans de coupe et de section
	FORT		Indication des surfaces devant subir un traitement 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

$$1/200 \text{ ème} = 0,005 = 5 \text{ mm par m}$$

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

- 1) - $2,40 \times 1/200 = 0,012 \text{ m} = 12 \text{ mm}$
- 2) - $2,40 \times 0,005 = 0,012 \text{ m} = 12 \text{ mm}$
- 3) - $5 \times 2,40 = 12 \text{ mm}$

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: 30x20

Echelle: 1/1



Echelle: 0,5 ou 1/2



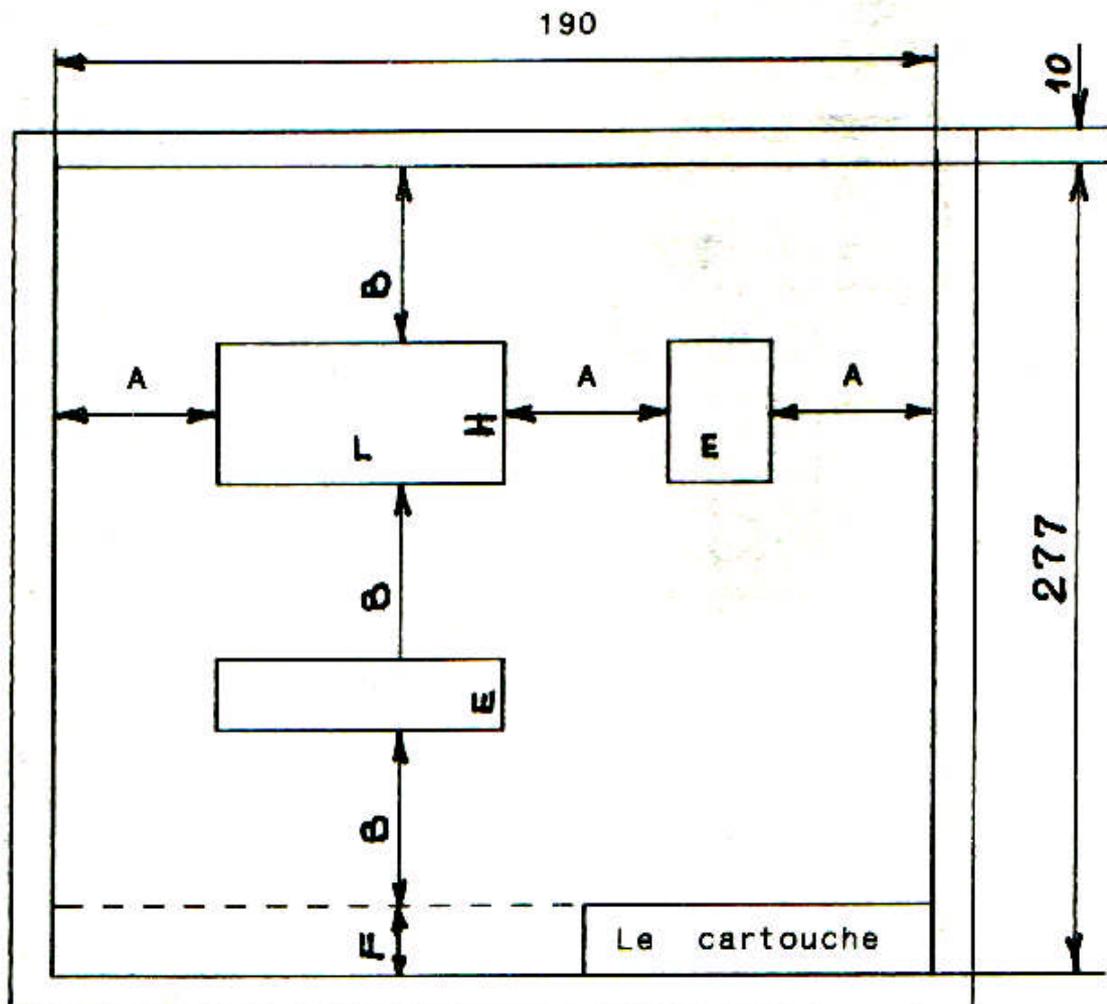
Echelle: 2 ou 2/1

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 tracé 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:

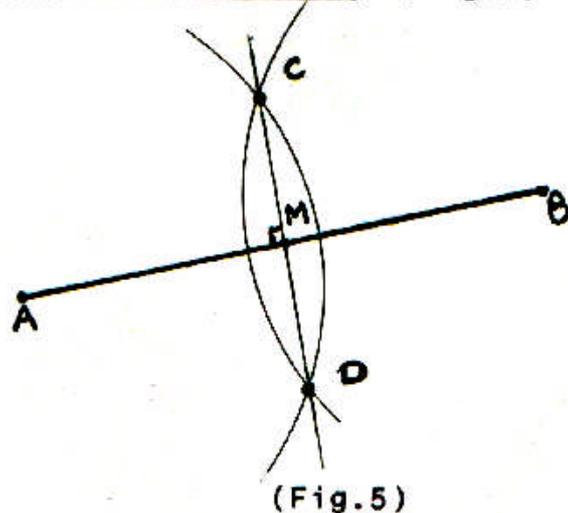
Les tracés géométriques permettent de réaliser des dessins avec une grande précision .

7.1. Construction de perpendiculaires

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

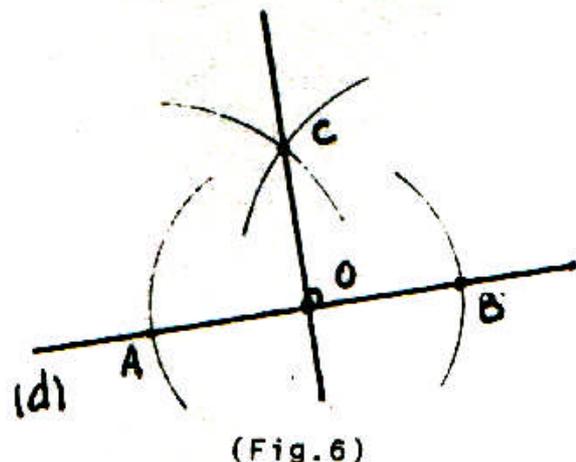
- Choisir une ouverture du compas égale à R tel que $R > AB/2$
- A partir de A et B comme centre, tracer les deux arcs qui se coupent en C et D
- Joindre CD qui est la médiatrice du segment AB.

$$CA = CB = BA \\ \text{et } MA = MB$$



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 $R_1 > OA$ qui se coupent en C
- CO est perpendiculaire à (d)

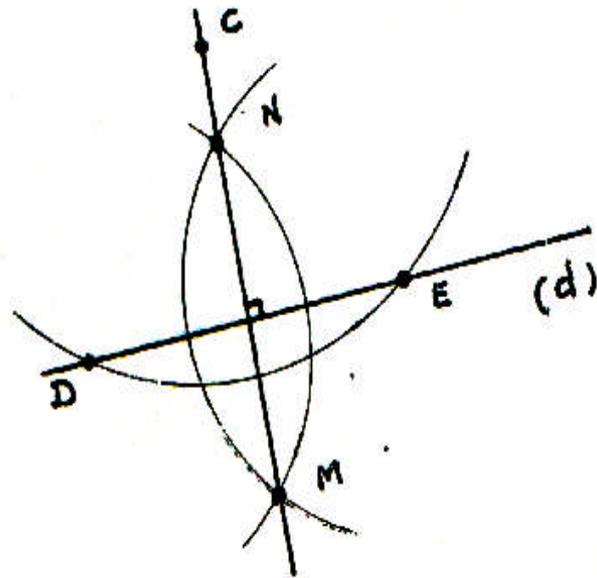


7.1.3. Perpendiculaire à une droite (d) connue passant par un point C extérieur à cette droite (fig.7)

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

- A partir de D et E, tracer les arcs de rayon $R_1 = DE$ lesquels se coupent en N et M

- MN est perpendiculaire à (d)



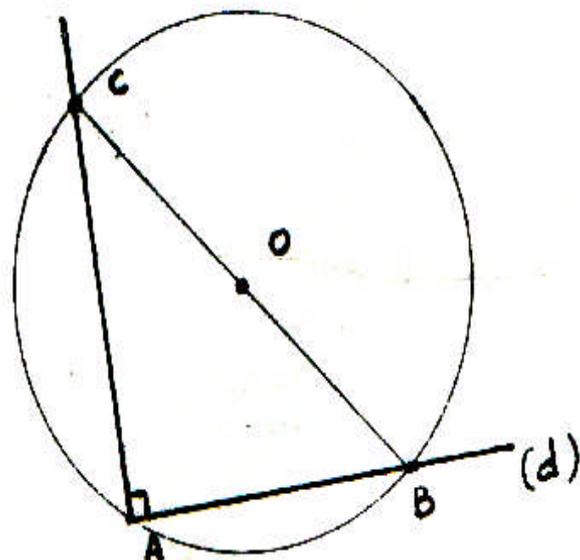
(Fig.7)

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)

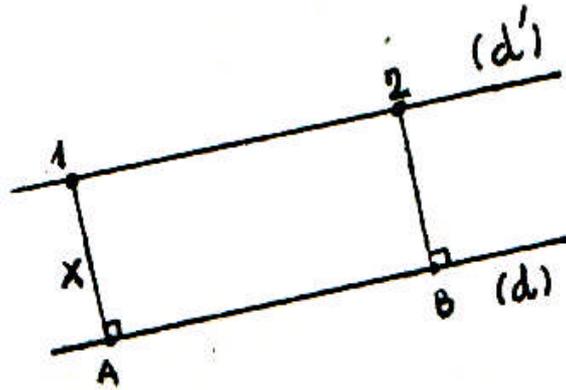
7.2. Construction de parallèles

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 perpendiculaires 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)

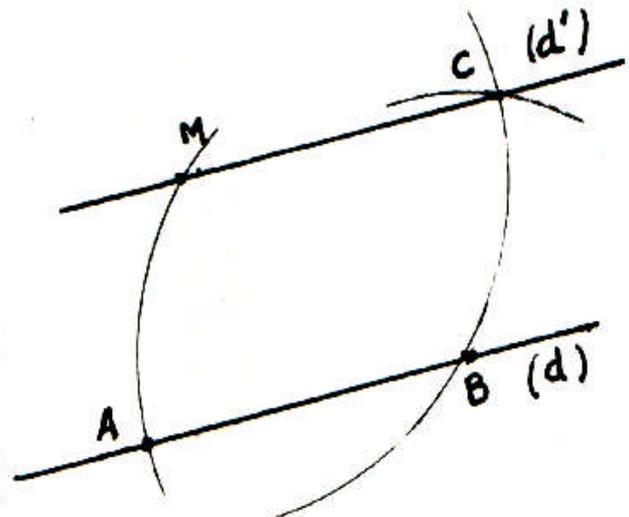
- Choisir un point quelconque B sur (d)

- 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

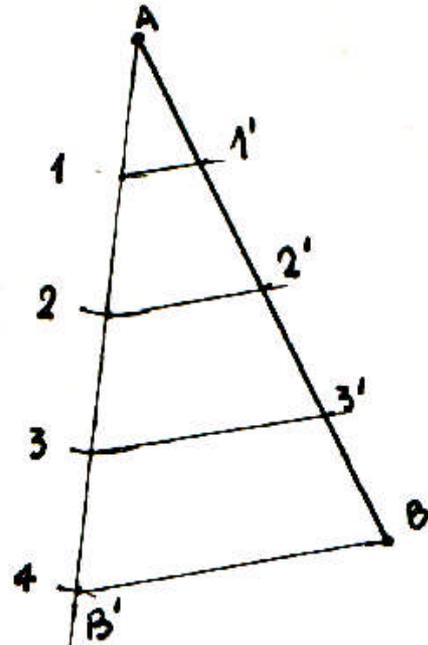
- MC est la droite (d') // (d)



(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'
- $A1' = 1'2' = 2'3' = 3'B$



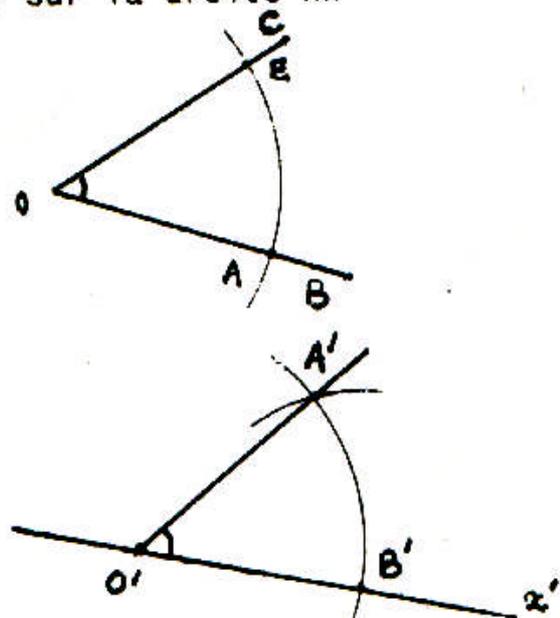
(Fig.11)

7.4. Construction d'angles

7.4.1. Report d'angles (fig.12)

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

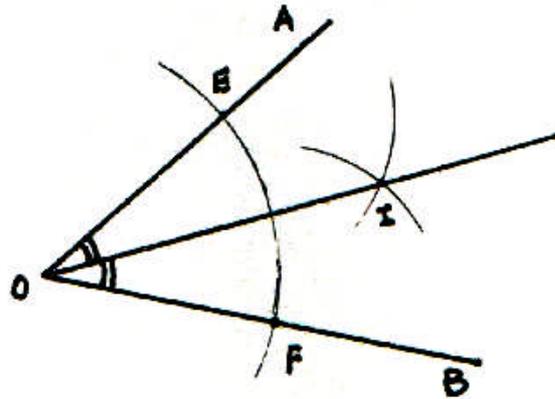
- Sur xx' porter le point O'
 - Avec une ouverture du compas quelconque R, tracer à partir de O l'arc coupant les cotés de l'angle en A et E
 - A partir de O' , tracer ce même arc sur xx' on obtient B'
 - Avec une ouverture du compas égale à $R_1 = EA$, la reporter sur l'arc tracer sur xx' , on obtient A'
- $\widehat{OAB} = \widehat{O'A'B'}$



(Fig.12)

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

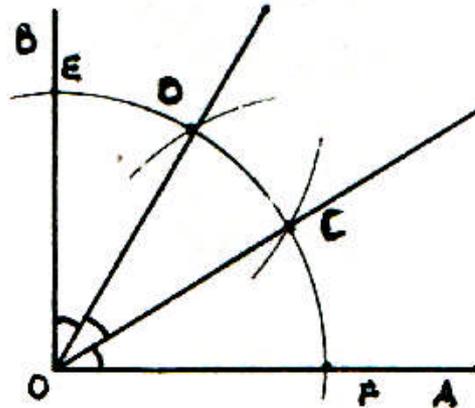
- A partir de O et avec une ouverture du compas égale à R, tracer un arc qui coupe OA en E et OB en F
 - De E et F tracer les arcs de rayon R1 qui se coupent en I
 - Le bissecteur de l'angle \widehat{OAB} est OI.
- $\widehat{AOI} = \widehat{BOI}$



(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:
- $\widehat{EOD} = \widehat{DOC} = \widehat{COA} = 30^\circ$

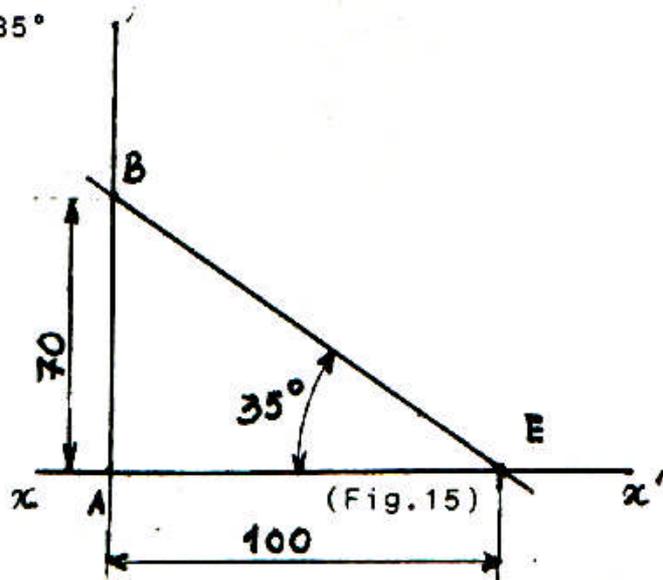


(Fig.14)

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

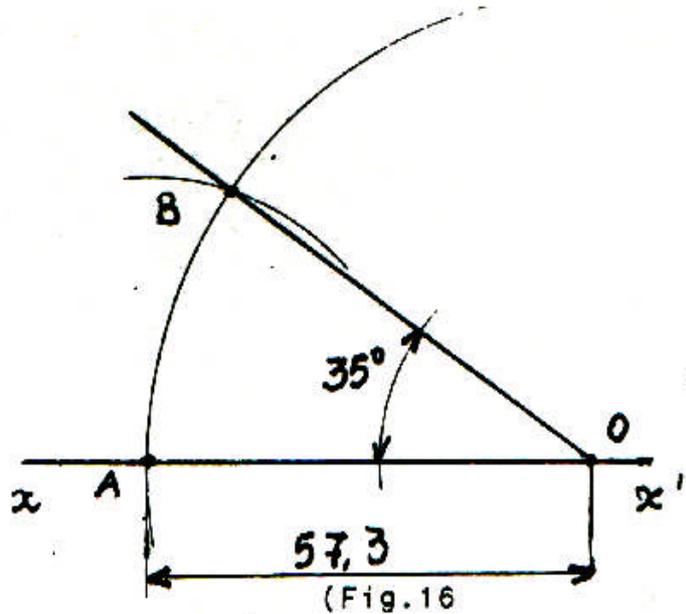
Exemple d'un angle de 35°

- 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 côté AB



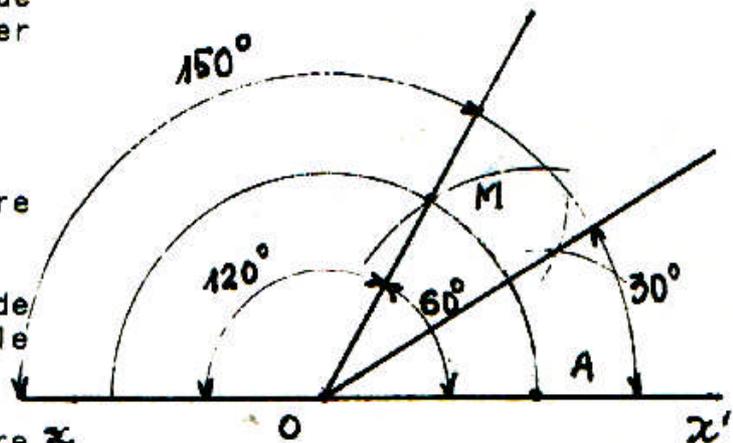
7.4.5. Construction d'un angle quelconque à l'aide d'un arc de cercle ayant pour rayon 57,3 mm (fig.16)

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



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, $\widehat{MOA} = 60^\circ$
- Son angle supplémentaire fait 120°
- Tracer la bissectrice de MOA, qui nous donne l'angle de 30°
- Son angle supplémentaire fait 150°



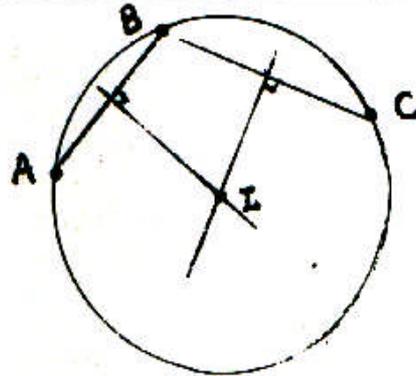
7.5. Construction de circonférences

Pour tracer une circonférence il faut connaître:

- son centre
- son rayon R

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

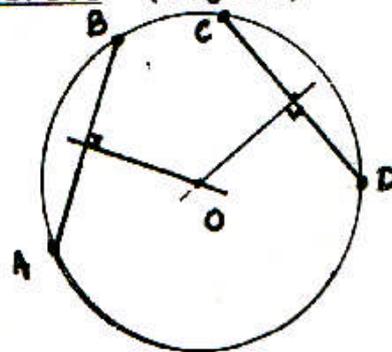
- Les trois points sont A, B et C
- Tracer les médiatrices de AB et AC leur point d'intersection I, nous donne le centre du cercle passant par ces 3 points



(Fig.18)

7.5.2. Déterminer le centre du cercle (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

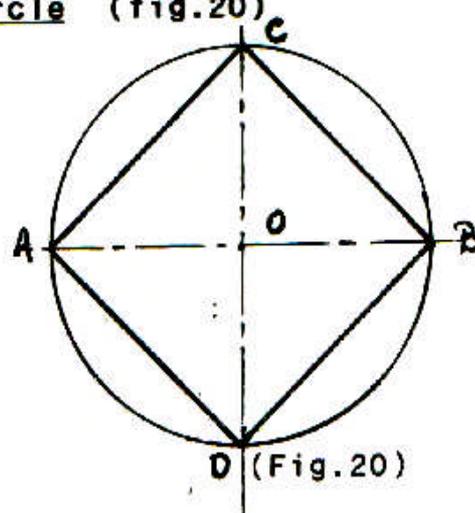


(Fig.19)

7.6 Les polygones

7.6.1. Carré inscrit dans un cercle (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



(Fig.20)

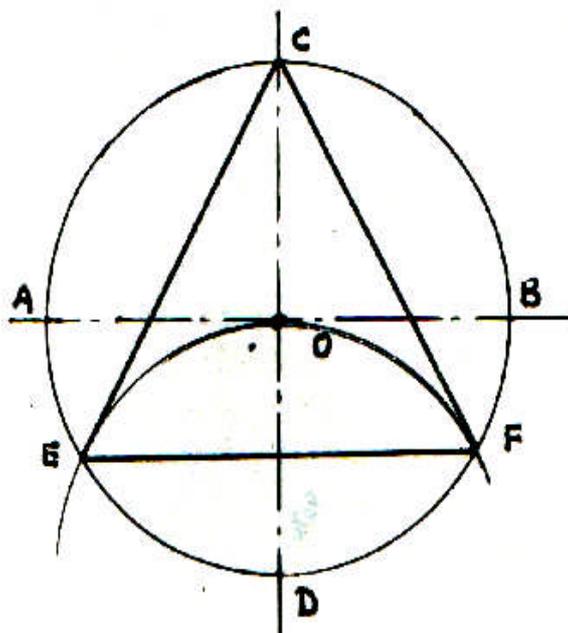
7.6.2. Triangle équilatéral inscrit dans un cercle (fig.21)

- 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)

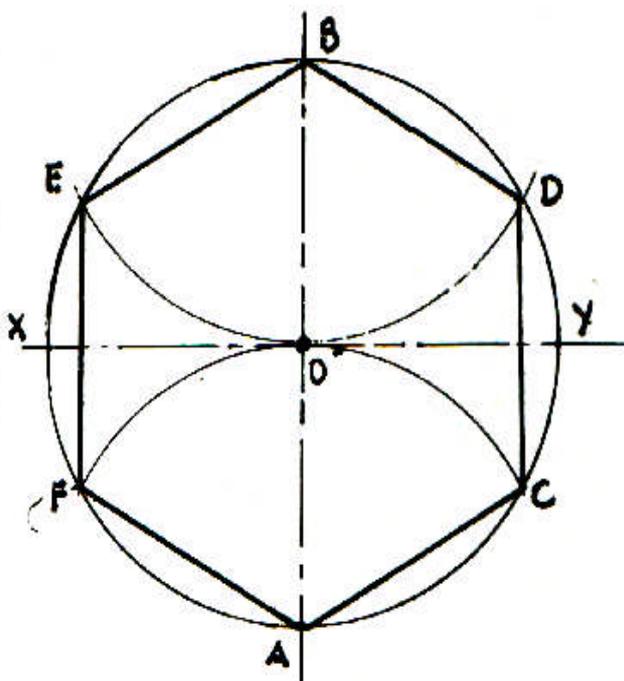
7.6.3. Hexagone inscrit dans un cercle (fig.22)

- 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

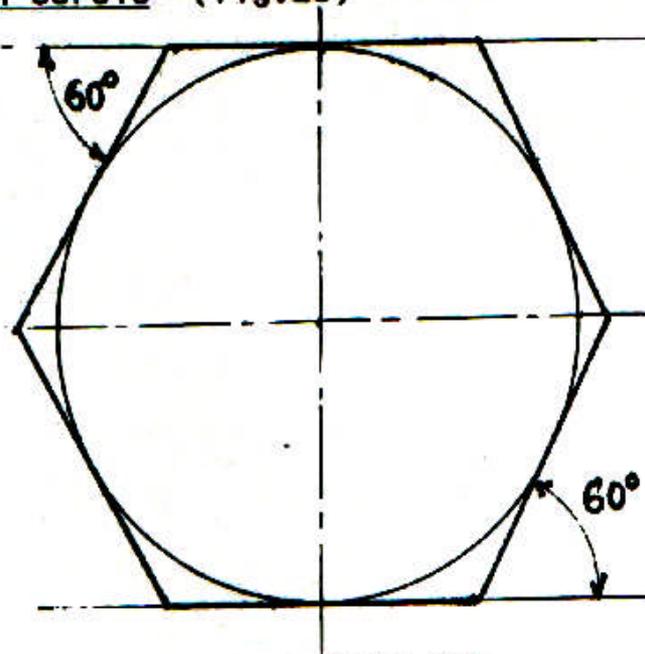
- Joindre AF, FE, EB, BD, DC et AC qui forment les côtés de l'hexagone



(Fig.22)

7.6.4. Hexagone tangent à un cercle (fig.23)

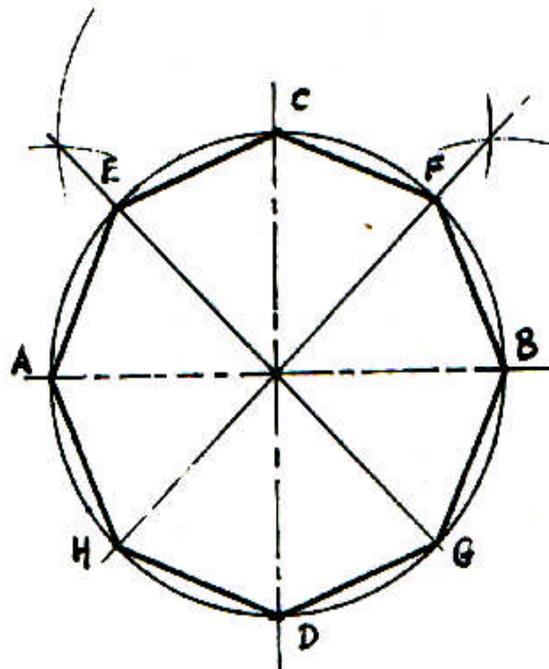
- Connaissant la largeur du plat : a
- Tracer un cercle de rayon $R = a/2$
- Tracer les côtés tangents avec l'équerre à 60° et le Té



(Fig.23)

7.6.5. Octogone inscrit dans un cercle (fig.24)

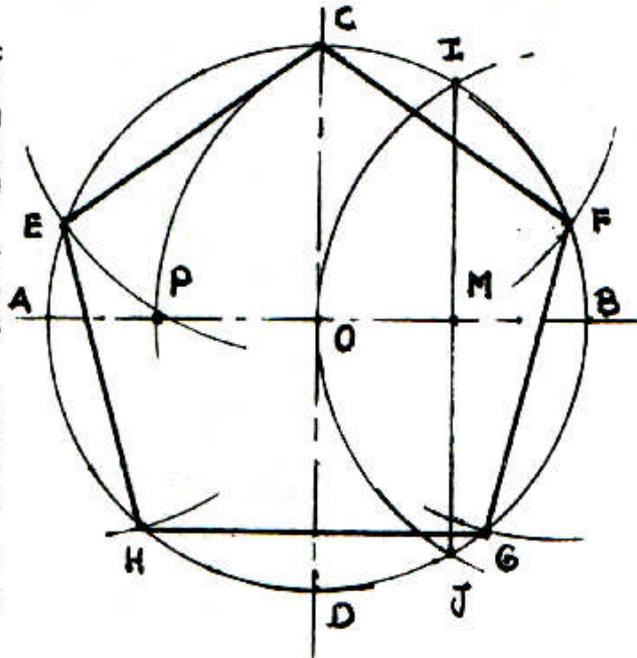
- Tracer les axes AB et CD se coupant en O
- Tracer un cercle de rayon $R = CD/2$ et de centre O
- Diviser le cercle en 8 parties égales, en prenant R_1 quelconque, on obtient E, F, G et H
- AE, CE, FC, BF, BG, GD, DH et HA représentent les cotés de l'octogone



(Fig.24)

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

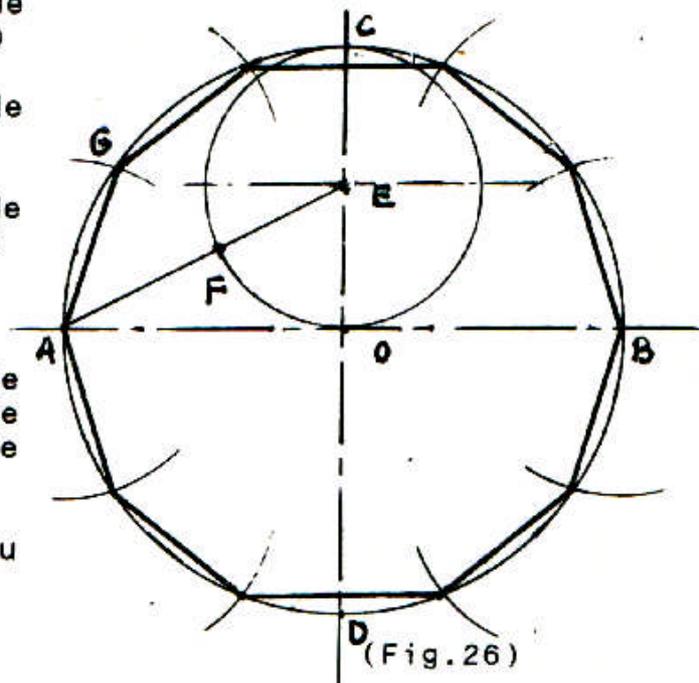
- Tracer le cercle de centre O et de diamètres AB et CD
- Du point B, tracer un arc de rayon $R_1 = CD/2$ et coupant le cercle en I et J
- M et le point d'intersection de IJ avec AB
- A partir de M, tracer un arc de cercle de rayon CM, ce dernier coupe AB en P
- De C tracer un arc de cercle de rayon $R_2 = PC$ coupant le cercle en E, CE représente le côté du pentagone
- A partir des points C, F et G tracer un arc de rayon R_2
- Joindre CE, FC, GF, GH, HE



(Fig.25)

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

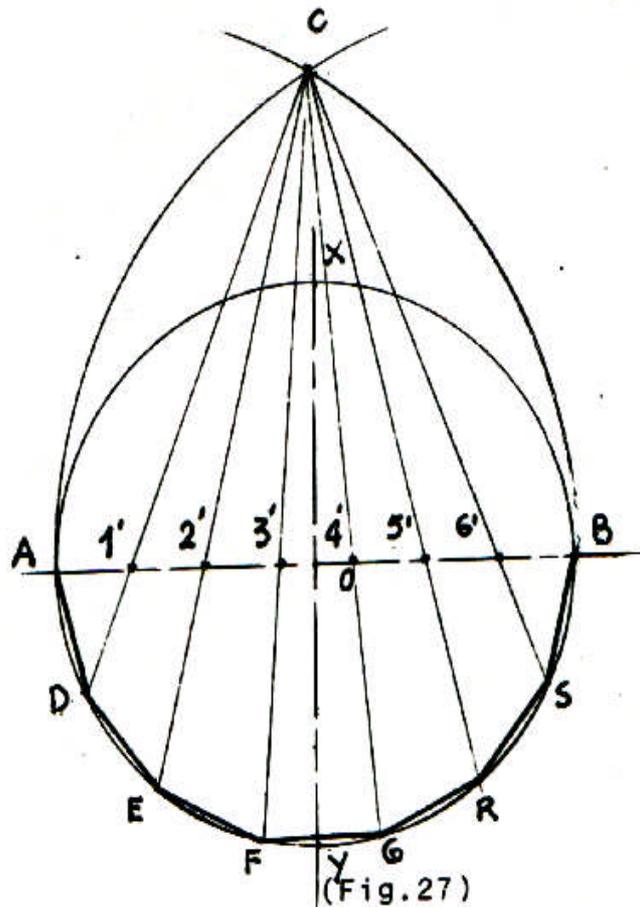
- Tracer le cercle de rayon R et de centre O
- Tracer la médiatrice de OC en E
- De E tracer un cercle de rayon R_1 tel que $R_1 = OC/2$
- Joindre AE
- Tracer de A un arc de cercle de rayon $R_2 = AF$, ce dernier coupe le cercle de centre O en G
- GA est le côté du décagone



(Fig.26)

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

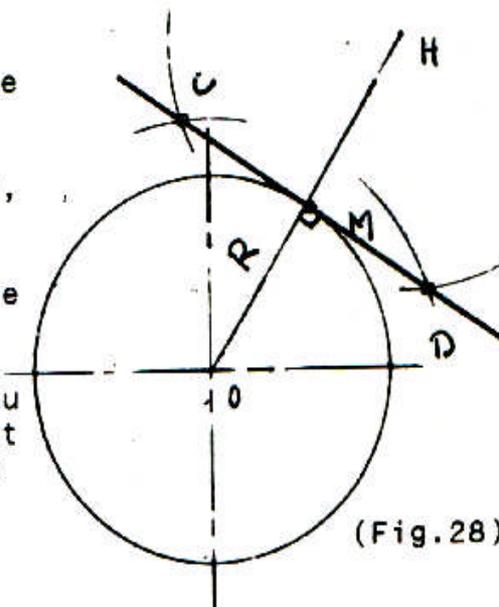
- Tracer deux axes AB et XY se coupant en O
- Tracer un cercle de rayon $AB/2$ et de centre O
- Tracer deux arcs de centre A et B et de rayon $R1=AB$, qui se coupent en C
- Diviser le segment AB en n parties égales par exemple 7, ce qui donne 1', 2', 3', 4', 5', 6'
- Tracer $C1'$, $C2'$, $C3'$ etc...qui 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



7.7. Construction de tangentes

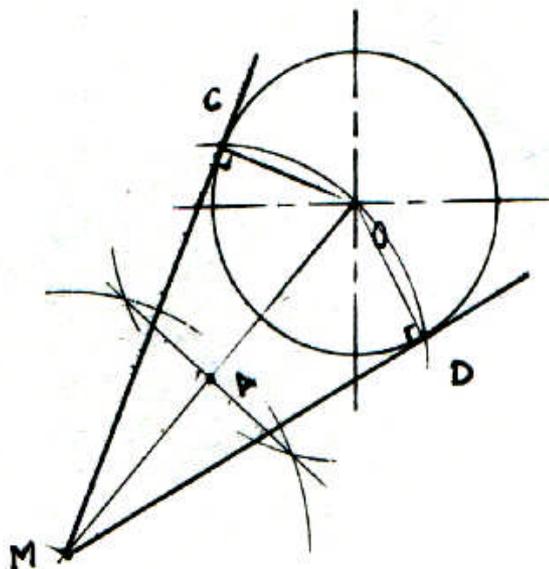
7.7.1. Tangente en un point donné situé sur un cercle (fig.28)

- 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



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

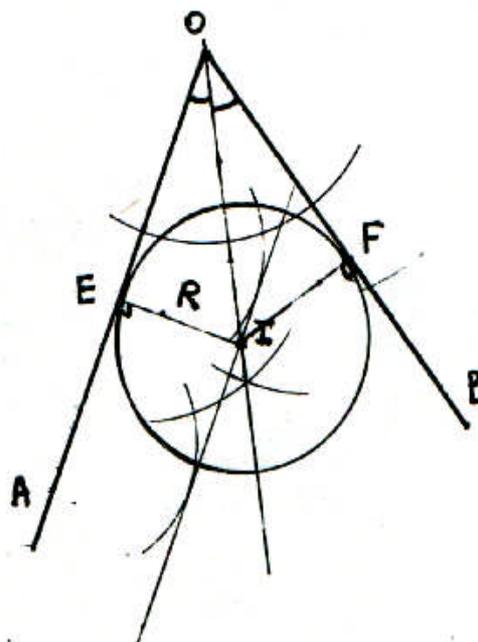
- Soit le cercle de centre O et le point extérieur M
- Joindre MO et prendre le point A milieu de MO
- A partir de A tracer le cercle de rayon $R = MA = OA$ ce dernier coupe le premier cercle en C et D
- Tracer les tangentes MC et MD



(Fig.29)

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

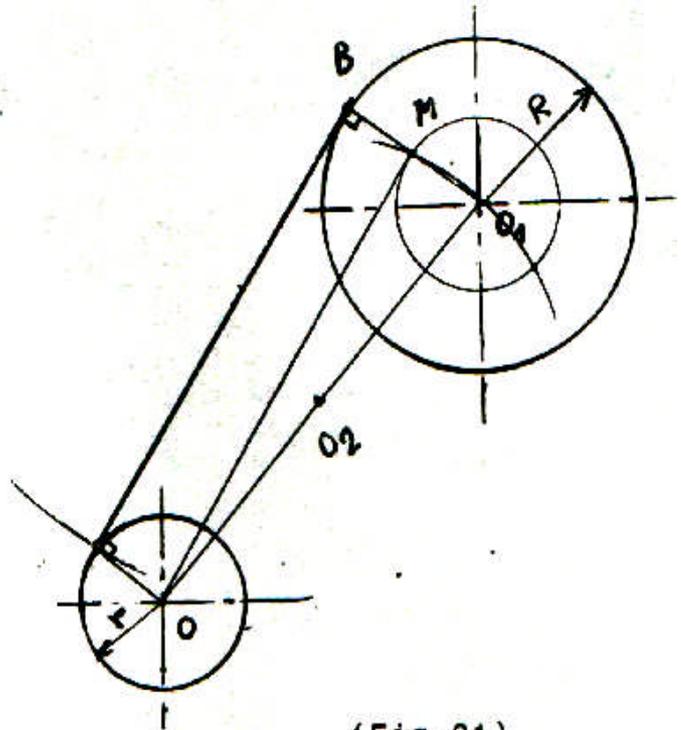
- Soit l'angle AOB et le rayon du cercle connu
- Tracer la bissectrice de l'angle
- Tracer la droite parallèle à l'un des cotés de l'angle et à une distance R
- Leur point d'intersection I représente le centre du cercle, ou IE et IF sont perpendiculaire aux cotés de l'angle



(Fig.30)

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

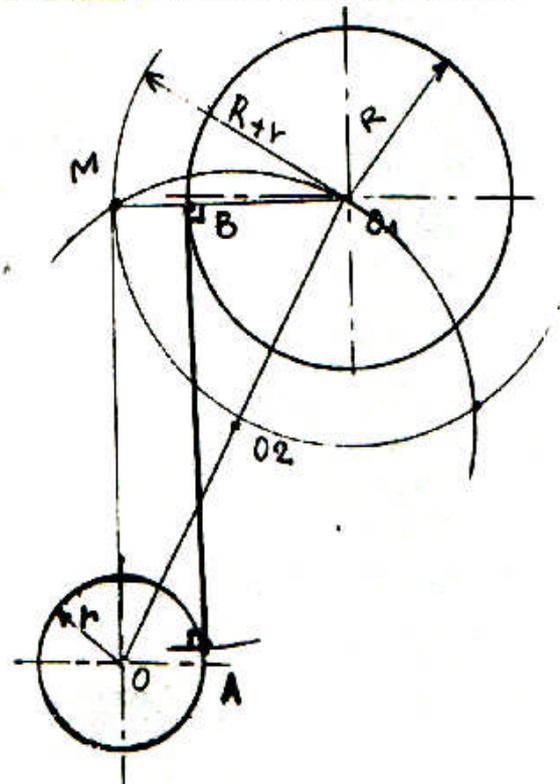
- Soit les deux cercles (O,r) et (O_1,R)
- Joindre OO_1 et prendre O_2 milieu de OO_1
- Tracer un cercle de centre O_1 et de rayon: $R - r$
- Tracer un arc de centre O_2 et de rayon $R_2 = OO_1/2$, ce dernier coupe le petit cercle en M
- Joindre O_1M , coupant le grand cercle en B
- Joindre OM
- Tracer 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 (O_1,R)
- Joindre OO_1 et prendre O_2 milieu de OO_1
- Tracer un cercle de rayon: $R + r$ et de centre O_1
- Tracer un arc de cercle de centre O_2 et de rayon $R_2 = OO_1/2$, on obtient M
- Joindre O_1M 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.

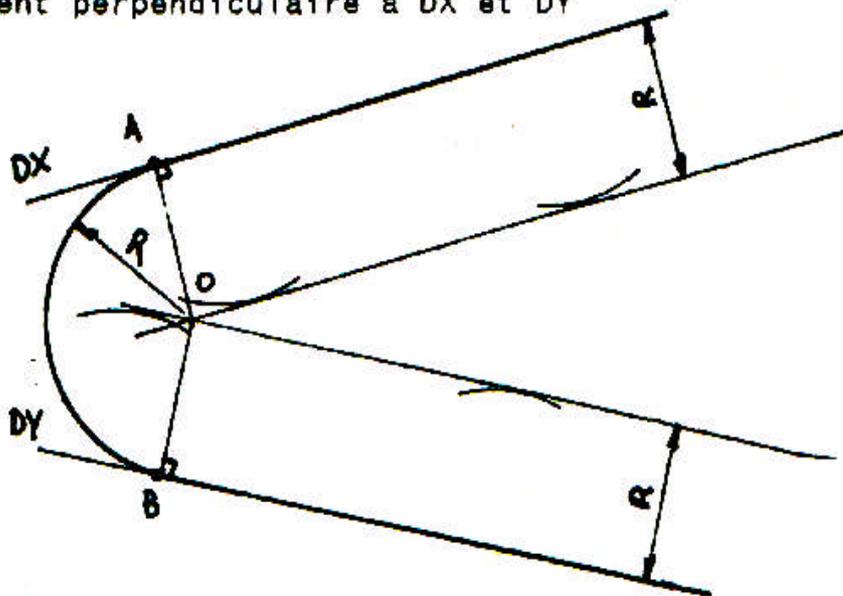
Pour réussir ce tracé, il est indispensable de déterminer avec précision les points de tangence des lignes raccordées; pour deux cercles le point est sur la ligne des centres; pour une droite et un cercle c'est le pied de la perpendiculaire abaissé du centre du cercle sur la droite.

8.1. Raccordement de deux droites par un arc (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

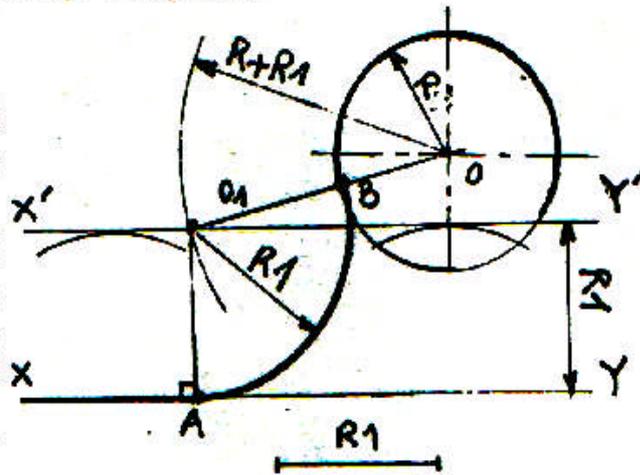
- A et B sont les points de raccordement, ou OA et OB sont respectivement perpendiculaire à DX et DY



(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 raccordement A, B de centre O1



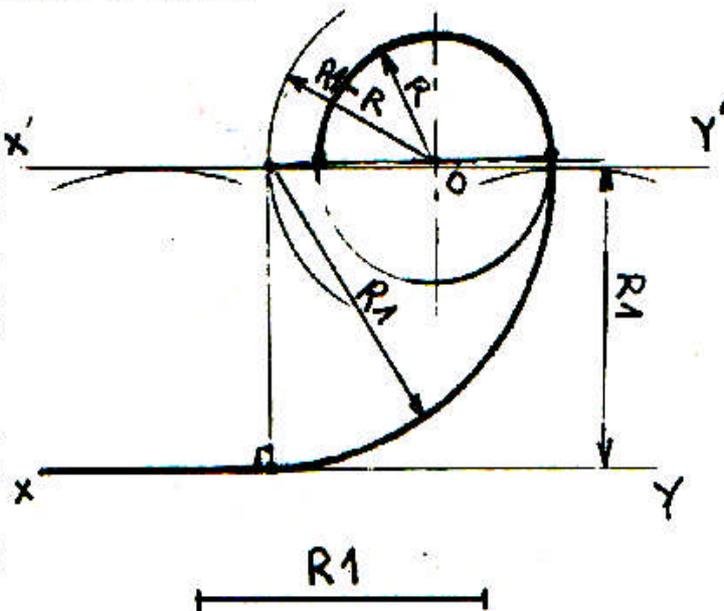
(Fig.34)

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 :

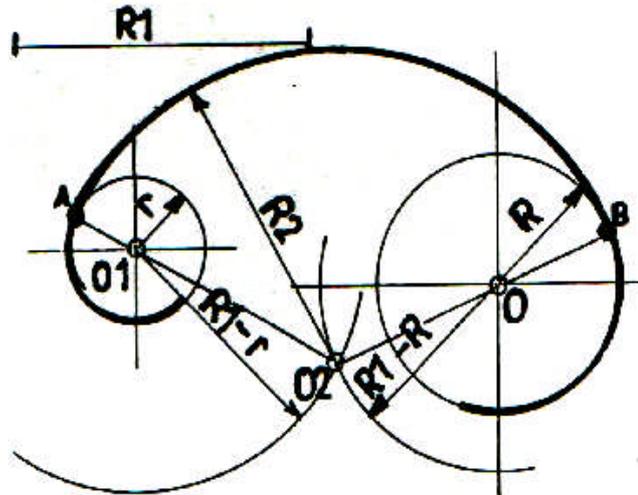
- La distance entre les centres est égale à la différence entre les rayons ($R_1 - R$)
- Le point de raccordement se trouve sur la ligne des centres et à l'extérieur

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

- Connaissant les cercles (O, R) et (O_1, r) et le rayon de la courbe R_1

- Tracer les arcs $(O, R_1 - R)$ et $(O_1, R_1 - r)$, leur point d'intersection est O_2 centre de la courbe

- Le prolongement des lignes des centres nous donne les points de raccordement A et B



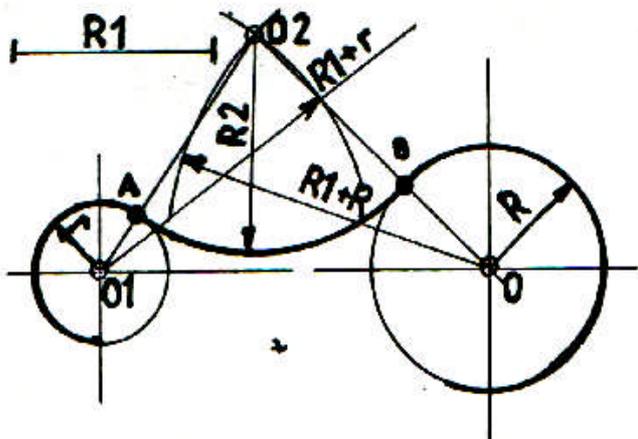
(Fig.36)

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

- Soit les cercles (O, R) et (O_1, r) et R_1 le rayon de la courbe

- Tracer les arcs $(O, R + R_1)$ et $(O_1, r + R_1)$ leur intersection nous donne O_2 le centre de la courbe

- Le prolongement des lignes de centres nous donne les points de raccordement A et B



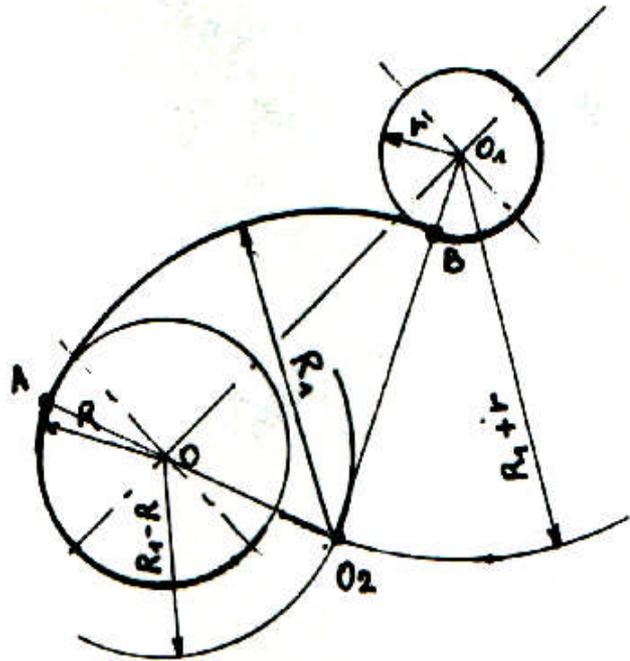
(Fig.37)

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

- Soit les cercles (O, R) et (O_1, r) et R_1 le rayon de la courbe

- Tracer les arcs $(O, R_1 - R)$ et $(O_1, R_1 + r)$ leur intersection nous donne O_2 le centre de la courbe

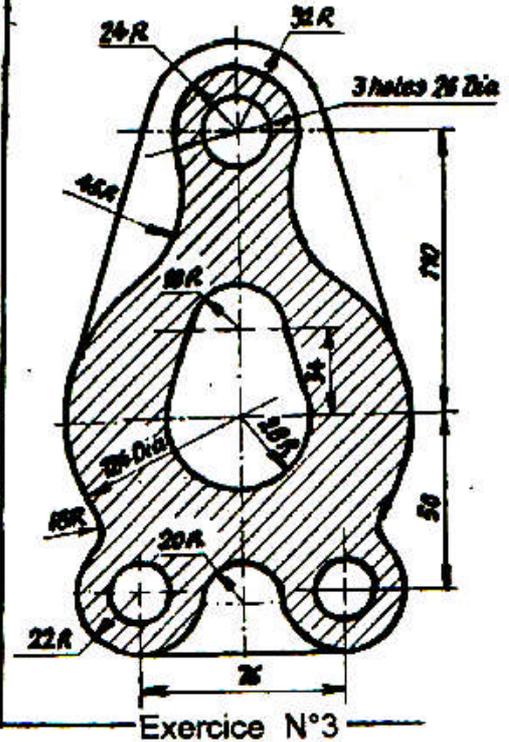
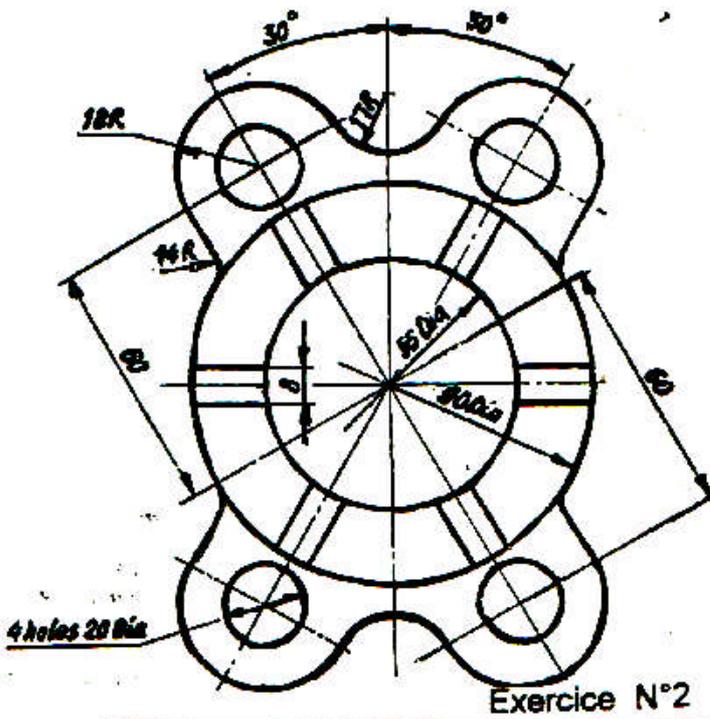
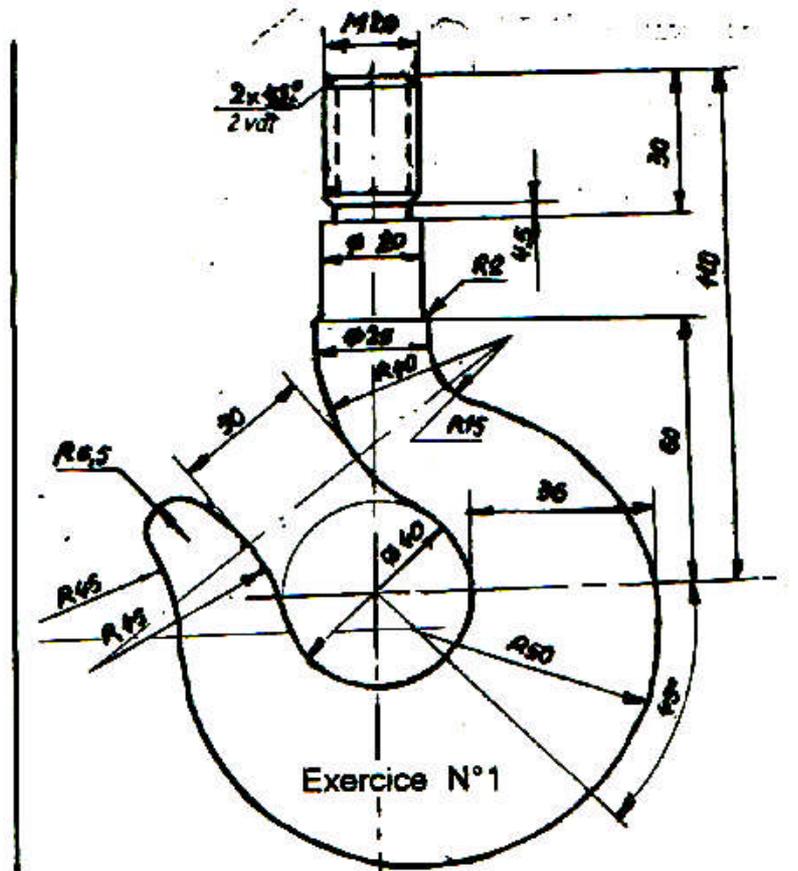
- Prolonger les lignes des centres pour obtenir les points de raccordement A et B

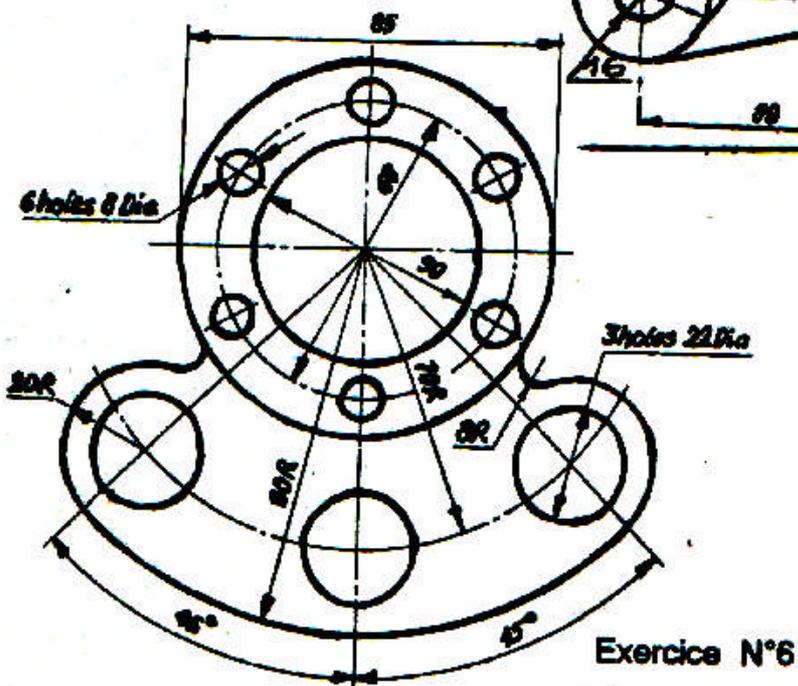
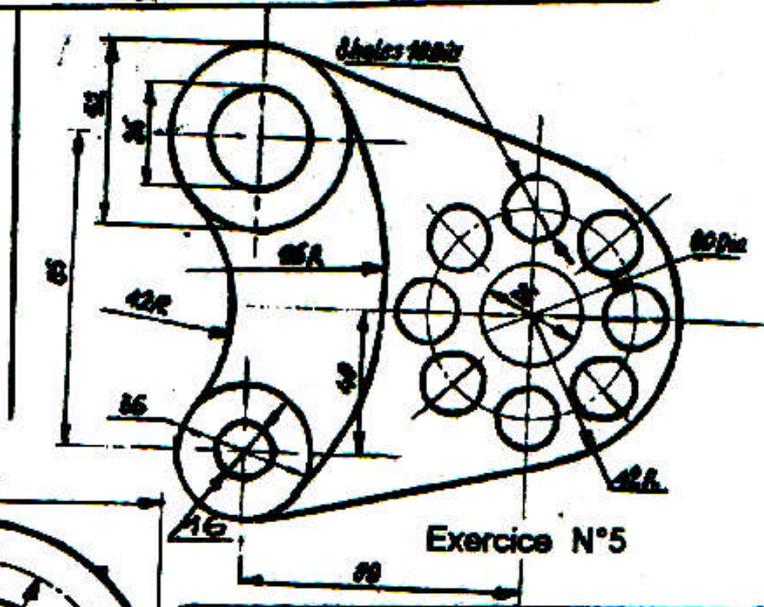
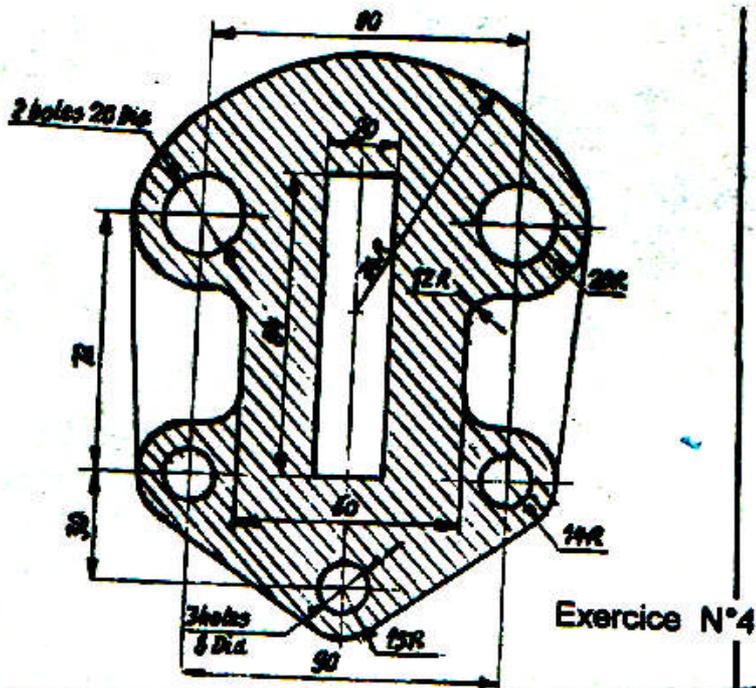


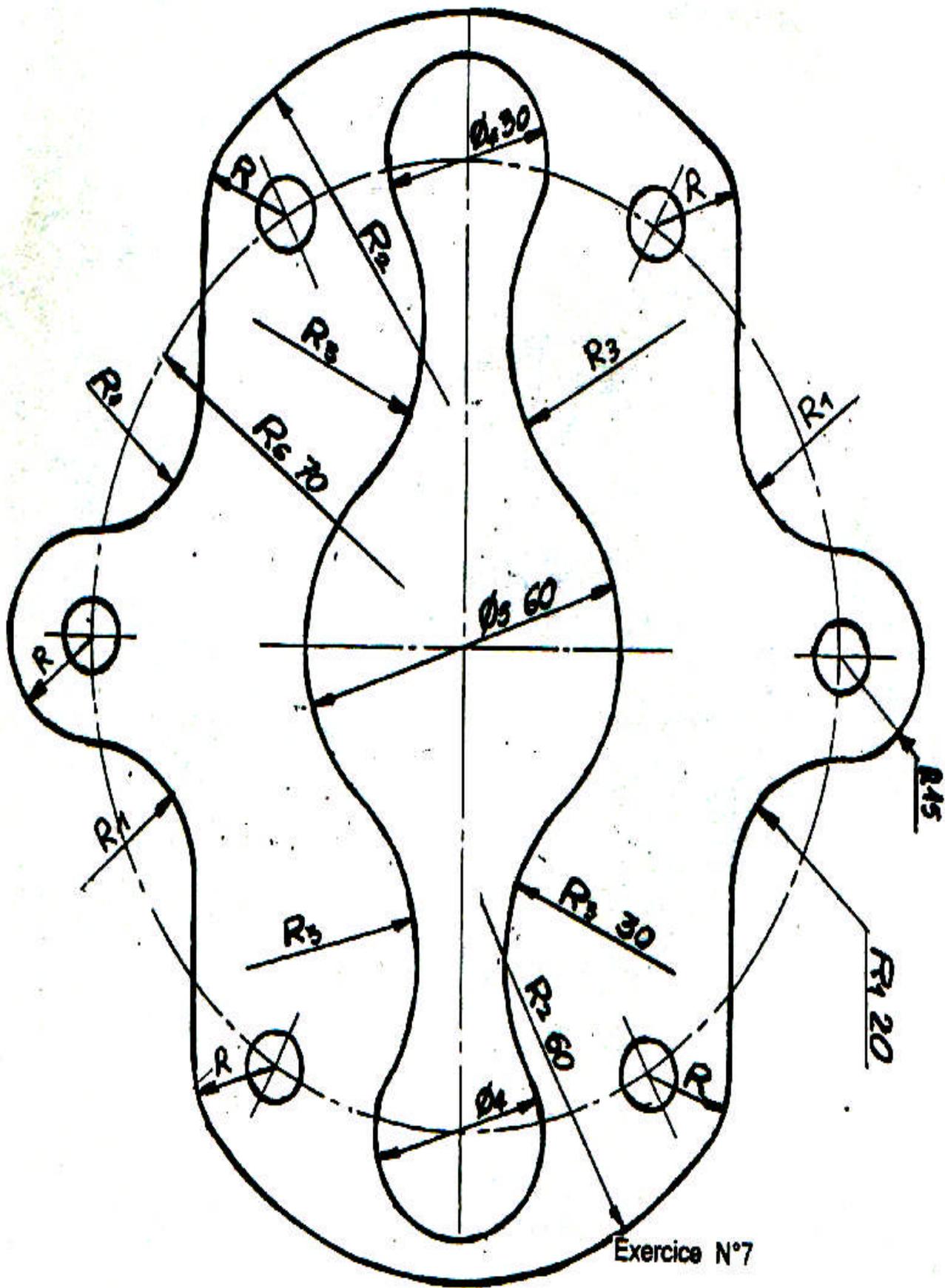
(Fig.38)

8.7. Exercices

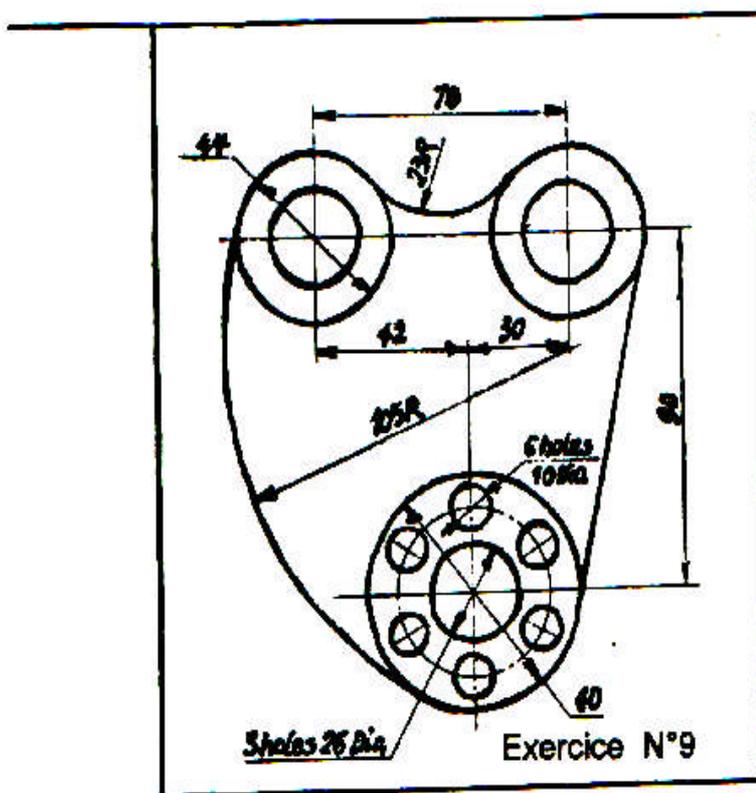
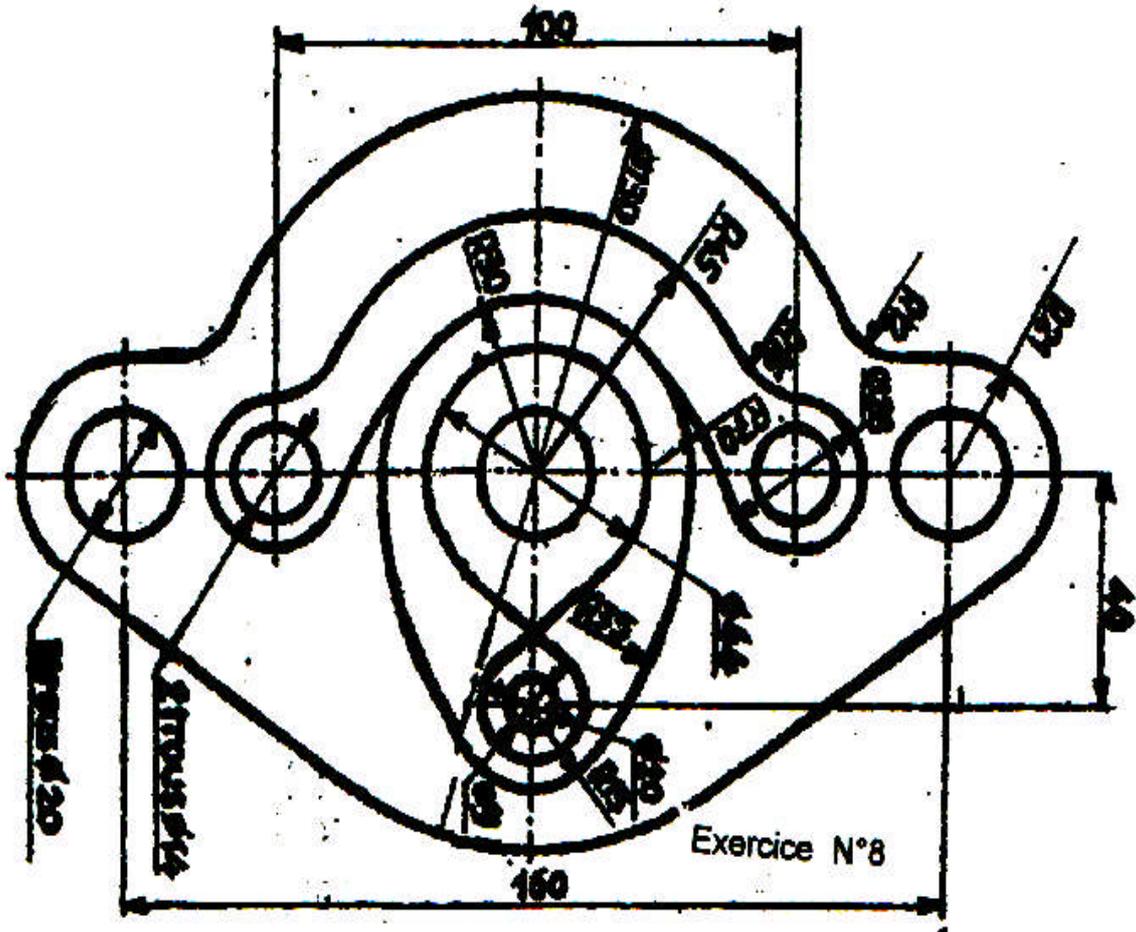
Exécuter les raccordements des pièces ci-dessous en déterminant les points de tangence ainsi que les centres de raccordement.







Exercice N°7

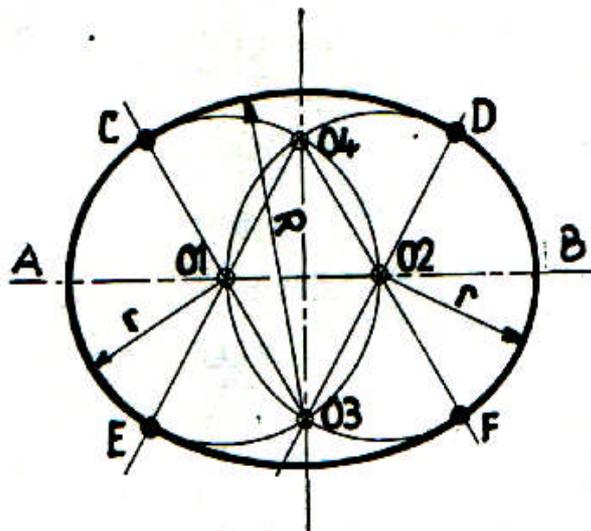


9 - LES COURBES USUELLES

9.1. Les ovales

9.1.1. Ovale au tier (fig.39)

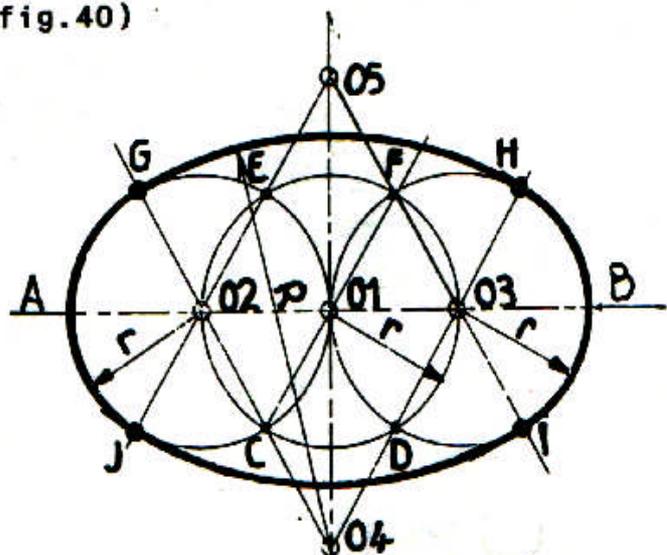
- Diviser AB en 3 parties égales
- Tracer les 2 cercles $(O_1, AB/3)$ et $(O_2, AB/3)$ qui se coupent en O_3 et O_4
- Joindre O_3O_1 coupant le cercle de centre O_1 en C et O_4O_1 coupant le même cercle en E
- Joindre O_3O_2 coupant le cercle de centre O_2 en D et O_4O_2 coupant le même cercle en F
- Tracer l'arc CD, de rayon $R = O_3C$ et de centre O_3 , avec le même rayon tracer l'arc EF de centre O_4
- 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 O_1, O_2, O_3 , se coupant en C, F, D et E
- Joindre O_2E et $F O_3$ se coupant en O_5 , Joindre O_3D et O_2C se coupant en O_4
- Tracer les arcs GH, JI, HI et IG de centre O_4, O_5, O_3 et O_2



(Fig.40)

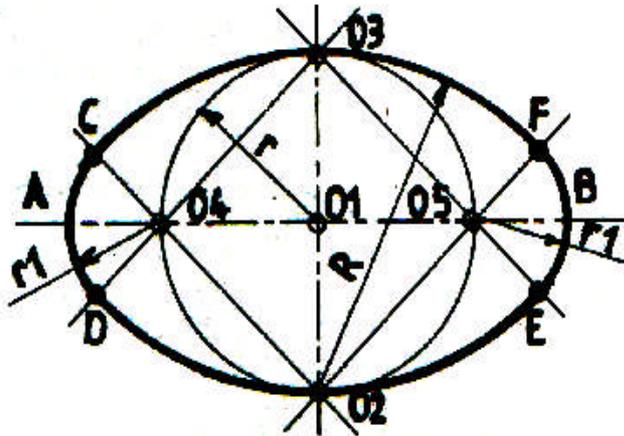
9.1.3. Ovale dont le petit axe est connu (fig.41)

- Tracer le cercle de centre O_1 et de rayon $r = \text{axe}/2$ coupant AB en O_4 et O_5 et l'axe connu en O_3 et O_2

- De O_2 , tracer O_2C et O_2F et de O_3 tracer O_3D et O_3E

- Tracer les arcs CF et DE , de rayon R et de centre O_2 et O_3

- Tracer les arcs CD et EF , de rayon r_1 et de centre O_4 et O_5



(Fig.41)

9.2. Tracé d'ellipses

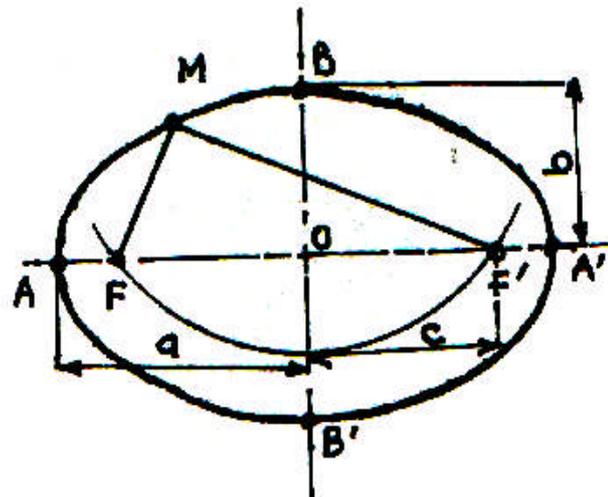
C'est une courbe plane formée de points tels que la somme des distances de chacun d'eux à deux points fixes F et F' , appelés foyers, est constante (fig.42)

$MF + MF' = \text{constante}$.

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.

$$\begin{aligned} \overline{AA'} &= 2a \\ \overline{BB'} &= 2b \\ \overline{FF'} &= 2c \\ \overline{MF} + \overline{MF'} &= 2a, \quad a^2 = b^2 + c^2 \end{aligned}$$

Pour déterminer le foyer, on trace de l'extrémité B du petit axe, comme centre, un arc de cercle BA coupant le grand axe aux points F et F'

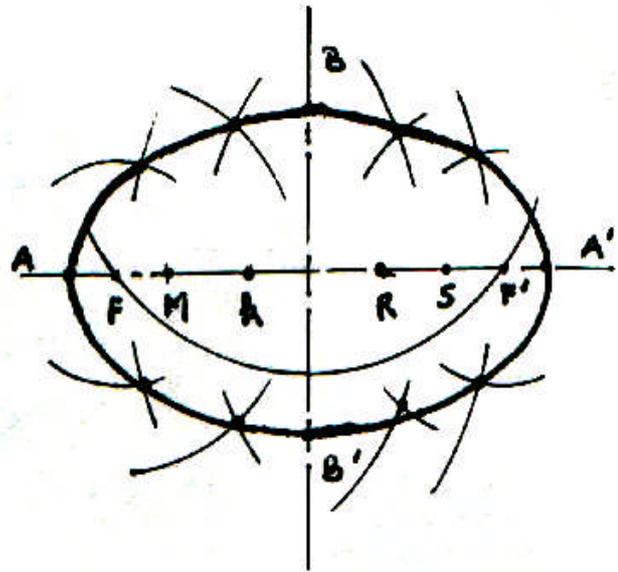


(Fig.42)

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

Connaissions les deux axes:

- Tracer les foyers F et F'
- Choisir sur le grand axe un point quelconque 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'.

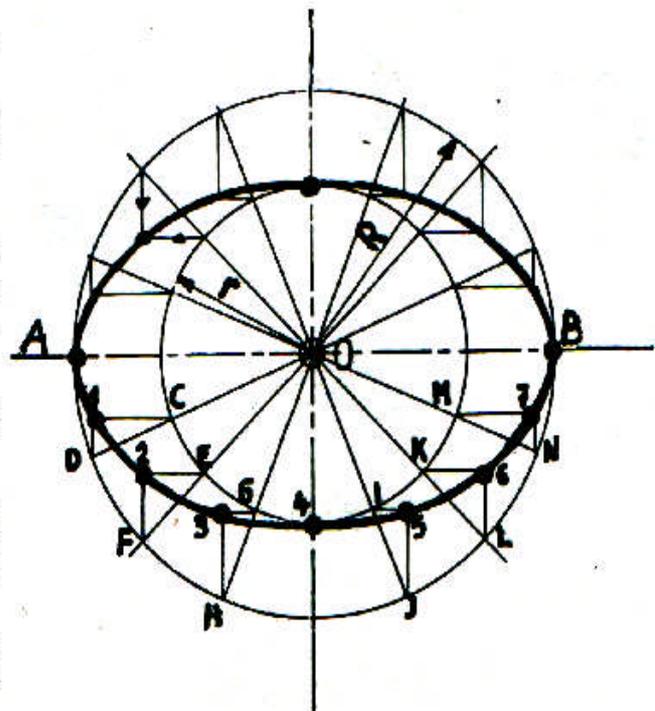


(Fig.43)

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

Connaissions les deux axes :

- Tracer les cercles de centres O et de rayons:
 $r = \text{petit axe}/2$
et $R = \text{grand axe}/2$
- 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 le même procédé



(Fig.44)

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

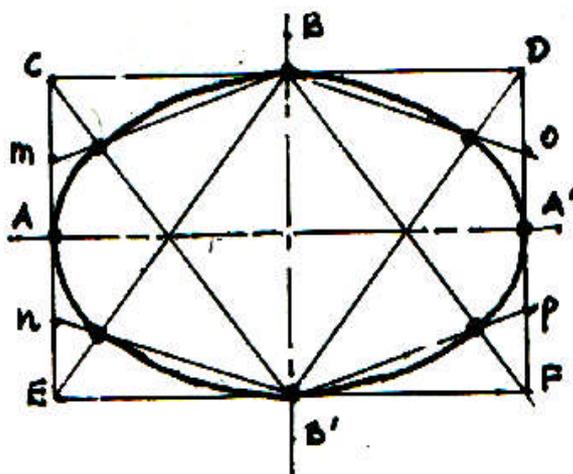
- Connaissans les deux axes, ce qui donne 4 points de l'ellipse A, A', B et B

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

- Soit m, n, o, p respectivement 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)

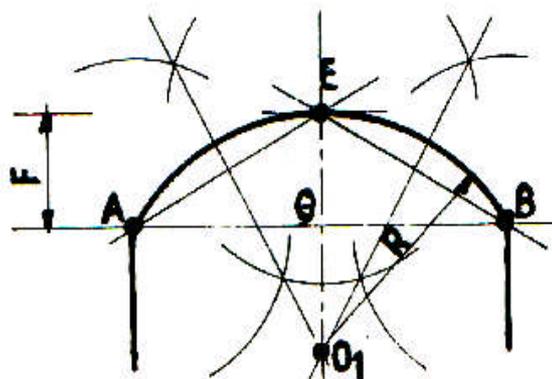
On connaît AB, son ouverture et F sa flèche ou montée

- Tracer l'axe perpendiculaire 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

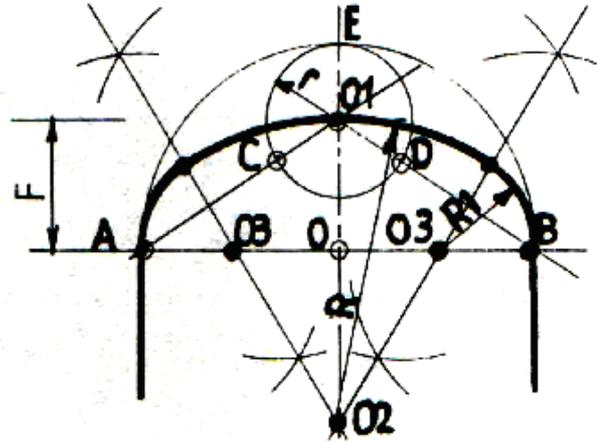


(Fig.46)

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

Connaissant AB son ouverture et F sa flèche ou montée :

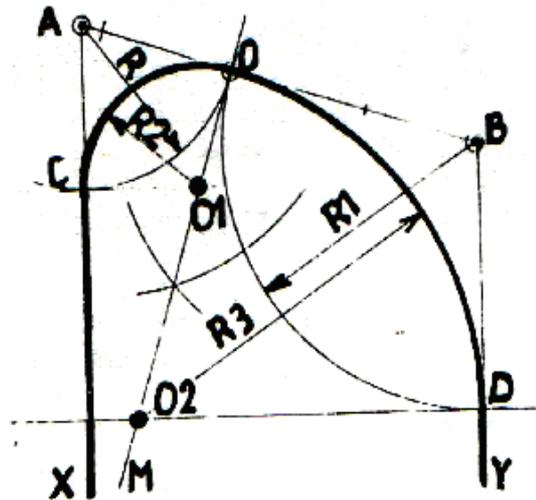
- Tracer l'axe, on obtient O
- Tracer l'arc (O, OA) coupant l'axe en E
- Tracer le cercle (O1, O1E) ou $OO1 = F$, ce dernier coupe AO1 en C et BO1 en D
- Tracer les médiatrices de AC et BD. Elles coupent AB en O3 et se coupent elles-mêmes en O2
- O2 est le centre de l'arc de rayon $R = O2O1$
- Les deux 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



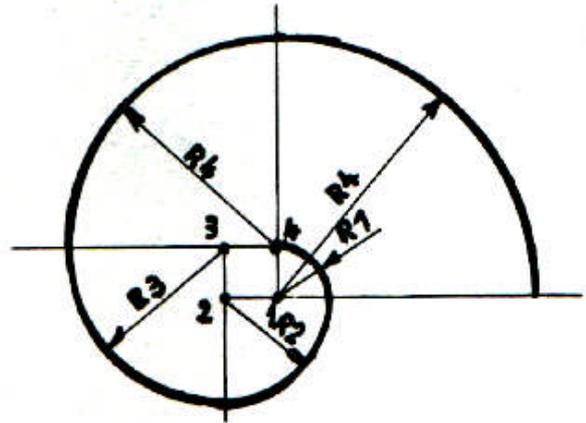
(Fig.48)

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 R_1 , R_2 , R_3 , R_4 , ces arcs se raccordent entre eux en donnant la spirale.

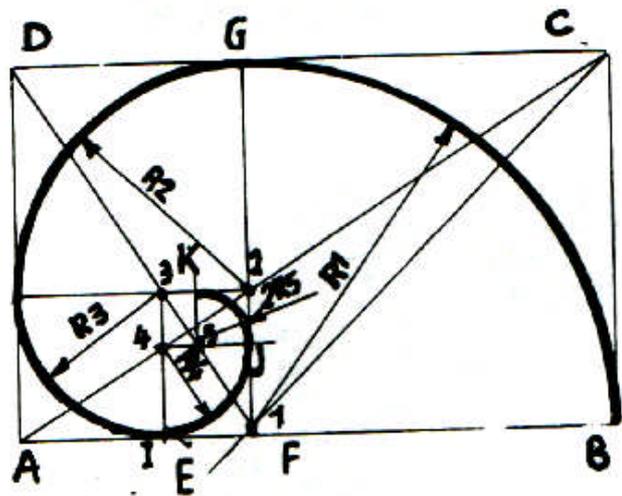
On peut tracer de même une spirale à 3 centres en partant d'un triangle équilatéral, ou une spirale à 6 centres en partant de l'hexagone régulier.



(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 1
- De 4 tracer la perpendiculaire 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)

10 - REPRESENTATION DES SOLIDES

Dans l'industrie, pour fabriquer une pièce on représente d'abord les formes de celle-ci en projections et si cela est nécessaire une perspective accompagne les projections afin de faciliter la lecture du dessin.

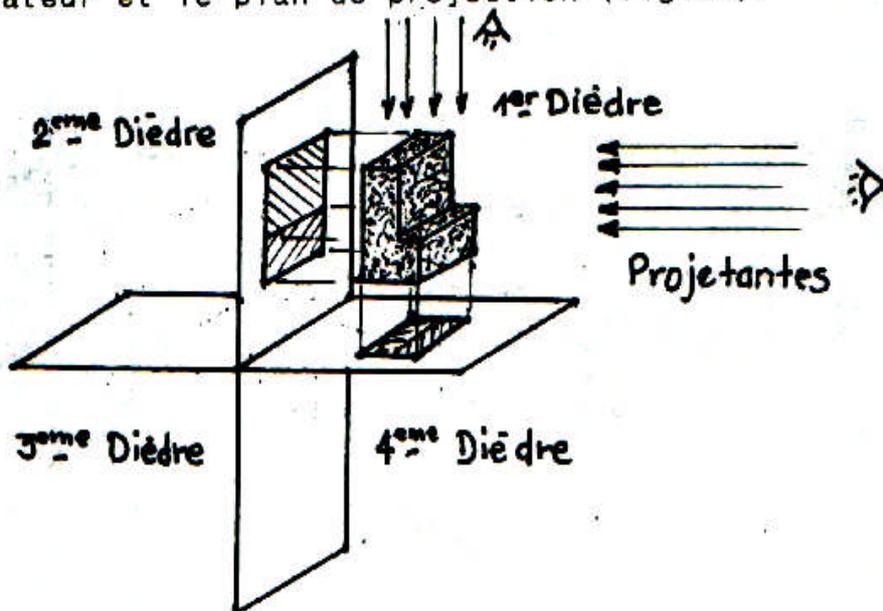
La représentation des solides est basée sur la méthode de projection orthogonale utilisée en géométrie descriptive. (Voir polycopié : le dessin technique, première partie la géométrie descriptive, édition OPU 1993).

Les méthodes qui forment le système de projections normalisés sont :

- Méthode du premier dièdre.
- Méthode du troisième dièdre.
- Méthode des flèches repérées.

10.1. Méthode du premier dièdre

Elle est dite aussi méthode Européenne et désignée par la lettre E et le symbole  qui doivent figurer dans le cartouche au dessous de l'échelle. Dans cette méthode l'objet est placé dans le premier dièdre et se situe entre l'observateur et le plan de projection (fig.50).



(Fig.50)

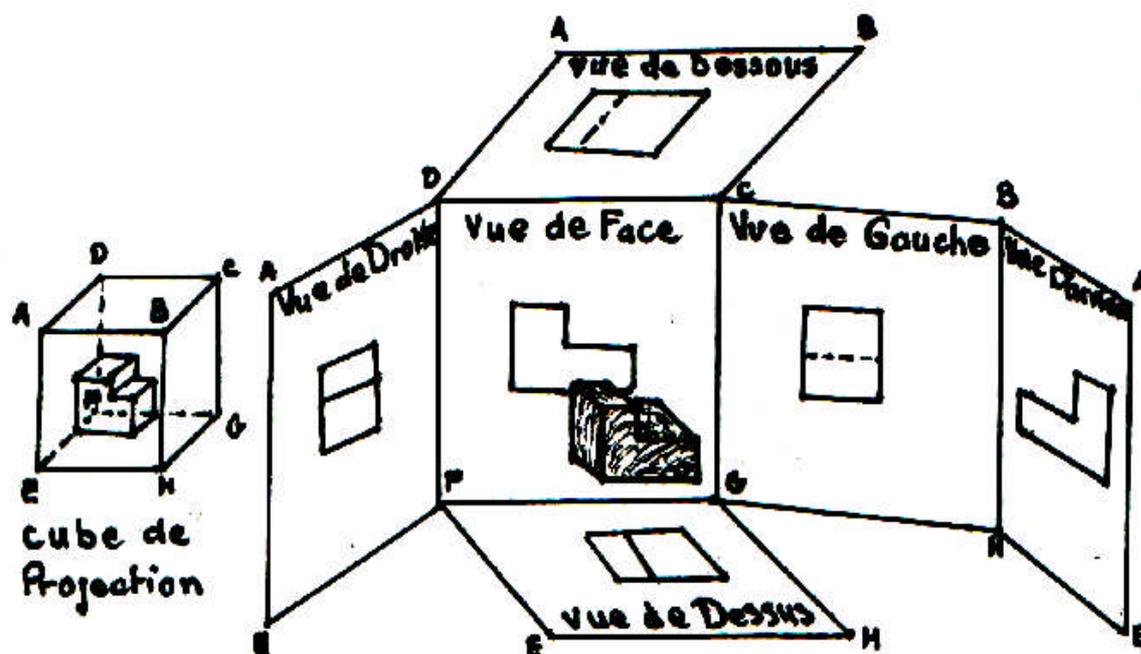
Puisqu'il s'agit de la projection orthogonale qui est très utilisée en dessin industriel, la direction d'observation (les projetantes) est perpendiculaire aux plans de projection.

Les projections effectuées sur les trois plans fondamentaux (frontal, horizontal et de profil) sont appelées, en dessin industriel, les VUES.

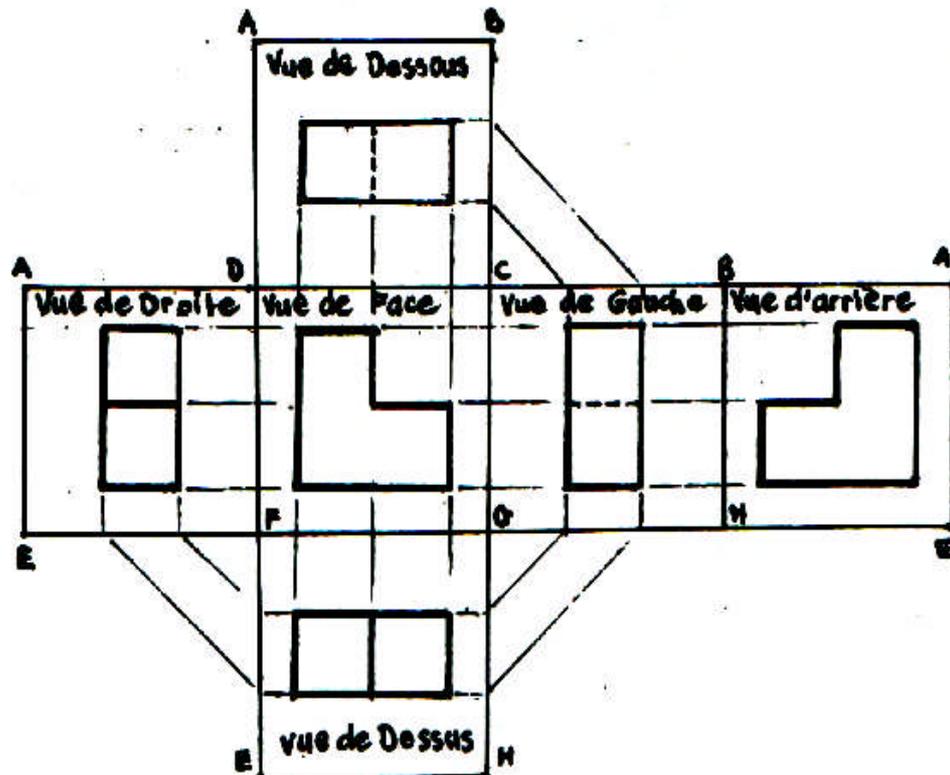
Une seule vue est insuffisante pour définir un solide à trois dimensions, en général on utilise deux sinon trois vues.

10.1.1. Noms et dispositions des vues

Après projection du solide sur les six faces du cube, celles-ci sont rabattues sur le plan frontal arrière (fig.51). Le rabattement consiste à exécuter le dessin dans un seul plan afin que les vues du solide dessinées sur les faces du cube apparaissent sur un seul plan (fig.52).



(Fig.51)



(Fig.52)

Le nom donné à chaque vue correspond à la position qu'occupe l'observateur pour projeter le solide sur les faces du cube.

- Vue de face : elle est la plus importante et définie par la position du solide. Elle est choisie parmi les vues les plus représentatives, ne comprenant que peu de traits cachés ou des formes complexes. Les autres vues occupent une position invariables par rapport à la vue de face.

- Vue de dessus : elle est le résultat de la projection orthogonale dans le sens d'un observateur placé au dessus du solide. Elle est représentée au dessus de la vue de face.

- Vue de gauche : l'observateur est placé à gauche du solide, sa disposition dans le dessin est à droite de la vue de face.

- Vue de droite : elle est située à gauche de la vue de face.

- Vue de dessous : elle est située au dessous de la vue de face.

- Vue d'arrière : elle est située à droite de la vue de gauche.

10.1.2. Choix des vues

- Parmi les vues possibles on choisit seules qui soient nécessaires pour définir complètement et clairement les formes de la pièce, c'est à dire celles comportant le minimum de parties cachées.

- De deux vues donnant les mêmes renseignements, préférer celle qui comporte le plus petit nombre de parties cachées.

- Lorsque aucune raison ne s'y oppose, on a l'habitude de préférer une vue de gauche à une vue de droite et une vue de dessus à une vue de dessous.

- Il est inutile d'inscrire le nom des vues sur le dessin, leurs positions suffisent pour indiquer le sens d'observation, exception des vues déplacées.

- L'intervalle entre les vues est quelconque et dépend de la place dont on dispose.

- Les lignes d'intersection des plans et lignes de rappel entre les vues sont supprimées, mais elles doivent se correspondre horizontalement et verticalement comme si les lignes de rappel existaient.

- Un détail est vu (dessiné en trait continu fort) lorsque aucune partie du solide ne cache ce détail à l'observateur.

- Un détail est caché (dessiné en trait interrompu fin) lorsque aucune partie de la pièce empêche l'observateur de voir ce détail.

10.1.3. Correspondance entre les vues

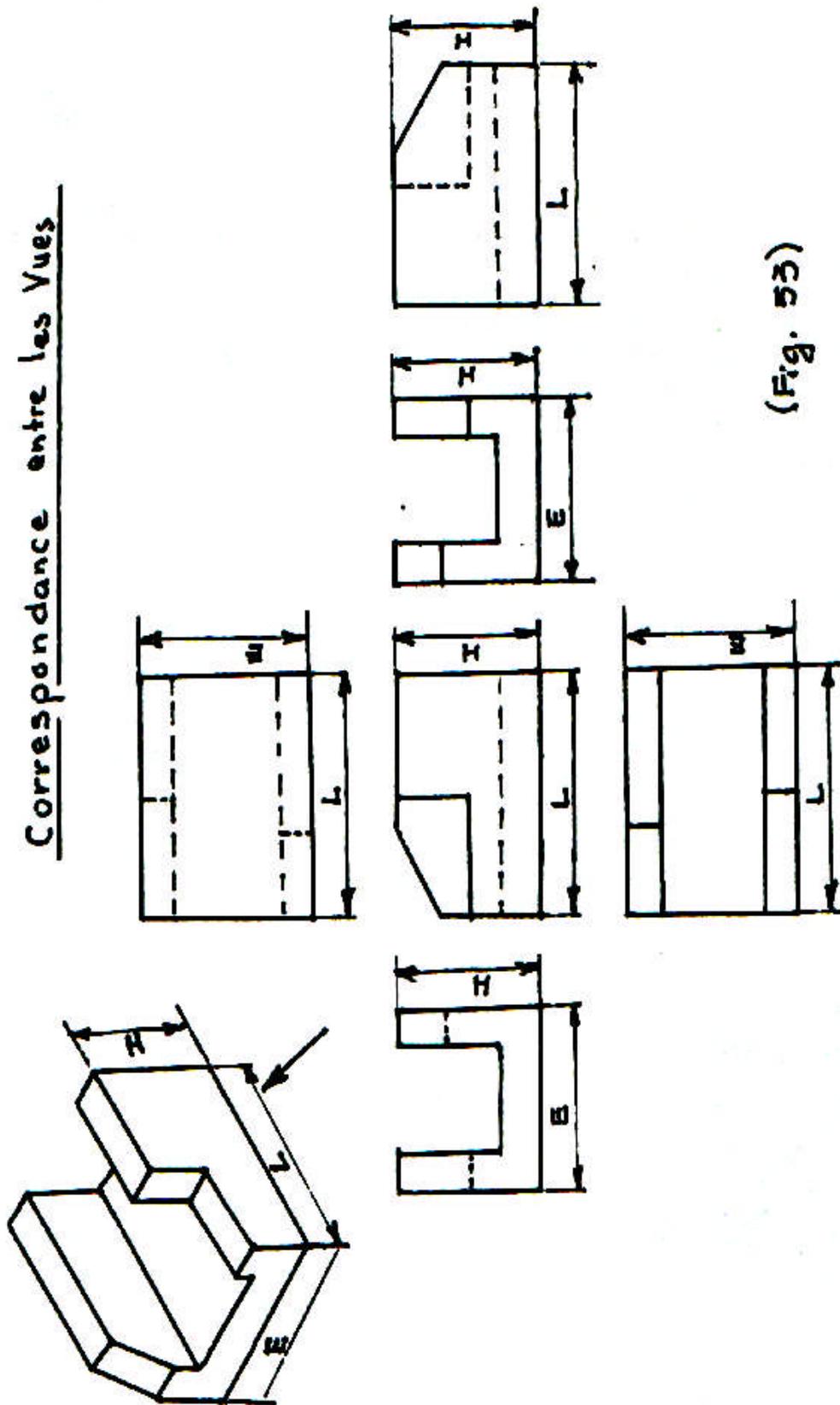
Entre les vues il y a trois correspondances (fig.53):

a - la longueur (L) de la vue de dessus ou de dessous est la même longueur de la vue de face ou d'arrière.

b - la hauteur (H) de la vue de droite ou de gauche est la même hauteur que celle de la vue de face ou d'arrière.

c - la largeur (épaisseur) (E) de la vue de droite ou de gauche est la même que la largeur de la vue de dessus ou de dessous.

Correspondance entre les Vues



(Fig. 53)

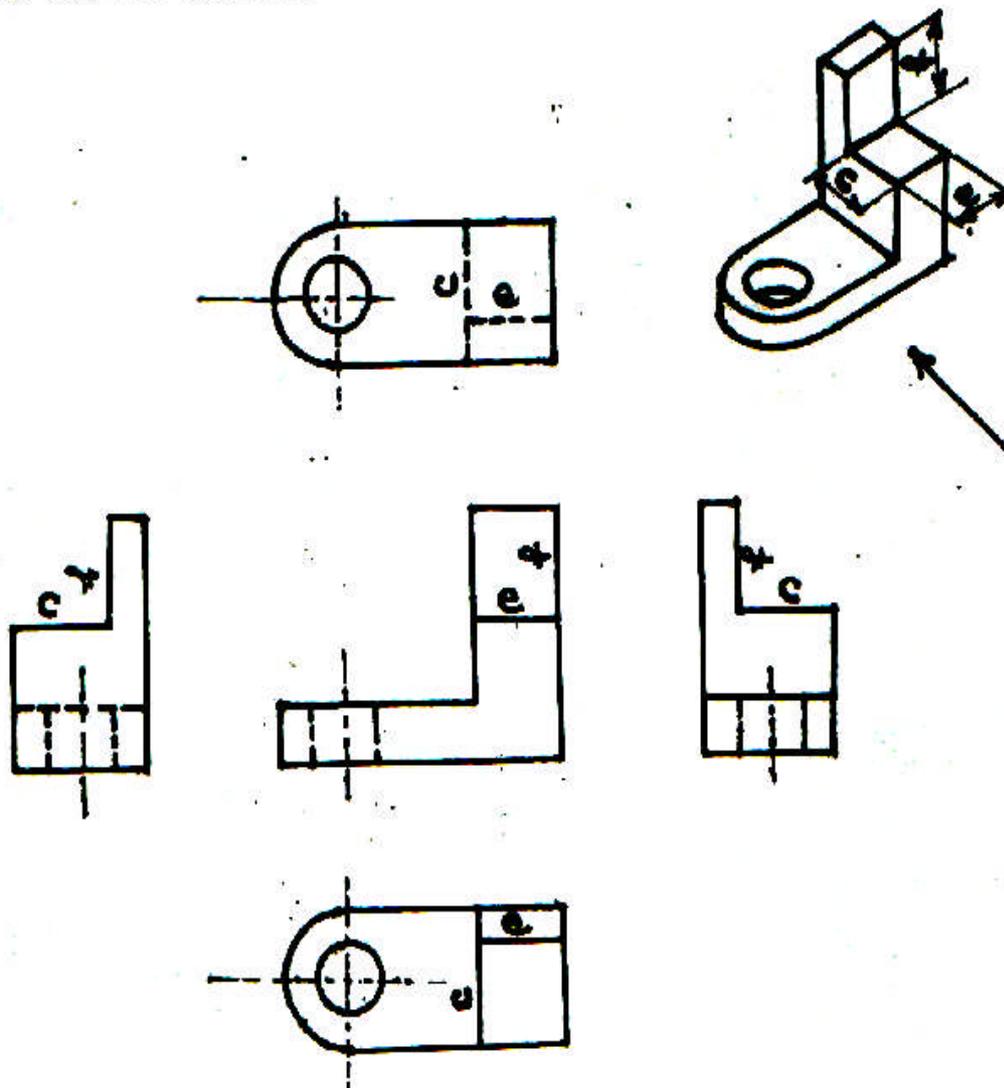
10.1.4. Correspondances entre les projections d'un détail

Lors de la représentation des détails sur les vues trois correspondances à ne pas négliger (fig.54):

- Correspondance verticale: une dimension horizontale sur la vue de face se retrouve horizontalement sur la vue de dessus et de dessous.

- Correspondance horizontale: une dimension verticale sur la vue de face se retrouve verticale sur les vues de droite et de gauche.

- Correspondance en équerre: une dimension horizontale sur la vue de gauche et de droite se retrouve verticale sur la vue de dessus.



(Fig.54)

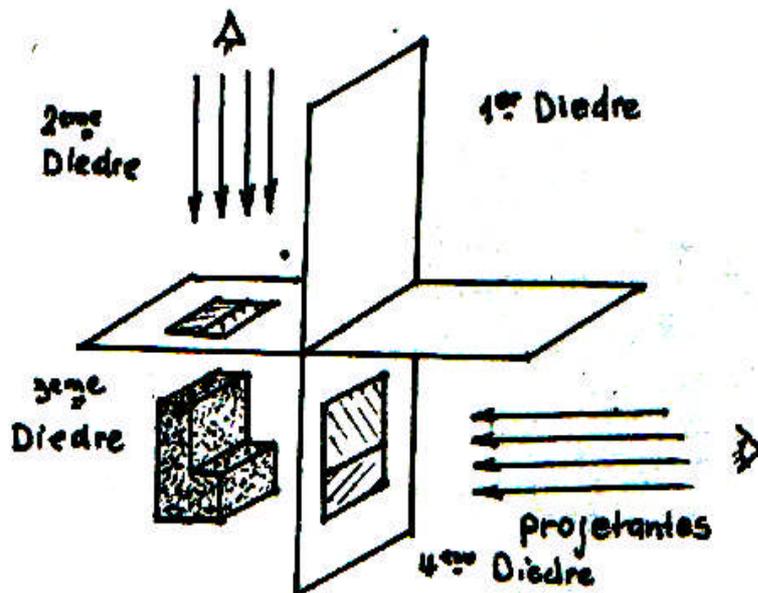
10.2. Méthode du troisième dièdre

Elle est appelée aussi méthode Américaine et désignée par la lettre A et le symbole 

Le solide est placé dans le troisième dièdre (fig.55), c'est à dire le plan de projection est situé entre l'observateur et le solide (on considère que le plan de projection est transparent).

Après rabattement du cube de projection, la disposition des vues sera la suivante:

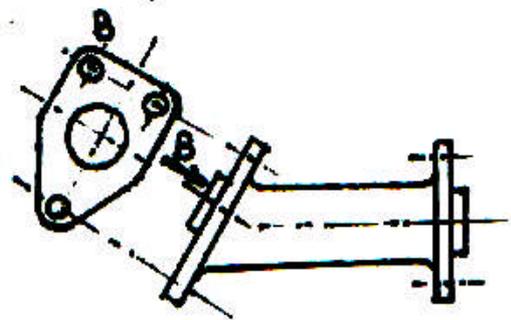
- la vue de gauche est placée à gauche de la vue de face.
- la vue de droite est placée à droite de la vue de face.
- la vue de dessus est placée au dessus de la vue de face.
- la vue de dessous est placée au dessous de la vue de face.
- la vue d'arrière est placée à droite de la vue de droite.



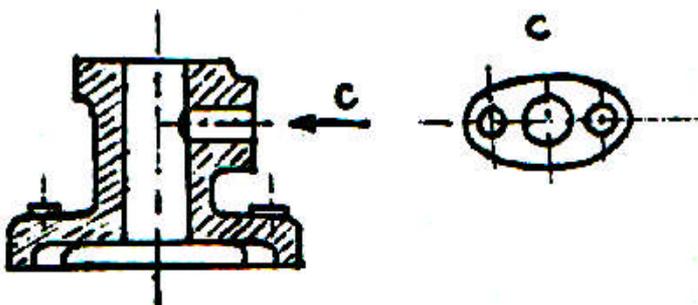
(Fig.55)

10.3. Méthode des flèches repérées

Dans certains cas de nombreuses vues sont utiles et se trouvent dans différentes directions et pour éviter des tracés compliqués, on a recours à la méthode des flèches repérées (fig.56). Elle consiste à projeter les vues sans tenir compte des règles de la méthode usuelle. La vue principale est repérée par une flèche indiquant la direction et le sens d'observation. Une lettre majuscule est placée d'une part près de la flèche et d'autre part au dessus de la vue.



(Fig.56 a)



(Fig.56.b)

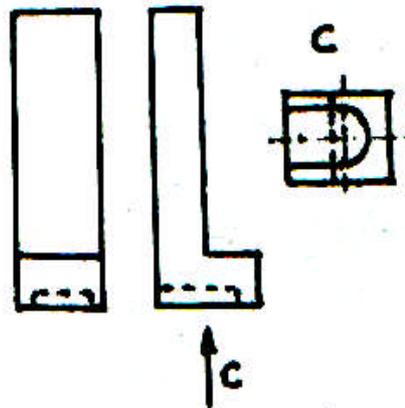
(Fig.56)

10.4. Vues particulières

10.4.1. Vues déplacées

Les vues déplacées sont dessinées dans une région libre ne correspondant pas à l'emplacement normal (Fig.57). Exceptionnellement une vue peut-être déplacé dans le but:

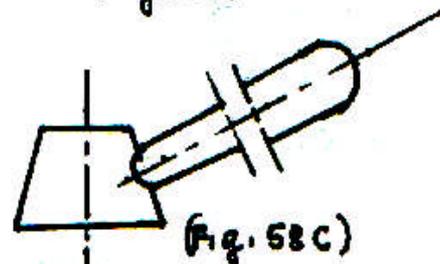
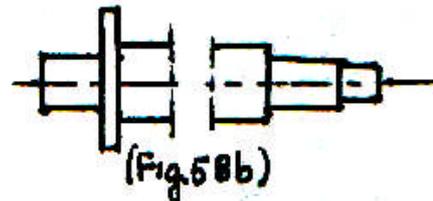
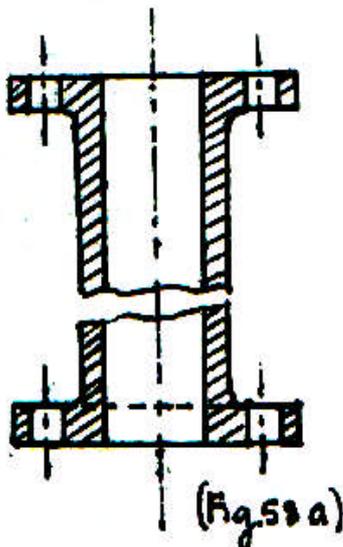
- de réduire le format du dessin.
- de simplifier la projection.



(Fig.57)

10.4.2. Vues interrompues

Pour réduire l'encombrement des vues des pièces longues à sections constantes on peut supprimer une ou plusieurs parties de ces pièces si leurs formes restent parfaitement déterminées par les parties représentées. Elles sont rapprochées les unes des autres et limitées par un trait continu fin tracé à main levé (Fig.58).

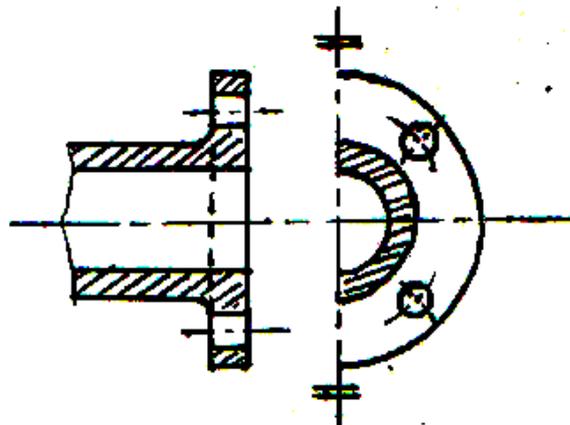


(Fig.58)

10.4.3. Demi-Vues

Les pièces présentant un ou plusieurs plan de symétries perpendiculaires peuvent être représentées par une demi-vue ou un quart de vue (Fig.59) dans le but de réduire l'encombrement et gagner du temps.

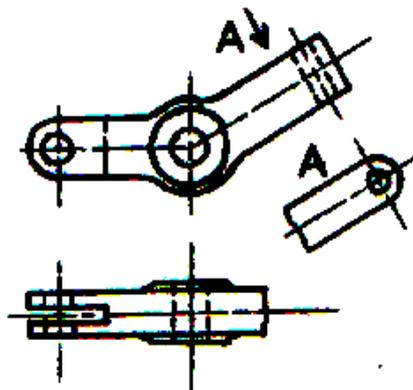
Les lignes représentatives de la demi-vue sont prolongées légèrement au delà de l'axe de symétrie est limitée par un trait mixte fin, ce prolongement peut-être remplacé par deux petits traits parallèles tracés perpendiculairement à l'axe de symétrie.



(Fig.59)

10.4.4. Projections obliques

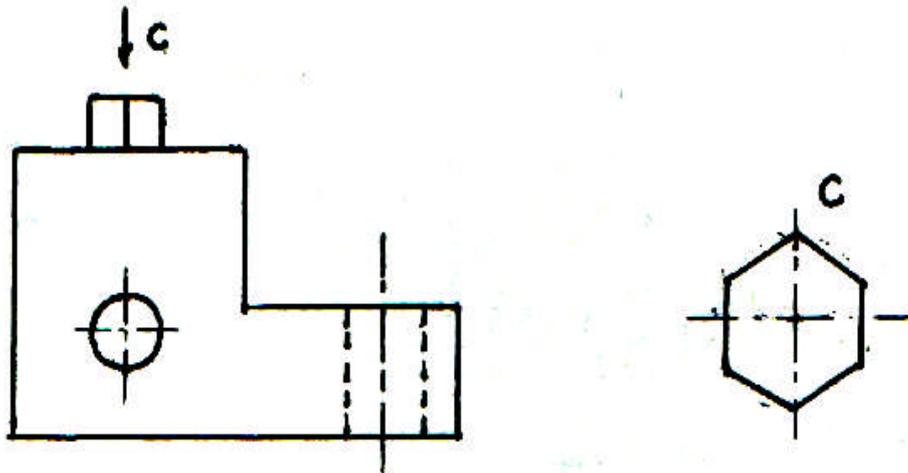
Pour représenter en vraie grandeur les faces obliques aux plans principaux de projection et pour éviter des projections déformées si l'on projette sur les plans de projection usuels, on a recours à la méthode des flèches repérées (Fig.60). La vue oblique est partielle, limitée par un trait continu fin tracé à main levé.



(Fig.60)

10.4.5. Vues locales

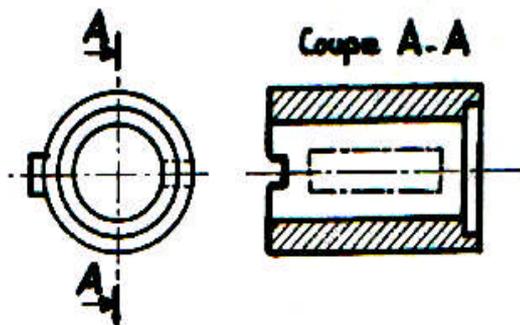
Une vue locale permet de mieux définir un détail (Fig.61)



(Fig.61)

10.4.6. Formes situées en avant

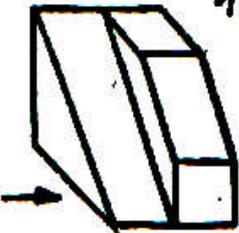
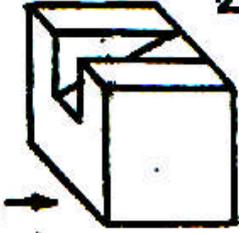
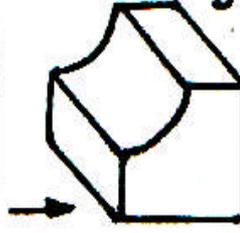
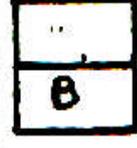
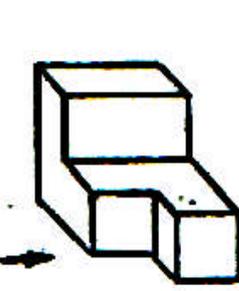
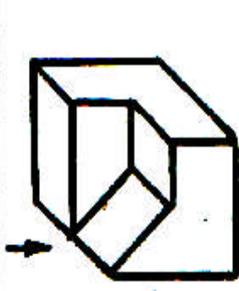
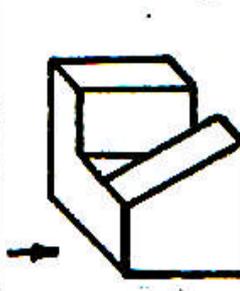
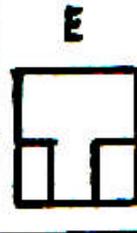
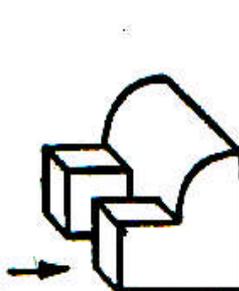
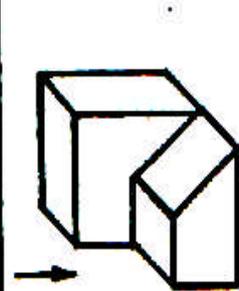
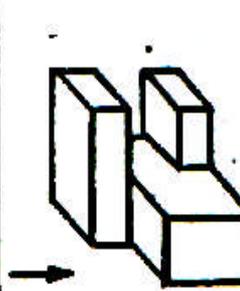
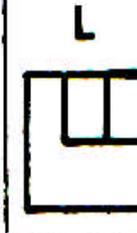
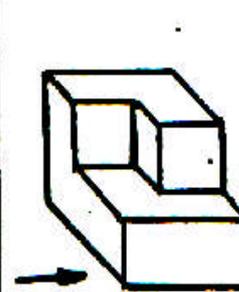
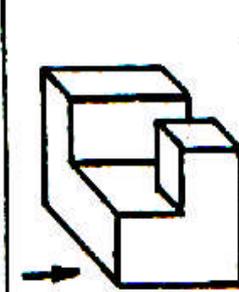
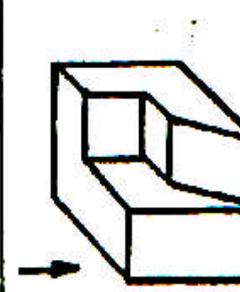
C'est le cas de celles supprimées par la coupe, si nécessaire on les représente en trait mixte fin (Fig.62).

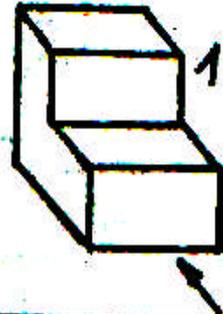
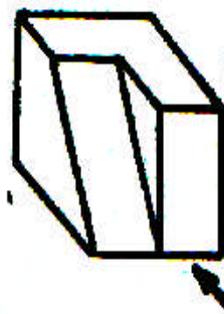
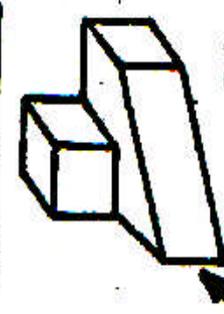
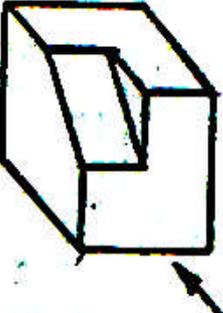
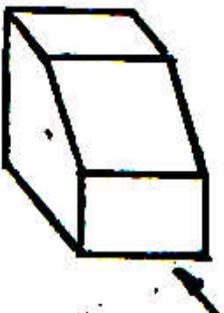
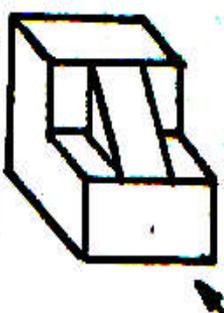
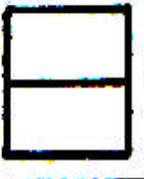
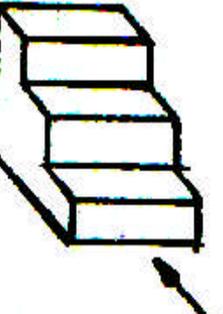
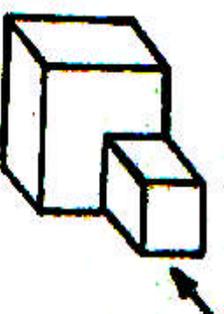
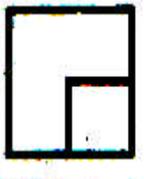
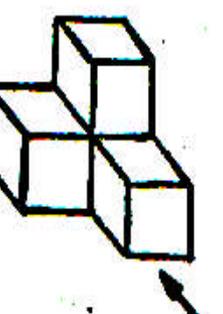
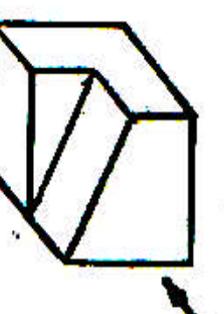
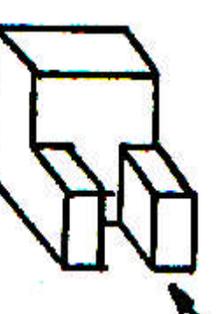
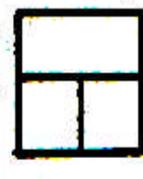
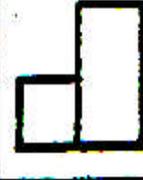
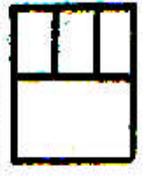


(Fig.62)

10.5. Exercices

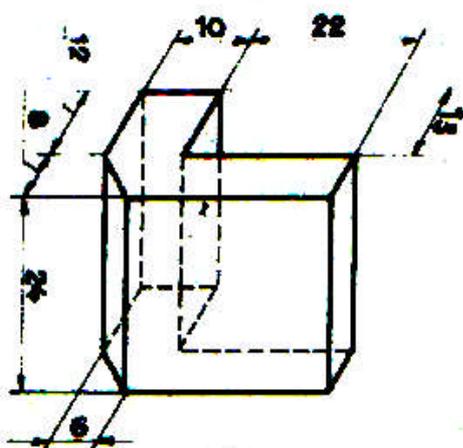
1)- Rechercher parmi les solutions repérées par des lettres la vue correspondant à chaque solide désigné par un chiffre. Le sens de projection est donné par des flèches.

<p>1</p> 	<p>2</p> 	<p>3</p> 	<p>A</p> 	<p>B</p> 
<p>4</p>	<p>5</p>	<p>6</p>	<p>C</p> 	<p>D</p> 
			<p>E</p> 	<p>F</p> 
<p>7</p>	<p>8</p>	<p>9</p>	<p>G</p> 	<p>H</p> 
			<p>I</p> 	<p>J</p> 
<p>10</p>	<p>11</p>	<p>12</p>	<p>K</p> 	<p>L</p> 
			<p>M</p> 	<p>N</p> 

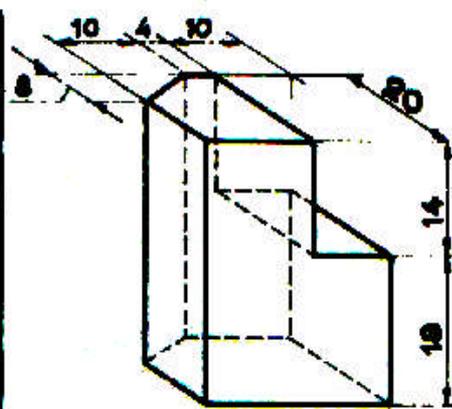
				
4	5	6	C	D
				
7	8	9	E	F
				
10	11	12	G	H
				
			I	J
				
			K	L
				
			M	N

<p>1</p>	<p>2</p>	<p>3</p>	<p>A</p>	<p>B</p>
<p>4</p>	<p>5</p>	<p>6</p>	<p>C</p>	<p>D</p>
<p>7</p>	<p>8</p>	<p>9</p>	<p>E</p>	<p>F</p>
<p>7</p>	<p>8</p>	<p>9</p>	<p>G</p>	<p>H</p>
<p>10</p>	<p>11</p>	<p>12</p>	<p>I</p>	<p>J</p>
<p>10</p>	<p>11</p>	<p>12</p>	<p>K</p>	<p>L</p>
<p>10</p>	<p>11</p>	<p>12</p>	<p>M</p>	<p>N</p>

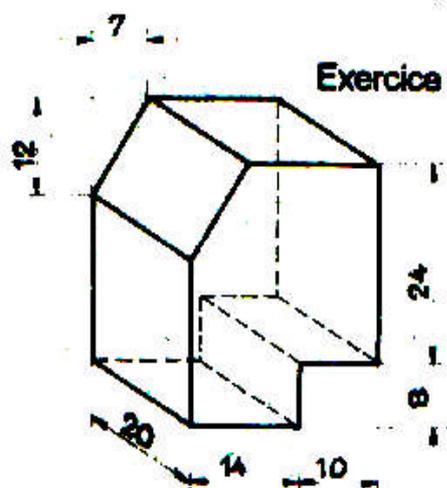
2)- Dessiner les trois vues (de face, de gauche et celle de dessus) à partir des solides représentés sur les figures suivantes.



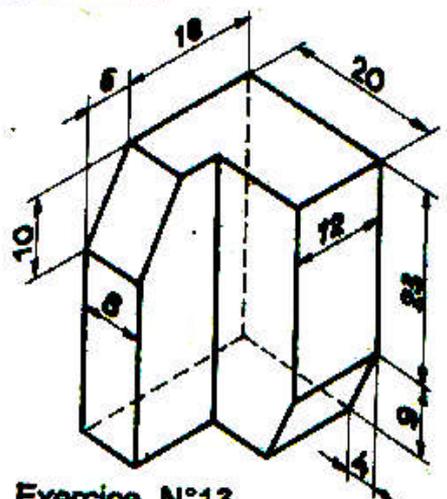
Exercice N°10



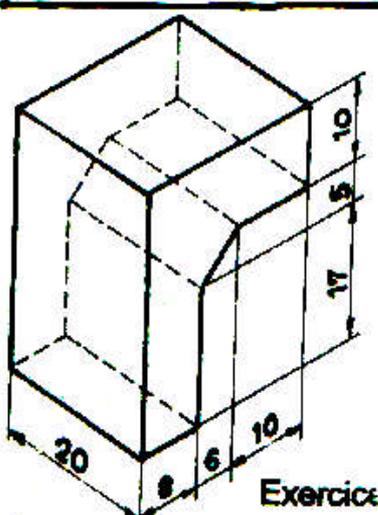
Exercice N°11



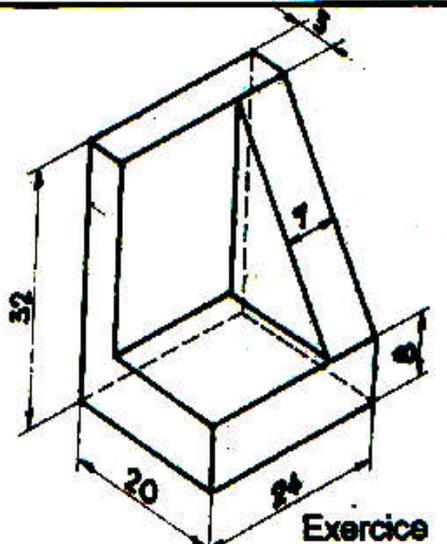
Exercice N°12



Exercice N°13

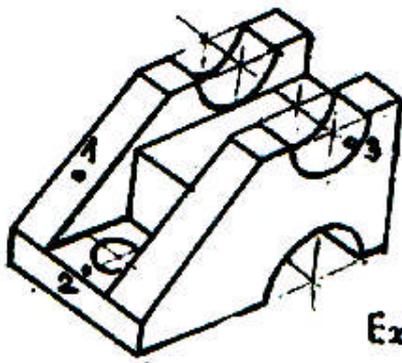


Exercice N°14

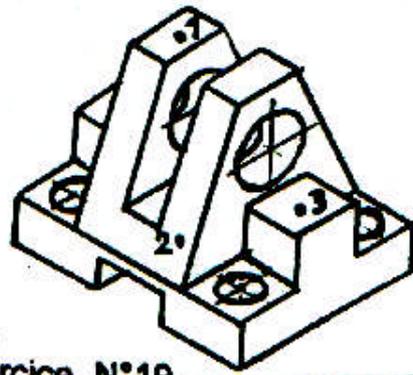


Exercice N°15

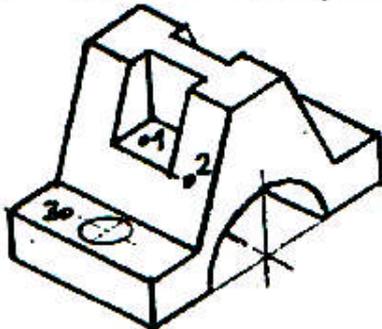




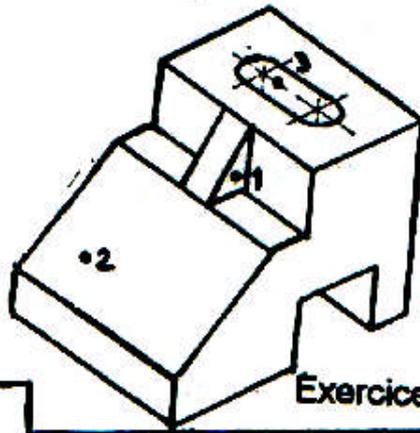
Exercice N°15a



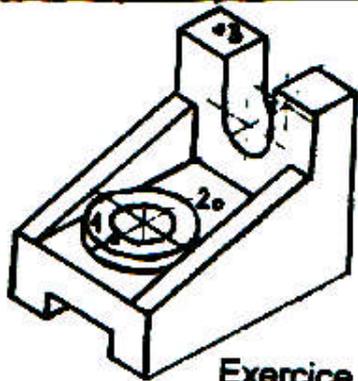
Exercice N°19



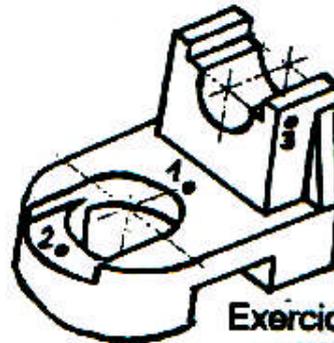
Exercice N°16



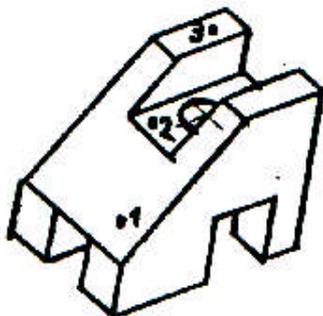
Exercice N°20



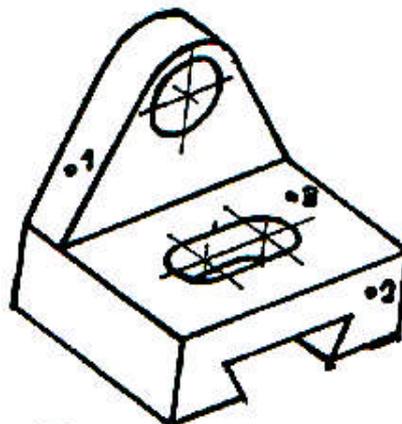
Exercice N°17



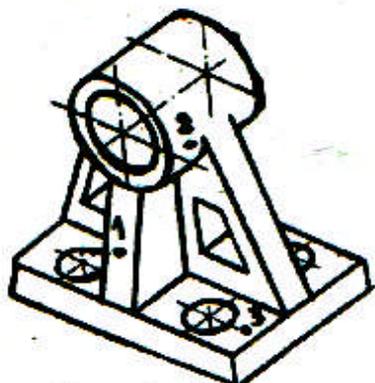
Exercice N°21



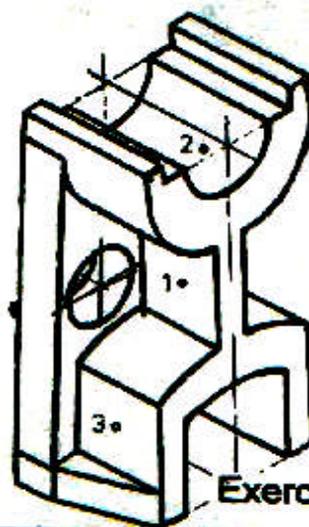
Exercice N°18



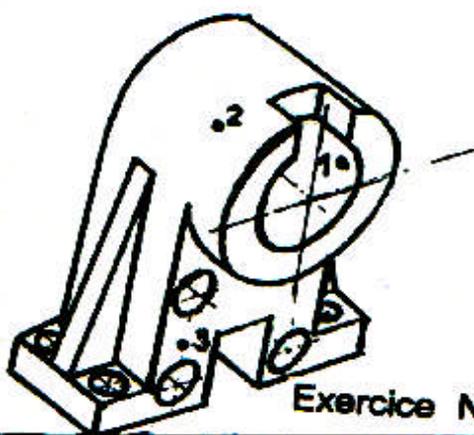
Exercice N°22



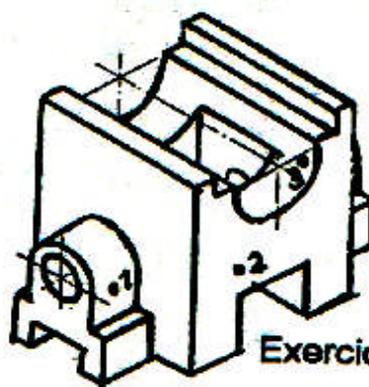
Exercice N°23.



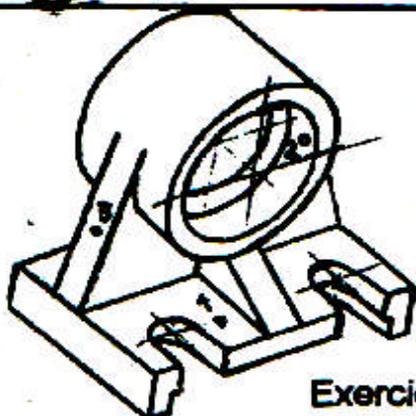
Exercice N°27



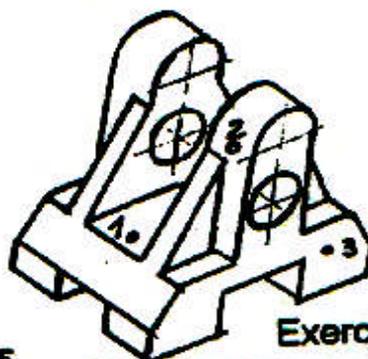
Exercice N°24



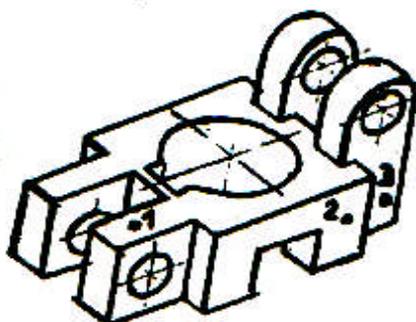
Exercice N°28



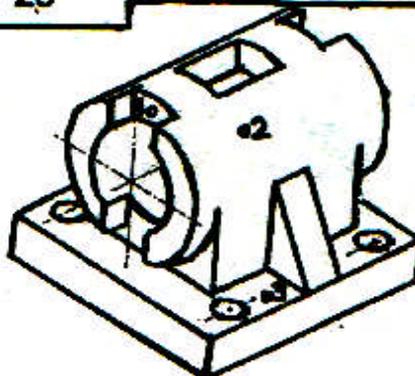
Exercice N°25



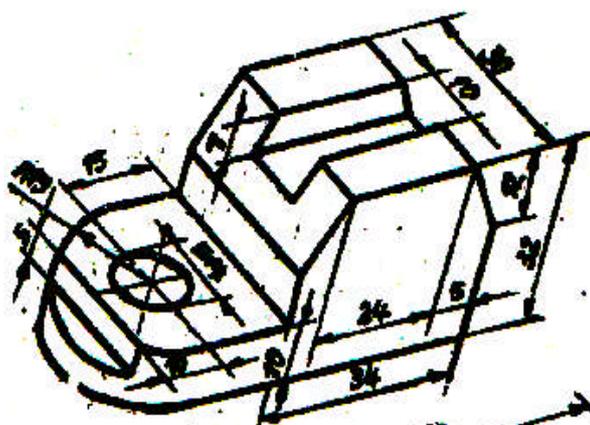
Exercice N°29



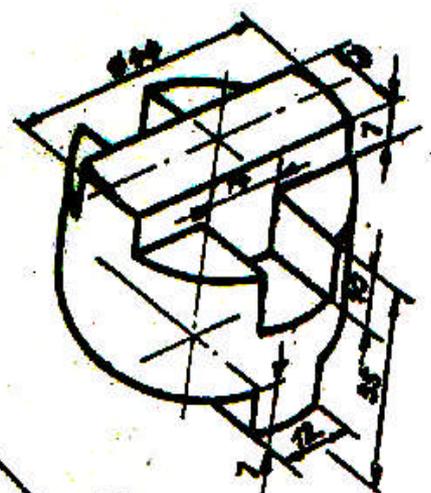
Exercice N°26



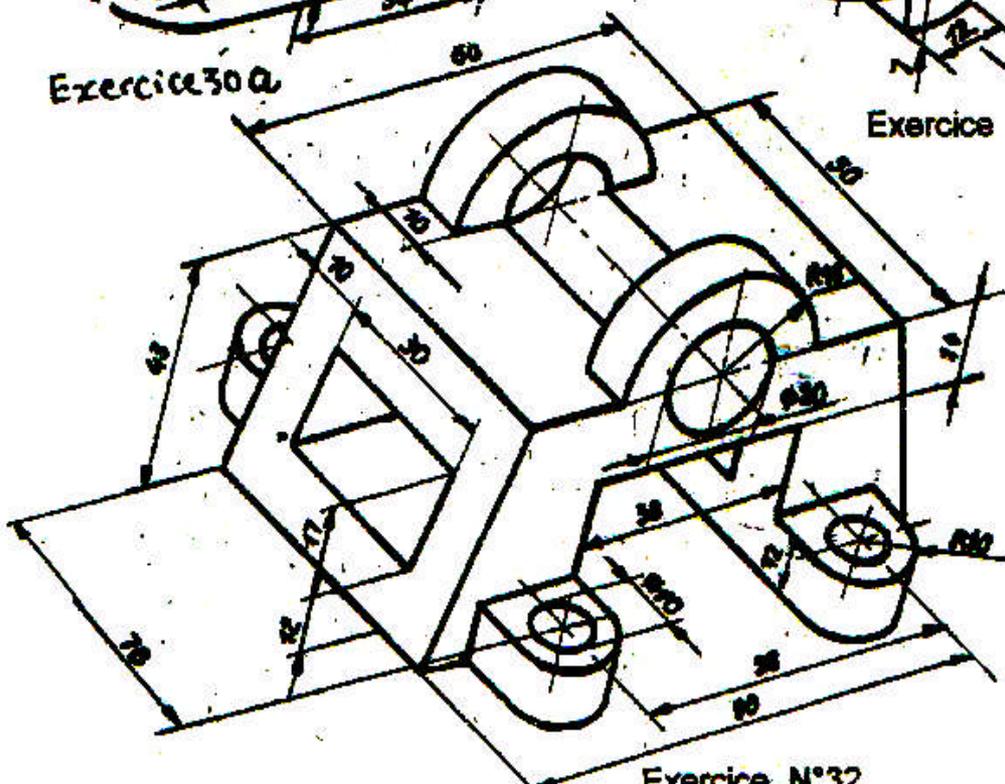
Exercice N°30



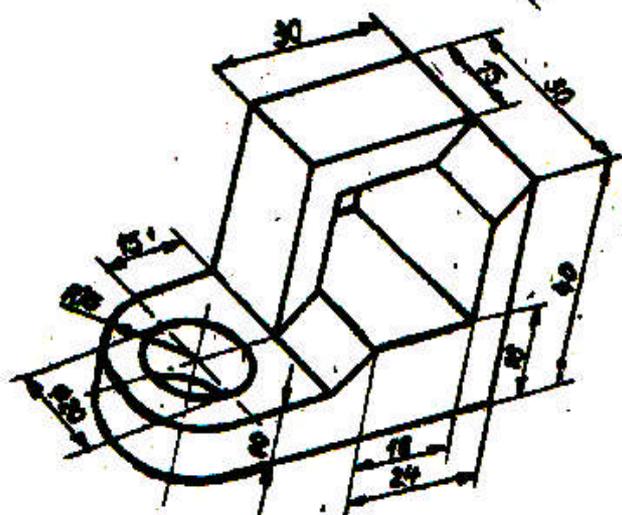
Exercice 30a



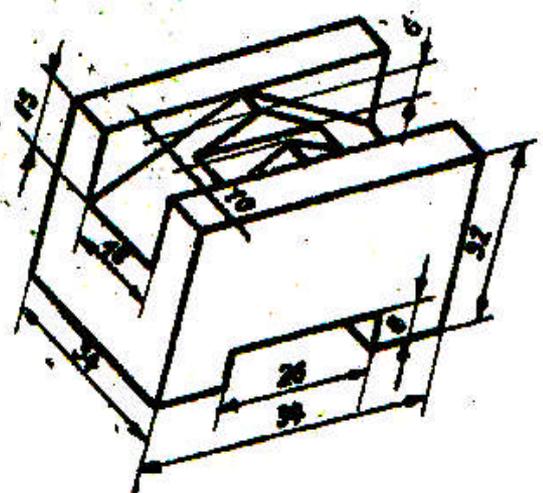
Exercice N°31



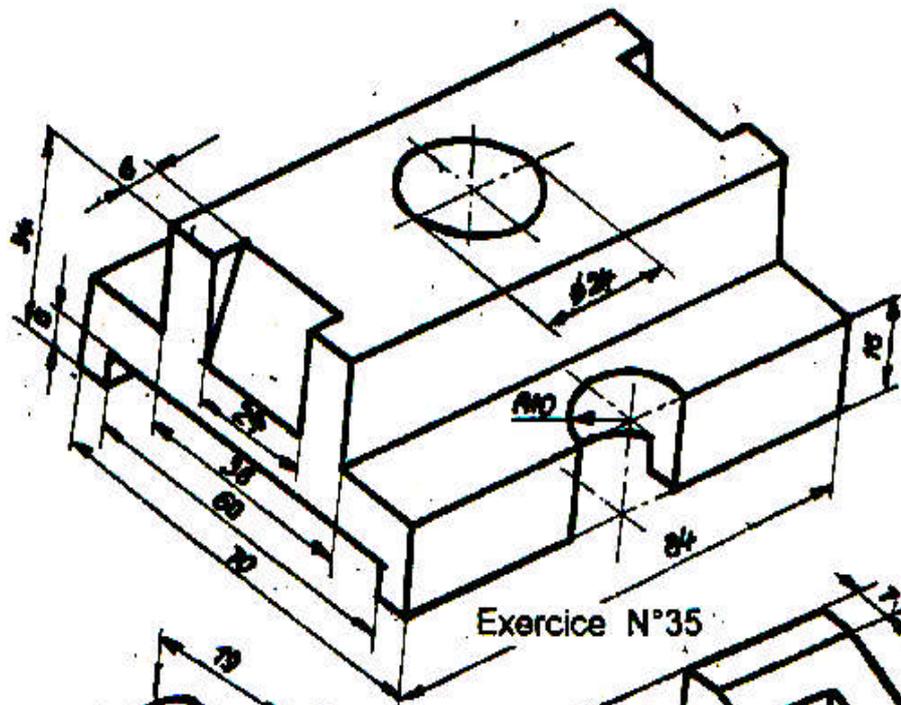
Exercice N°32



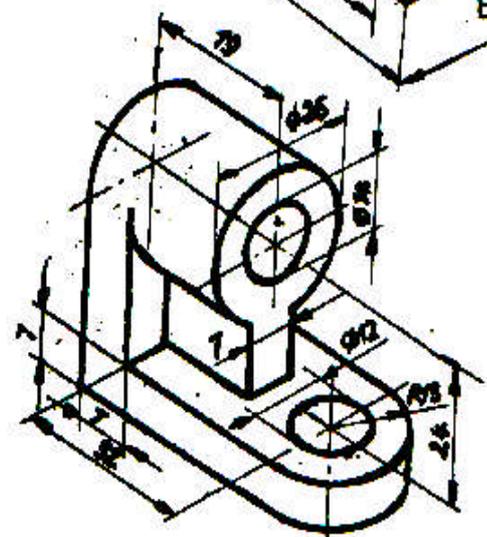
Exercice N°33



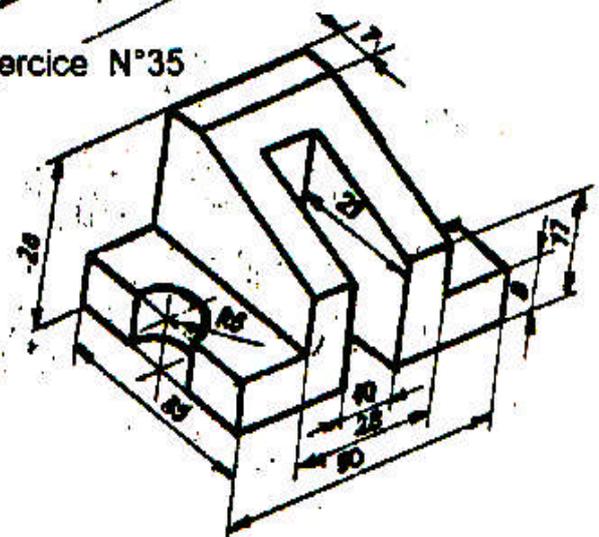
Exercice N°34



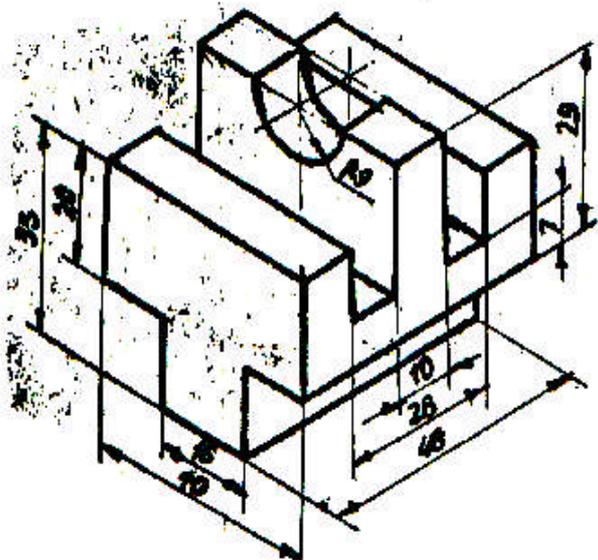
Exercice N°35



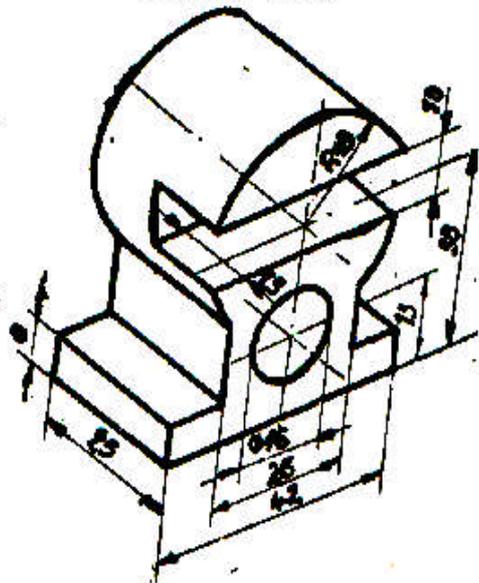
Exercice N°36



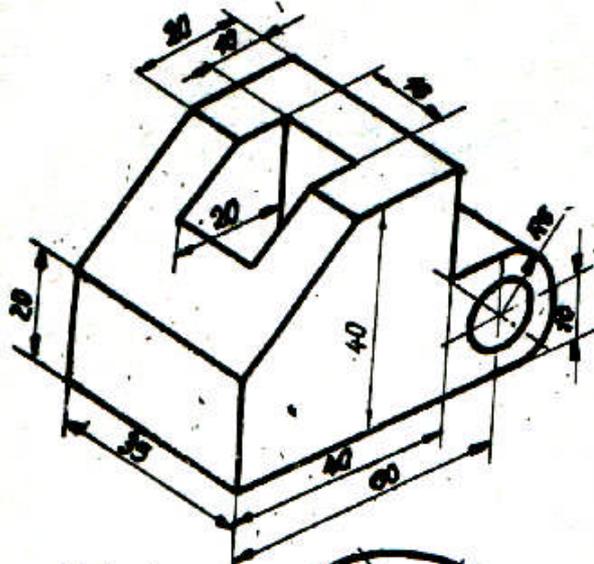
Exercice N°37



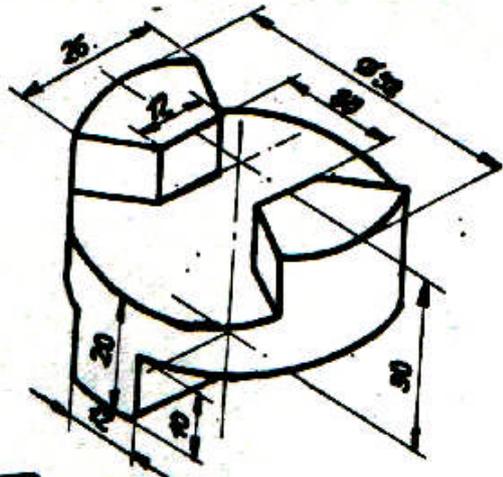
Exercice N°38



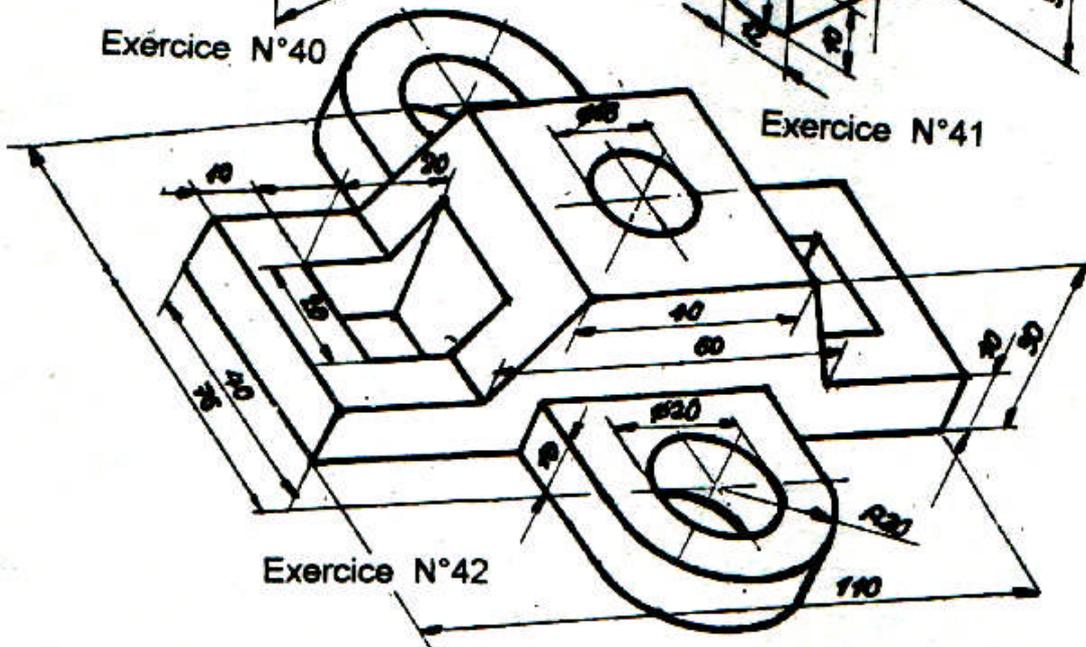
Exercice N°39



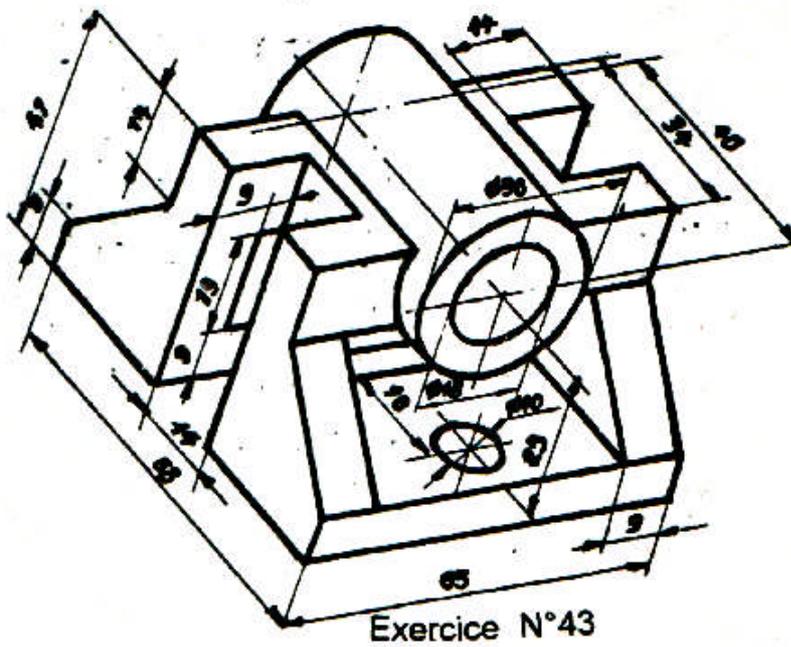
Exercice N°40



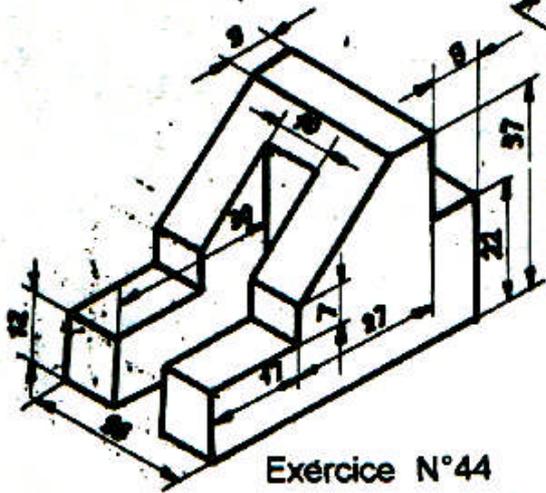
Exercice N°41



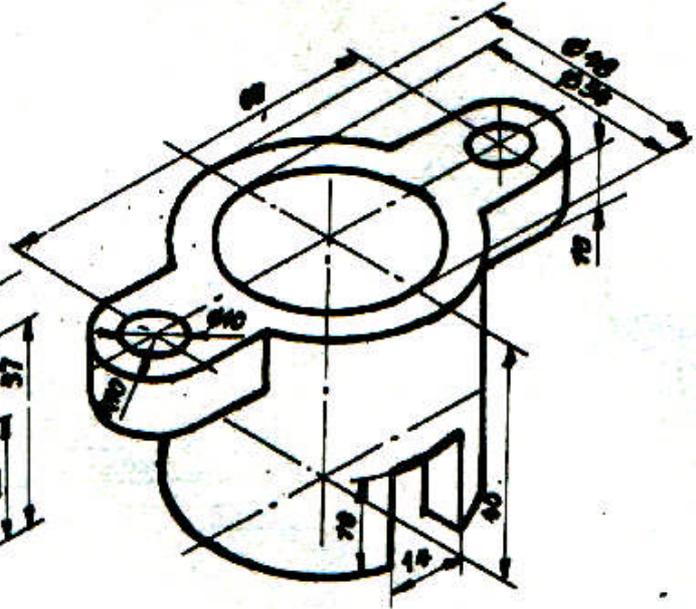
Exercice N°42



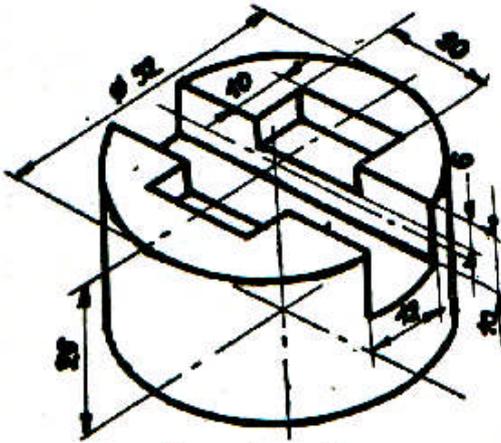
Exercice N°43



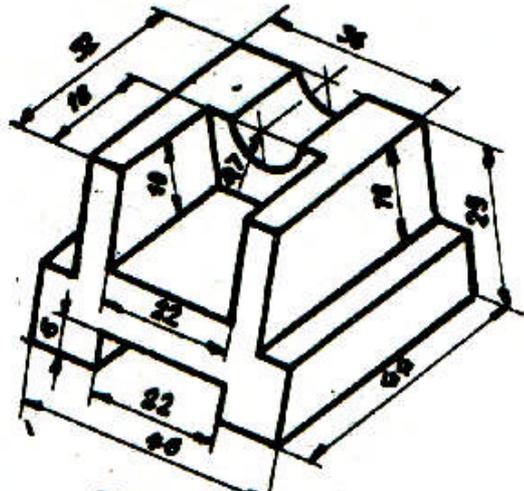
Exercice N°44



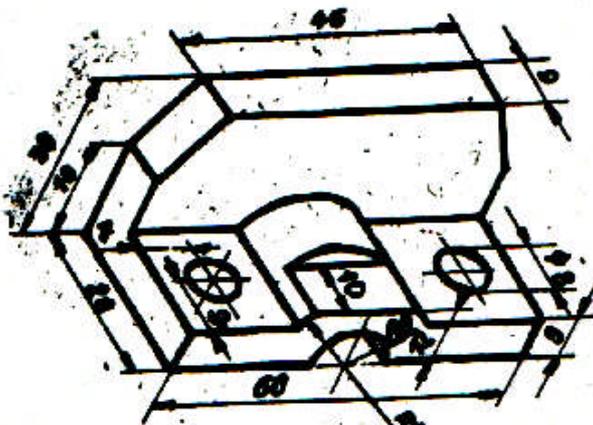
Exercice N°45



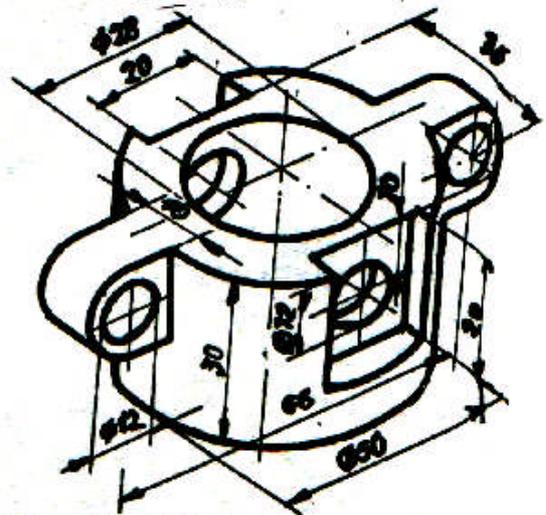
Exercice N°46



Exercice N°47



Exercice N°48

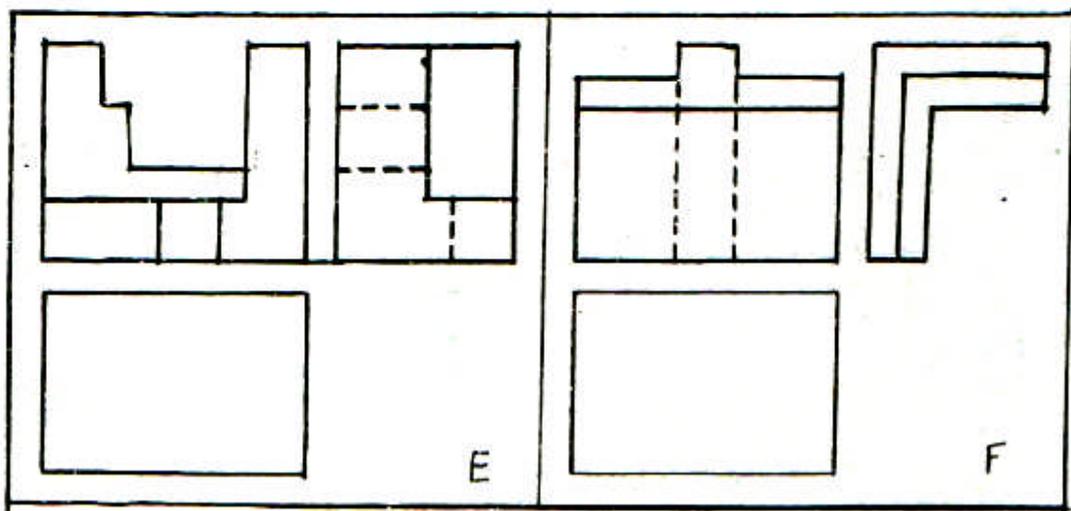
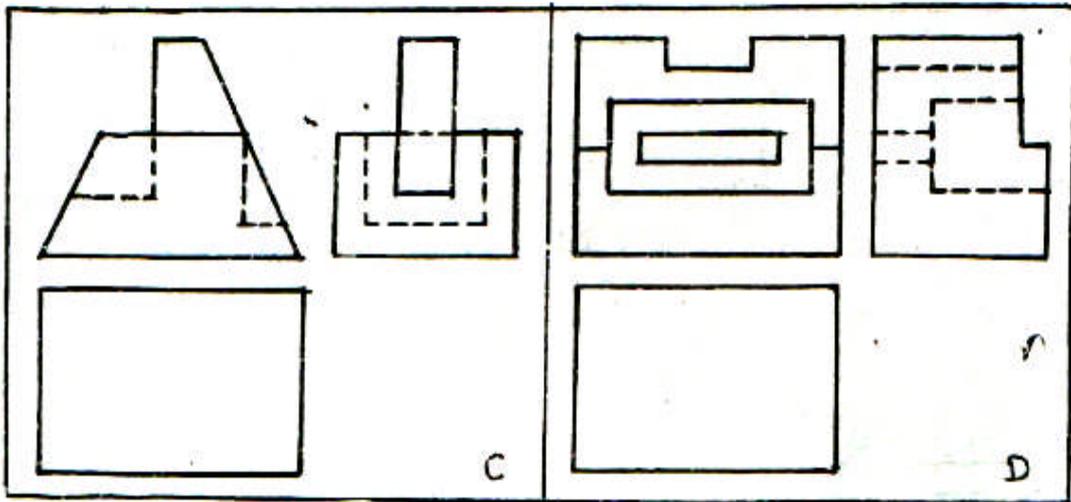
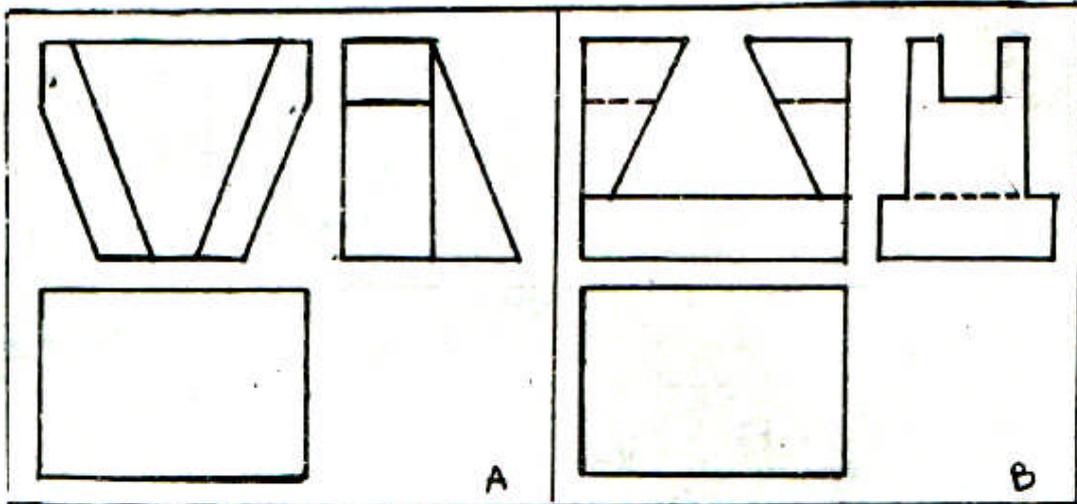


Exercice N°49

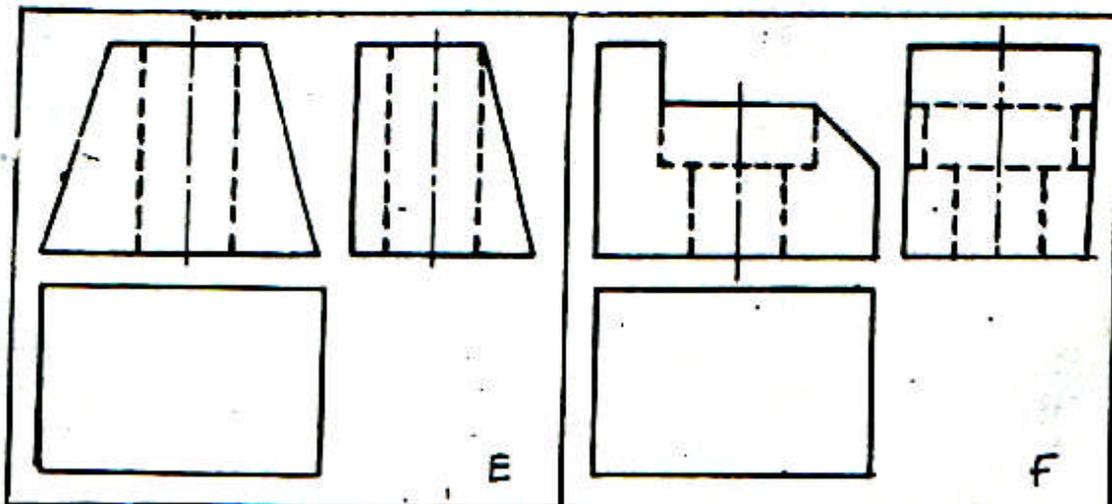
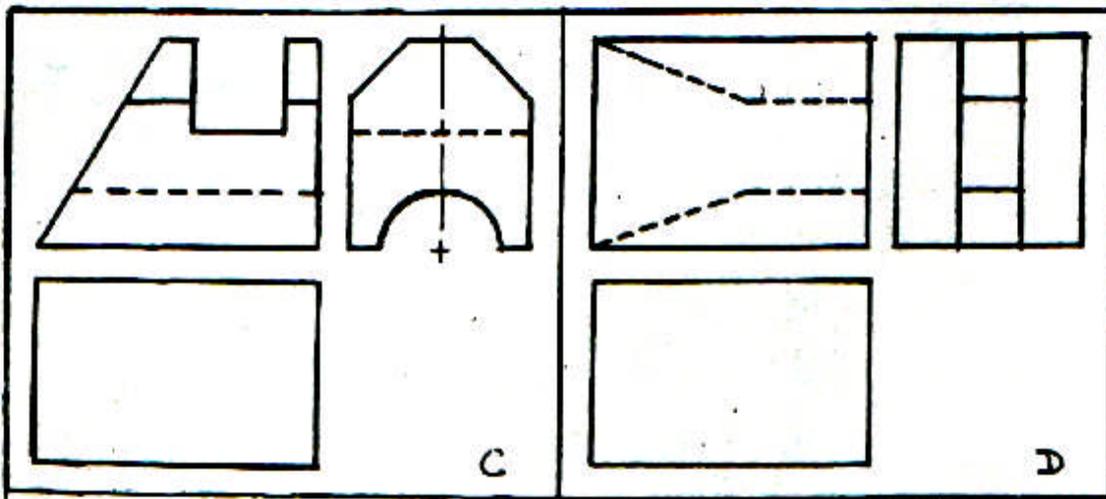
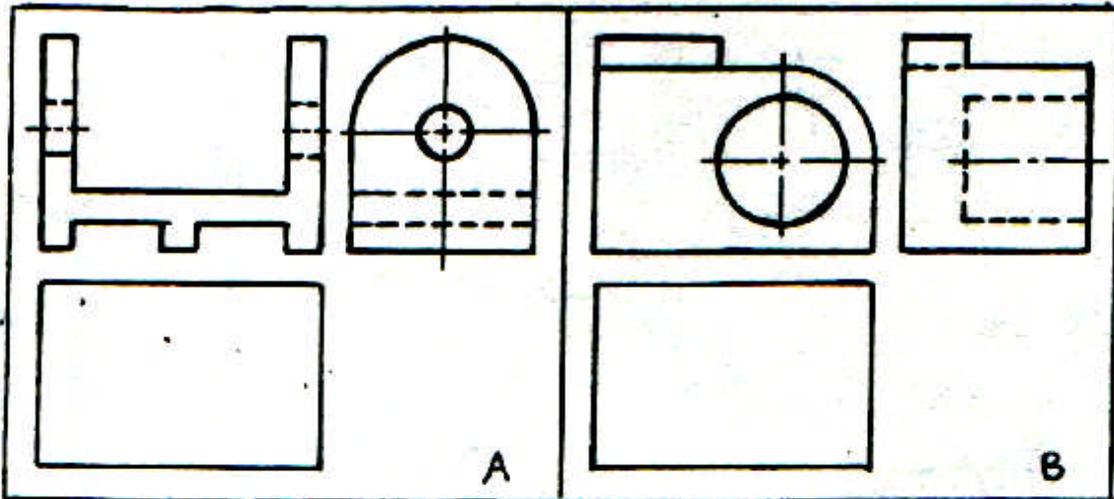
3)- A partir de deux vues données, déterminer la troisième vue.

<p>A</p>	<p>B</p>
<p>C</p>	<p>D</p>
<p>E</p>	<p>F</p>
<p>G</p>	<p>H</p>

Exercice N°50



Exercice N°51



Exercice N°52

11 - LA COTATION DES FORMES

11.1. Généralités

La cotation du dessin d'une pièce a pour but d'indiquer les renseignements dimensionnels utiles pour sa fabrication. Car mesurer, les dimensions sur le dessin ne serait ni commode, ni précis.

Les dimensions à inscrire sont celles de la pièce réelle, quelque soit l'échelle du dessin.

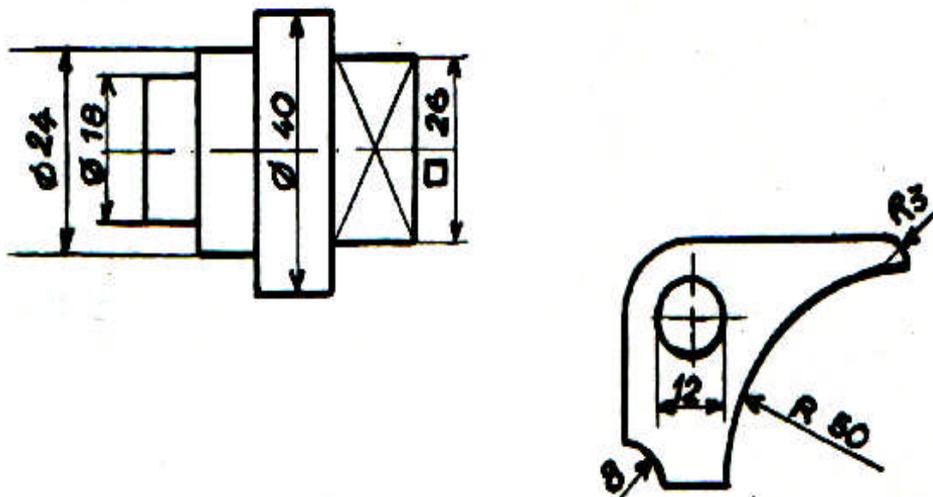
L'exécution de la cotation exige une grande attention, car une erreur ou un oubli peuvent entraîner la mise en rebut de toute une série de fabrication.

Les grandeurs à coter sont :

- Les longueurs exprimées en millimètres.
- Les angles exprimés en degrés et en dixième de degré.
- Les pentes et conicités exprimées en %.

En cas d'ambiguïté on fait précéder une cote de (Fig.63) :

- \varnothing désignant le diamètre.
- R désignant le rayon.
- \square désignant le surplat d'un carré.



11.2. Éléments de la cotation

Une cotation comprend les éléments suivants :

- Lignes de côtes
- Lignes d'attaches
- Flèches
- Chiffres et Lettres

11.2.1. Lignes de côtes

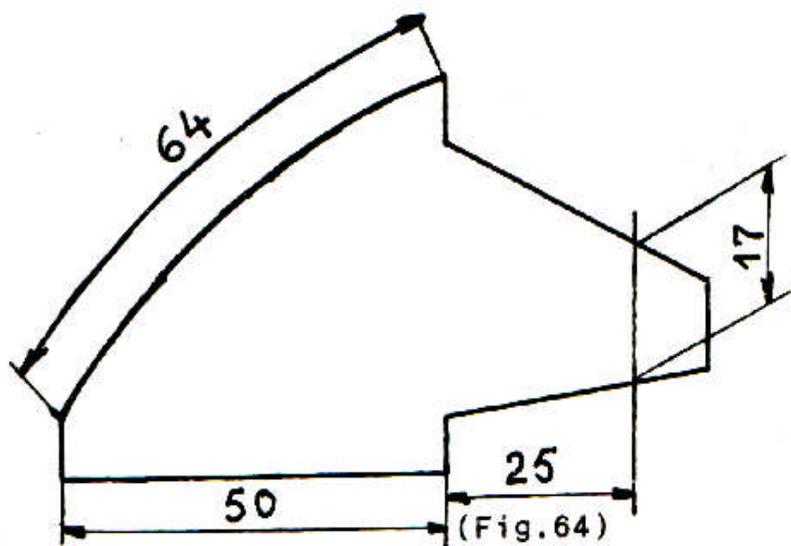
Elles sont parallèles aux segments à coter et distantes de ceux-ci d'au moins de 5 mm, elles sont tracées en trait continu fin. Une ligne de côte ne doit pas coïncider avec une autre ligne de dessin, ni avec un axe.

Une ligne de cote ne doit jamais coupée une arête ou une autre ligne de cote ,mais elle peut coupée un axe ou une ligne d'attache.

11.2.2. Lignes d'attaches

Elles sont perpendiculaires aux segment à coter et dépassant légèrement les lignes de côtes. En cas de nécessité elles peuvent être tracées obliquement mais parallèle entre elle (Fig.64).

On évite dans la mesure du possible qu'une ligne d'attache soit coupée par une autre ligne de dessin. Il est admis d'utiliser une ligne du contour comme ligne d'attache.

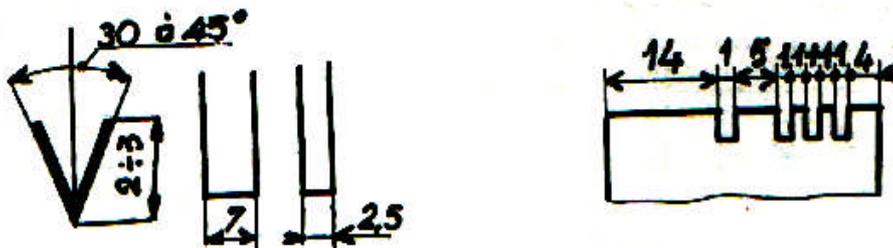


11.2.3. Flèches

Les flèches limitent la ligne de cote et sont formées de deux branches ayant une ouverture de 30° à 45° (Fig.65).

Elles sont tracées en trait continu fort, toutes les flèches d'un même dessin sont identiques.

Si l'intervalle entre deux lignes d'attache est trop petit on tourne les flèches en dehors ou on les remplace par des points.

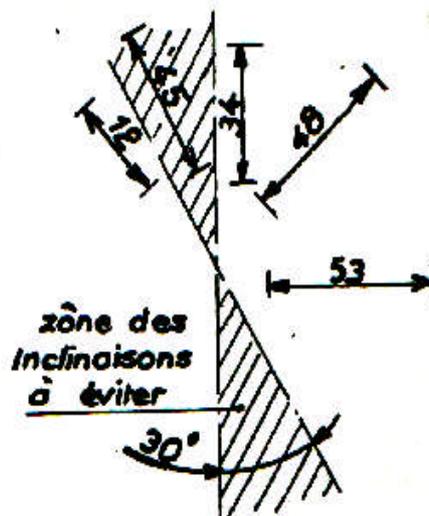


(Fig.65)

11.2.4. Chiffres et Lettres

Les chiffres et lettres utilisés sont choisis à partir des formes normalisées. Ils sont placés vers le milieu et légèrement au dessus de la ligne de cote. Ils doivent pas être ni séparés ni coupés par une quelconque ligne de dessin.

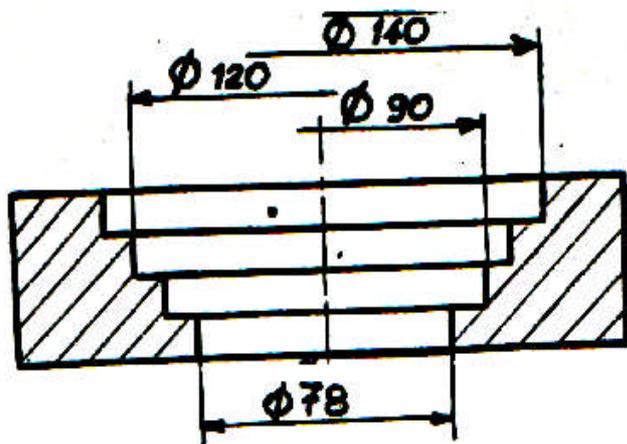
L'orientation des chiffres est effectuée selon la (Fig.66)



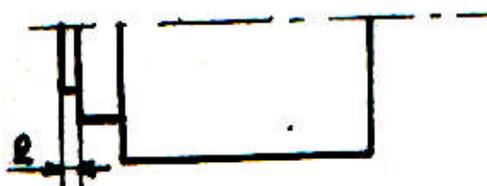
(Fig.66)

Les chiffres et lettres peuvent être placés soit :

- près des flèches afin d'éviter qu'ils soient séparés par une ligne de dessin (Fig.67).
- sur le prolongement de la ligne de cote s'il y a un manque de place (Fig.68).

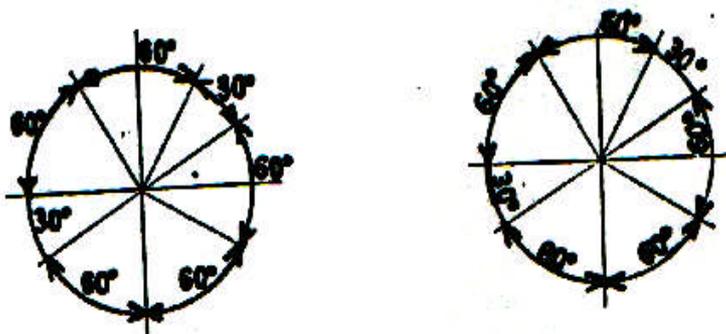


(Fig.67)



(Fig.68)

L'orientation de la cotation des angles s'effectue selon la (Fig.69).



(Fig.69)

11.3. Groupement des côtes

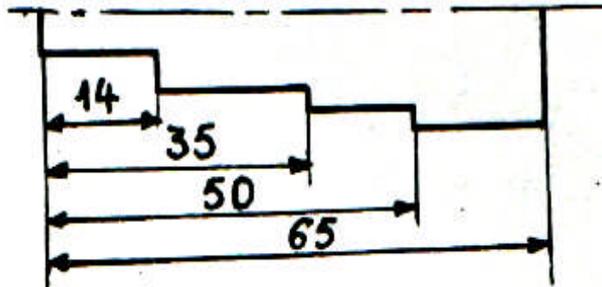
Le groupement des côtes se justifie par :

- Un contrôle plus rapide de la cotation
- Moins de risque d'erreurs au cours de l'usinage de la pièce.

Chaque côte ne doit être inscrite qu'une seule fois

11.3.1. Cotation en parallèle

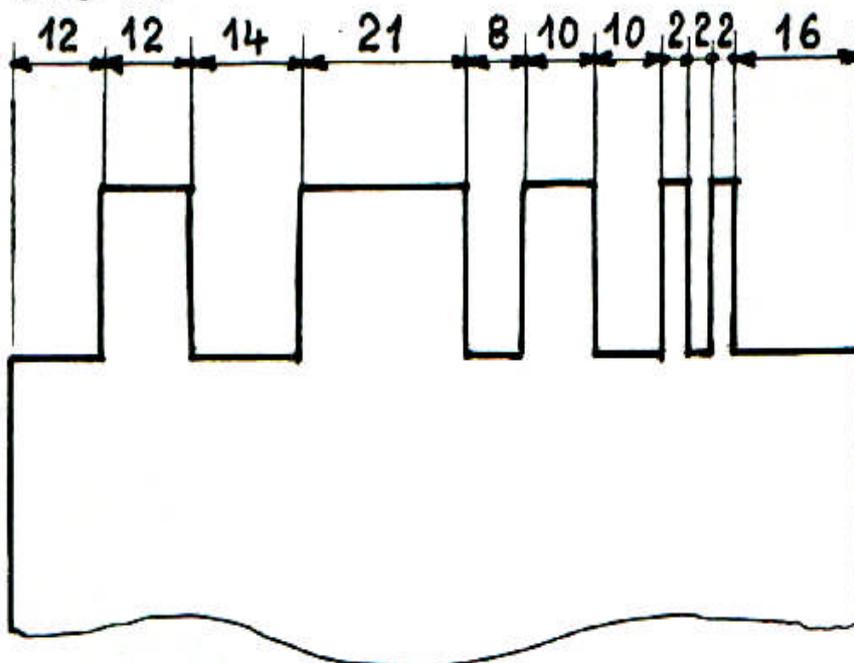
Elle s'effectue sur des lignes parallèles, ayant même direction à partir d'une origine commune (Fig.70).



(Fig.70)

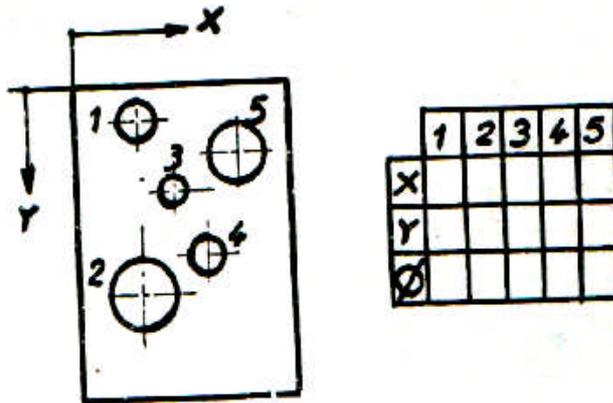
11.3.2. Cotation en série

C'est une cotation se suivant sans aucun chevauchement (Fig.71)



11.3.3. Cotation en coordonnées

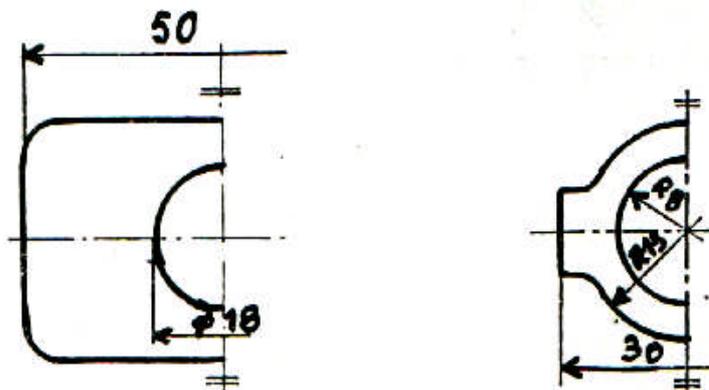
Il peut être intéressant dans certains cas de grouper les cotes sur un tableau en dehors du dessin, ce groupement s'effectue suivant les deux directions X et Y perpendiculaires (Fig.72).



(Fig.72)

11.3.4. Cotation de demi-vues

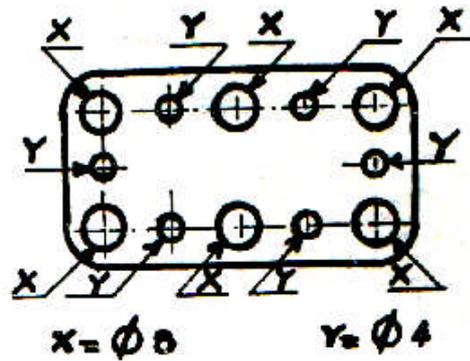
Dans les demi-vues, prolonger légèrement les lignes de cote au delà de l'axe de symétrie de la partie conservée (Fig.73).



(Fig.73)

11.3.5. Éléments identiques

Pour éviter des répétitions de côtes, on peut utiliser des lettres de repères renvoyant à une légende (Fig.74).



(Fig.74)

11.3.6. Cotation d'une corde, arc et angle

Les figures 75 a, b et c représentent leurs cotations.



Corde
(Fig.75 a)



Angle au centre
(Fig.75b)

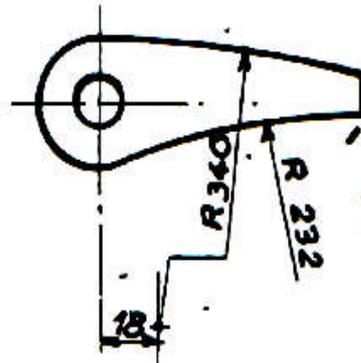


Arc
(Fig.75 c)

11.3.7. Cotation des rayons

La flèche de ligne de cote ne doit jamais se diriger vers le centre de l'arc, elle doit toucher la courbure.

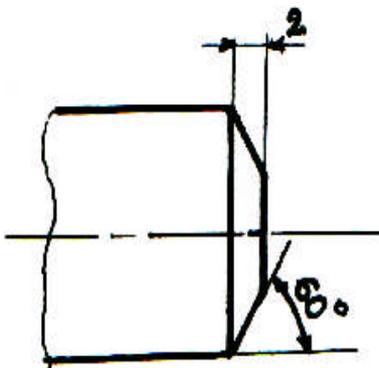
Si le centre se trouve en dehors des limites de la vue (pour les grands rayons) briser ou interrompre la ligne de cote selon qu'il est nécessaire ou non de situer le centre (Fig.76)



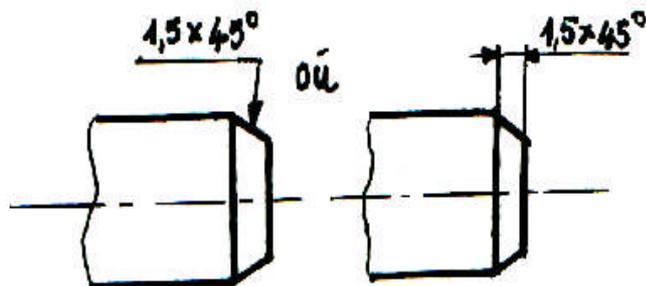
(Fig.76)

11.3.8. Chanfreins

Pour les grands chanfreins adopter la (Fig.77) et pour les petits chanfreins la (Fig.78).



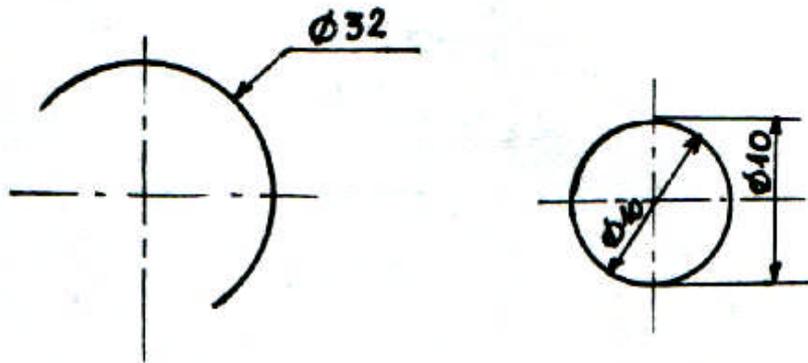
(Fig.77)



(Fig.78)

11.3.9. diamètres

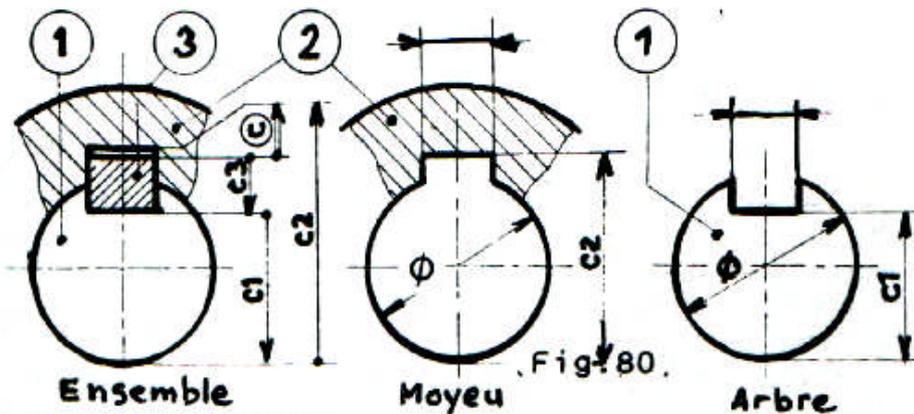
Voir 1a (Fig.79)



(Fig.79)

11.3.10. Rainures de clavettes

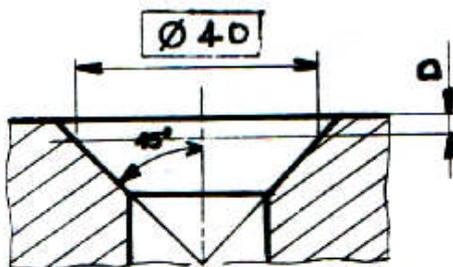
Adopter 1a (Fig.80)
Les cotes d'usage d'une rainure de clavette sont les cotes fonctionnelles.



11.3.11. Fraises

4) Elle est cotée comme un cône (Fig.81)

- 2) Le plan de jauge correspond au diamètre de la tête de vis.
- 3) Le cote (D) correspond au désaffleurement de la vis.

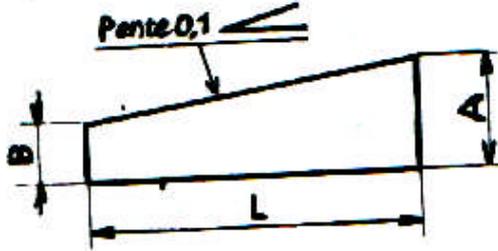


(Fig.81)

11.3.12. Pente et cônicalité

(fig.82)

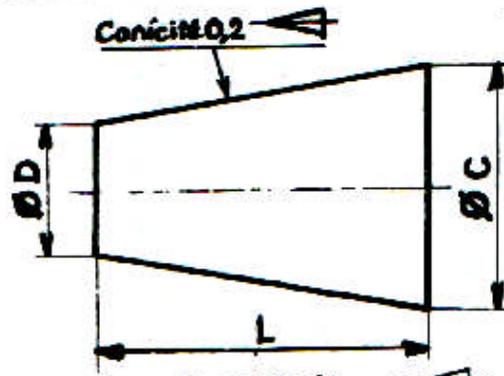
a) Désignation d'une Pente



Pente 0,10 \leftarrow ou Pente 10% \leftarrow
(\leftarrow ou \rightarrow suivant sens d'inclinaison)

Cette désignation signifie:
Sur une longueur de 100 mm, la
différence entre les cotes (A-B)
est égale à 10 mm.

b) Désignation d'une Cônicalité



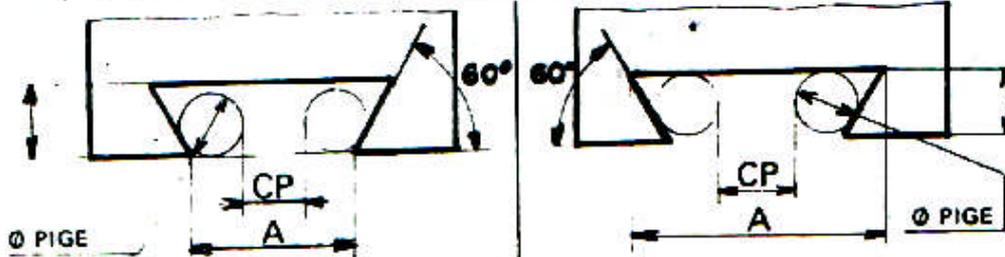
Cônicalité 0,20 \leftarrow
ou cônicalité 20% \leftarrow
(\leftarrow ou \rightarrow suivant sens d'inclinaison)

Cette désignation signifie:
(Fig.82) Sur une longueur de 100 mm, la
différence entre les diamètres
(Ø C - Ø D) est égale à 20 mm.

11.3.13. Queue d'aronde contenante et contenue

Voir (Fig.83)

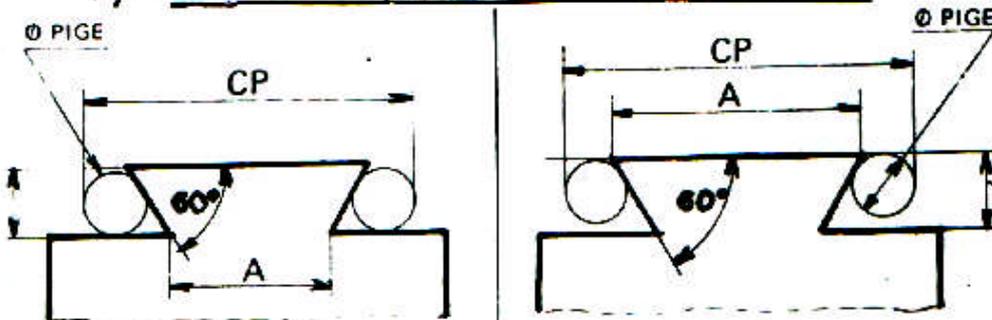
a) QUEUE D'ARONDE CONTENANTE



COTE SUR PIGES :
 $CP = A - \varnothing (1 + \text{tg } 30^\circ)$

COTE SUR PIGES :
 $CP = A - \varnothing (1 + \text{tg } 60^\circ)$

b) QUEUE D'ARONDE CONTENUE



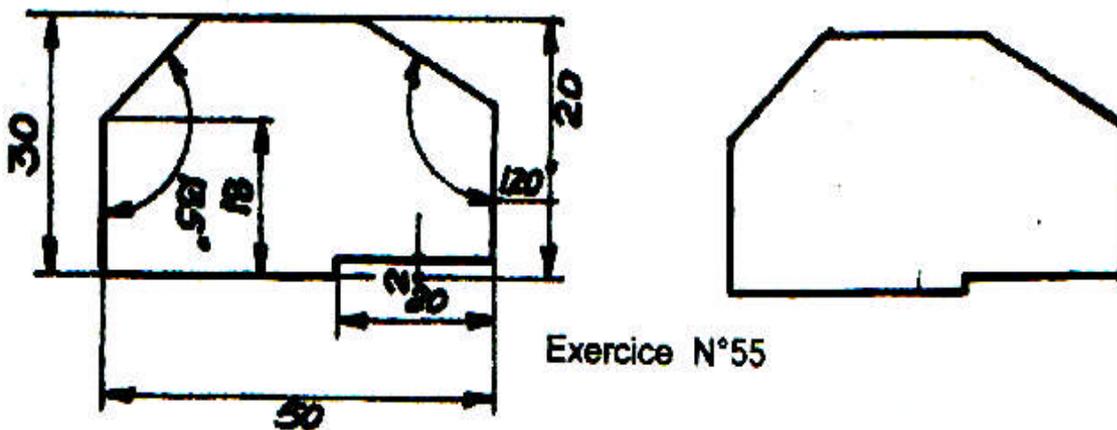
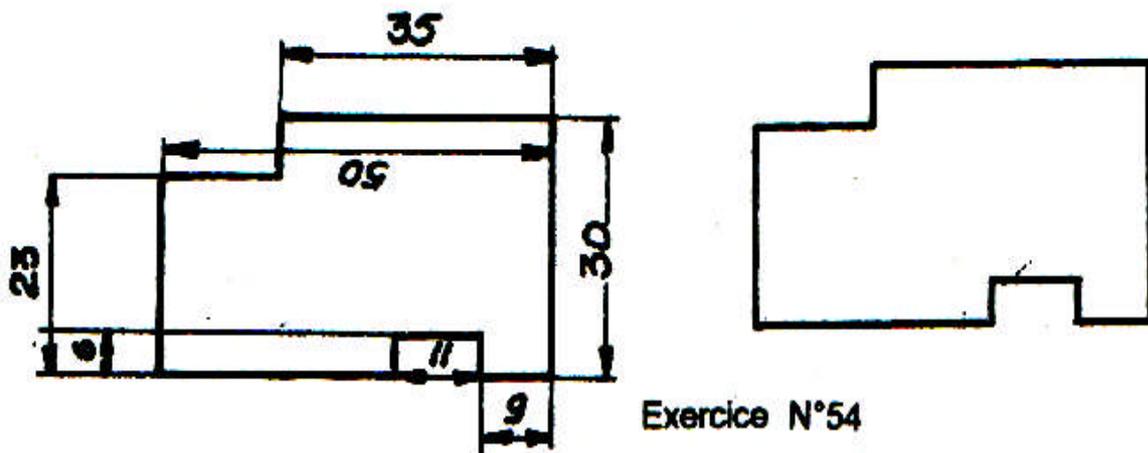
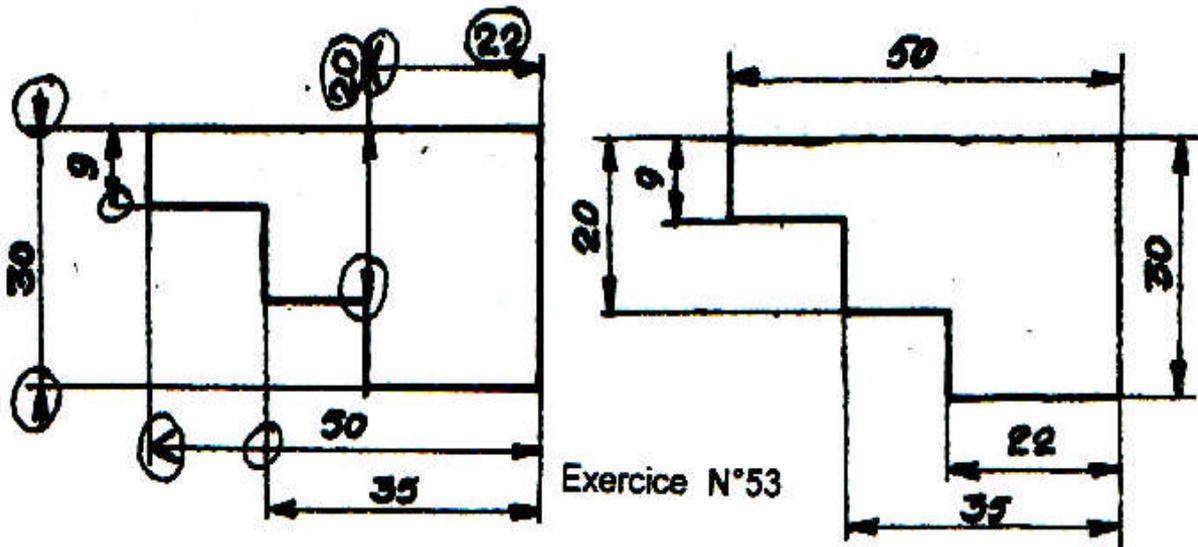
COTE SUR PIGES :
 $CP = A + \varnothing (1 + \text{tg } 60^\circ)$

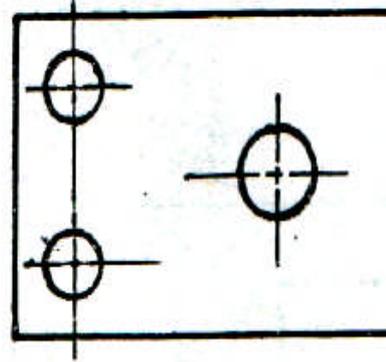
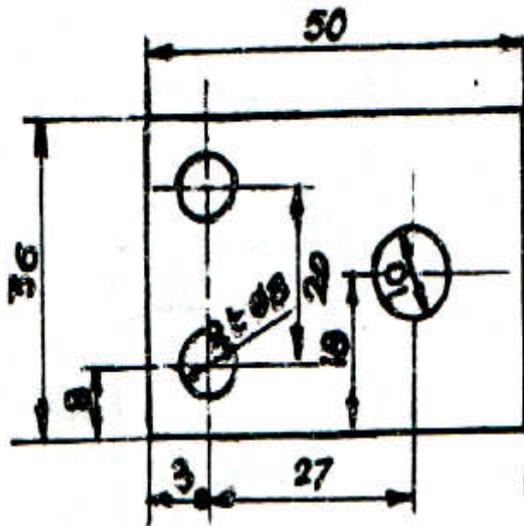
COTE SUR PIGES
 $CP = A + \varnothing (1 + \text{tg } 30^\circ)$

(Fig.83)

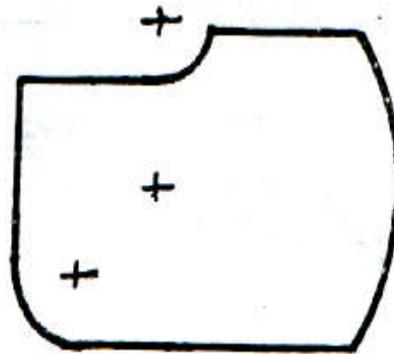
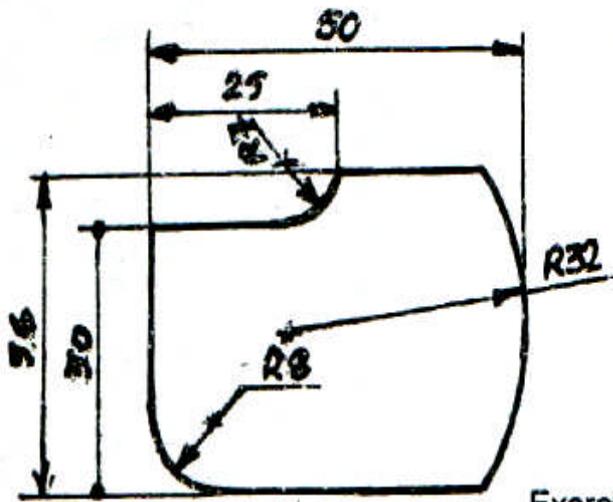
11.4. Exercices

1)- Sur les figures ci-dessous relever les erreurs de cotation et coter correctement .

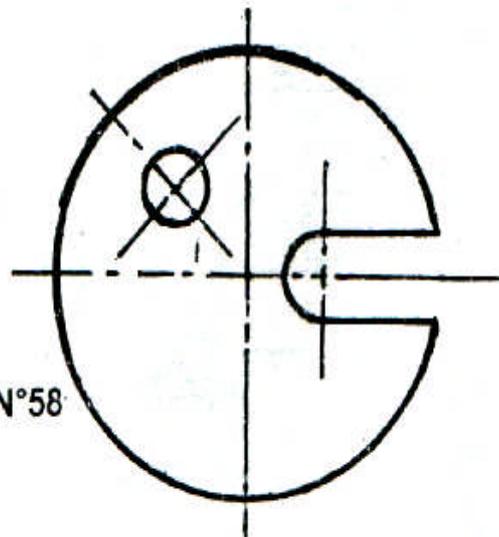
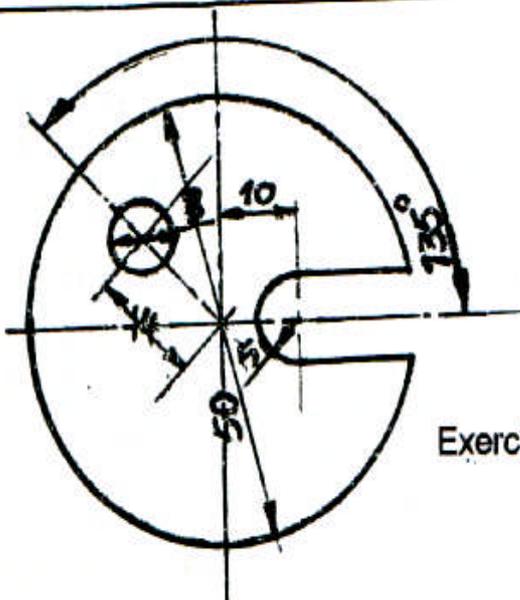




Exercice N°56

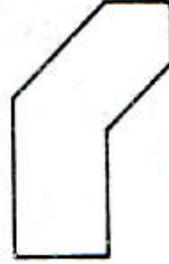
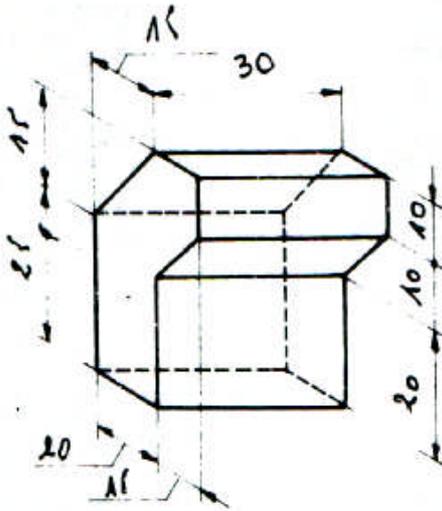


Exercice N°57

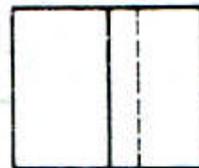
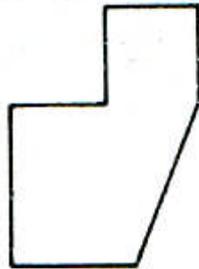
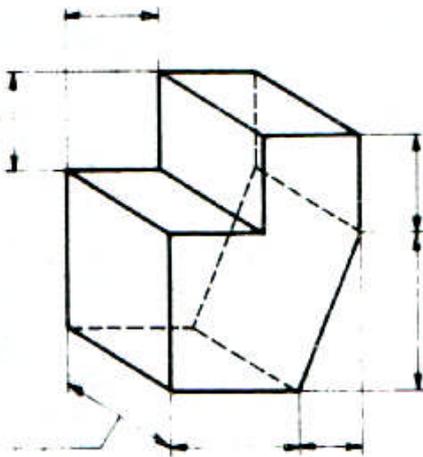


Exercice N°58

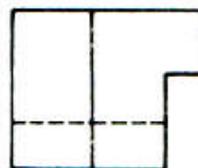
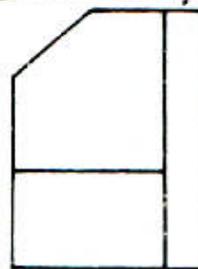
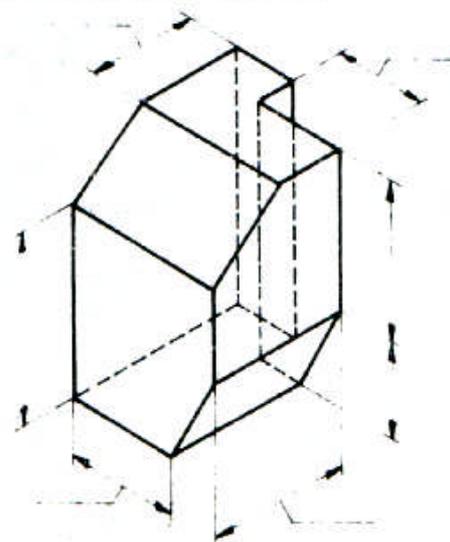
2) Coter les perspectives en relevant les mesures sur les vues.



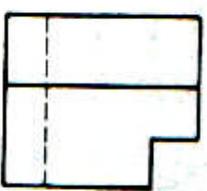
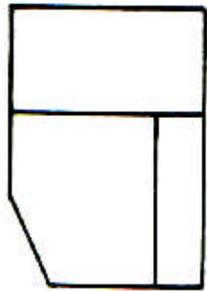
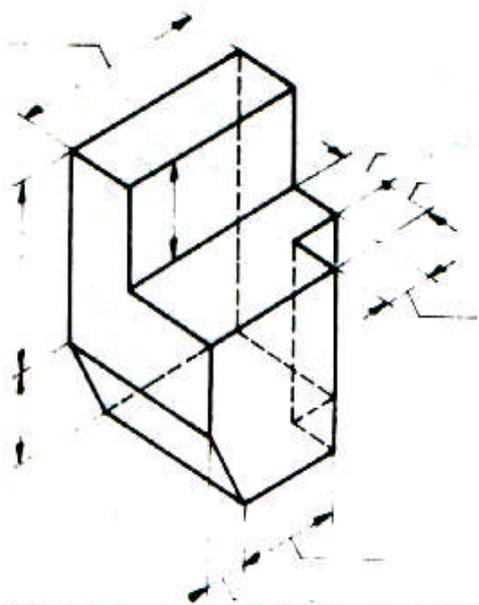
Exercice N°59



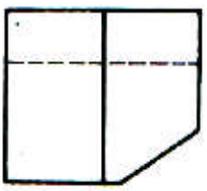
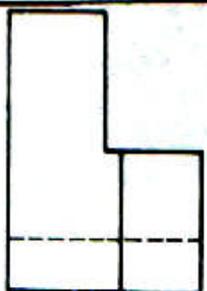
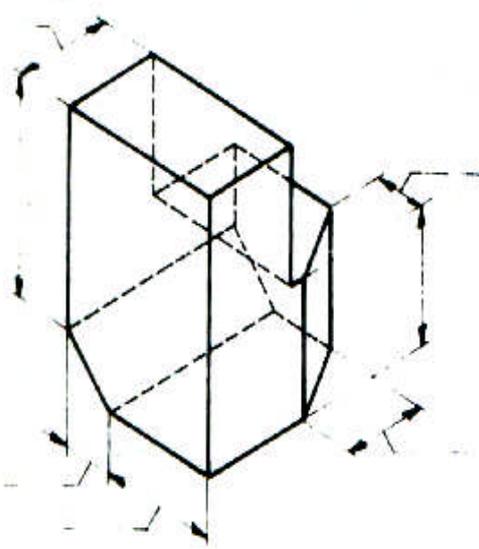
Exercice N°60



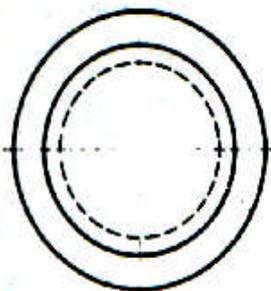
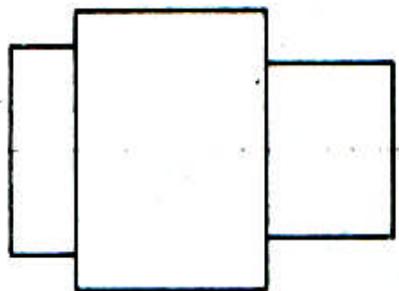
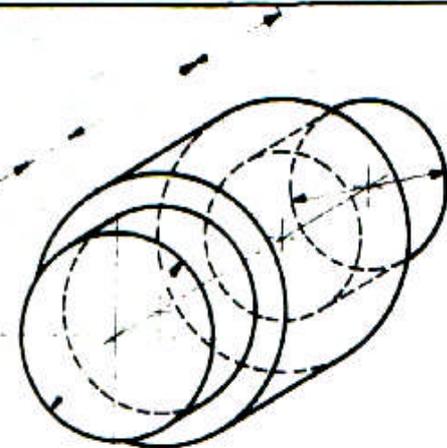
Exercice N°61



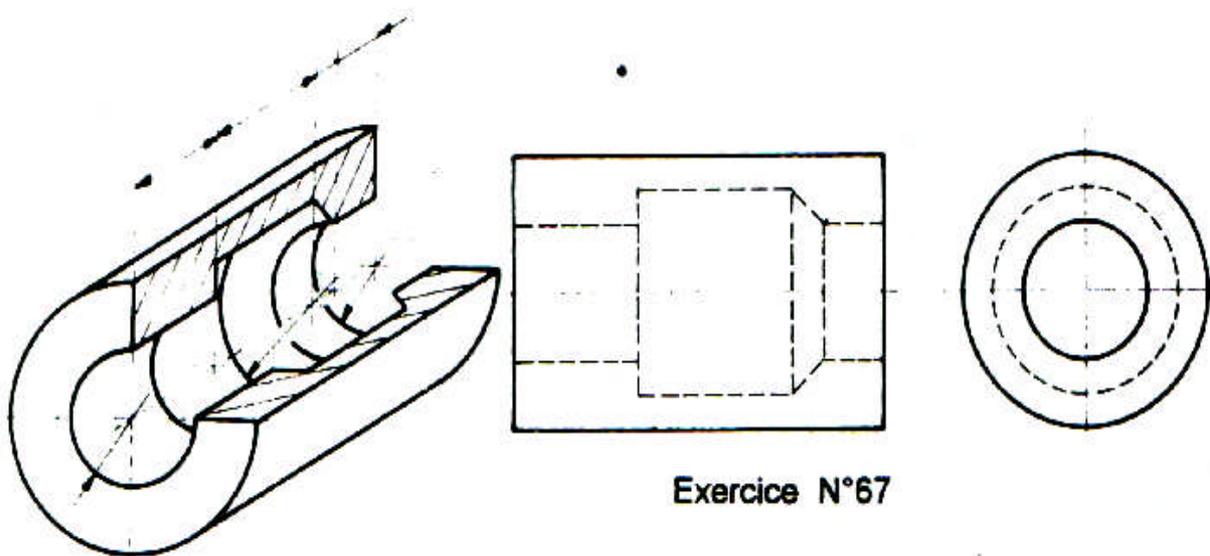
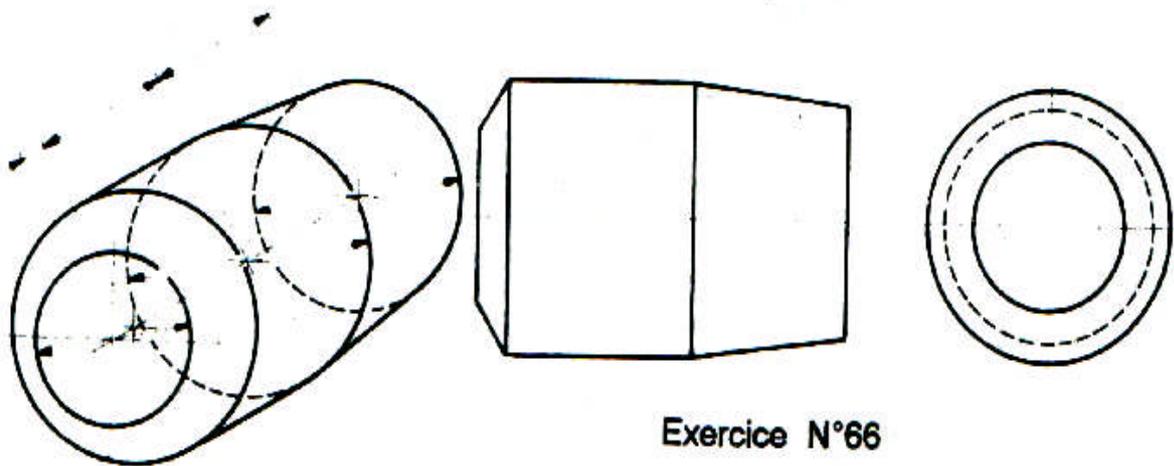
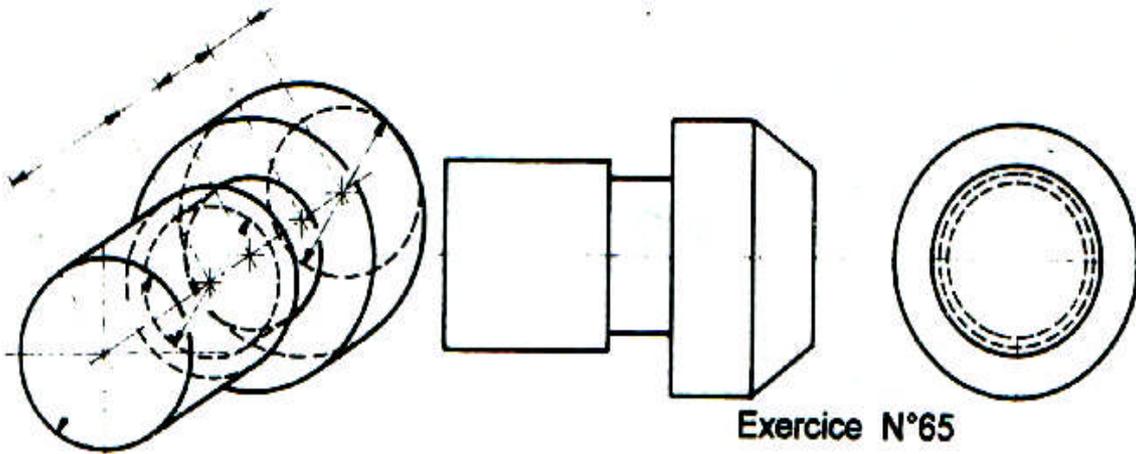
Exercice N°62

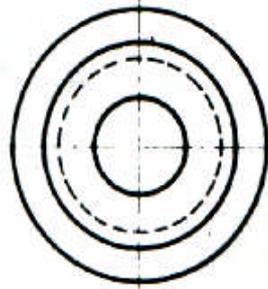
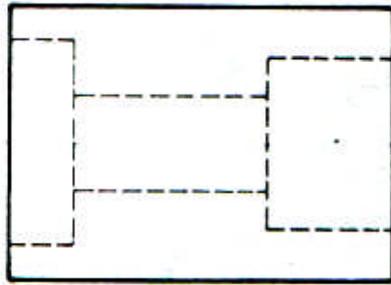
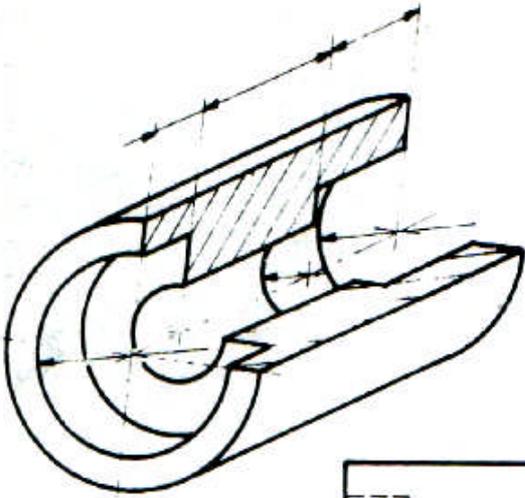


Exercice N°63

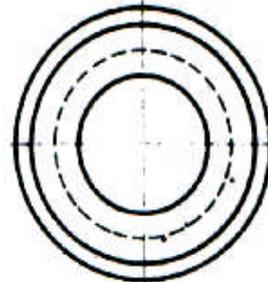
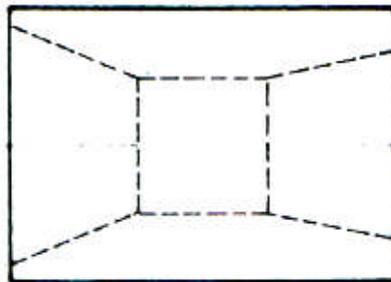
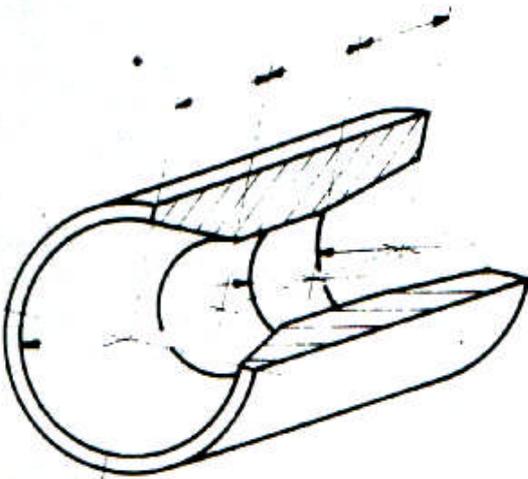


Exercice N°64





Exercice N°68



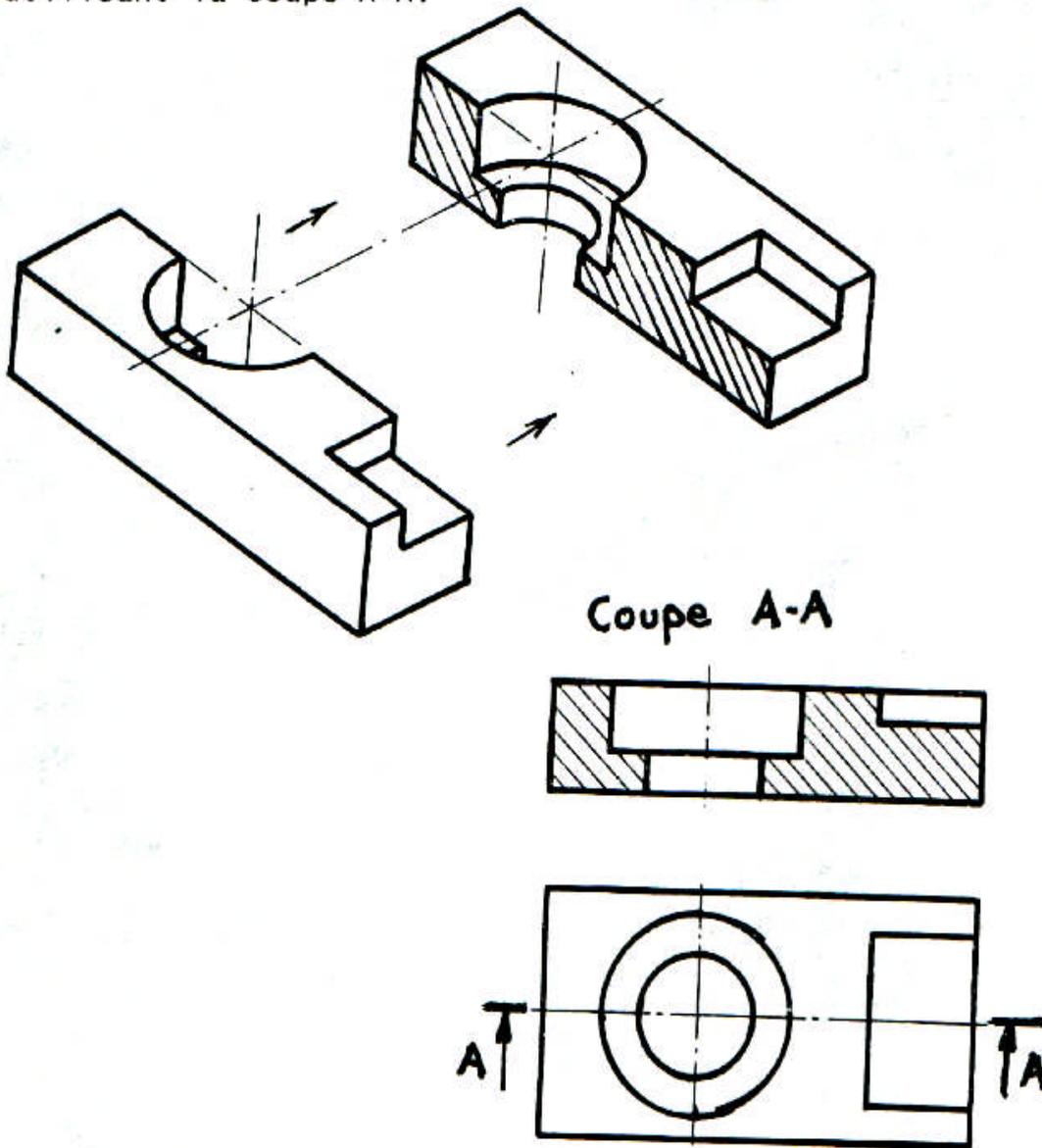
Exercice N°69

12 - LES COUPES

12.1. But

Les coupes permettent d'améliorer la clarté et la lecture du dessin en remplaçant les lignes cachées (traits interrompus) par des lignes vues (traits continus forts).

Sur la (Fig.84) on peut éviter les traits cachés représentant la forme intérieure de la pièce évidée en utilisant la coupe A-A.



(Fig.84)

12.2. Classification des coupes

a) - En se basant sur la position du plan sécant on distingue:

12.2.1. Coupe frontale

Si le plan sécant est parallèle au plan frontal de projection.

12.2.2. Coupe horizontale

Si le plan sécant est parallèle au plan horizontal de projection.

12.2.3. Coupe de profil

Si le plan sécant est parallèle au plan de profil de projection.

12.2.4. Coupe inclinée

Si le plan sécant n'est parallèle à aucun plan de projection.

b)- En se basant sur le nombre de plans sécants, on distingue:

12.2.5. Coupes simples

C'est le cas d'un seul plan sécant.

A son tour elle se divise en :

- Coupe transversale: Si le plan sécant est perpendiculaire à la grande dimension de la pièce.
- Coupe longitudinale: Si le plan sécant est parallèle à la grande dimension de la pièce.

12.2.6. Coupes complexes

C'est le cas d'utilisation de plusieurs plans sécants, ou on distingue:

- Coupes brisées à plans parallèles
- Coupes brisées à plans sécants

12.2.7. Coupes partielles

Qui se divisent en :

- Coupe locale
- Demi-coupe

12.3. Exécution d'une coupe

Marche à suivre:

a - Sur la pièce ci-dessous (Fig.85), on définit la position du plan de coupe parallèle à l'un des plans de projection et rencontrant la pièce dans la région que l'on veut montrer.

b - On imagine que la pièce est traversée par ce plan et la partie de la pièce située en avant du plan de coupe est enlevée.

c - On dessine non seulement la surface située dans le plan de coupe mais tous les détails de la pièce se trouvant en arrière du plan de coupe.

d - Hachurer avec un trait fin la surface coupée se trouvant dans le plan de coupe.

e - Définir les traces du plan de coupe en trait mixte fin, fort aux deux extrémités et au changement de direction pour les coupes brisées.

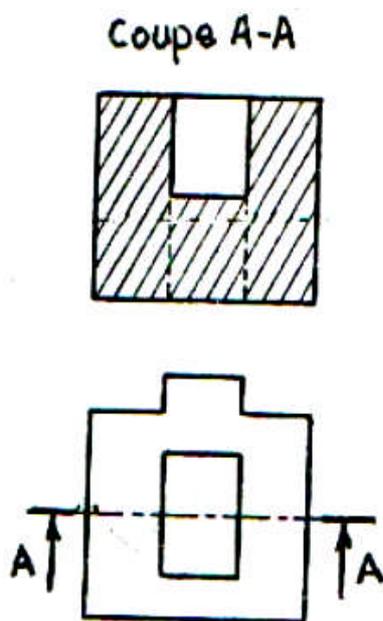
f - Désigner le sens d'observation par deux flèches pointant sur les deux extrémités de la trace du plan de coupe.

g - Repérer le plan de coupe par une même lettre en majuscule inscrite aux deux extrémités de la trace du plan de coupe.

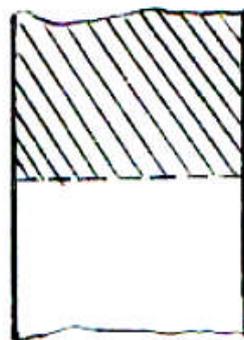
h - Désigner la vue en coupe par les mêmes lettres en majuscule utilisées pour le plan de coupe.

Remarques:

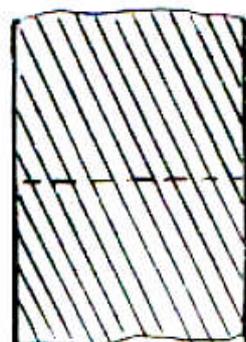
- On a aucun intérêt à couper une forme pleine.
- Ne jamais couper les nervures lorsque le plan de coupe est parallèle à sa plus grande surface .
- Les pièces pleines telles que arbres, clavettes, vis, rivets, billes, bras de poulies ne sont jamais coupées longitudinalement afin d'éviter une complication du dessin.
- On ne représente jamais le plan de coupe et la vue en coupe sur la même vue (Fig.86)
- Les hachures ne s'arrêtent jamais sur un trait interrompu (Fig.87)
- Les hachures ne doivent jamais couper un trait continu fort (Fig.88)



(Fig.86)

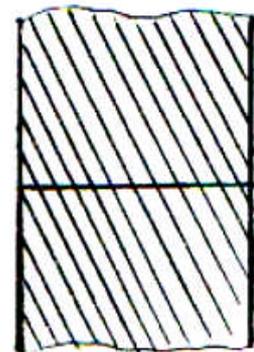


Faux

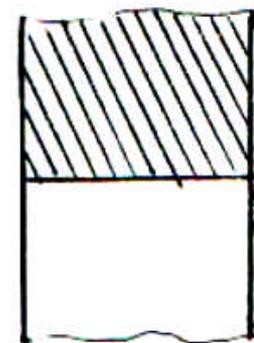


juste

(Fig.87)



Faux



juste

(Fig.88)

12.4. Les hachures

On utilise les hachures pour désigner les pièces en coupe. Leur exécution est simple voir (Fig.89).

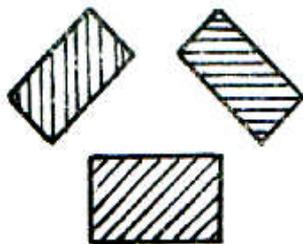
- Les hachures se dessinent en traits fins (crayon 2H), l'espacement doit être régulier, de 1,5 à 5 mm , cette intervalle augmente avec la surface à hachurer. Pour les grandes surfaces on peut ne hachurer qu'un liseré suivant le contour de ces surfaces.

- Les hachures ne doivent être ni parallèles, ni perpendiculaires aux lignes principaux de la section .Elles forment un angle de 45° si possible, dans certain cas on utilise 30° ou 60° , (Fig. 89)

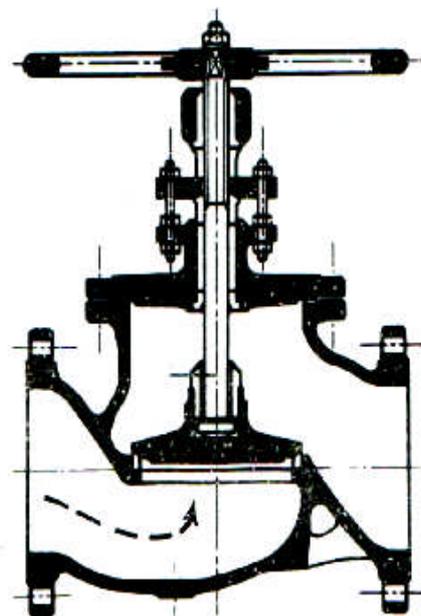
- L'inclinaison des hachures est la même pour toutes les parties d'une même coupe de pièce et sont décalées au besoin ou au changement de plan .

- Pour des pièces différentes juxtaposées, on utilise des hachures d'orientation différente.

- Les sections de faibles épaisseurs peuvent-être noircies complètement (Fig.90)



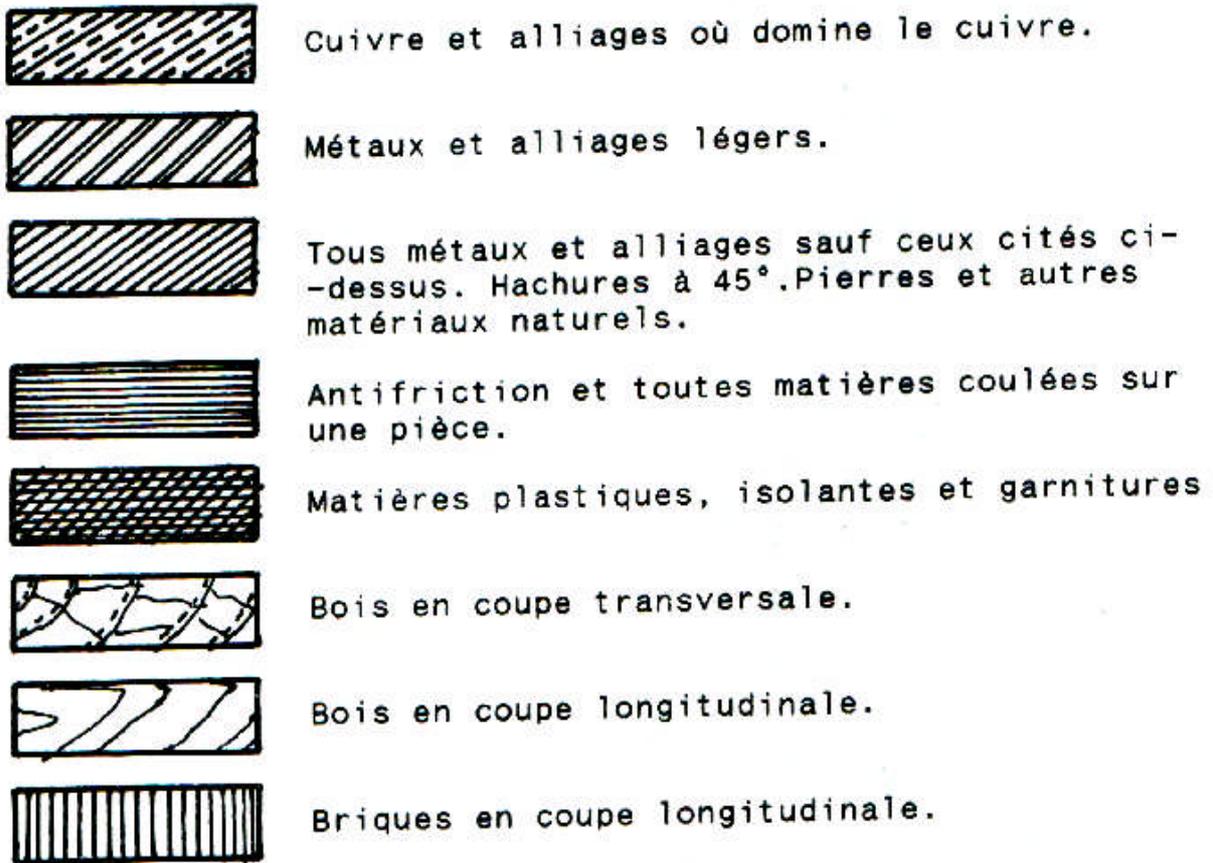
(Fig.89)



(Fig.90)

- S'il est utile de placer une inscription à l'intérieur d'une section hachurée on peut interrompre les hachures .

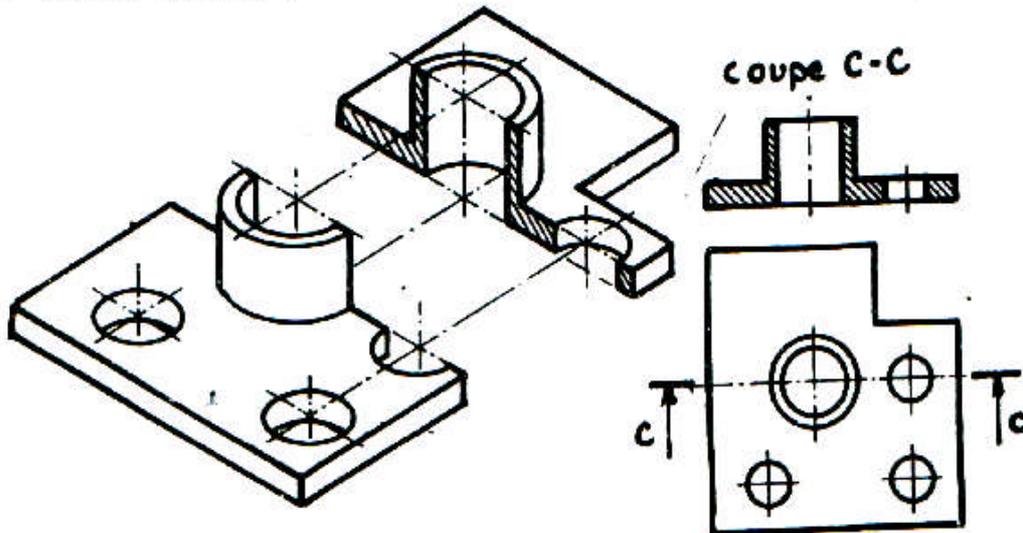
- Pour les dessins d'ensemble on utilise les hachures conventionnelles, a de différencier les types de matériaux (Fig.91).



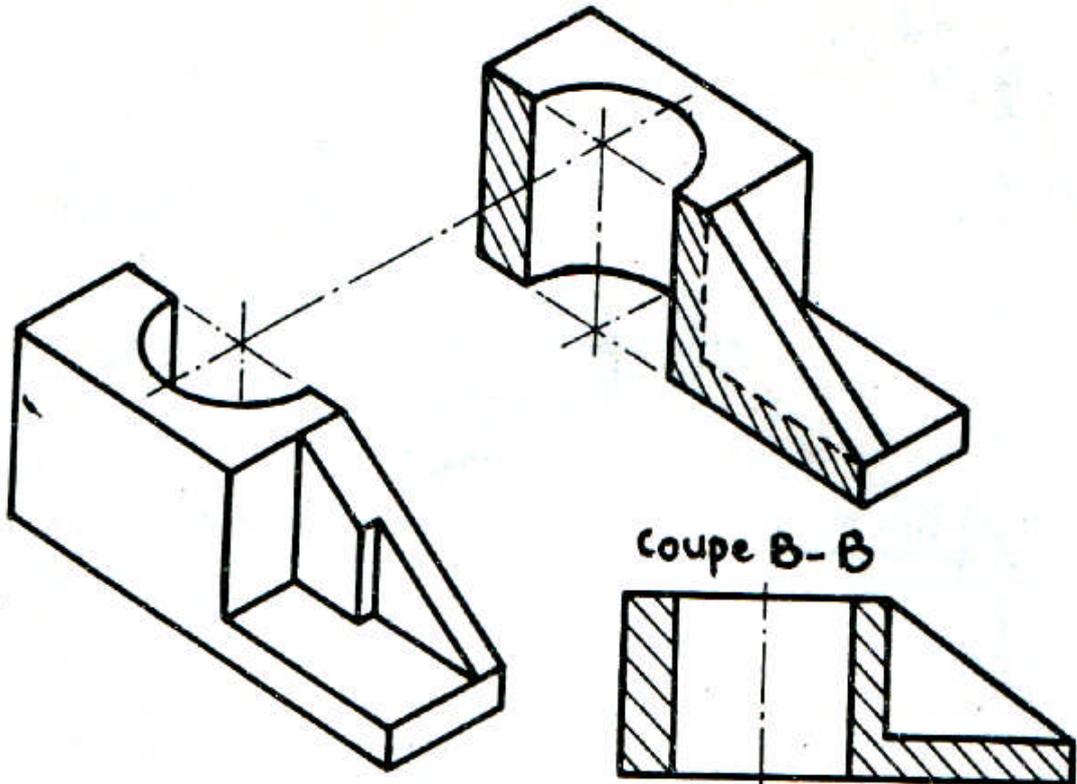
(Fig.91)

12.5. Coupes simples

La coupe est dite simple, lorsqu'il s'agit d'un seul plan de coupe, les figures 92 a, b, c nous donnent une idée sur cette coupe .

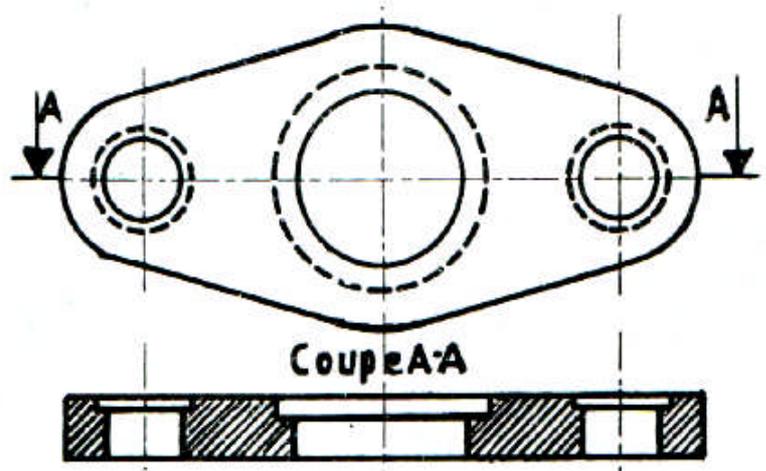
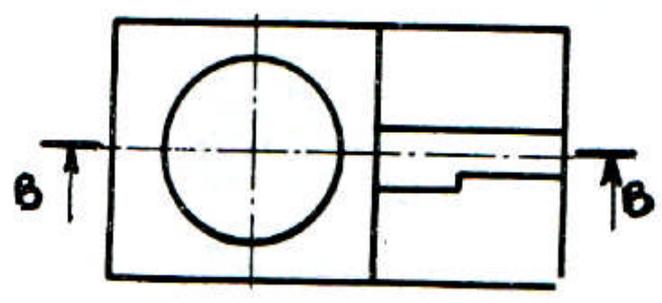


(Fig.92 a)



Coupe B-B

(Fig. 92b)



Coupe A-A

(Fig. 92c)

12.6. Coupes brisées

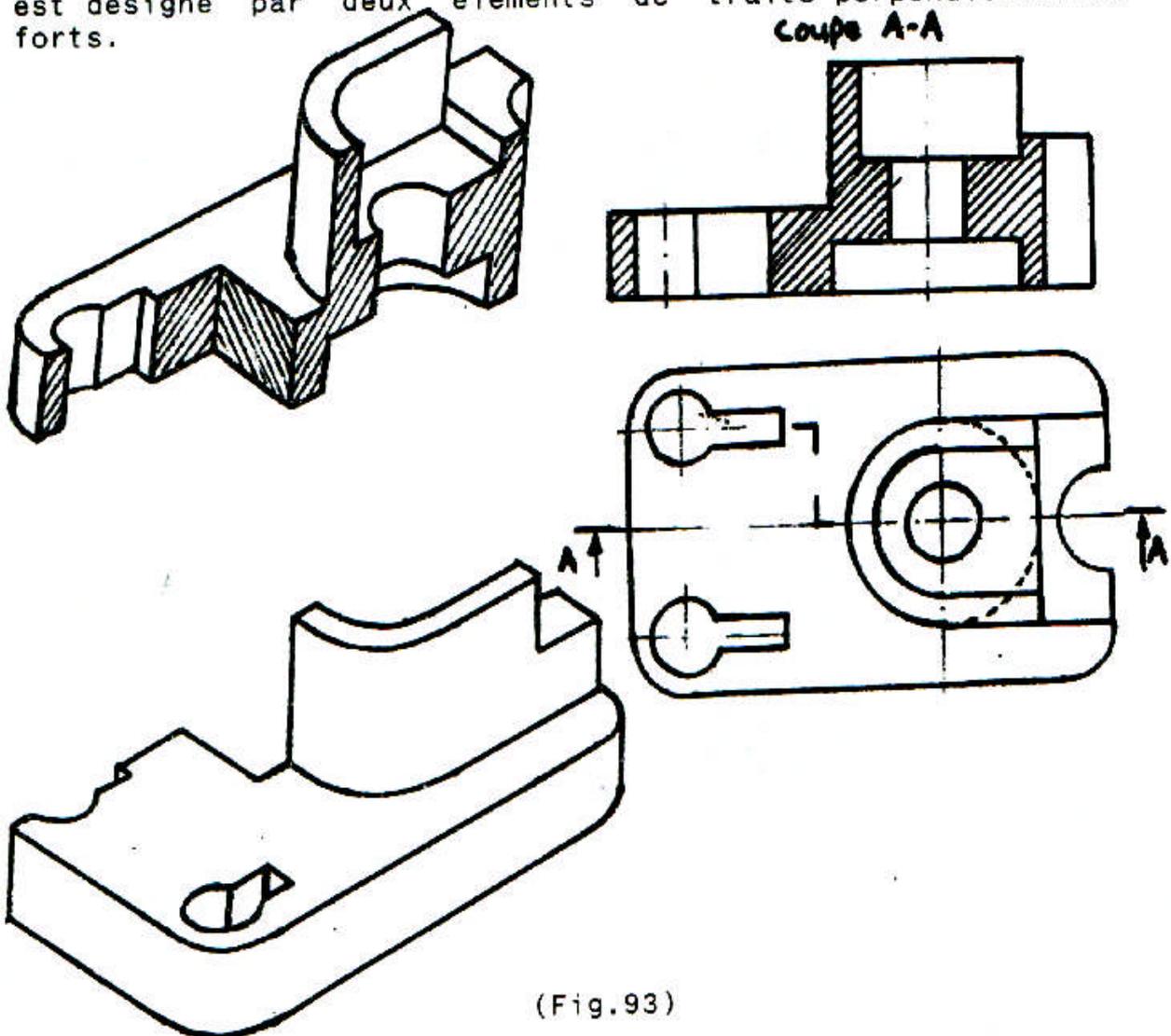
Elles sont constituées par un ensemble de coupes partielles obtenues par des plans parallèles ou concourants et elle se divisent en deux types:

- Coupe brisée à plans parallèles.
- Coupe brisée à plans sécants.

12.6.1. Coupe brisée à plans parallèles

Les différentes coupes partielles faites par des plans parallèles sont amenées par translation, afin de les rassembler sur une même vue (Fig.93). L'ensemble est représenté comme une coupe simple.

Les hachures ne doivent subir aucune modification qui fait apparaître le changement de plan, mais elles peuvent être décalées aux changements de plans. Le changement de plan est désigné par deux éléments de traits perpendiculaires forts.



(Fig.93)

12.7. Coupes partielles

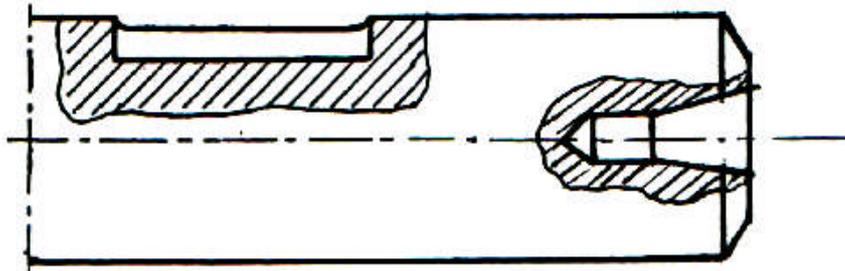
Dans ce type de coupe on considère les deux coupes:

- coupe locale
- demi-coupe

12.7.1. Coupes locales

Une telle coupe est exécutée dans une région limitée de la pièce, à l'endroit d'un évidement de faible importance. Il est inutile de désigner le plan de coupe (Fig.95).

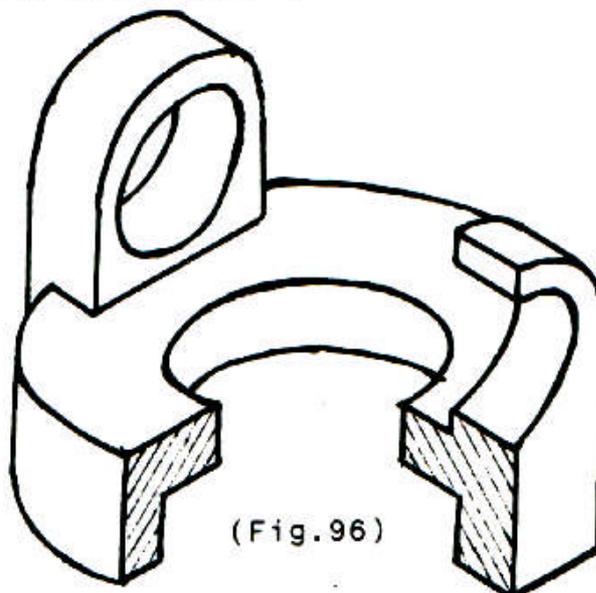
La surface hachurée est limitée par un trait sous forme de brisure .



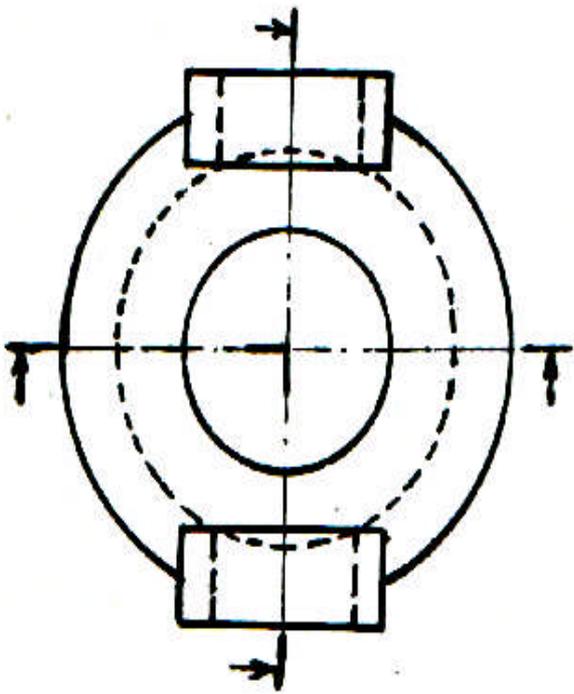
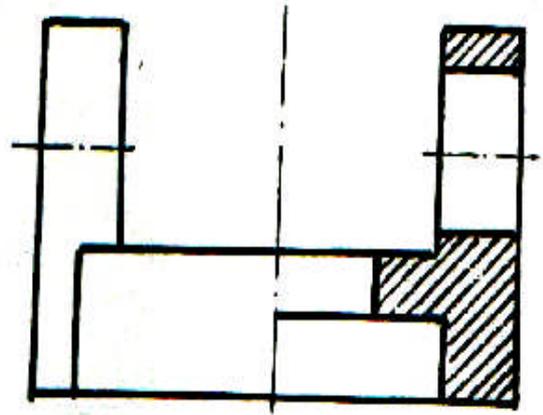
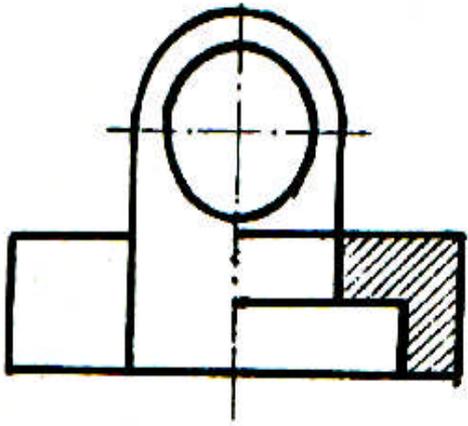
(Fig.95)

12.7.2. Demis-coupes

Elles sont employées lorsqu'une pièce possède un plan de symétrie, donc on a intérêt à ne dessiner qu'une demi-coupe contiguë à une demi-vue (Fig.96)



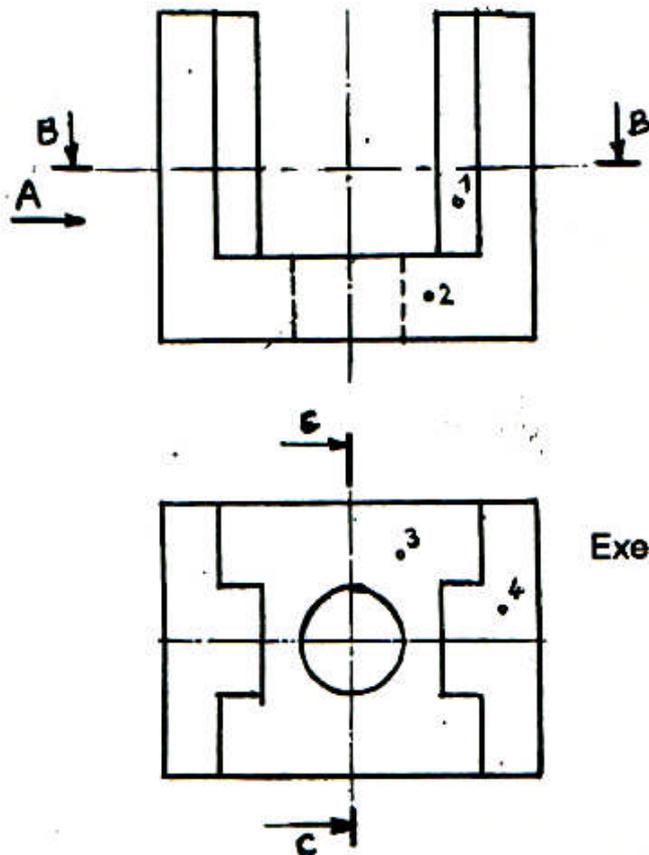
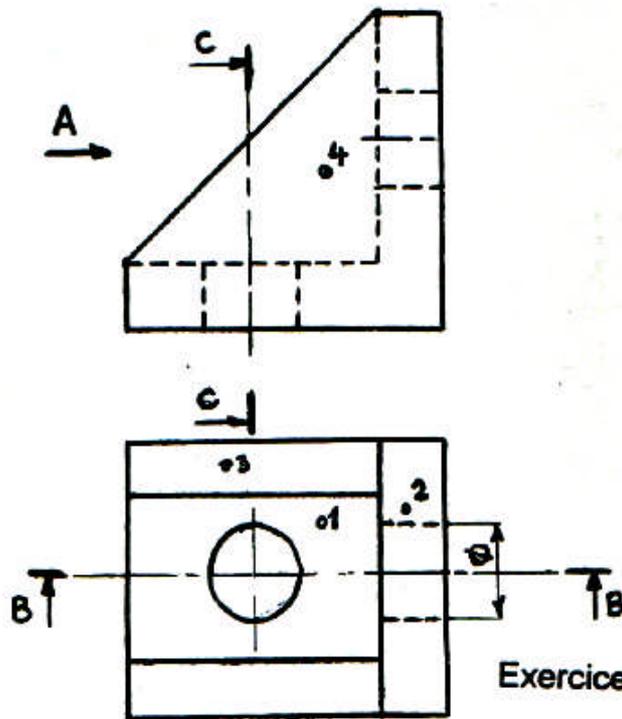
(Fig.96)

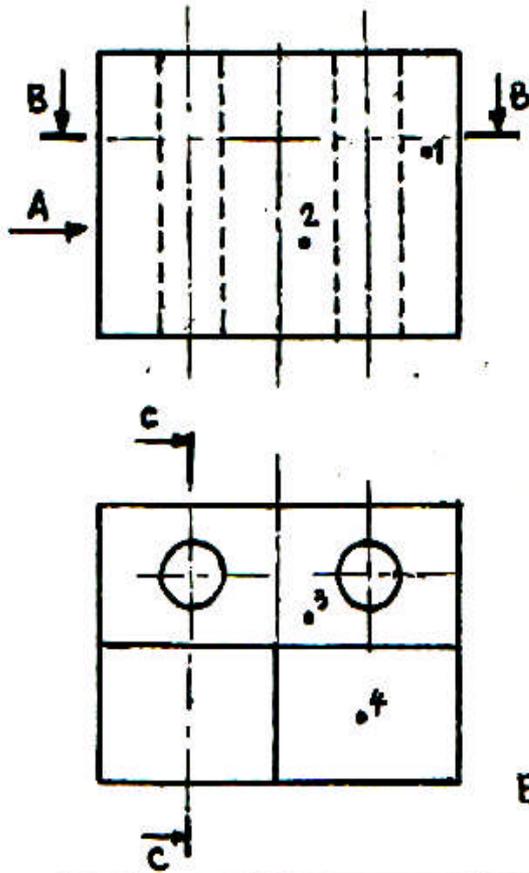


(Fig. 96)

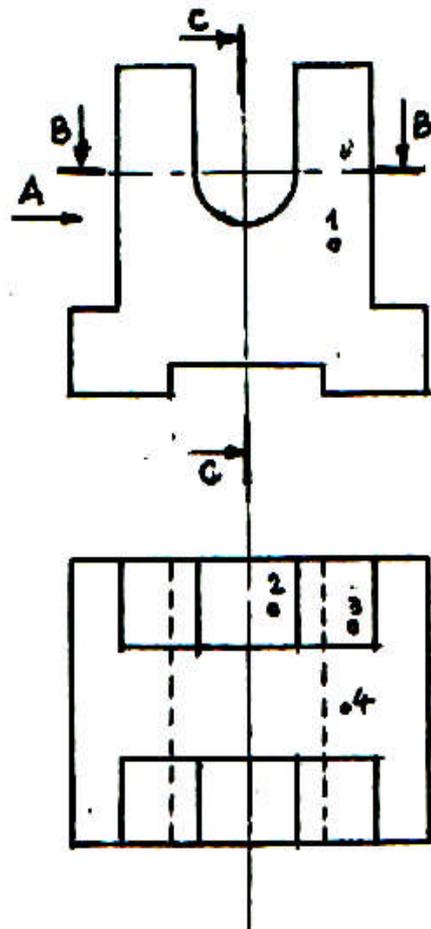
12.8. Exercices

Exécuter les coupes des pièces suivantes et la 3^{ème} Vue suivant la flèche A

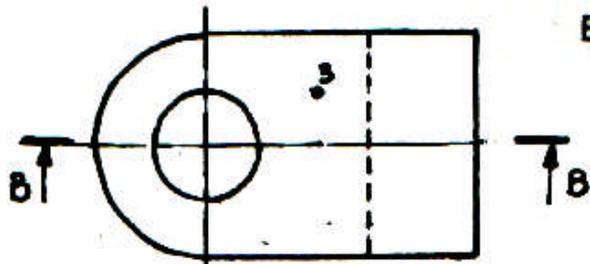
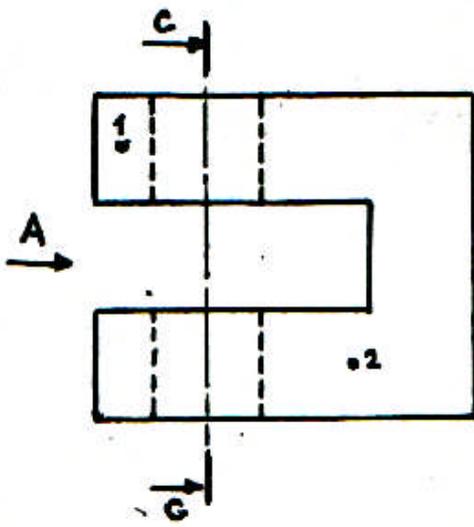




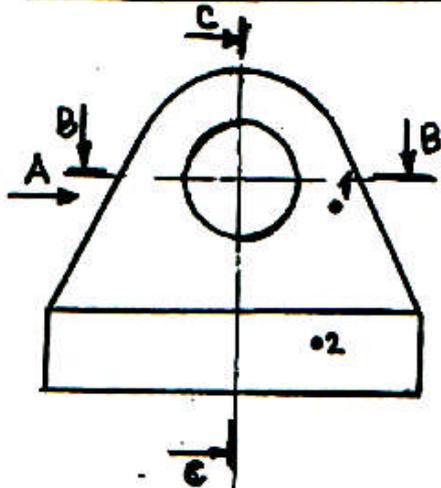
Exercice N°72



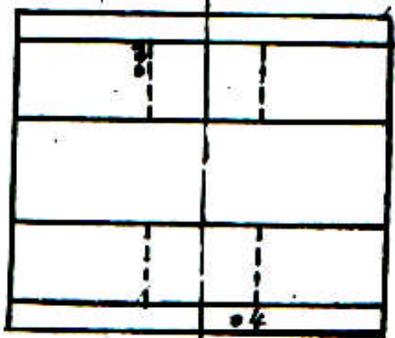
Exercice N°73

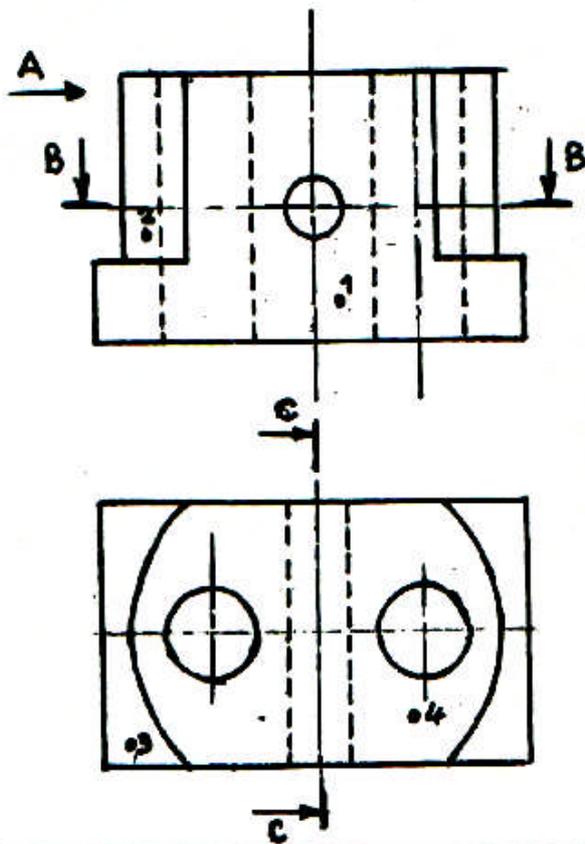


Exercice N°74

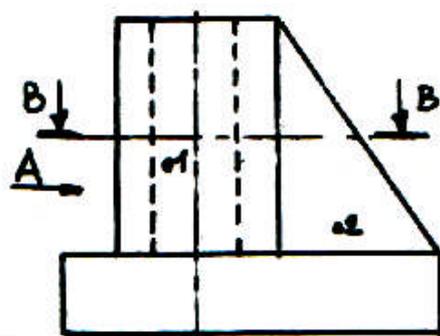


Exercice N°75

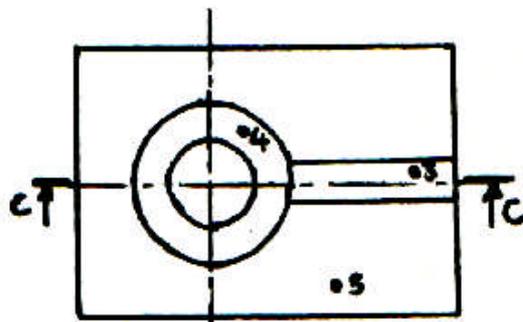


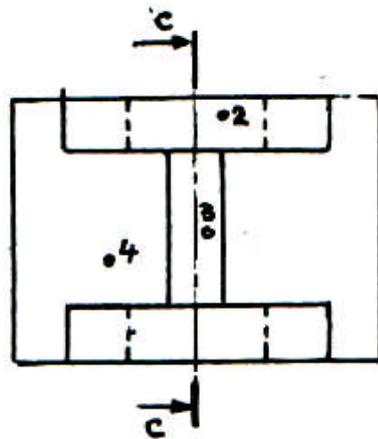
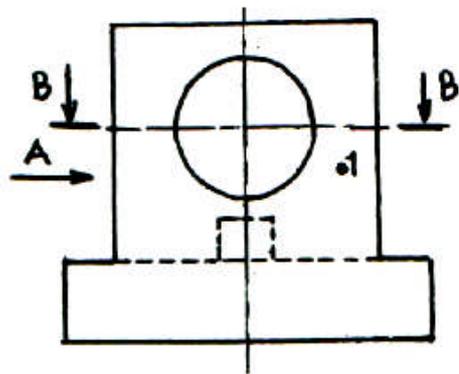


Exercice N°76

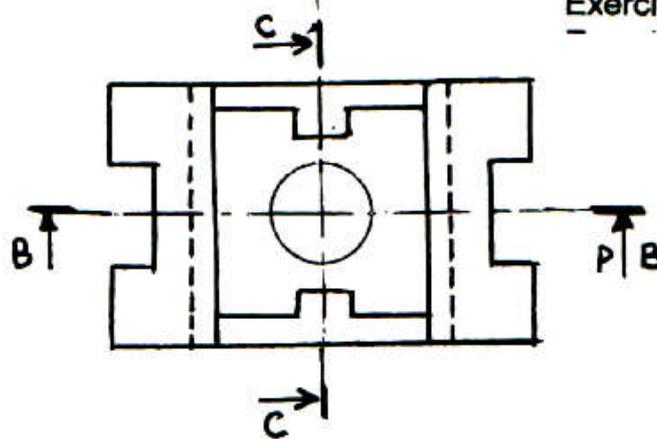
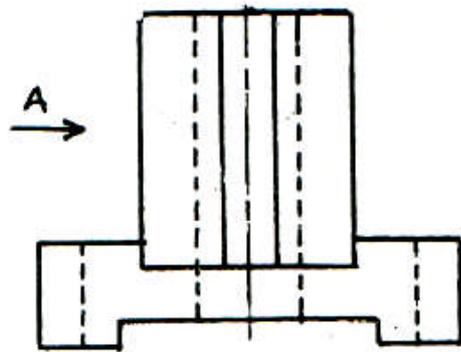


Exercice N°77

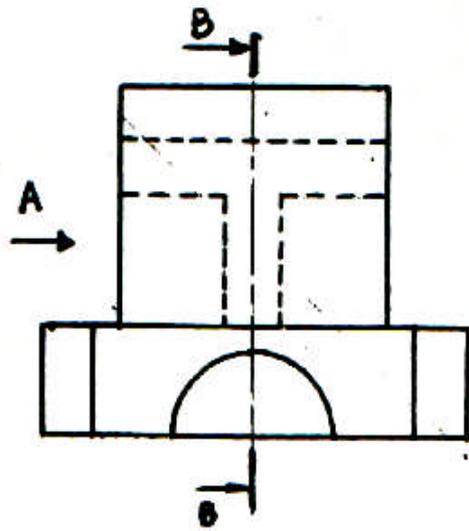




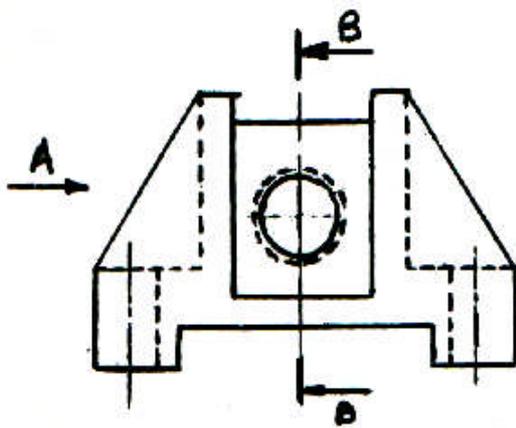
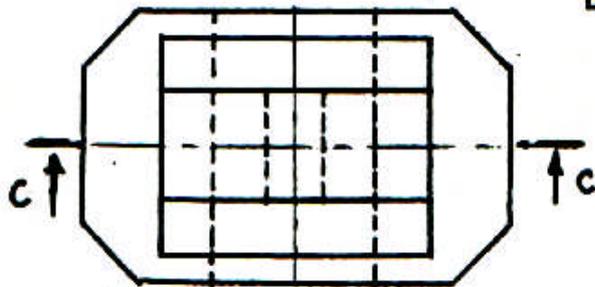
Exercice N°80



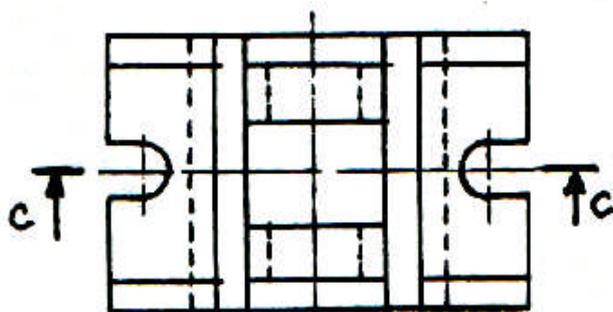
Exercice N°81

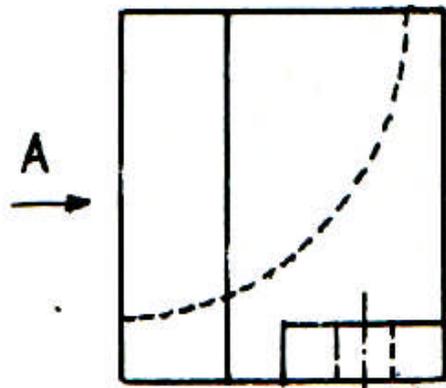


Exercice N°82

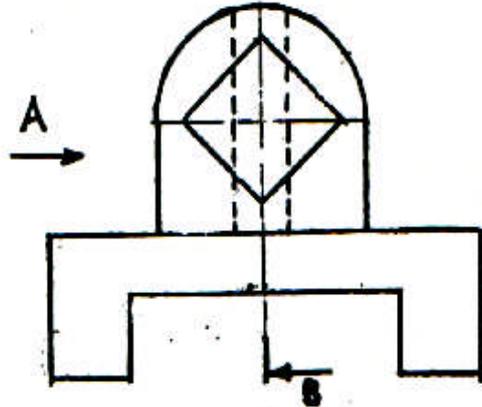
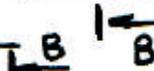
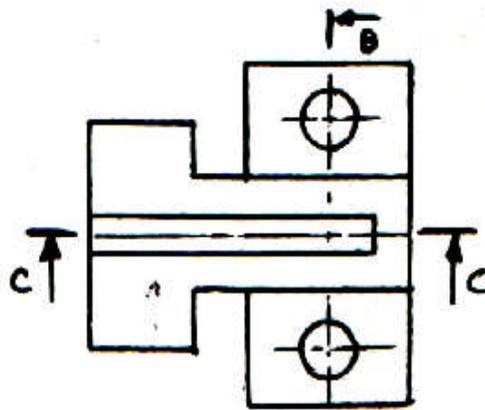


Exercice N°83

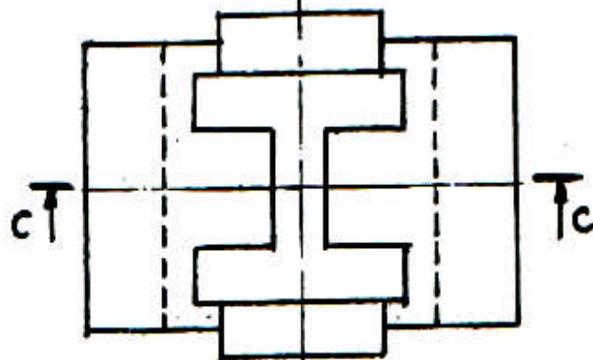


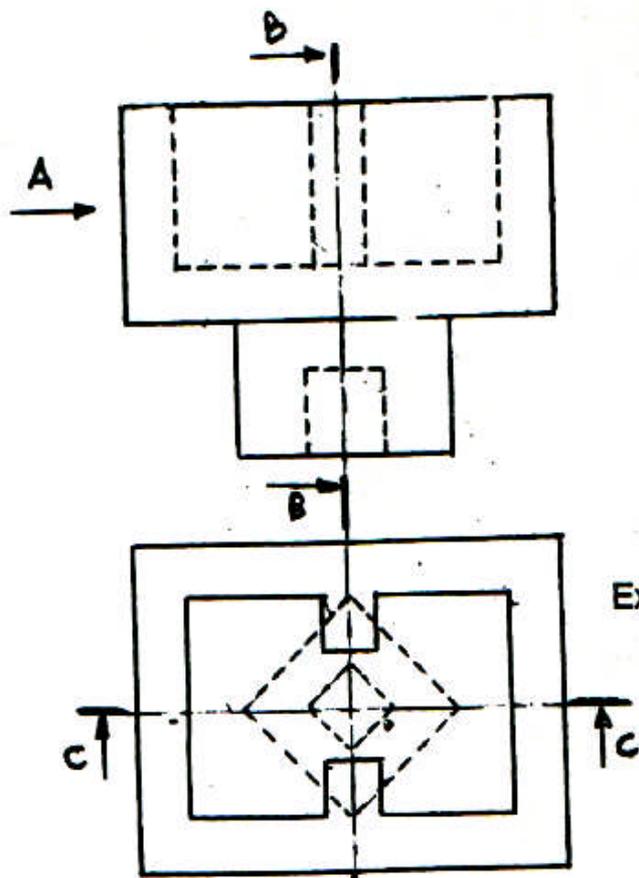


Exercice N°84

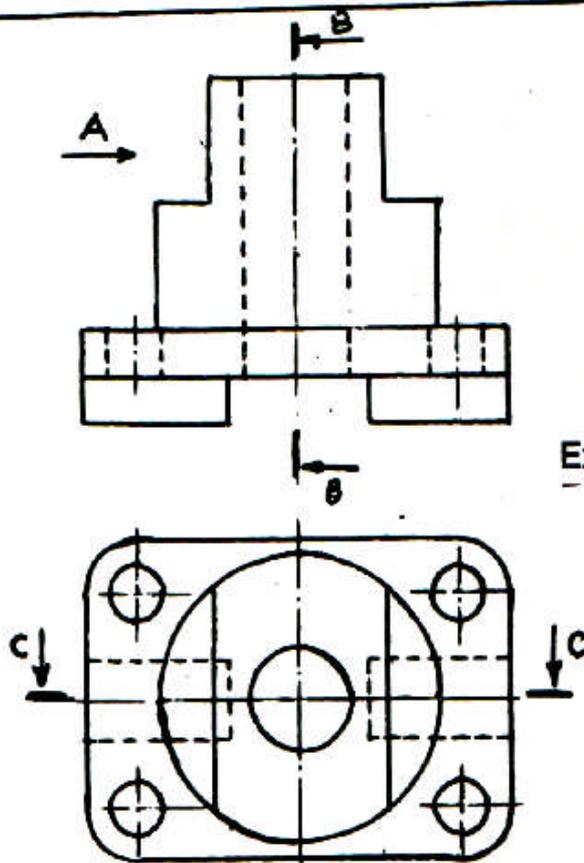


Exercice N°85

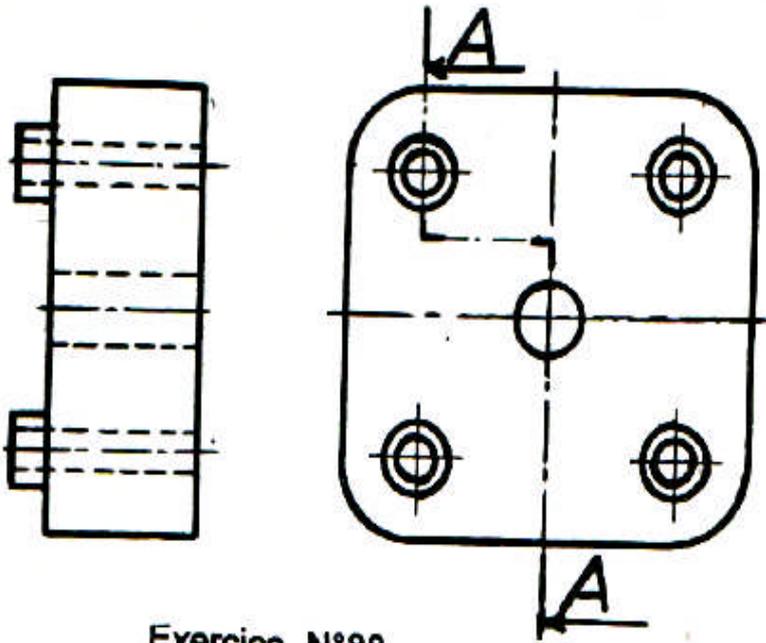




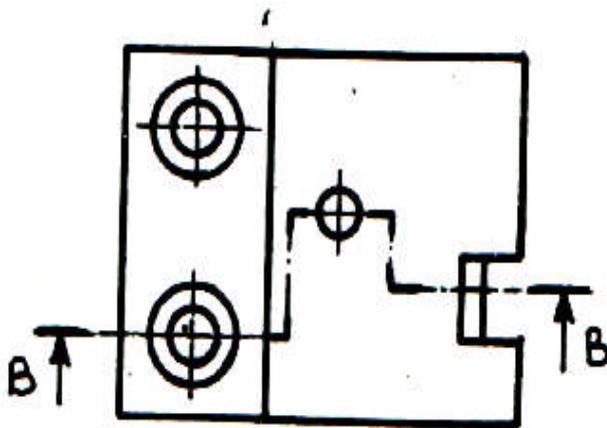
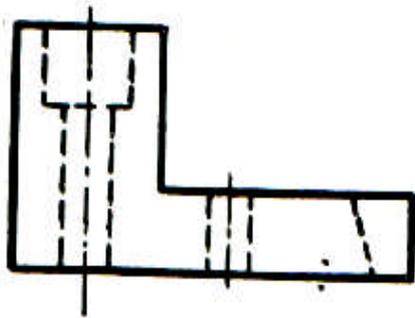
Exercice N°86



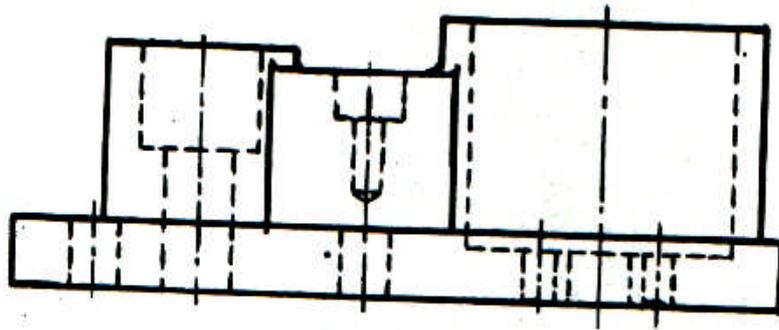
Exercice N°87



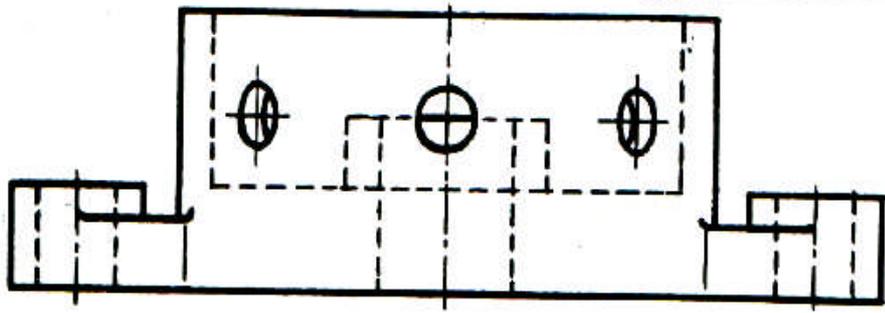
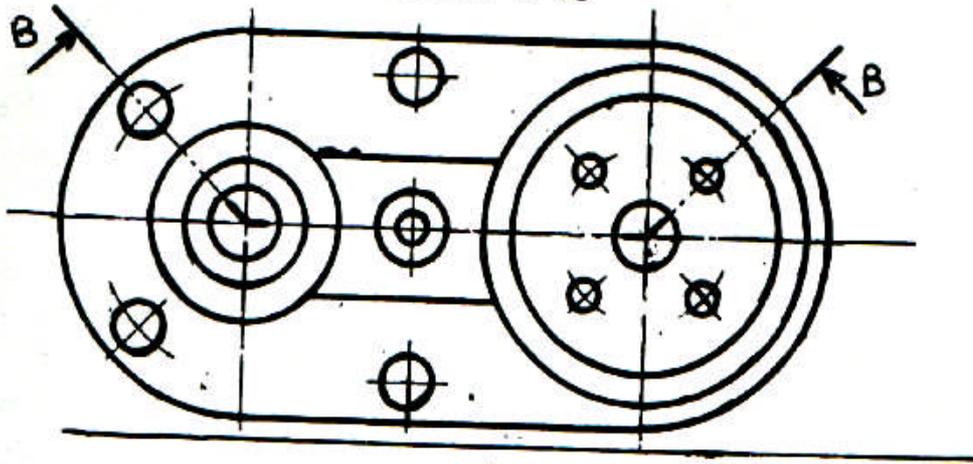
Exercice N°88



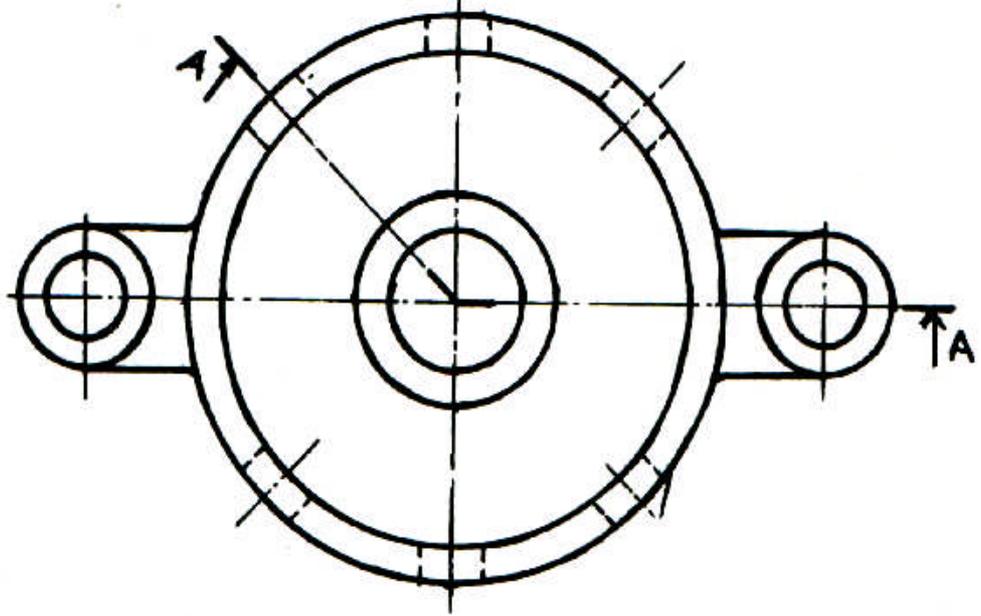
Exercice N°89

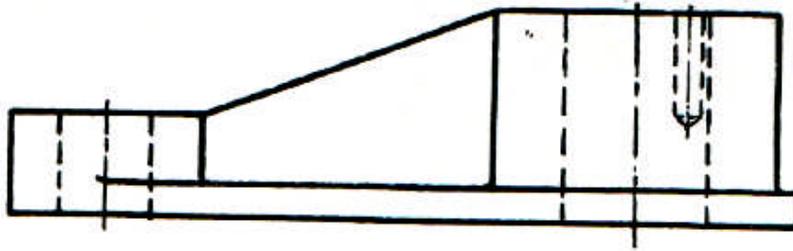


Exercice N°90

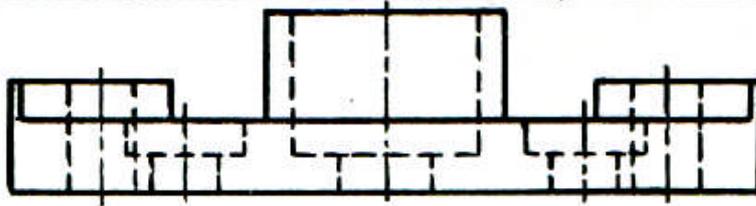
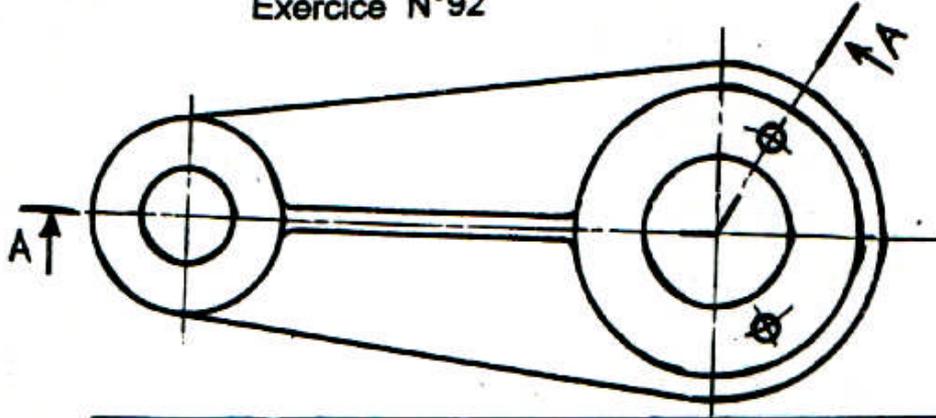


Exercice N°91

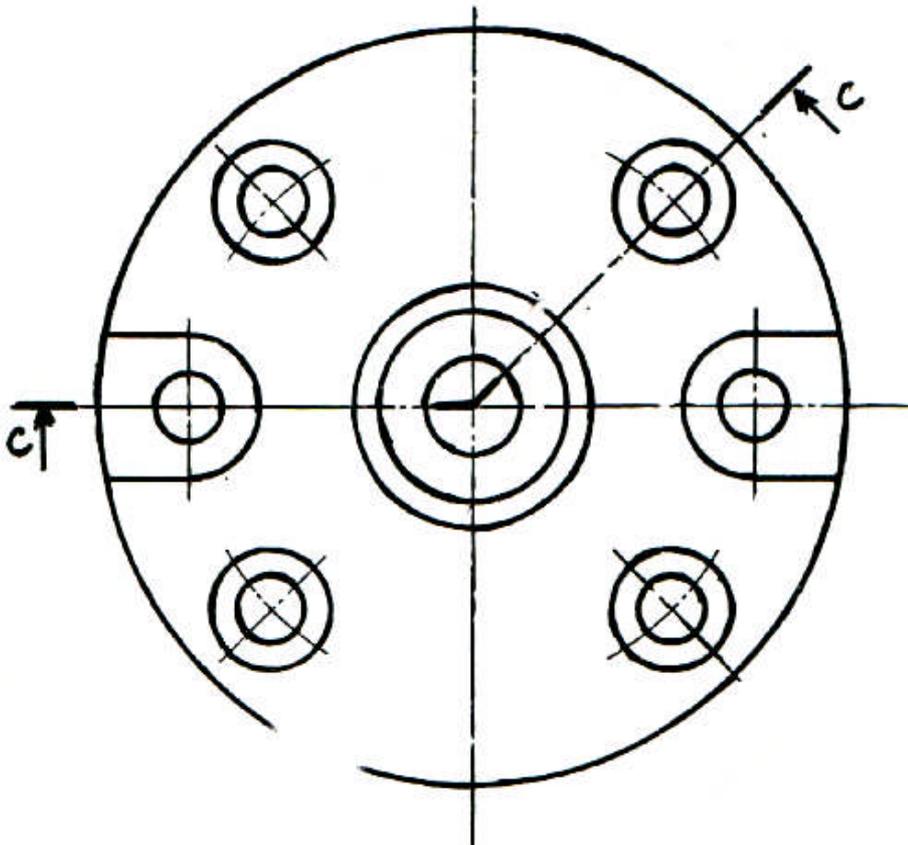




Exercice N°92



Exercice N°93

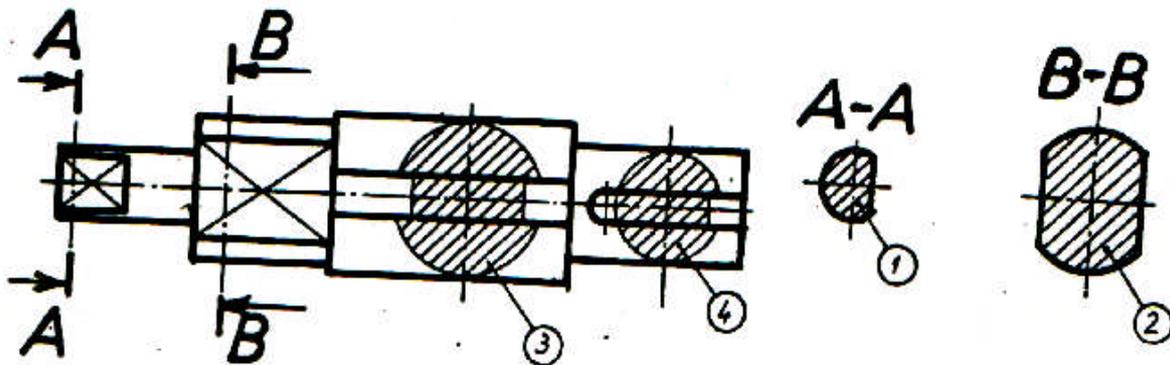


13 - LES SECTIONS

13.1. Définition

Les sections permettent d'éviter les vues surchargées en montrant les formes isolées de la section droite de la pièce.

Une section représente l'épaisseur contenue dans le plan sécant (Fig.97). Une section ne peut comporter la représentation des formes cachées.



(Fig.97)

13.2. Classification

Deux types de sections peuvent être exécutées:

- section rabattue (3 et 4)
- section sortie (1 et 2)

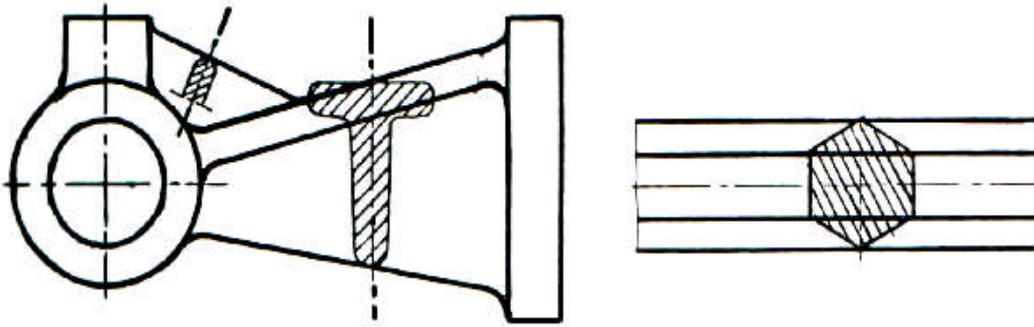
Les sections sorties ou rabattues sont toujours des sections droites.

13.2.1. Section rabattue

La section rabattue est représentée directement sur la vue. Elle est obtenue en faisant rabattre la surface contenue dans le plan sécant sur la vue principale, c'est à dire le plan sécant fait une rotation de 90° autour de sa trace. Le contour de la section rabattue est limité par un trait continu fin (Fig.98)

Aucune désignation n'est nécessaire, seulement s'il y a risque de confusion. Si la section est dissymétrique une flèche indique le sens d'observation suivant lequel on voit la section.

Il est préférable d'utiliser les sections sorties afin d'éviter une diminution de la clarté du dessin.



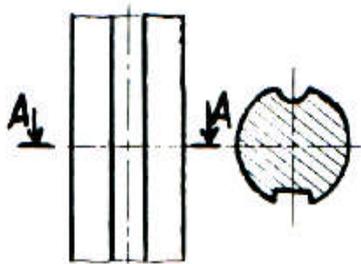
(Fig.98)

13.2.2. Section sortie

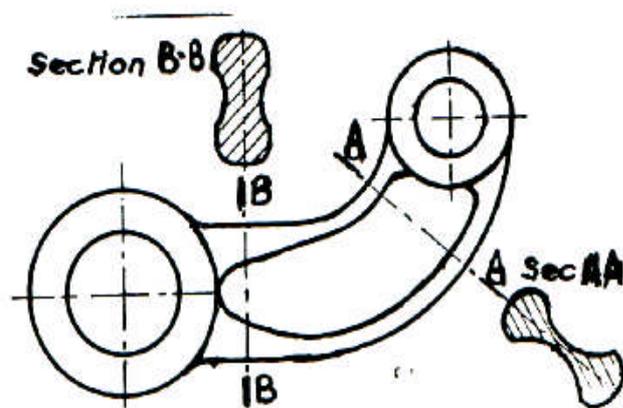
Ce type de section est utilisé dans le cas où son rabattement sur la vue principale peut diminuer la clarté du dessin. Elle est obtenue par rabattement autour de son axe, puis glissée le long de celui-ci en dehors de la vue.

Elle se trace en trait continu fort et aucune indication n'est nécessaire si elle est symétrique (Fig.99).

Si la section n'est pas symétrique ou elle est placée d'une façon différente, on la repère comme une coupe (Fig.100).



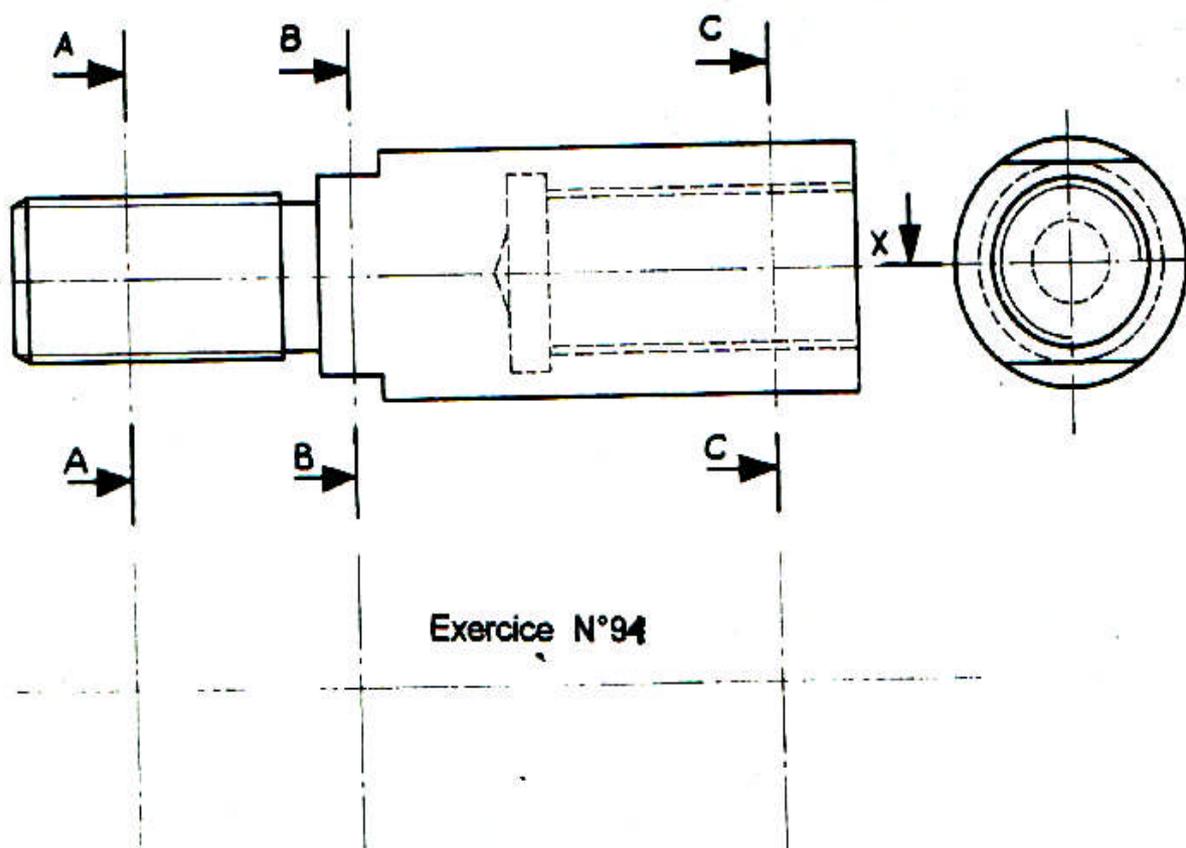
(Fig.99)

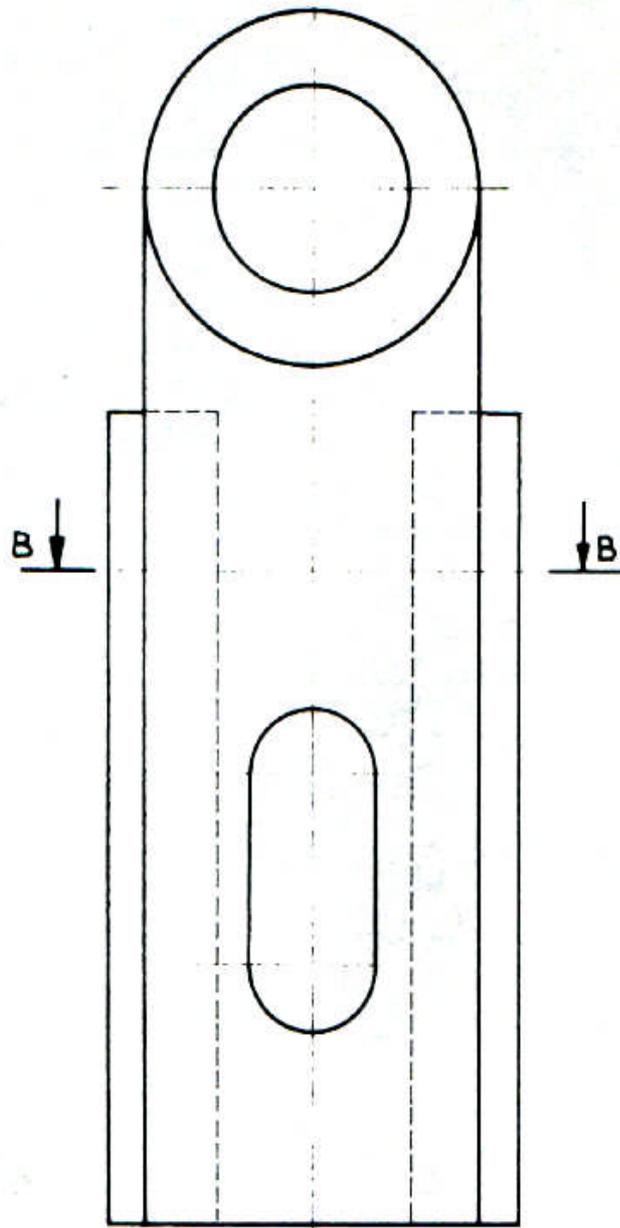


(Fig.100)

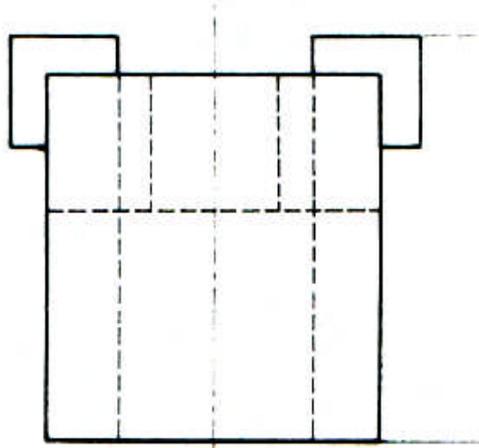
13.3. Exercices

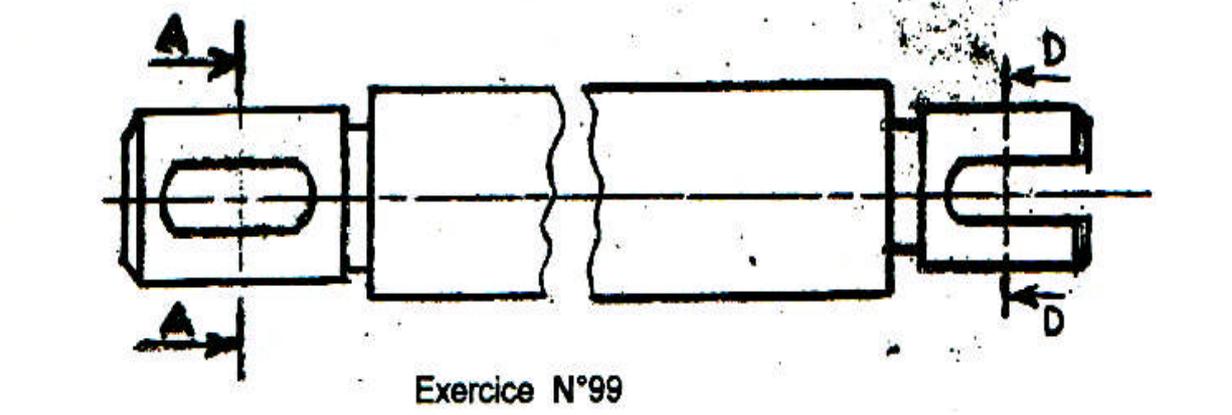
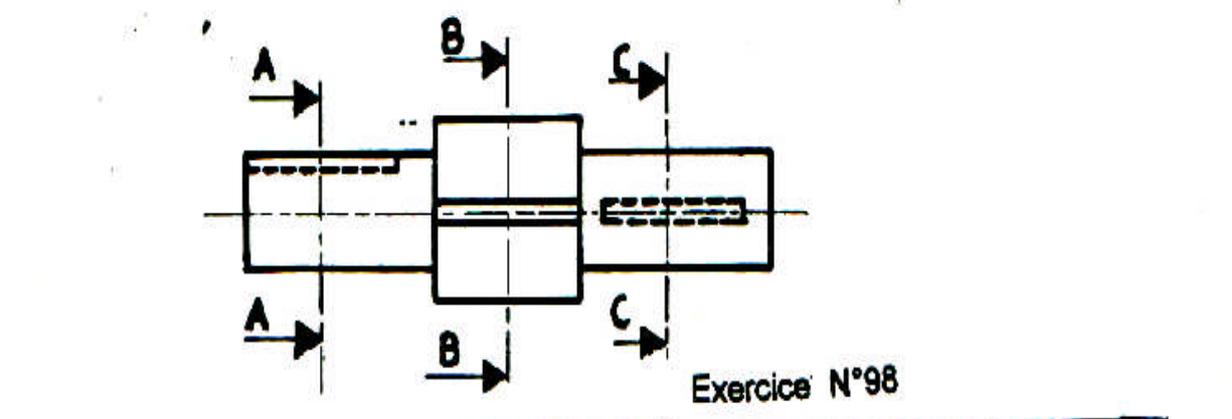
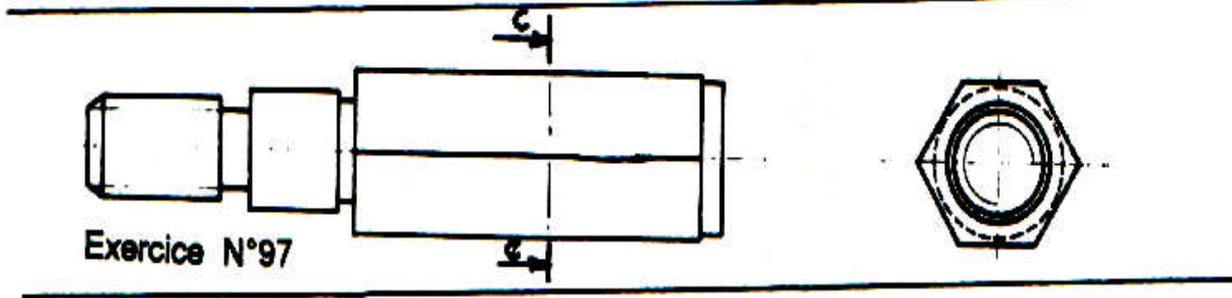
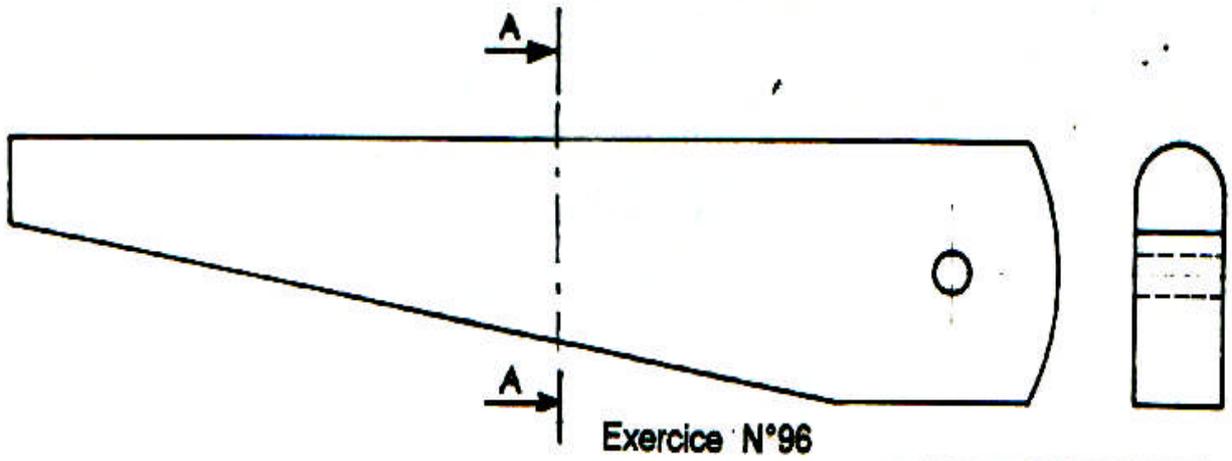
Rechercher les sections sorties et rabattues des pièces suivantes.





Exercice N°95





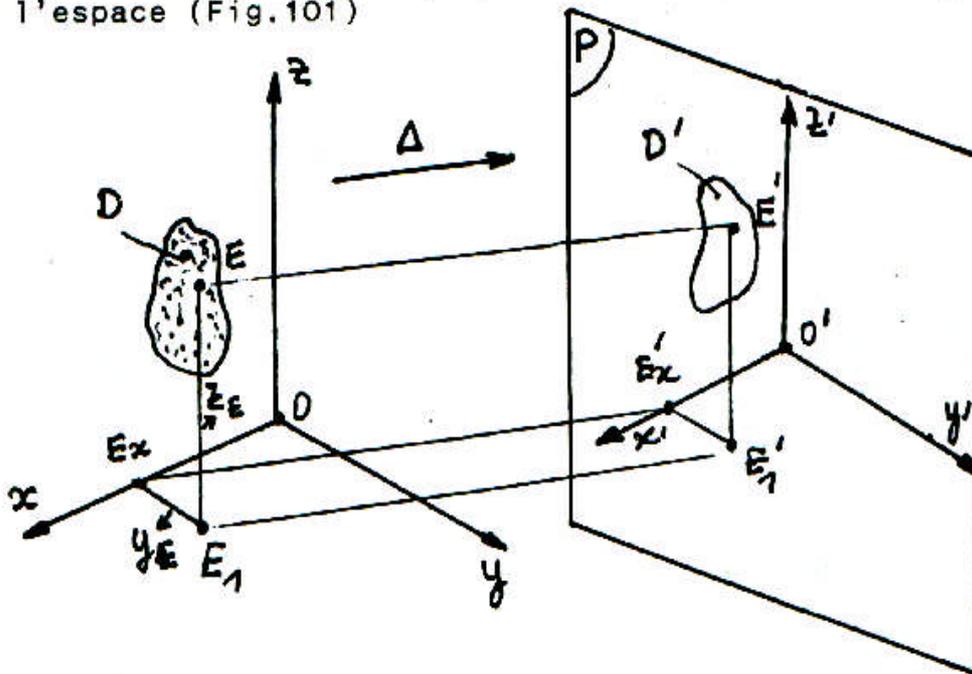
14 - PROJECTIONS AXONOMETRIQUES

14.1. Définition

La projection axonométrique consiste à projeter un objet avec son système de coordonnées sur un plan en utilisant des projectantes 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 X_e , Y_e , Z_e .
- 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 \Rightarrow O'X'Y'Z' système d'axes axonométriques.

- X_e, Y_e, Z_e ce sont les coordonnées naturelles du point E $\Rightarrow X'e', Y'e', Z'e'$ ce sont les coordonnées axonométriques du point E.

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

- D l'objet naturel \Rightarrow 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:

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

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

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

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

14.5. Classification des projections axonométriques

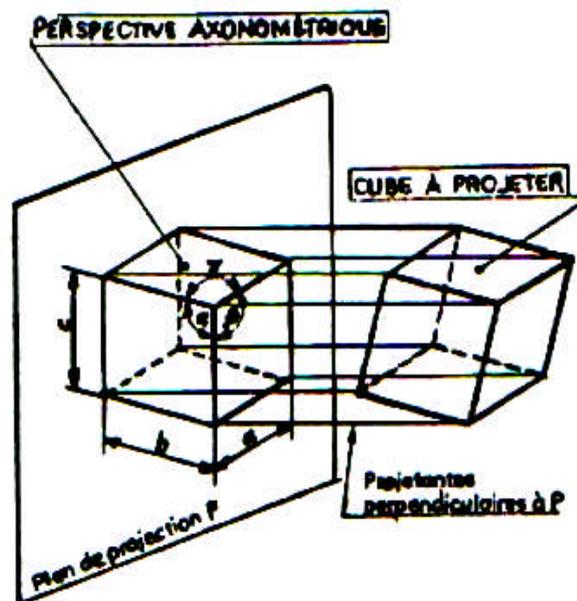
Selon l'angle que forme la direction Δ de la projection avec le plan de projection on distingue deux catégories de projections axonométriques:

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

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.

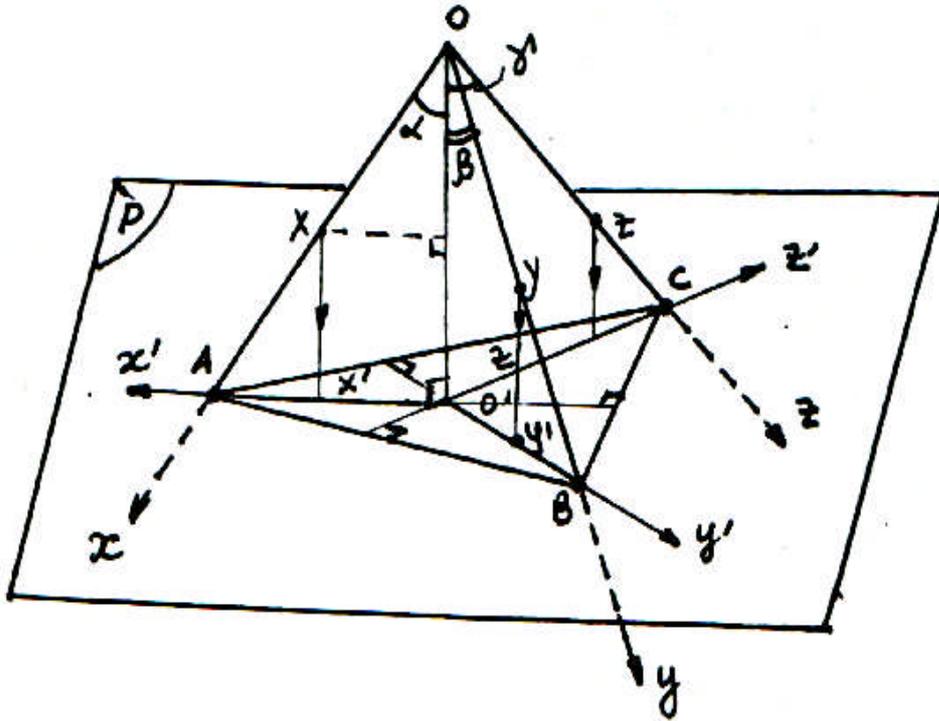


(Fig.102)

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 .

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

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

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

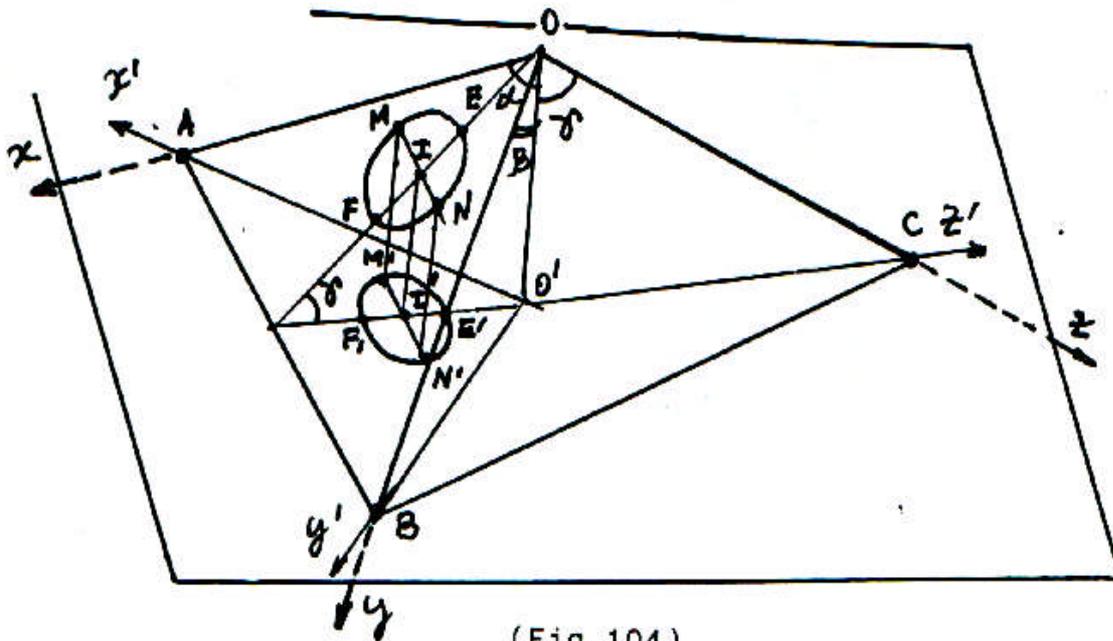
$$r = \frac{Z'}{Z} = \sin \gamma = \sqrt{1 - \cos^2 \gamma} \quad \text{d'où} \quad r^2 = 1 - \cos^2 \gamma$$

Ce qui donne:

$$\begin{aligned} p^2 + q^2 + r^2 &= 1 - \cos^2 \alpha + 1 - \cos^2 \beta + 1 - \cos^2 \gamma \\ \text{"} \quad \text{"} \quad \text{"} &= 3 - (\cos^2 \alpha + \cos^2 \beta + \cos^2 \gamma) \\ \text{"} \quad \text{"} \quad \text{"} &= 3 - 1 = 2 \end{aligned}$$

Les angles α , β et γ sont choisis arbitrairement, mais ils sont liés par la relation $\alpha + \beta + \gamma = 360^\circ$ 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 $MN \parallel AB$ et AB appartient à $O'X'Y'$.

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

$$r = \sin \gamma = \frac{z'}{z} \quad \text{d'où} \quad F'E' = D \cdot \sqrt{1 - r^2}$$

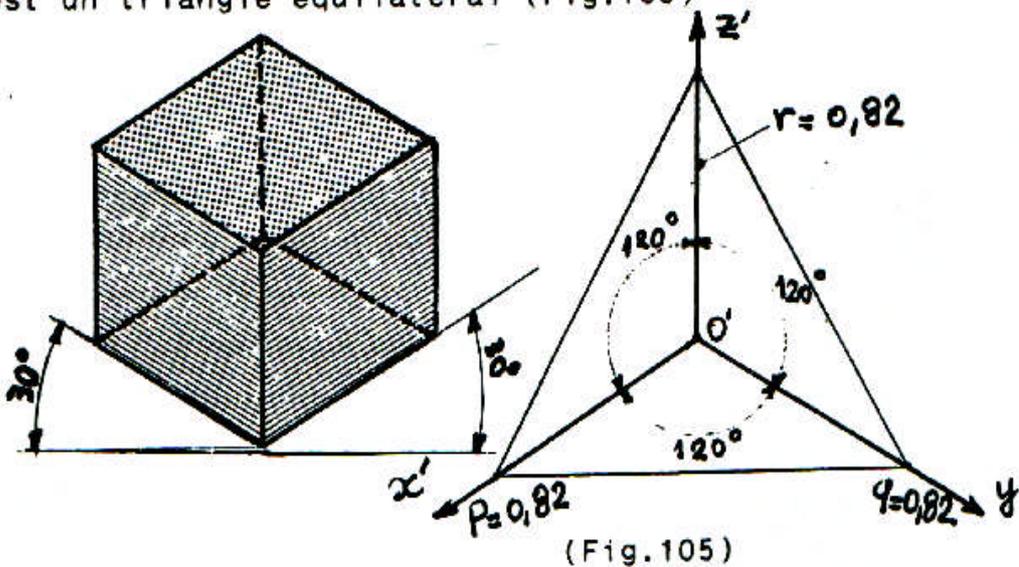
Les projections axonométriques recommandées sont:

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

14.7. La perspective axométrique isométrique

14.7.1. Propriétés

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

$$3.p^2 = 2 \quad \text{d'où} \quad p = \frac{2}{3} = 0,82$$

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

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.

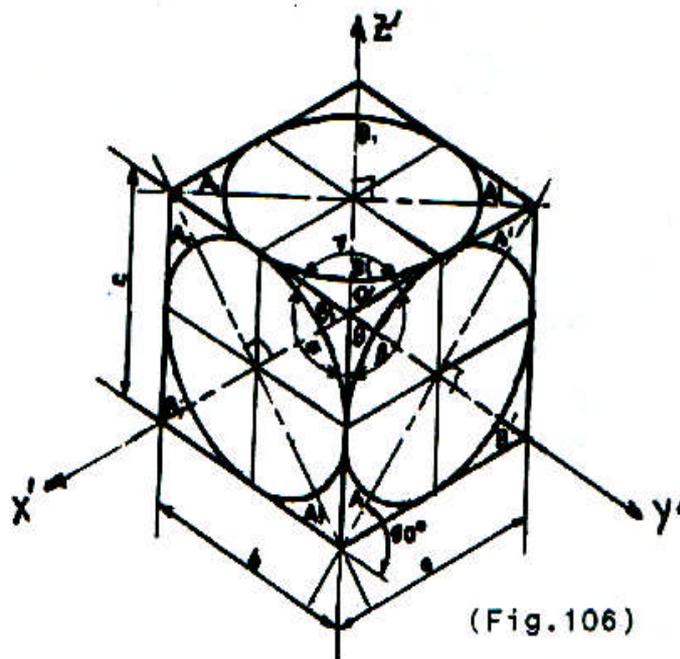
Les dimensions a, b et c s'obtiennent en multipliant la dimension par p, q ou r.

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

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 $O'X'$, $O'Y'$ et $O'Z'$.

Pour simplifier le tracé, lorsqu'il n'est question que de représentation on ne réduit pas la longueur des arêtes; 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:
$$E = \frac{1}{0,82} = 1,22$$

donc on prend:

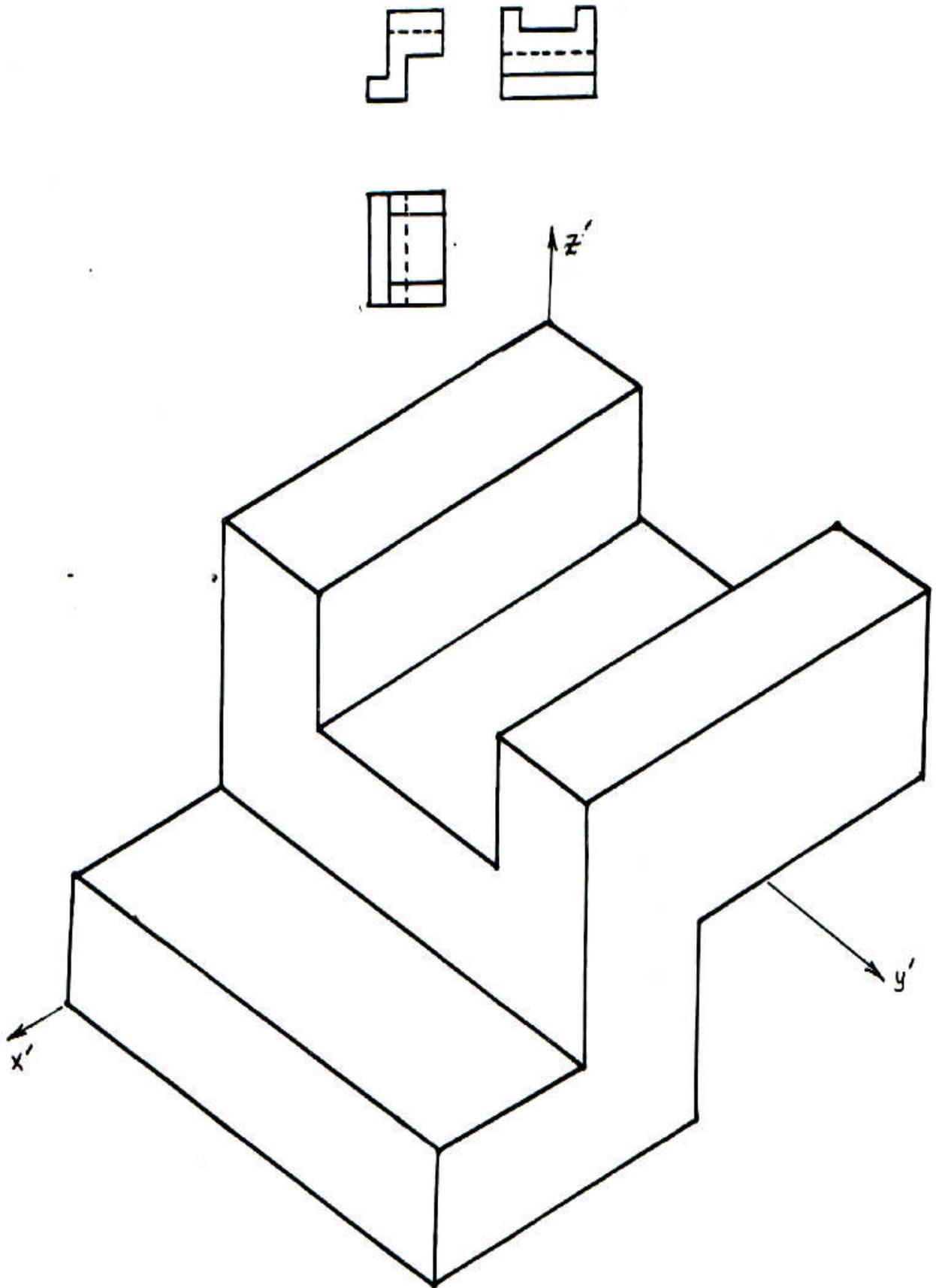
$$a = b = c = \text{dimension du cube}$$

Le grand axe: $AA' = 1,22 \times D$

Le petit axe: $BB' = 0,58 \times 1,22 \times D = 0,71 \times D$

14.7.5. Exemples d'application

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



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

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

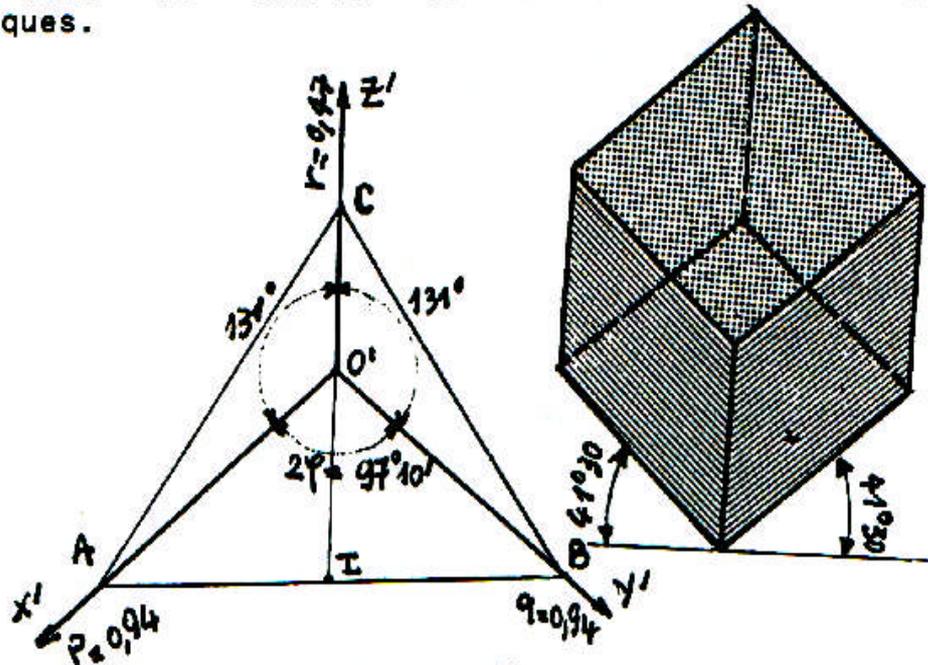
$$(2.r)^2 + (2.r)^2 + r^2 = 2$$

$$9.r^2 = 2 \quad \text{d'où} \quad r = \sqrt{2/9} = 0,47$$

$$p = q = 2.r = 0,47 \times 2 = 0,94$$

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: $AO'B = 2.\varphi = \gamma$

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

Dans l'espace le triangle $AO'B$ est un triangle rectangle en O (Voir Fig. 103)

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

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

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

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

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

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

$$\begin{aligned} \varphi &= \frac{1}{2} \cdot \widehat{X'O'Y'} = \arcsin. 3/4 = 48^\circ 35' \\ 2\varphi &= \gamma = 97^\circ 10' \end{aligned}$$

On peut en déduire :

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

Pour tracer les axes axonométriques on se base sur l'angle $\gamma = 97^\circ$ (Fig 108)

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

Les coefficients de réduction deviennent:

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

14.8.3. 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 où l'échelle $E = 1,06$ c'est à dire $p = q = 1$ et $r = 0,5$ on prend:

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

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

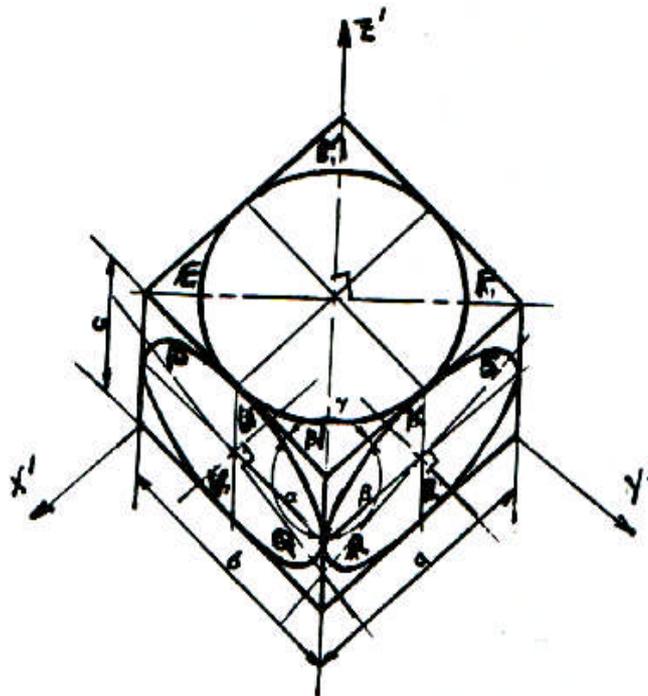
a) - La perspective d'un cercle de diamètre D situé dans le plan horizontal parallèle à $X'O'Y'$ est une ellipse $EMNF$ dont :

$$\text{Le grand axe } EF = D$$

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

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

Les grands axes $RS = PQ = 1,06 \times D$

et les petits axes $KI = VU = 0,35 \times D$

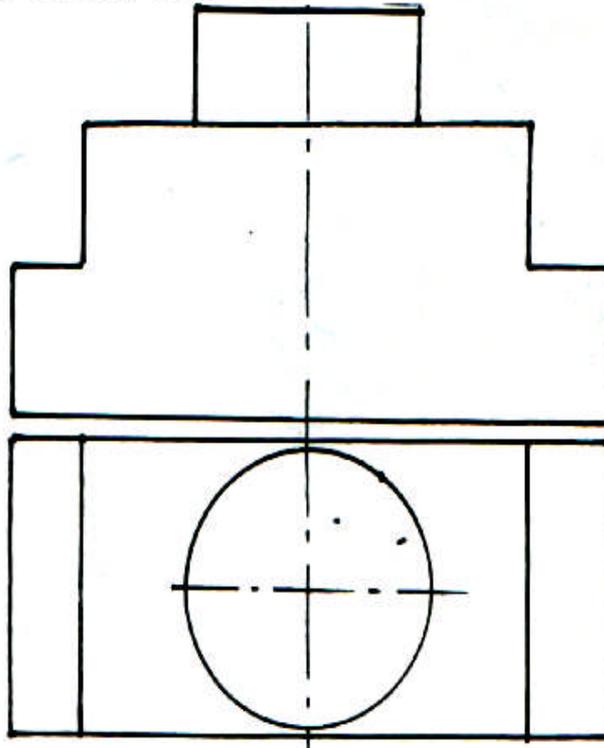
Remarques:

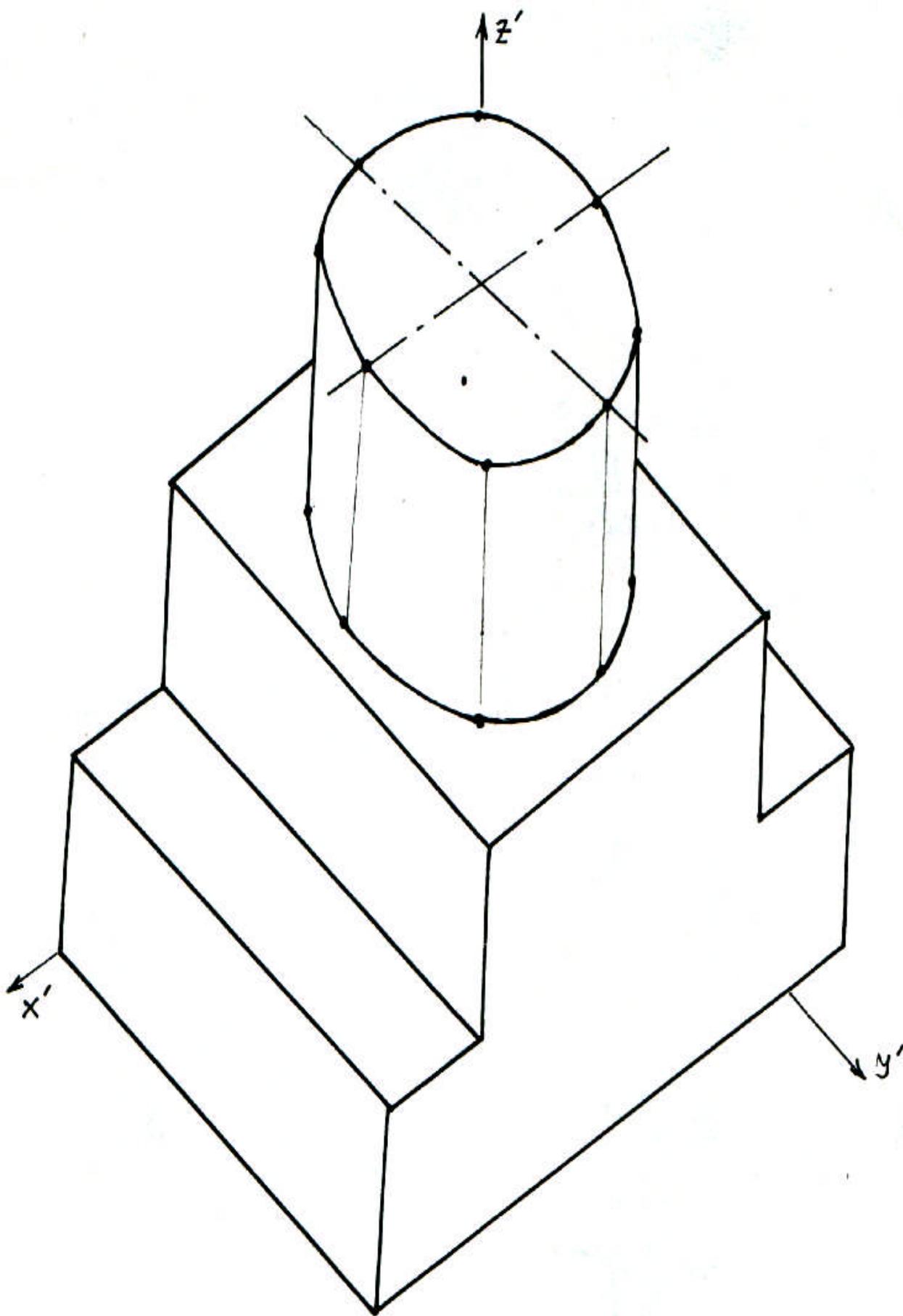
Les grands axes EF, RS et PQ sont respectivement perpendiculaires à $O'Z'$, $O'Y'$ et $O'X'$.

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

14.8.4. Exemple d'application

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





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

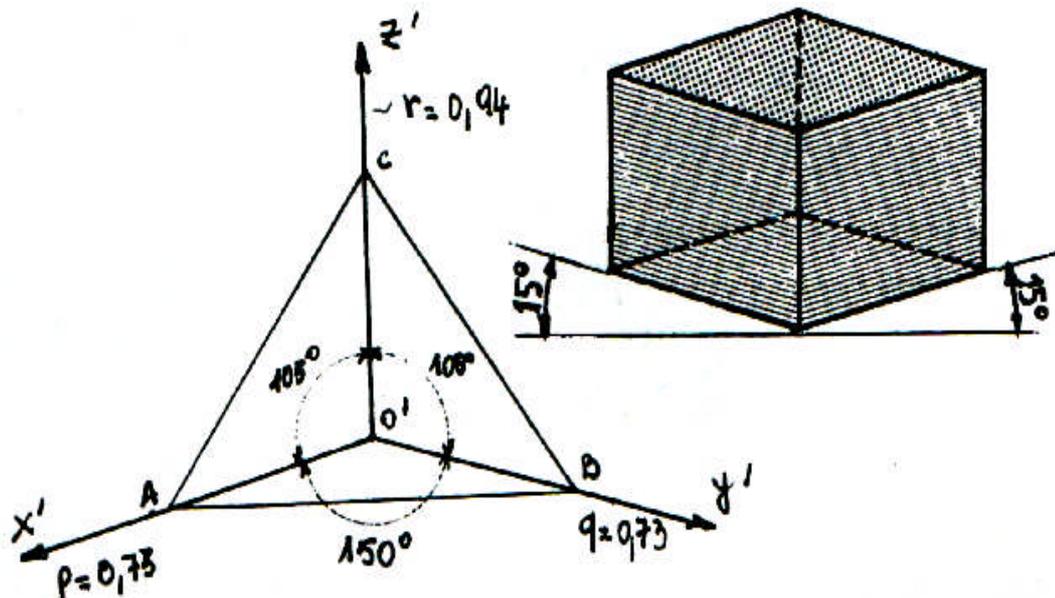
La démonstration précédente est valable pour aboutir aux résultats suivants (Fig.109)

$$\widehat{X'O'Y'} = \gamma = 150^\circ$$

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

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

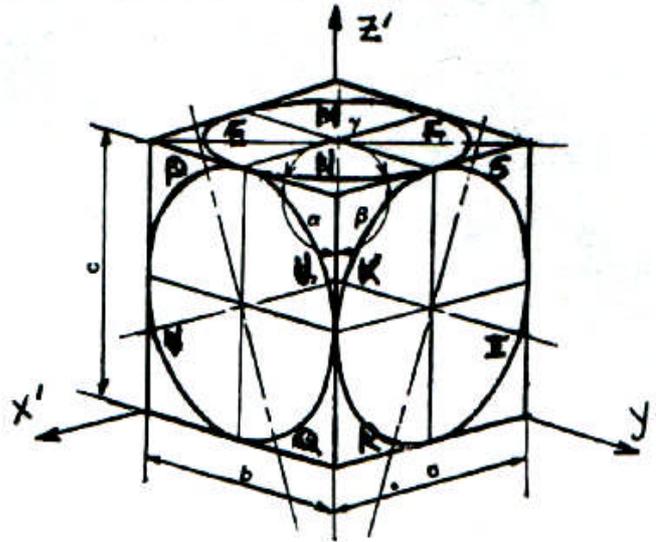
La disposition des grands axes et petits axes est la même que précédemment (Fig.110)

Le grand axe des ellipses = diamètre (D)

Le petit axe MN = $D \times 0,27$

Le petit axe VU = $D \times 0,68$

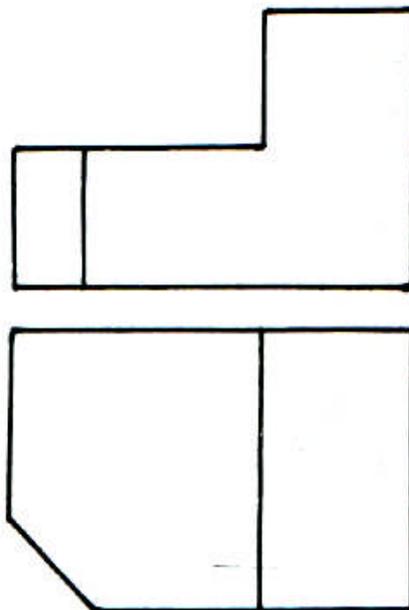
Le petit axe KI = $D \times 0,68$

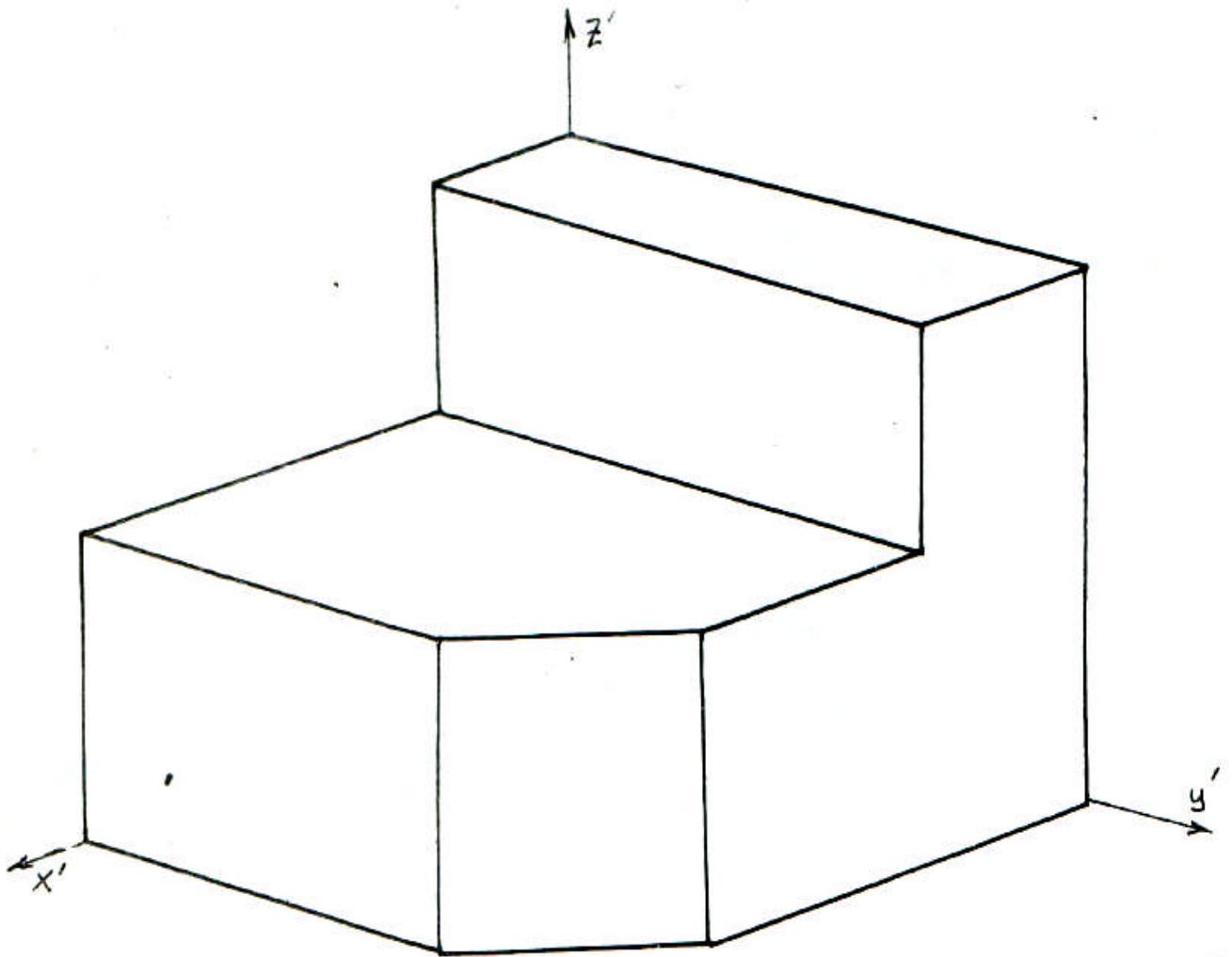


(Fig.110)

14.9.4. Exemples d'applications

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





14.10. Perspective trimétrique

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

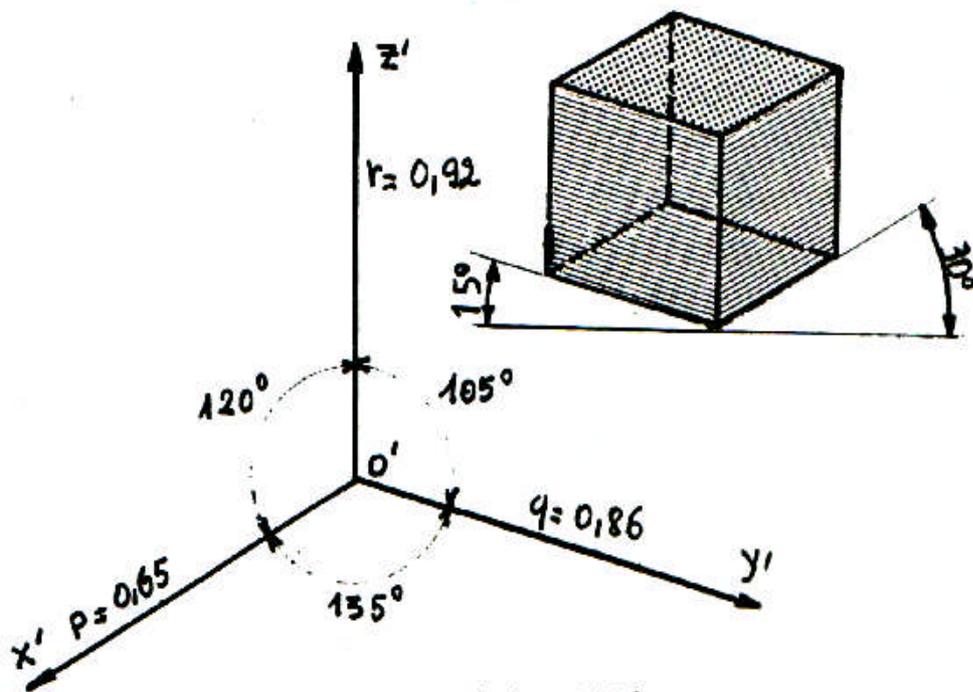
14.10.1. Coefficients de réduction

$$p = 0,65 \quad q = 0,86 \quad r = 0,92$$

14.10.2. Axes axonométriques

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

$$\begin{aligned} \alpha &= X'O'Z' = 120^\circ \\ \beta &= Z'O'Y' = 105^\circ \\ \gamma &= X'O'Y' = 135^\circ \end{aligned}$$



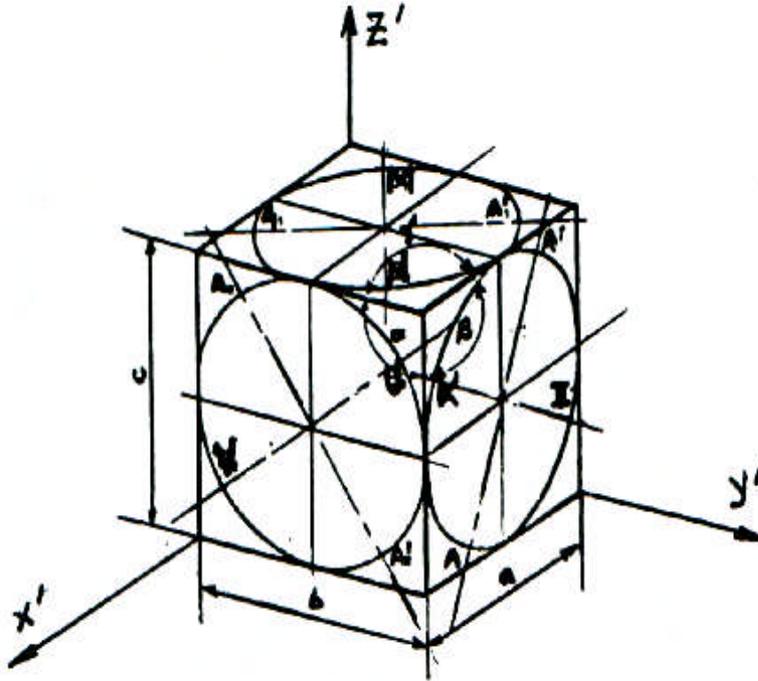
(Fig.111)

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

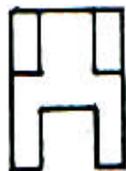
- Le petit axe MN = D x 0,40
- Le petit axe KI = D x 0,52
- Le petit axe VU = D x 0,76

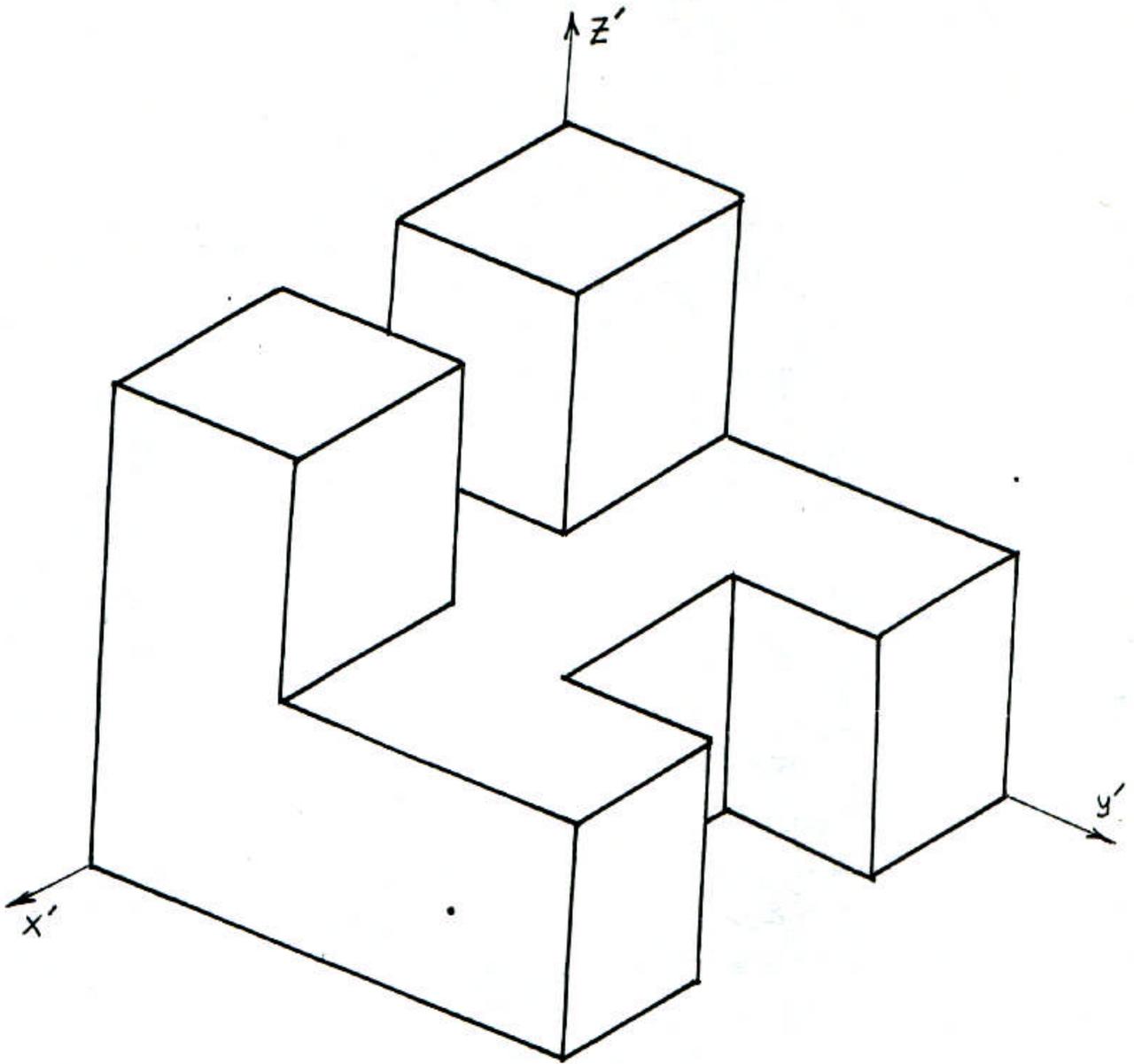


(Fig.112)

14.10.4. Exemples d'application

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





14.11. La projection axonométrique oblique: La perspective cavalière

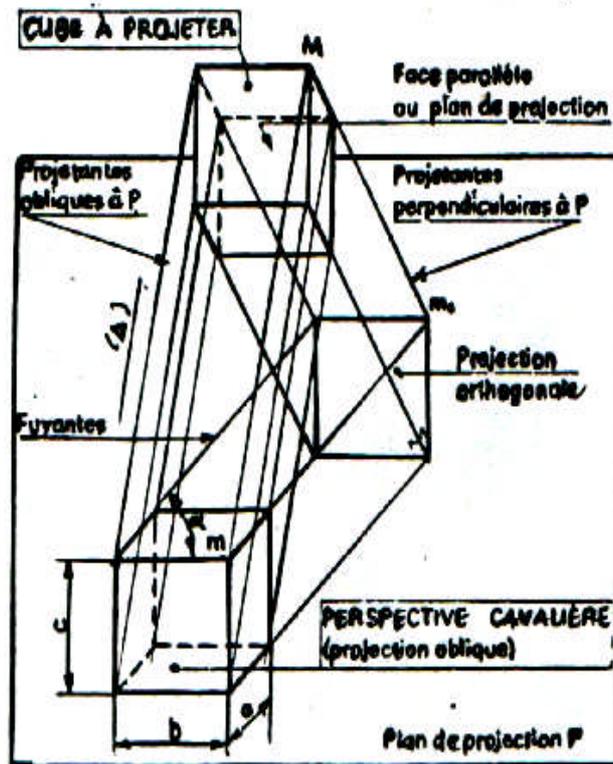
14.11.1. Définition

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.

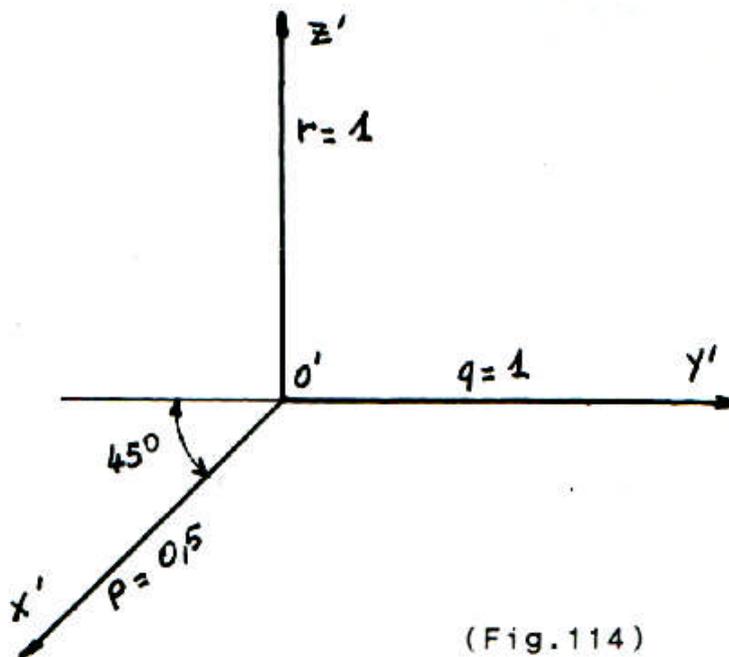
Dans ce cas:

$$OY = O'Y'$$

$$OZ = O'Z'$$

OX' est bissecteur de l'angle Y'OZ'

OX' fait un angle de 45° avec l'horizontale



(Fig.114)

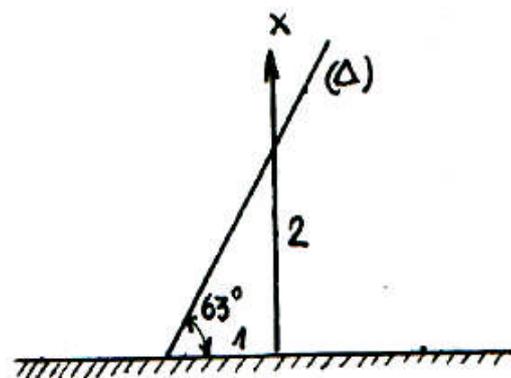
Pour déterminer le coefficient de réduction, on a:

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

$$q = 1 \text{ et } r = 1$$

OX se projette en OX'

$$p = 1/2 \text{ (tang. } 63^\circ = 2 \text{)}$$



14.11.3. Propriétés et caractéristiques

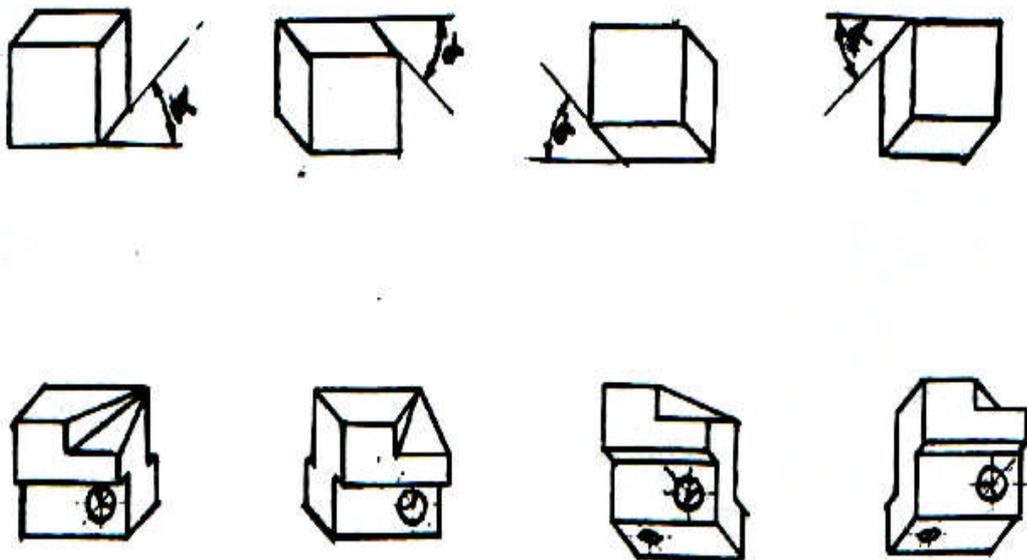
Toute figure parallèle au plan de projection se projette en vraie grandeur. Les autres figures sont déformées et se projettent selon un coefficient de réduction K dépendant de l'angle des projetantes (fuyantes) lequel dépend de la direction d'observation.

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

$$\psi = 45^\circ \text{ pour } K = 0,5$$

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.

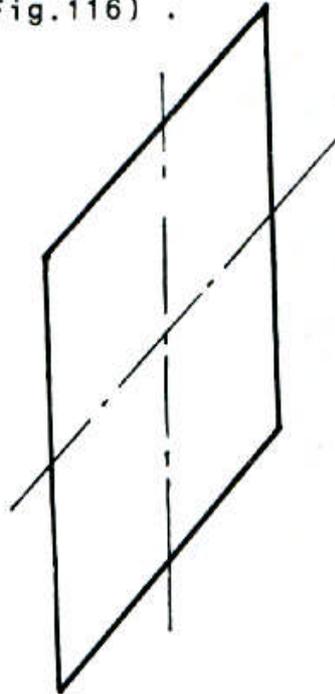


(Fig. 115)

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

a) - Un carré

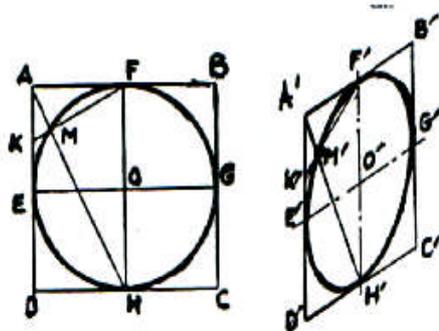
La perspective cavalière d'un carré ou rectangle est un parallélogramme (Fig.116) .



(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)



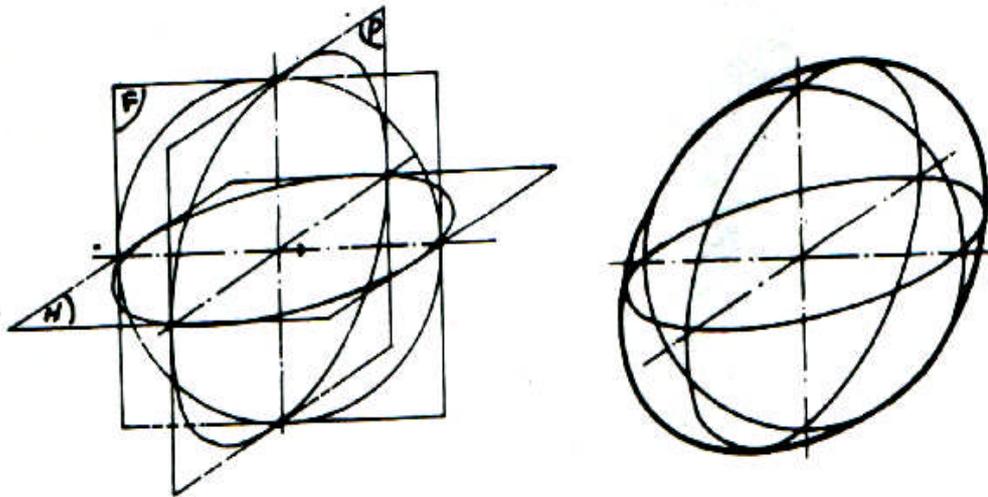
(Fig.117)

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).

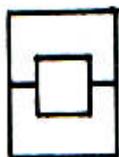
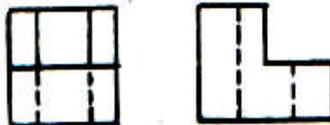
- La courbe représentant la perspective cavalière de la sphère est l'enveloppe passant par les deux ellipses et le cercle (Fig.118)

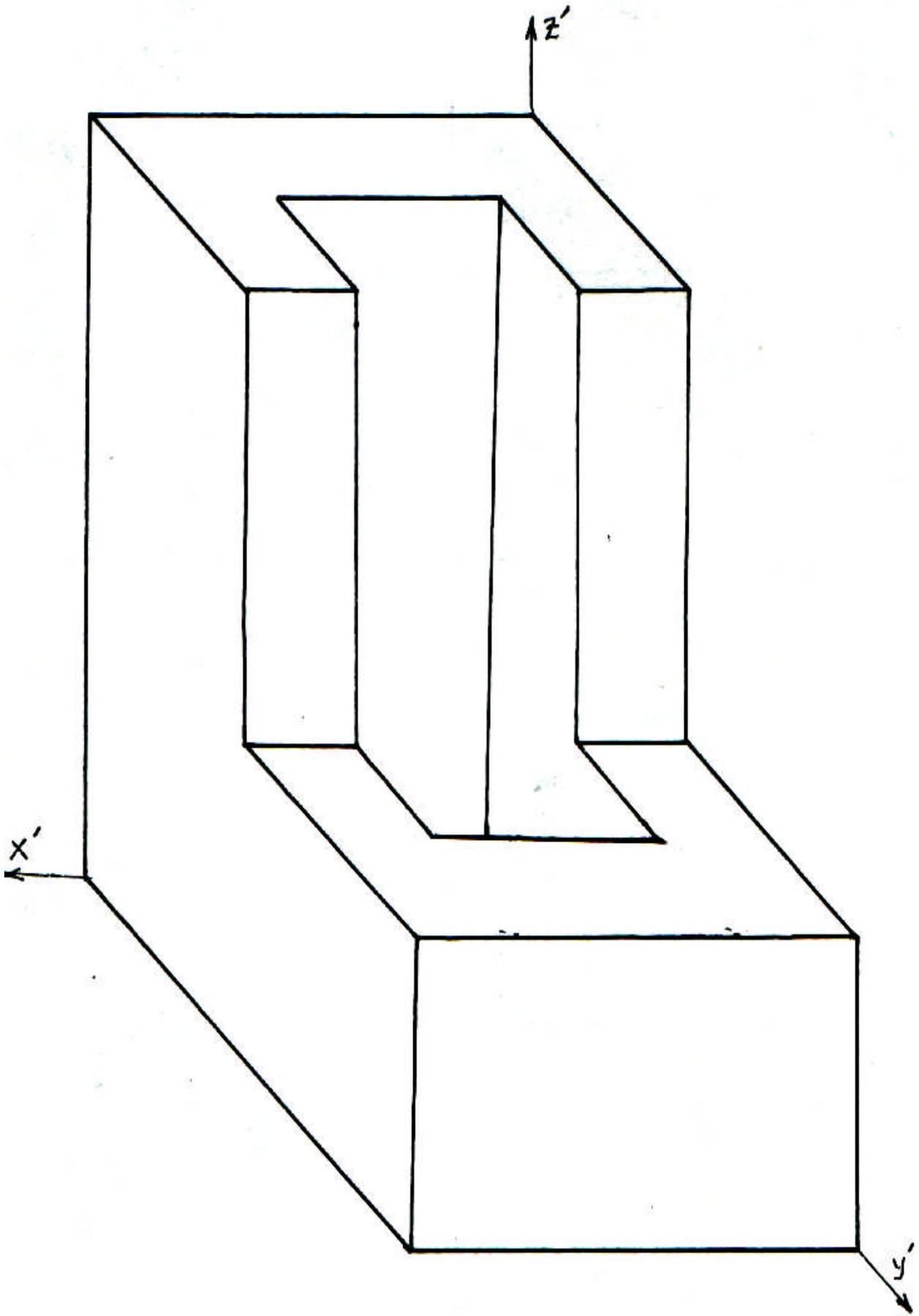


(Fig.118)

14.11.5. Exemples d'application

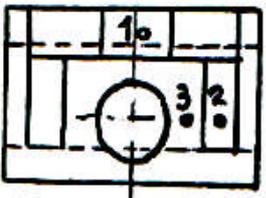
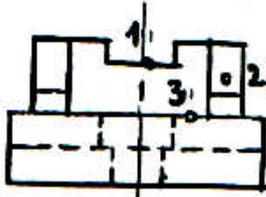
A partir des vues représentées ci-dessous, représenter le solide en perspective cavalière.



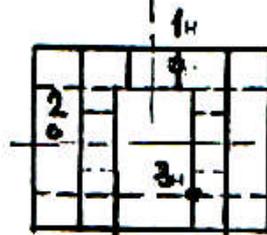
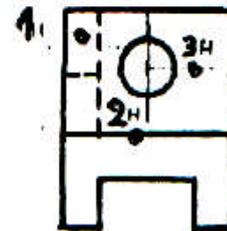
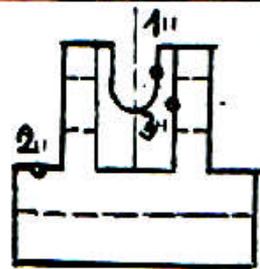
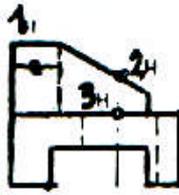


14.12. Exercices

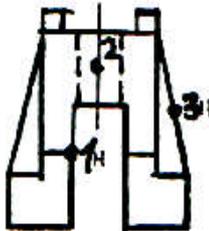
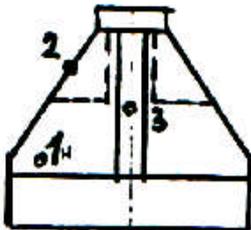
Dessiner les perspectives cavalière et isométrique des solides représentés par les vues ci-dessous.



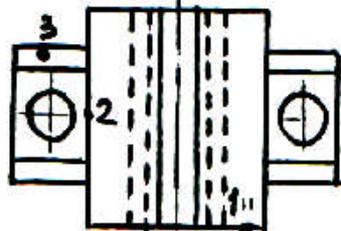
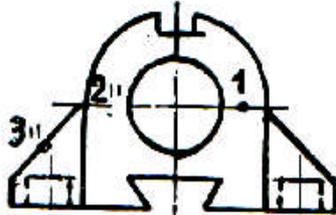
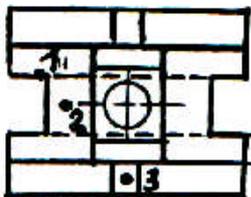
Exercice N°100



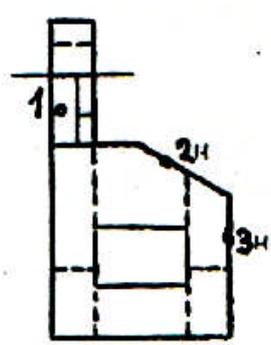
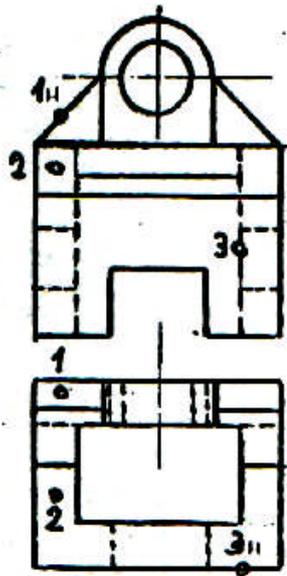
Exercice N°101



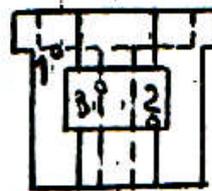
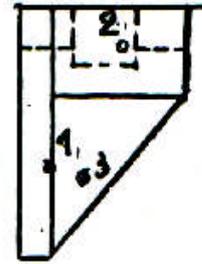
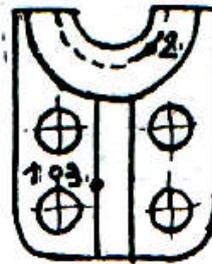
Exercice N°102



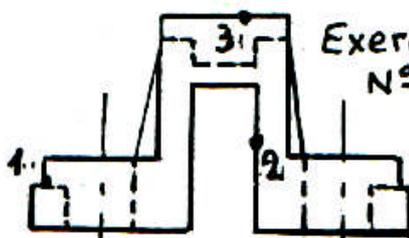
Exercice N°103



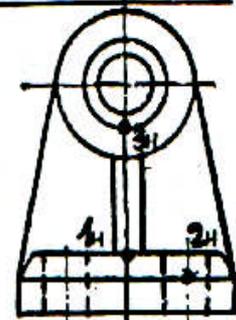
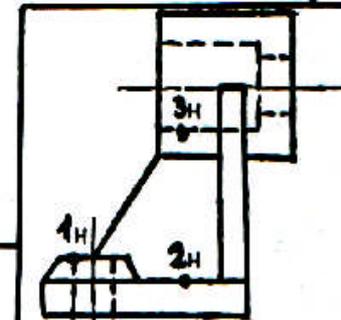
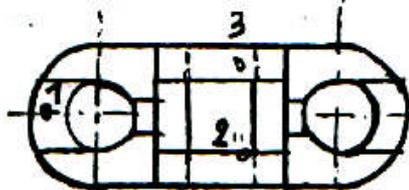
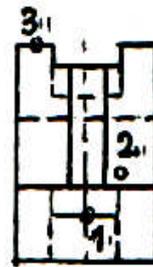
Exercice N°104



Exercice 105



Exercice N°106



Exercice N°107

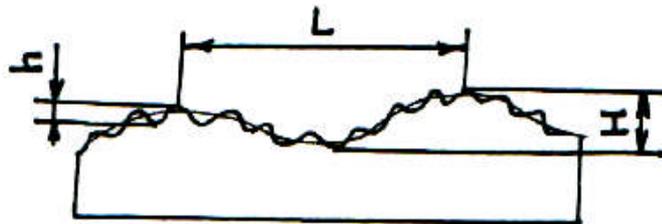
15 - ETATS DE SURFACE

15.1. Les défauts de surface

Une surface réelle usinée n'est jamais parfaite, elle présente toujours des défauts par suite des erreurs admissibles dans la fabrication. Il faut distinguer entre les surfaces nominales ayant la forme idéale sans irrégularités des formes et sans aspérités des surfaces et les surfaces réelles.

Les défauts de surface ne dépendent pas des cotes d'une pièce à usiner mais du procédé d'usinage. Parmi ces défauts on a :

- l'ondulation
- la rugosité



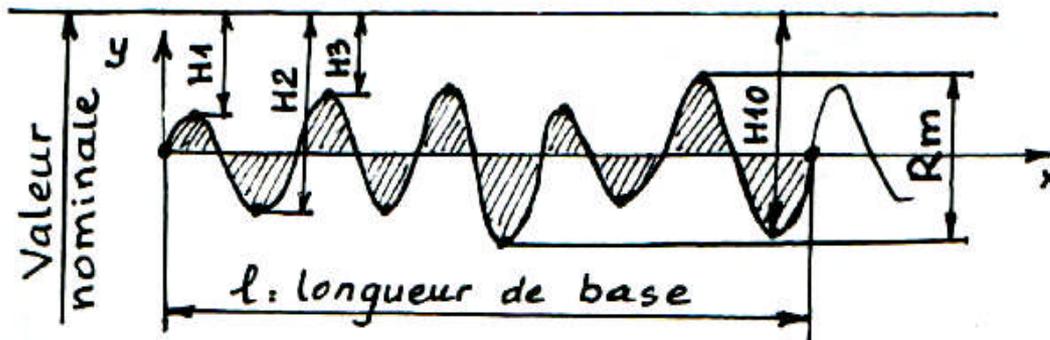
L : Longueur d'onde
H : Hauteur d'onde
h : hauteur de rugosité

- Si : - $L/H = 50$ à 1000 on a une ondulation
- $L/H < 50$ on a une rugosité

La rugosité ou l'état de surface est caractérisée par des défauts de surface de très petites amplitudes ou défauts microgéométriques.

15.2. Critères de rugosité

Schématisons une surface réelle dont les écarts H_i par rapport à la valeur nominale sont donnés en dix points.



l : est la longueur de base qui est choisie de telle façon qu'elle ne doit pas comprendre d'autres défauts. Elle est normalisée et fonction de la valeur R_p .

l en mm	R_p en micron
0,08	0 à 0,5
0,25	0,5 à 0,6
0,80	1,5 à 10
2,50	10 à 40
8,00	40 à 63
25,00	63 à 320

Une rugosité est définie par trois valeurs fondamentales appelées critères de rugosité ou:

1)- R_m : profondeur maximale. C'est la distance entre le plus haut sommet et le plus bas vallon ou creux.

2)- R_p : profondeur moyenne.

$$R_p = \frac{(H_1+H_3+H_5+H_7+H_9) - (H_2+H_4+H_6+H_8+H_{10})}{5}$$

3)- R_a : écart moyen arithmétique.

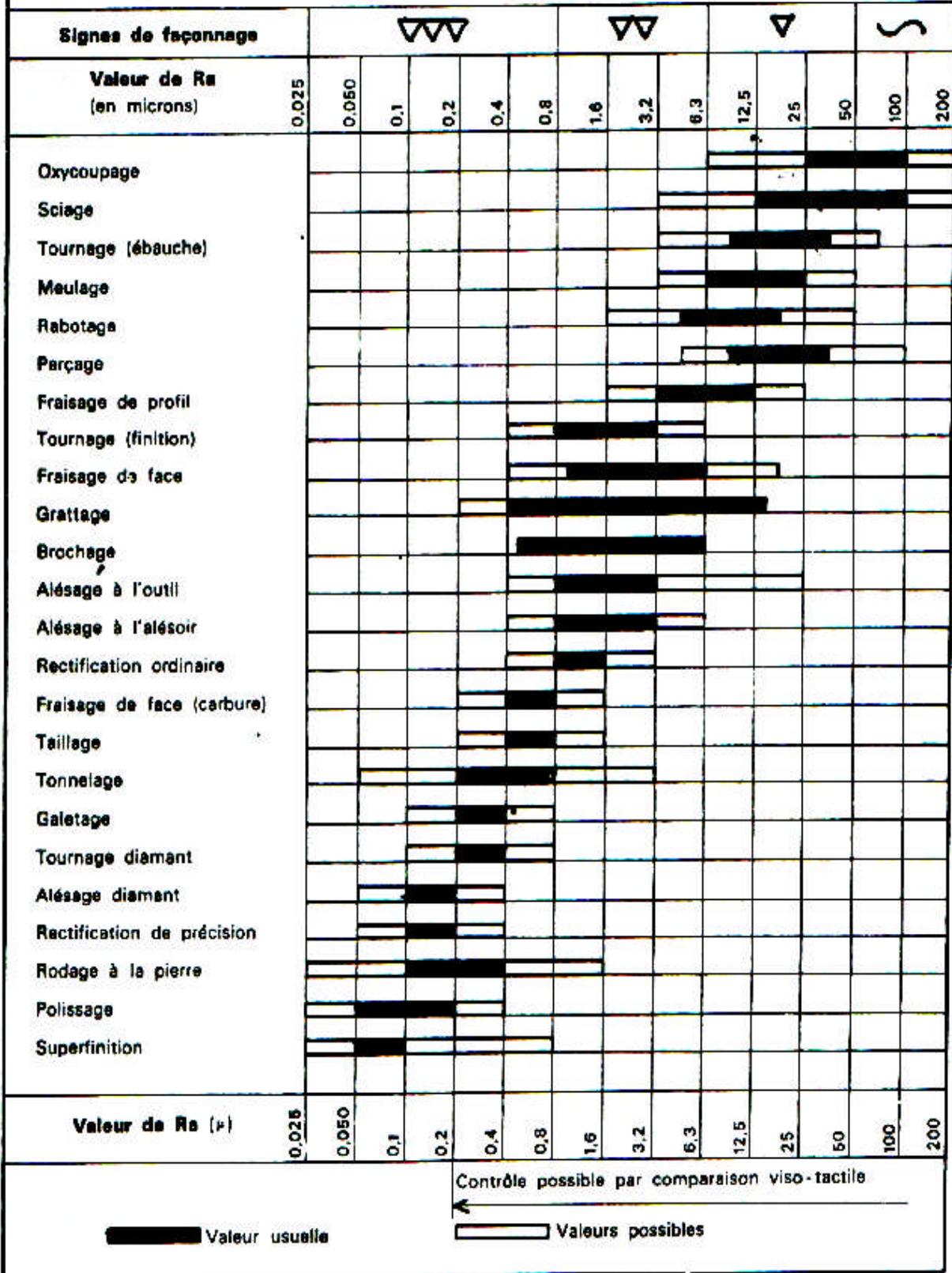
$$R_a = \frac{1}{l} \cdot \int_0^l |y| \cdot dx = \frac{\sum_{i=1}^n y_i}{n}$$

R_a en micron	R_p en micron
80	320
.....	...
2,50	10
1,25	6,25
.....
0,01	0,05

La fabrication d'une surface est d'autant plus coûteuse que la rugosité est faible. Chaque procédé de fabrication est limité dans l'obtention de la rugosité (voir le graphe de la page suivante).

ÉTATS DE SURFACE

obtenus par les différents procédés d'usinage

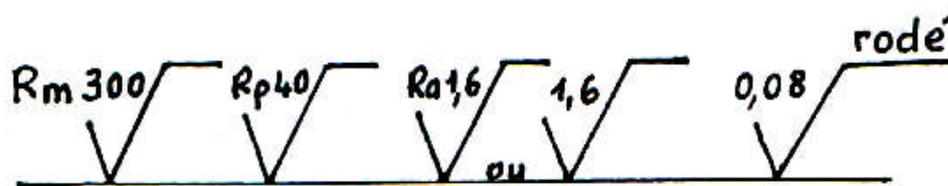


15.3. Indication de la rugosité

La rugosité est symbolisée par $\sqrt{\quad}$

Ce signe doit être porté sur la ligne représentative de la surface ou sur son prolongement.

A l'intérieur du signe, on inscrit la valeur en microns du critère de rugosité retenu choisi comme limite admissible.



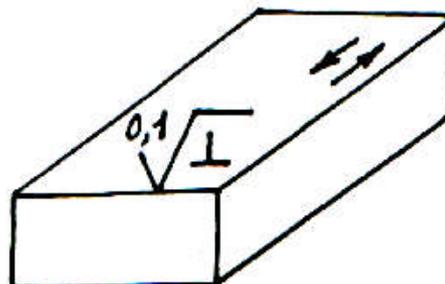
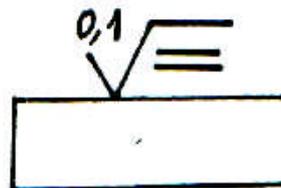
Les indications Rm ou Rp doivent être inscrites par contre Ra peut être omis.

Dans le cas où Ra ne doit pas être inférieure à une certaine valeur, on indique deux valeurs limites superposées.

$$0,04 < Ra < 0,10$$



Si la valeur de la rugosité doit être complétée par le mode (ou direction d'usinage), ils seront indiqués sur la ligne prolongeant le signe de la rugosité.



Parfois au lieu des critères de rugosité, on indique les signes de façonnage.

15.4. Les indices de façonnage

Dans ce paragraphe nous aborderons l'état géométrique des surfaces des pièces mécaniques. L'état de surface possède une grande influence sur les propriétés physiques et mécaniques des pièces, tels que frottement de glissement et de roulement, résistance à l'usure, résistance à l'écoulement des fluides, adhérence des revêtements etc....

Tous ces défauts peuvent être contrôlés par des méthodes d'exploration aussi bien électriques qu'optiques.

Les surfaces des ébauches des pièces mécaniques sont réalisées en prévoyant des surépaisseurs de métal, l'enlèvement de ces surépaisseurs, permet d'obtenir des surfaces possédant les qualités géométriques et dimensions exigées.

L'amélioration de l'état de surface est très coûteuse, le dessin doit préciser quel degré de finissage doit être exigé. A cet effet on utilise des symboles caractérisants l'état de surface comme indiqués ci-dessous.

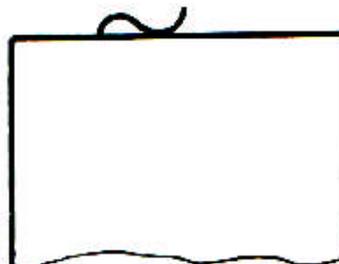
15.4.1. Surfaces sans surépaisseurs d'usinage

- Si on ne porte aucun symbole sur les surfaces, son aspect peut-être quelconque.



- Le symbole  signifie que la surface peut rester brute ou subir une retouche grossière à l'outil.

Ra = 100 à 200 microns

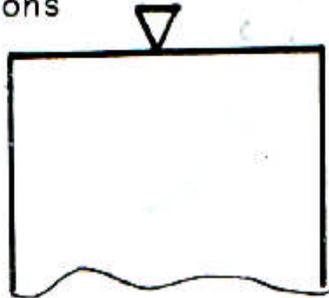


15.4.2. Surfaces avec surépaisseurs d'usinage

Le symbole utilisé est un triangle équilatéral.

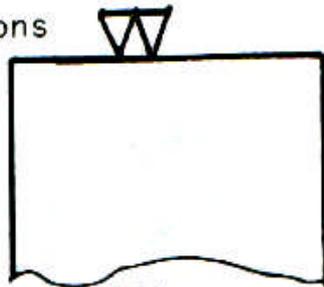
- Un triangle  signifie que les surfaces sont utilisées comme surfaces de contact d'assemblage et doivent avoir un bon aspect, elles peuvent être obtenues par tournage, meulage, rabotage, perçage et grattage.

Ra = 12,5 à 50 microns



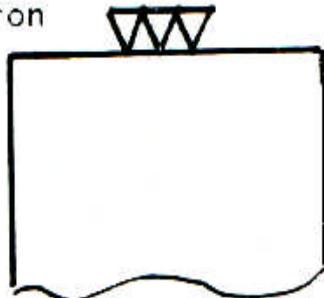
- Deux triangles , les surfaces doivent être géométriquement très correctes. Elles sont utilisées surtout pour les faces d'assemblages fixes précis. Un parachèvement tels que le tournage de finition, le fraisage de face, le grattage, le brochage, la rectification et l'alésage, peut être nécessaire.

Ra = 1,6 à 6,3 microns



- Trois triangles , ces surfaces doivent être géométriquement très correctes et posséder en outre de bonne qualités frottantes telles que surfaces d'assemblage mobile précis. Le parachèvement est obligatoire, tels que la super finition, le polissage, le rodage à la pierre, la rectification de précision, l'alésage au diamant, le tournage au diamant etc...

Ra = 0,05 à 0,8 micron

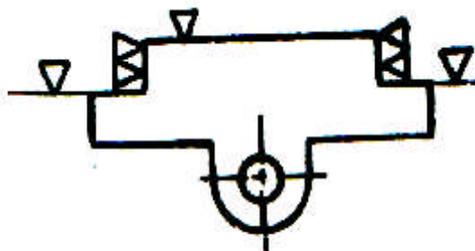


15.5. Mise en place des symboles sur le dessin

- Les symboles sont placés sur les lignes représentatives des surfaces ou sur leur prolongement, autant que possible près des lignes de cotes correspondantes.

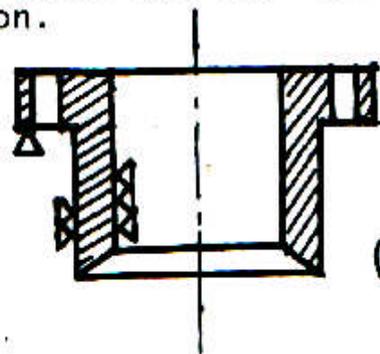
- Pour une même surface le symbole ne doit figurer qu'une seule fois quel que soit le nombre de vues.

- Si la pièce possède des surfaces symétriques les symboles sont placés sur chacune d'elles (Fig.119).



(Fig.119)

- Le symbole n'est placé que sur une seule génératrice des surfaces de révolution.



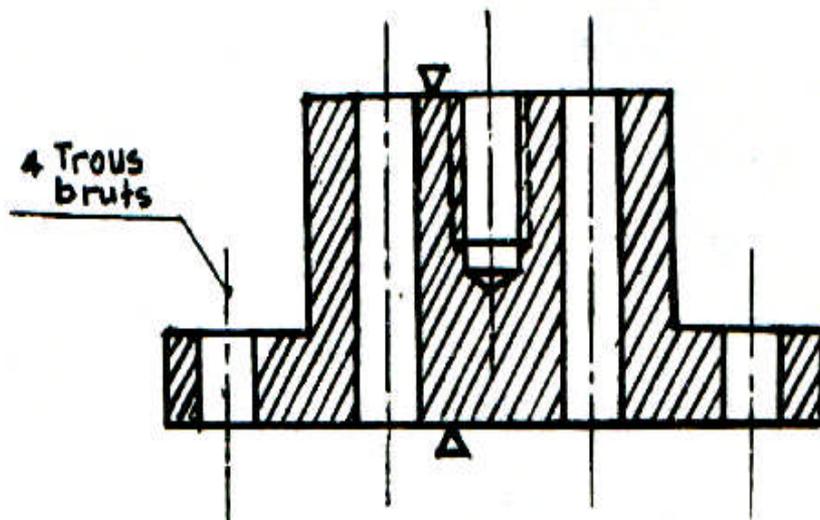
(Fig.119b)

- Si toutes les surfaces d'une pièce sont usinées avec le même degré de finissage, le symbole est porté à côté du repère en ajoutant, s'il y a lieu, la mention "façonné partout"



▽ Partout

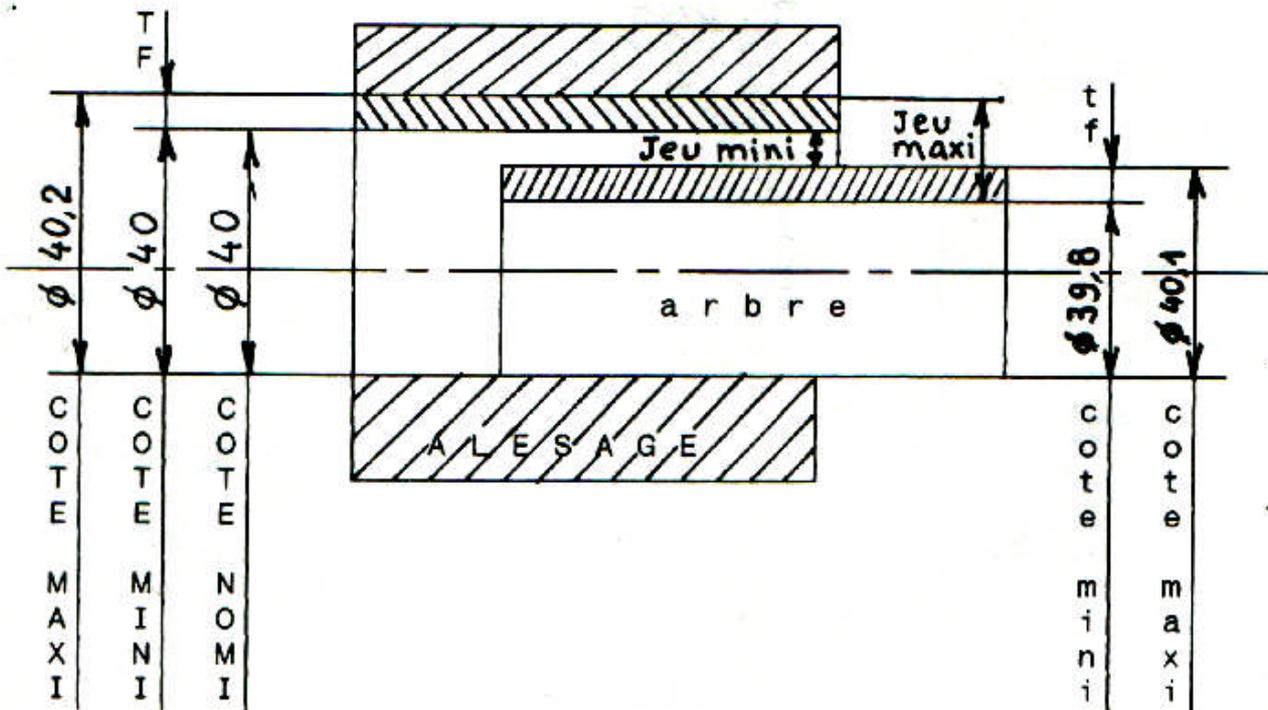
- On n'indique pas le signe d'usinage des trous taraudés et des trous de faible diamètre qui sont obligatoirement percés. Par contre on repère sur le dessin les trous restant bruts.



16 - TOLERANCES ET AJUSTEMENTS

16.1. Notions de dimensions et cotes tolérancées

La (Fig.120) représente l'exemple d'un assemblage cylindrique d'un arbre avec un alésage dit ajustement en indiquant toutes les cotes possibles .



TF : TOLERANCE DE FABRICATION DE L'ALÉSAGE
 tf : tolérance de fabrication de l'arbre

(Fig.120)

16.2. Types de cotes

On distingue 3 types de cotes :

16.2.1. La cote nominale

C'est la cote souhaitée ou celle de calcul par rapport à laquelle sont définies les cotes limites. Elle doit être la même pour l'arbre et l'alésage.

16.2.2. Les côtes limites

Dans la pratique il est quasiment impossible d'usiner une pièce exactement à sa cote nominale par suite des incertitudes dans la fabrication (régime de coupe, incertitudes...), c'est pourquoi on fixe les cotes limites admissibles pour une précision donnée.

Ce sont les deux cotes extrêmes acceptables dites cote maxi et cote mini, entre lesquelles doit se trouver la cote effective (ou réelle) pour que la pièce soit relativement précise et interchangeable (remplaçable)

Supposons un cas de figure où la valeur nominale étant de 40 mm et les valeurs limites sont les suivantes:

- Cote maxi de l'arbre: $C_{max} = 40,10$
- Cote mini de l'arbre: $C_{min} = 39,80$
- Cote maxi de l'alésage: $C_{max} = 40,20$
- Cote mini de l'alésage: $C_{min} = 40,00$

16.2.3. La cote effective

C'est la cote d'exécution ou la cote réelle de la pièce mesurée avec précision tolérable c'est à dire telle qu'elle est réalisée.

Dans ce cas la cote effective mesurée doit être comprise entre les deux valeurs extrêmes C_{max} et C_{min} :

$$C_{min} \leq C_e \leq C_{max}$$

- pour l'arbre: $39,80 \leq C_e \leq 40,10$
- pour l'alésage: $40,00 \leq C_e \leq 40,20$

16.3. Ecarts d'un arbre

L'écart est la différence algébrique entre les cotes affectives maxi, mini et la cote nominale.

On distingue 3 types d'écarts :

16.3.1. Ecart effectif

écart effectif = cote effective - cote nominale

$$ee = C_e - C_n$$

$$ee = 39,9 - 40 = - 0,1$$

16.3.2. Ecart supérieur

écart supérieur = cote maxi - cote nominale

$$es = C_{max} - C_n$$

$$es = 40,1 - 40 = + 0,1$$

16.3.3. Ecart inférieur

écart inférieur = cote mini - cote nominale

$$ei = C_{min} - C_n$$

$$ei = 39,8 - 40 = - 0,2$$

Les écarts sont indiqués sur le dessin en mm, tandis que sur les tableaux des tolérances ils sont donnés en microns

16.4. Tolérance d'un arbre

La différence entre les écart supérieur et inférieur est la valeur la plus importante, appelée tolérance de fabrication ou intervalle de tolérance désigné par it ; elle est une valeur absolue.

$$\text{intervalle de tolérance} = \text{écart supérieur} - \text{écart inférieur}$$

$$it = es - ei$$

$$it = (C_{max} - C_n) - (C_{min} - C_n) = C_{max} - C_{min}$$

donc:

$$it = C_{max} - C_{min}$$

16.5. Écarts et tolérances d'un alésage

Nous utilisons exactement les mêmes considérations d'un arbre pour les alésages sauf que les désignations en minuscule des arbres deviennent des majuscules pour les alésages .

- Ecart effectif : EE
- Ecart supérieur : ES
- Ecart inférieur : EI
- Intervalle de tolérance:IT

$$IT = ES - EI = C_{max} - C_{min}$$

16.6. Cotes tolérancées

On désigne une cote tolérancée en indiquant le diamètre nominale et les deux écarts supérieur et inférieur de la manière suivante.

Exemples:

$$1 - \text{Arbre } \phi 40 \begin{matrix} +0,01 \\ -0,02 \end{matrix}$$

40 mm = diamètre nominal
+ 0,01 mm = es
- 0,02 mm = ei

$$2 - \text{Alésage } \phi 50 \begin{matrix} +0,02 \\ -0,02 \end{matrix}$$

50 mm = diamètre nominal
+ 0,02 mm = ES
- 0,02 mm = EI

$$3 - \text{Arbre } \phi 30 \begin{matrix} +0,03 \\ \end{matrix}$$

30 mm = diamètre nominal
+ 0,03 mm = es
- 0,00 mm = ei

$$4 - \text{Alésage } \phi 60 \begin{matrix} -0,03 \\ \end{matrix}$$

60 mm = diamètre
+ 0,00 mm = ES
- 0,03 mm = EI

16.7. Notion d'interchangeabilité

L'interchangeabilité est la possibilité de prendre au hasard dans un lot de pièces semblables une pièce quelconque sans avoir besoin d'aucun travail d'ajustage pour assurer son montage et son bon fonctionnement dans un assemblage mécanique.

L'exemple classique d'un assemblage est celui d'un arbre avec un alésage. Si l'on exige par exemple un jeu donné, l'ouvrier doit, à chaque fois, contrôler l'arbre avec l'alésage. Ceci est valable dans une production unitaire.

Par contre dans une production en série ou en masse, les assemblages doivent être exécutés en grande quantité, par différents ouvriers, donc il est impossible de contrôler chaque arbre avec chaque alésage. C'est pourquoi l'industrie exige la fabrication de pièces dites interchangeables telles que les boulons, écrous, rondelles, roulements... Il existe aussi des mécanismes interchangeables comme les boîtes à vitesses, réducteurs, embrayage, paliers...

Par suite des imperfections des machines outils, procédés de fabrication et instruments de mesure, il est impossible de réaliser les pièces à une cote rigoureusement précise. Pour aboutir à des pièces interchangeables, on est obligé de laisser à l'ouvrier une certaine marge d'usinage appelée tolérance de fabrication.

L'interchangeabilité est assurée lorsque tous les éléments ont les cotes comprises entre les limites de leurs tolérances. Dans l'industrie, on distingue deux types d'interchangeabilités:

a) - l'interchangeabilité complète qui assure le montage d'une machine sans choisir ou sélectionner les pièces à assembler et sans leur retouche (réusinage). Elle est préférée mais les pièces dans ce cas coûtent plus chères que dans une interchangeabilité limitée.

b) - l'interchangeabilité limitée consiste à choisir parmi le lot des pièces usinées celles qui conviennent au montage de l'assemblage. Autrement les pièces qui ne répondent pas aux exigences sont réusinées de nouveau. Parfois on utilise les pièces réglables.

L'interchangeabilité est assez largement employée car elle permet:

- d'obtenir des pièces comparables et admissibles avec de larges tolérances qui ne nécessitent pas de l'outillage spécial.

- de donner un grand avantage pendant l'exploitation des machines en utilisant des pièces de rechange presque standardisées. Ce qui diminue considérablement les coûts des services et prestations techniques.

- de diviser le travail entre les différents ateliers et même entre les différentes usines. Ce qui provoque à la fabrication en série des pièces d'où l'extension de l'automatisation et la mécanisation de la fabrication. Ce qui augmente les taux de productivité en améliorant la qualité et diminue les coûts de revient.

- de favoriser la standardisation et l'unification des pièces et mécanismes. Le niveau d'exigences en qualité et état de surface sera meilleur.

16.8. Ajustement

Un ajustement est l'assemblage de deux pièces de même cote nominale au moyen d'une liaison qui permet ou non le mouvement relatif de l'une par rapport à l'autre.

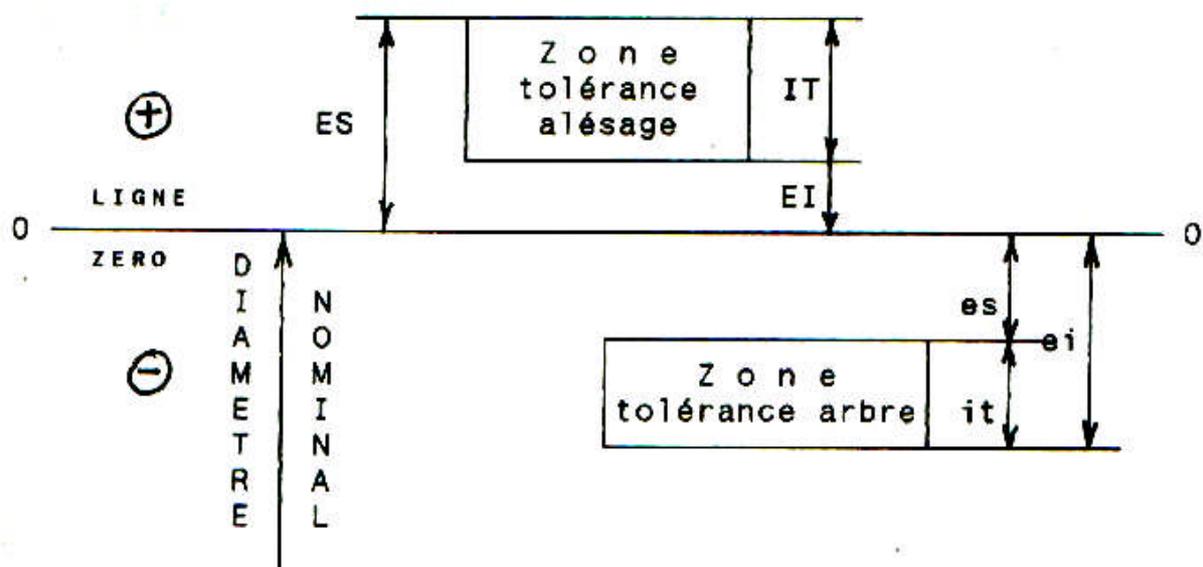
On entend par liaison (voir chapitre 19) la combinaison des six degrés de liberté d'une pièce dans l'espace (3 rotations et 3 translations).

L'exemple le plus courant est celui de l'ajustement d'un arbre avec un alésage qui est l'exemple type d'un ajustement cylindrique .

ARBRE + ALESAGE = AJUSTEMENT CYLINDRIQUE

16.9. Zones de tolérances

Les tolérances de fabrication d'un arbre et d'un alésage peuvent être présentées schématiquement au moyen de petits rectangles appelés zones de tolérance sans représentation des pièces. La zone de tolérance est celle comprise entre deux lignes représentant l'écart supérieur et l'écart inférieur. Elle est définie par sa position par rapport à la ligne 0 qui est la référence de la cote nominale (Fig.121).



(Fig.121)

La ligne zéro est la ligne à partir de laquelle sont représentés les écarts. Les écarts positifs sont au dessus et les écarts négatifs sont au dessous de cette ligne.

La ligne zéro est la ligne d'écart nul et correspond à la cote nominale.

IT et it peuvent se situer soit dans la partie positive, soit dans la partie négative, soit à cheval par rapport à la ligne zéro.

16.10. Types d'ajustements

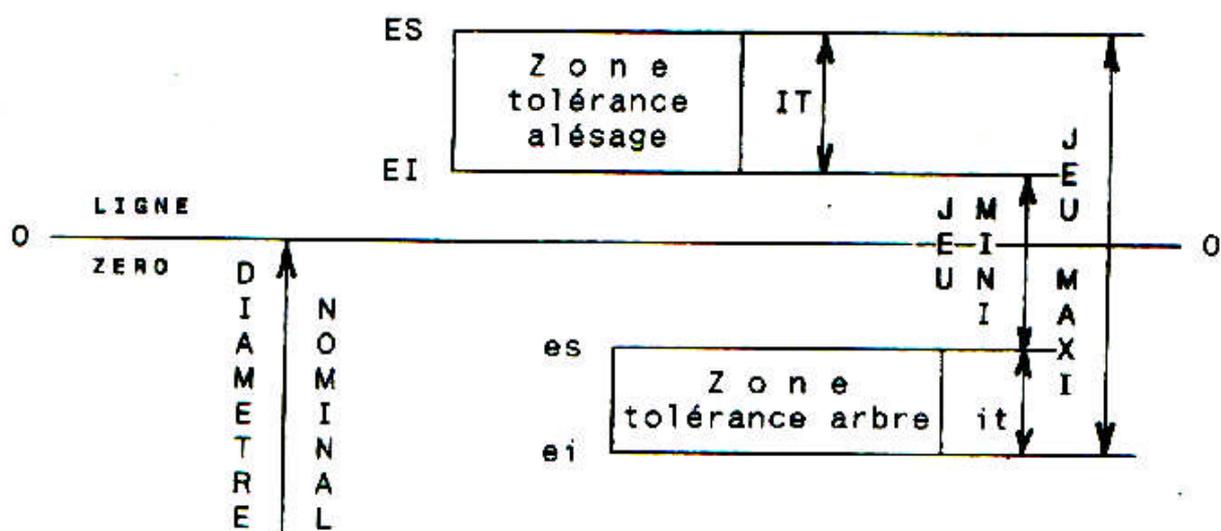
Le type d'ajustement est déterminé par les positions relatives des zones de tolérances des pièces à assembler.

Si la différence entre la cote affective de l'alésage et celle de l'arbre est positive cet ajustement est dit avec jeu. Au contraire si la différence est négative nous avons le serrage.

Il existe trois types d'ajustement dont le choix est déterminé par des impératifs de construction.

- Ajustement avec jeu garanti
- Ajustement avec serrage garanti
- Ajustement incertain

16.10.1. Ajustement avec jeu garanti



(Fig.122)

Pour cet ajustement (Fig.122), toute la zone de tolérance de l'alésage se trouve au dessus de celle de l'arbre et la cote effective de l'alésage est toujours supérieure à celle de l'arbre, c'est pourquoi l'arbre pénètre librement et sans résistance dans l'alésage.

$$\begin{aligned} \text{Jeu maxi} &= C_{\text{max}} (\text{alésage}) - C_{\text{mini}} (\text{arbre}) \\ &= (C_n + ES) - (C_n + e_i) = ES - e_i \end{aligned}$$

$$\text{Jeu maxi} = ES - e_i$$

$$\begin{aligned} \text{Jeu mini} &= C_{\text{min}} (\text{alésage}) - C_{\text{max}} (\text{arbre}) \\ &= (C_n + EI) - (C_n + e_s) = EI - e_s \end{aligned}$$

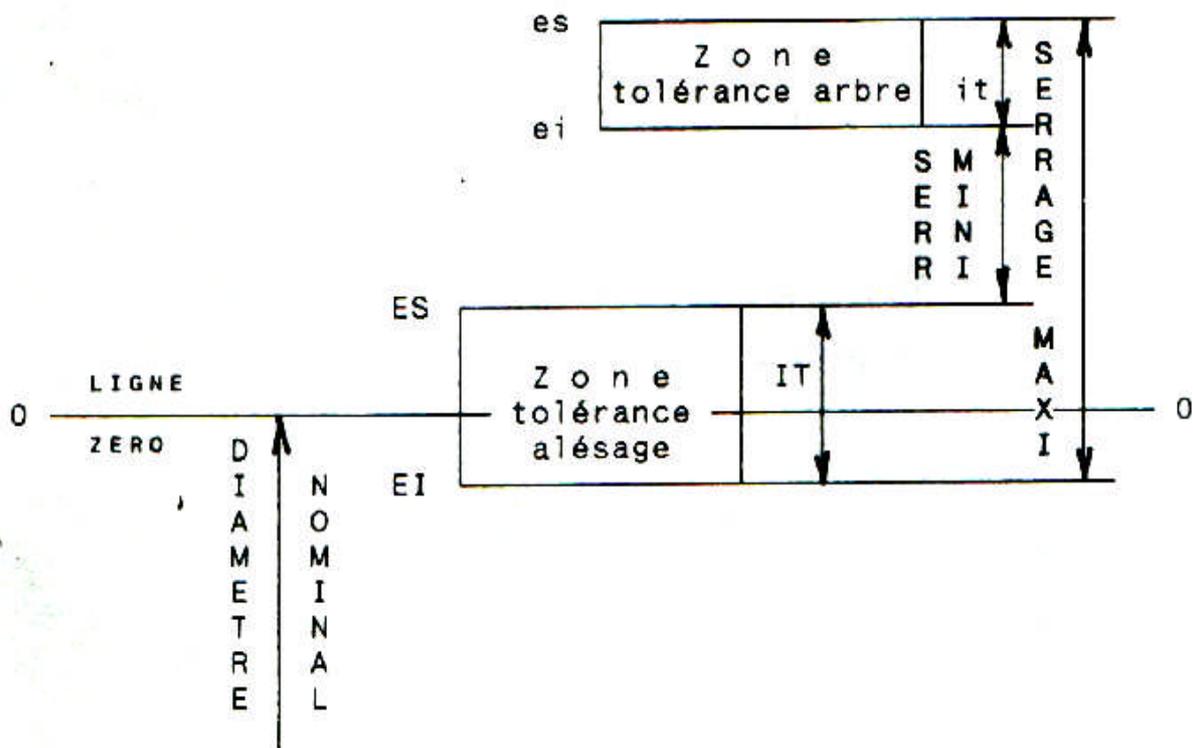
$$\text{Jeu mini} = EI - e_s$$

$$\text{Jeu mini} \leq \text{Jeu réel} \leq \text{Jeu maxi}$$

Le jeu désiré ne peut pas être assuré parfaitement exact par suite de l'imprécision de l'exécution des pièces à assembler c'est pourquoi il existe la notion de tolérance d'ajustement (TA) pour n'importe quel type d'ajustement .

$$TA = IT + it \quad \text{dans ce cas : } TA = \text{Jeu maxi} - \text{Jeu mini}$$

16.10.2. Ajustement avec serrage garanti



(Fig.123)

Dans ce cas toute la zone de tolérance de l'alésage se trouve au dessous de celle de l'arbre, (Fig.123). La cote réelle de l'alésage est inférieure à celle de l'arbre, c'est pourquoi pour effectuer un assemblage de ce type, il faut employer un procédé mécanique ou thermique ou une combinaison des deux.

Par exemple il faut presser l'arbre dans l'alésage à l'aide d'efforts mécaniques ou hydrauliques. On peut aussi chauffer la pièce femelle alors son diamètre grandit et l'arbre pénètre librement dans l'alésage. Après le refroidissement on obtient l'ajustement désiré.

$$\begin{aligned} \text{Serrage maxi} &= C_{\text{max}} (\text{arbre}) - C_{\text{min}} (\text{alésage}) \\ &= (C_n + e_s) - (C_n + EI) \end{aligned}$$

$$\text{Serrage maxi} = e_s - EI$$

$$\begin{aligned} \text{Serrage mini} &= C_{\text{mini}} (\text{arbre}) - C_{\text{maxi}} (\text{alésage}) \\ &= (C_n + e_i) - (C_n + ES) \end{aligned}$$

$$\text{Serrage mini} = e_i - ES$$

$$\text{Serrage mini} \leq \text{Serrage réel} \leq \text{Serrage maxi}$$

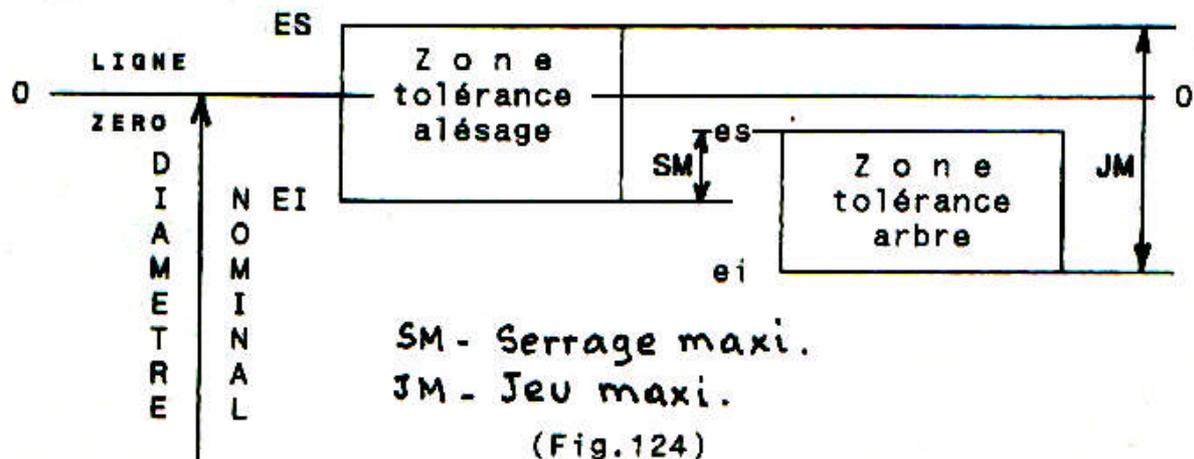
$$TA = IT + it = (ES - EI) + (es - ei)$$

$$TA = \text{Serrage maxi} - \text{Serrage mini}$$

Exemple :

$$\begin{aligned} \text{Alésage } \phi 30 & \begin{matrix} +0,02 \\ +0,01 \end{matrix} \\ \text{Arbre } \phi 30 & \begin{matrix} +0,04 \\ +0,03 \end{matrix} \end{aligned}$$

16.10.3. Ajustement incertain



Pour l'ajustement incertain, (Fig.124), la zone de tolérance de l'arbre couvre partiellement celle de l'alésage ou se trouve à l'intérieur de la zone de tolérance de l'alésage.

La cote réelle de l'arbre peut être supérieure ou inférieure à celle de l'alésage.

Il y a dans ce cas tantôt un jeu, tantôt un serrage c'est pourquoi cet ajustement porte le nom d'ajustement incertain.

$$\begin{aligned} \text{Serrage maxi} &= es - EI \\ \text{Jeu maxi} &= ES - ei \\ \text{TA} = IT + it &= (ES - EI) + (es - ei) \\ &= (es - EI) + (ES - ei) \end{aligned}$$

$$\text{TA} = \text{Serrage maxi} + \text{Jeu maxi}$$

Exemple:

$$\begin{array}{l} \text{Alésage } \phi 60 \quad +0,05 \\ \text{Arbre } \phi 60 \quad +0,03 \\ \quad \quad \quad \quad -0,01 \end{array}$$

$$\begin{aligned} \text{Serrage maxi} &= es - EI = 0,03 - 0 = 0,03 \text{ mm} \\ \text{Jeu maxi} &= ES - ei = 0,05 - (-0,01) = 0,06 \text{ mm} \\ \text{TA} &= \text{Serrage maxi} + \text{Jeu maxi} = 0,03 + 0,06 = 0,09 \text{ mm} \end{aligned}$$

16.11. Système de tolérance et ajustement pour les assemblages cylindriques

16.11.1. Principes du système ISO

Les buts du système ISO visent à :

- limiter le nombre d'ajustements caractéristiques et courants.
- assurer la fabrication de pièces interchangeables.
- assurer l'échange technique et la standardisation.

Les principes du système ISO sont énumérés ci-dessous:

- a) - Pour réduire au maximum le nombre de cotes nominales utilisées, on a normalisé une série de dimensions nominales parmi lesquelles il faudrait choisir de préférence les dimensions susceptibles de donner l'ajustement désiré.

Il existe trois rangs ou **series** : R10, R20 et R40.

- R10 : les dimensions changent avec la progression géométrique de raison $\sqrt[10]{10} = 1,25$:

1 - 1,25 - 1,5 - 2,0 - ... - 315 - 400 - 500

- R20 : les dimensions changent avec la progression géométrique de raison $\sqrt[20]{10} = 1,12$:

1 - 1,12 - 1,25 - 1,4 - ... - 400 - 450 - 500

- R40 : les dimensions changent avec la progression géométrique de raison $\sqrt[40]{10} = 1,06$:

10 - 11,5 - 12,5 - ... - 400 - 420 - 450 - 480 - 500

b) - Pour chaque dimension nominale, on a prévue toute une gamme de tolérances parmi lesquelles on choisit celles qui conviennent à la construction envisagée. Ces tolérances sont exprimées en micron.

c) -, Pour chaque dimension tolérancée, dans les tableaux, on peut choisir d'abord la valeur de la tolérance et puis la position de celle-ci par rapport à la ligne zéro (cote nominale d'écart nul).

Les caractéristiques dimensionnelles des ajustements sont fixées dans les tableaux d'écarts. Ces derniers sont déterminés d'après plusieurs expériences et calculs théoriques.

Parmi les 75 comités techniques du système ISO, il existe un spécialement chargé des ajustements cylindriques. Le système ISO s'intéresse uniquement aux dimensions nominales comprises entre 1 et 500 mm. Toutes les dimensions dans le système ISO sont mesurées à la température de 20°C avec des instruments de mesure étalonnés à la même température.

Pour les autres dimensions inférieures à 1 et supérieures à 500 mm, chaque pays établit ses propres normes en fonction de ses conditions technologiques et de son expérience.

16.11.2. Qualité d'ajustement

Dans chaque machine, il existe des pièces de précision qui nécessitent des exigences techniques d'où un soin particulier dans la fabrication.

DIMENSIONS NOMINALES NORMALISEES (en mm)

de 1 à 10 mm				de 10 à 100 mm						de 100 à 500 mm					
R		Ra		R			Ra			R			Ra		
R10	R20	Ra10	Ra20	R10	R20	R40	Ra10	Ra20	Ra40	R10	R20	R40	Ra10	Ra20	Ra40
1,00	1,00	1	1	10,0	10	10	10	10		100	100	100	100	100	100
	1,12		1,1		11,2	11,2		11			112	112		110	110
												118			120
1,25	1,25	1,2	1,2	12,5	12,5	12,5	12	12	12	125	125	125	125	125	125
						13,2			13			132			130
	1,40		1,4		14,0	14,0		14	14		140	140		140	140
						15,0			15			150			150
1,60	1,60	1,6	1,6	16,0	16,0	16,0	16	16	16	160	160	160	160	160	160
						17,0			17			170			170
	1,80		1,8		18,0	18,0		18	18		180	180		180	180
						19,0			19			190			190
2,00	2,00	2	2	20,0	20,0	20,0	20	20	20	200	200	200	200	200	200
						21,2			21			212			210
	2,24		2,2		22,4	22,4		22	22		224	224		220	220
						23,6			24			236			240
2,50	2,50	2,5	2,5	25,0	25,0	25,0	25	25	25	250	250	250	250	250	250
						26,5			26			265			260
	2,80		2,8		28,0	28,0		28	28		280	280		280	280
						30,0			30			300			300
3,15	3,15	3	3	31,5	31,5	31,5	32	32	32	315	315	315	320	320	320
						33,5			34			335			340
	3,55		3,5		35,5	35,5		36	36		355	355		360	360
						37,5			38			375			380
4,00	4,00	4	4	40,0	40,0	40,0	40	40	40	400	400	400	400	400	400
						42,5			42			425			420
	4,50		4,5		45,0	45,0		45	45		450	450		450	450
						47,5			48			475			480
5,00	5,00	5	5	50,0	50,0	50,0	50	50	50	500	500	500	500	500	500
						53,0			53						
	5,60		5,5		56,0	56,0		56	56						
						60,0			60						
6,30	6,30	6	6	63,0	63,0	63,0	63	63	63						
						67,0			67						
	7,10		7		71,0	71,0		71	71						
						75,0			75						
8,00	8,00	8	8	80,0	80,0	80,0	80	80	80						
						85,0			85						
	9,00		9		90,0	90,0		90	90						
						95,0			95						
10,00	10,00	10	10	100,0	100,0	100,0	100	100	100						

R : dimensions nominales principales
 Ra : dimensions nominales auxiliaires

Pour définir ou connaître la précision d'une pièce, le système ISO a établi 18 qualités:

0,1 - 0 - 1 - 2 - 3 - 4 - ... - 16

Chaque qualité est désignée par un nombre dont le numéro de qualité le plus élevé correspond à la tolérance la plus grande donc à la précision la plus faible.

Exemple:

Soit un arbre de diamètre 40 mm dont:

- la qualité 5 donne IT = 0,011 mm
- la qualité 8 donne IT = 0,025 mm
- la qualité 11 donne IT = 0,160 mm

La qualité 5 requiert la tolérance de fabrication la plus faible donc c'est elle qui donne le plus de précision des cotes.

La qualité définit la valeur de la tolérance donc la méthode de fabrication appropriée (usinage, régime de coupe, outils de coupe et instruments de mesures adaptés). En effet tout ceci influe sur le prix de revient qui augmente lorsqu'on réduit la tolérance.

Si l'intervalle de tolérance diminue la précision augmente. A titre d'exemple si la tolérance d'un arbre de diamètre 40 mm diminue de 2 fois, le prix de revient augmente de 2,8 fois. C'est pourquoi les exigences à la précision doivent être toujours bien fondées et justifiées par les calculs ou par l'expérience.

Les qualités les plus courantes vont :

- de 4 à 11 pour les arbres
- de 5 à 12 pour les alésages
- de 12 à 16 pour les cotes isolées et non ajustées

En général les qualités de tolérance sont adoptées comme suit:

- 01, 0, 1: pour les calles étalons de grande précision
- 2, 3, 4: pour les calibres et instruments de mesure
- 5, 6, 7: pour la mécanique précise (aviation)
- 8, 9, 10, 11: pour la mécanique courante

16.11.3. Indices de qualité

Il est à noter que dans chaque qualité les dimensions différentes possèdent la même précision relative qui est définie un coefficient appelé indice de qualité.

On sait que les erreurs ou imprécisions de fabrication croissent avec l'augmentation de la dimension à usiner. C'est pourquoi la tolérance de fabrication augmente aussi avec la cote nominale. Donc la tolérance de fabrication dépend de la qualité et du diamètre à usiner.

La tolérance est égale au produit de la valeur de l'unité de tolérance pour la dimension nominale par un coefficient propre à chaque qualité appelé indice de qualité.

$$IT(it) = (0,45 \times D^{1/3} + 0,001 \times D) \times K \quad [\text{en microns}]$$

où:

- D : diamètre nominal de la pièce à usiner en mm compris entre 1 et 500 mm
- $(0,45 \times D^{1/3} + 0,001 \times D)$: unité de tolérance qui exprime seulement la fonction de la tolérance de la dimension à usiner.
- K : indice de qualité

L'indice de qualité est lié directement à la qualité qui se caractérise par cet indice qui change d'après la progression géométrique de raison : $10^{1/5} = 1,6$

Les indices de qualité les plus couramment utilisés sont donnés dans ce tableau :

Qualité	5	6	7	8	9	10	11
Indice de qualité K	7	10	16	25	40	64	100

Exemples:

1) - Pour un alésage de diamètre 40 mm et de qualité 7 (K = 16):

$$it = (0,45 \times 40^{1/3} + 0,001 \times 40) \times 16$$

$$it = 1,58 \times 16 = 25,28 \text{ microns}$$

Les tableaux donnent $it = 25 \text{ microns}$

2) - Pour un alésage de diamètre 40 mm et de qualité 1f (K = 100):

$$it = (0,45 \times 40^{1/3} + 0,001 \times 40) \times 100$$

$$it = 1,58 \times 100 = 158 \text{ microns}$$

Les tableaux donnent $it = 160 \text{ microns } (\mu)$

Pour les dimensions nominales au dessus de 500 mm, on préconise une autre formule:

$$IT(it) = (0,004 \times D + 2,1) \times K$$

16.11.4. Paliers de diamètre

Pour les diamètres de 1 à 500 mm, on a normalisé 120 cotes nominales. Afin de simplifier les tableaux des tolérances, le système ISO a établi 13 paliers de diamètres:

1 à 3, 3 à 6, 6 à 10, 10 à 15, ..., 315 à 400, 400 à 500

- la limite supérieure est incluse

- la limite inférieure est exclue

Ce qui veut dire que pour la cote 6 par exemple, il faut chercher la tolérance dans le palier 3 à 6.

La tolérance est déterminée pour chaque palier, et à l'intérieur de tout palier elle demeure constante.

Pour calculer la tolérance de fabrication dans un palier, on considère le diamètre moyen de ce palier:

$$D = (D_1 \times D_2)^{1/2}$$

où:

- D : le diamètre moyen

- D₁ et D₂ : les diamètres extrêmes du palier

Exemple:

Pour un arbre de diamètre 40 mm et de qualité 7 donc (k = 16):

Comme ce diamètre se trouve dans le palier 30 à 40 mm son diamètre moyen est de : $D = (30 \times 40)^{1/2}$

$$it = [0,45 \times (30 \times 40)^{1/6} + 0,001 \times (30 \times 40)^{1/2}] \times 16$$

$$it = 25 \text{ microns}$$

TOLERANCES FONDAMENTALES (en microns).

QUALITES	PALIERS DE DIAMETRES (en mm)												
	≤ 3	> 3 < 6	> 6 < 10	> 10 < 18	> 18 < 30	> 30 < 50	> 50 < 80	> 80 < 120	> 120 < 180	> 180 < 250	> 250 < 315	> 315 < 400	> 400 < 500
01	0,3	0,4	0,4	0,5	0,6	0,6	0,8	1	1,2	2	2,5	3	4
0	0,5	0,6	0,6	0,8	1	1	1,2	1,5	2	3	4	5	6
1	0,8	1	1	1,2	1,5	1,5	2	2,5	3,5	4,5	6	7	8
2	1,2	1,5	1,5	2	2,5	2,5	3	4	5	7	8	9	10
3	2	2,5	2,5	3	4	4	5	6	8	10	12	13	15
4	3	4	4	5	6	7	8	10	12	14	16	18	20
5	4	5	6	8	9	11	13	15	18	20	23	25	27
6	6	8	9	11	13	16	19	22	25	29	32	36	40
7	10	12	15	18	21	25	30	35	40	46	52	57	63
8	14	18	22	27	33	39	46	54	63	72	81	89	97
9	25	30	36	43	54	62	74	87	100	115	130	140	155
10	40	48	58	70	84	100	120	140	160	185	210	230	250
11	60	75	90	110	130	160	190	220	250	270	320	360	400
12	100	120	150	180	210	250	300	350	400	460	520	570	630
13	140	180	220	270	330	390	460	540	630	720	810	890	970
14	250	300	360	430	520	620	740	870	1000	1150	1300	1400	1550
15	400	480	580	700	840	1000	1200	1400	1600	1850	2100	2300	2500
16	600	750	900	1100	1300	1600	1900	2200	2500	2900	3200	3600	4000

16.11.5. Position des tolérances

La tolérance des dimensions est caractérisée d'abord par sa grandeur absolue puis par sa position relative par rapport à la ligne zéro ou la cote nominale.

Dans le système ISO, la position des tolérances est représentée par une lettre majuscule (parfois deux) pour les alésages et une ou deux lettres minuscules pour les arbres.

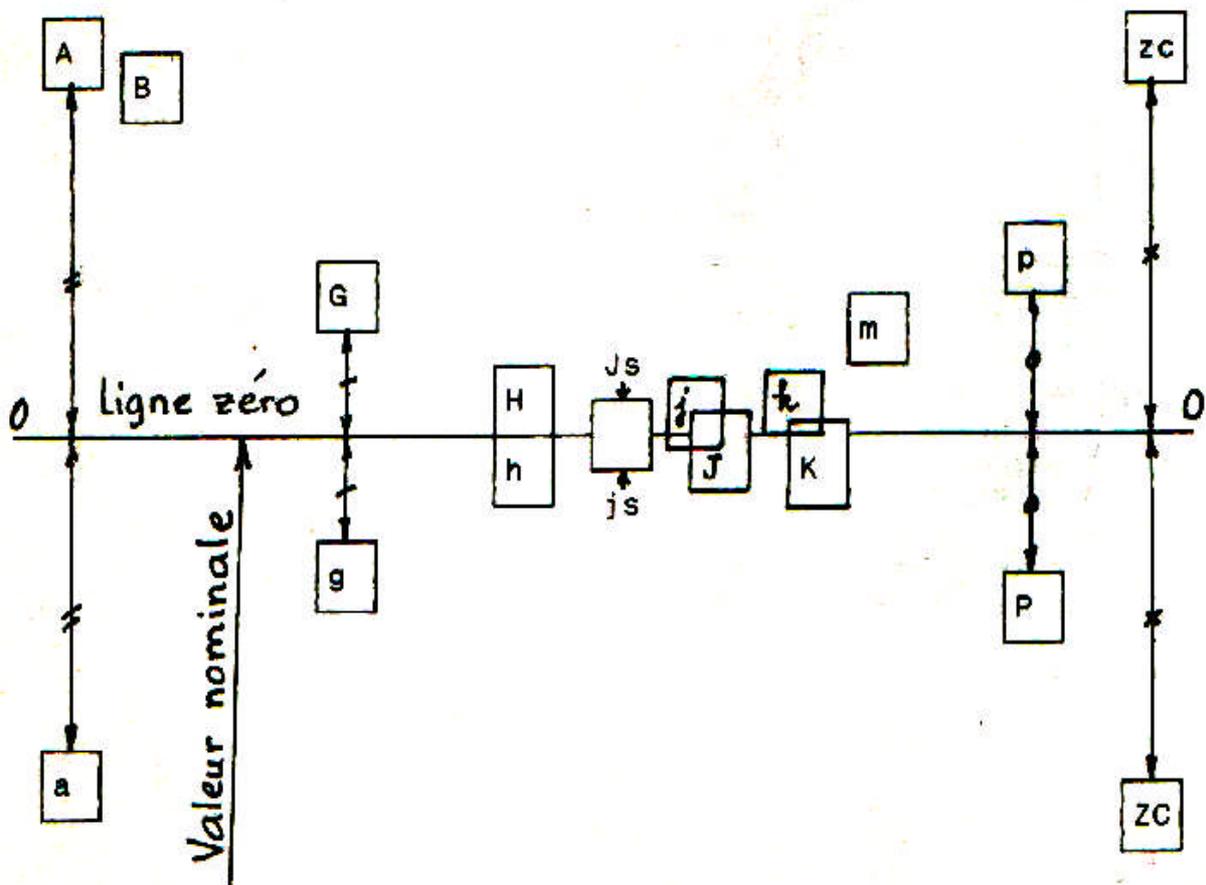
Les différentes positions des tolérances de l'alésage en nombre de 28 donnent des écarts positifs puis négatifs au fur et à mesure que l'on avance dans l'alphabet; tandis que pour les arbres c'est le contraire.

Alésages:

A, B, C, CD, D, E, EF, F, FG, G, H, Js, J, K, M, N, P, R, S, T, U, V, X, Y, Z, ZA, ZB, ZC

Arbres:

a, b, c, cd, d, e, ef, f, fg, g, h, js, j, k, m, n, p, r, s, t, u, v, x, y, z, za, zb, zc



16.11.6. Position des alésages

- A à G : les zones de tolérance se trouvent au dessus de la ligne zéro. Tous les écarts sont positifs et les cotes réelles sont supérieures à la cote nominale.
- H : alésage normal dont la cote mini est égale à la cote nominale tel que $ES > 0$ et $EI = 0$.
- J_s : à cheval sur la ligne zéro tel que $IESI = IEII$.
- J : à cheval sur la ligne zéro tel que $IESI < IEII$.
- K à M : à cheval sur la ligne zéro au dessous tel que l'écart ES peut être positif, nul ou négatif selon la qualité.
- N : au dessous de la ligne zéro tel que l'écart ES peut être négatif ou nul suivant la qualité.
- P à ZC : entièrement au dessous de la ligne zéro et tous les écarts sont négatifs. Ici la cote réelle est toujours inférieure à la cote nominale.

16.11.7. Position des arbres

- a à g : les zones de tolérance se trouvent au dessous de la ligne zéro. Tous les écarts sont positifs et les cotes effectives sont supérieures aux cotes nominales.
- h : arbre normal dont la cote mini est égale à la cote nominale tel que $es > 0$ et $ei = 0$.
- j_s : à cheval sur la ligne zéro tel que $Iesi = Ieii$.
- j : à cheval sur la ligne zéro tel que $Iesi < Ieii$.
- k : à cheval sur la ligne zéro au dessus tel que l'écart es peut être positif et l'écart ei nul ou positif selon la qualité.
- m à zc : entièrement au dessus de la ligne zéro et tous les écarts sont négatifs. Ici la cote réelle est toujours supérieure à la cote nominale.

ECARTS DES ALESAGES (en microns)

ALESAGE	PALIERS DE DIAMETRES (en mm)												
	> 0 ≤ 3	> 3 < 6	> 6 < 10	> 10 < 18	> 18 < 30	> 30 < 50	> 50 < 80	> 80 < 120	> 120 < 180	> 180 < 250	> 250 < 315	> 315 < 400	> 400 < 500
D10	+60 +20	+78 +30	+98 +40	+120 +50	+149 +65	+180 +80	+220 +100	+260 +120	+305 +145	+355 +170	+400 +190	+440 +210	+480 +230
F7	+16 +6	+22 +10	+28 +13	+34 +16	+41 +20	+50 +25	+60 +30	+71 +36	+83 +43	+96 +50	+108 +56	+119 +62	+131 +68
G6	+8 +2	+12 +4	+14 +5	+17 +6	+20 +7	+25 +9	+29 +10	+34 +12	+39 +14	+44 +15	+49 +17	+54 +18	+60 +20
H6	+8 0	+8 0	+9 0	+11 0	+13 0	+16 0	+19 0	+22 0	+25 0	+29 0	+32 0	+36 0	+40 0
H7	+10 0	+12 0	+15 0	+18 0	+21 0	+25 0	+30 0	+35 0	+40 0	+46 0	+52 0	+57 0	+63 0
H8	+14 0	+18 0	+22 0	+27 0	+33 0	+39 0	+46 0	+54 0	+63 0	+72 0	+81 0	+89 0	+97 0
H9	+25 0	+30 0	+36 0	+43 0	+52 0	+62 0	+74 0	+87 0	+100 0	+115 0	+130 0	+140 0	+155 0
H10	+40 0	+48 0	+58 0	+70 0	+84 0	+100 0	+120 0	+140 0	+160 0	+185 0	+210 0	+230 0	+250 0
H12	+100 0	+120 0	+150 0	+180 0	+210 0	+250 0	+300 0	+350 0	+400 0	+480 0	+520 0	+570 0	+630 0
J7	+4 -6	+6 -6	+8 -7	+10 -8	+12 -9	+14 -11	+18 -12	+22 -13	+26 -14	+30 -16	+36 -16	+39 -18	+43 -20
K6	0 -6	+2 -6	+2 -7	+2 -9	+2 -11	+3 -13	+4 -15	+4 -18	+4 -21	+5 -24	+5 -27	+7 -29	+8 -32
M7	-2 -12	0 -12	0 -15	0 -18	0 -21	0 -25	0 -30	0 -35	0 -40	0 -46	0 -52	0 -57	0 -63
N9	-4 -29	0 -30	0 -36	0 -43	0 -52	0 -62	0 -74	0 -87	0 -100	0 -115	0 -130	0 -140	0 -155
P6	-6 -12	-9 -17	-12 -21	-15 -26	-18 -31	-21 -37	-26 -45	-30 -52	-36 -61	-41 -70	-47 -79	-51 -87	-55 -95
P9	-9 -31	-12 -42	-15 -51	-18 -61	-22 -74	-26 -88	-32 -106	-37 -124	-43 -143	-50 -165	-56 -186	-62 -202	-68 -223

ECARTS DES ARBRES (en microns)

arbre	PALIERS DE DIAMETRES (en mm)												
	< 0 ≤ 3	> 3 < 6	> 6 < 10	> 10 < 18	> 18 < 30	> 30 < 50	> 50 < 80	> 80 < 120	> 120 < 180	> 180 < 250	> 250 < 315	> 315 < 400	> 400 < 500
d9	-20 -45	-30 -60	-40 -75	-50 -93	-65 -117	-80 -142	-100 -174	-120 -207	-145 -245	-170 -285	-190 -320	-210 -350	-230 -385
d11	-20 -80	-30 -105	-40 -130	-50 -160	-65 -195	-80 -240	-100 -290	-120 -340	-145 -395	-170 -460	-190 -510	-210 -570	-230 -630
e7	-14 -24	-20 -32	-25 -40	-32 -50	-40 -61	-50 -75	-60 -90	-72 -107	-85 -125	-100 -146	-110 -162	-125 -182	-135 -198
e9	-14 -39	-20 -50	-25 -61	-32 -75	-40 -92	-50 -112	-60 -134	-72 -159	-85 -185	-100 -215	-110 -240	-125 -265	-135 -290
f6	-6 -12	-10 -18	-13 -22	-16 -27	-20 -33	-25 -41	-30 -49	-36 -58	-43 -68	-50 -79	-56 -88	-62 -98	-68 -108
f7	-6 -16	-10 -22	-13 -28	-16 -34	-20 -41	-25 -50	-30 -60	-36 -71	-43 -83	-50 -96	-56 -106	-62 -119	-68 -131
g5	-2 -6	-4 -9	-5 -11	-6 -14	-7 -16	-9 -20	-10 -23	-12 -27	-14 -32	-15 -35	-17 -40	-18 -43	-20 -47
g6	-2 -8	-4 -12	-5 -14	-6 -17	-7 -20	-9 -25	-10 -29	-12 -34	-14 -39	-15 -44	-17 -49	-18 -54	-20 -60
h5	0 -4	0 -5	0 -6	0 -8	0 -9	0 -11	0 -13	0 -15	0 -18	0 -20	0 -23	0 -25	0 -27
h6	0 -6	0 -8	0 -9	0 -11	0 -13	0 -16	0 -19	0 -22	0 -25	0 -29	0 -32	0 -36	0 -40
h7	0 -10	0 -12	0 -15	0 -18	0 -21	0 -25	0 -30	0 -35	0 -40	0 -46	0 -52	0 -57	0 -63
j6	+4 -2	+6 -2	+7 -2	+8 -3	+9 -4	+11 -5	+12 -7	+13 -9	+14 -11	+16 -13	+16 -16	+18 -18	+20 -20
k6	+6 0	+9 +1	+10 +1	+12 +1	+15 +2	+18 +2	+21 +2	+25 +3	+28 +3	+33 +4	+36 +4	+40 +4	+45 +5
n6	+8 +12	+12 +4	+15 +6	+18 +7	+21 +8	+25 +9	+30 +11	+35 +13	+40 +15	+46 +17	+52 +20	+57 +21	+63 +23
p6	+12 +6	+20 +12	+24 +15	+29 +18	+35 +22	+42 +26	+51 +32	+59 +37	+68 +43	+79 +50	+88 +56	+98 +62	+108 +68

16.11.8. Particularités

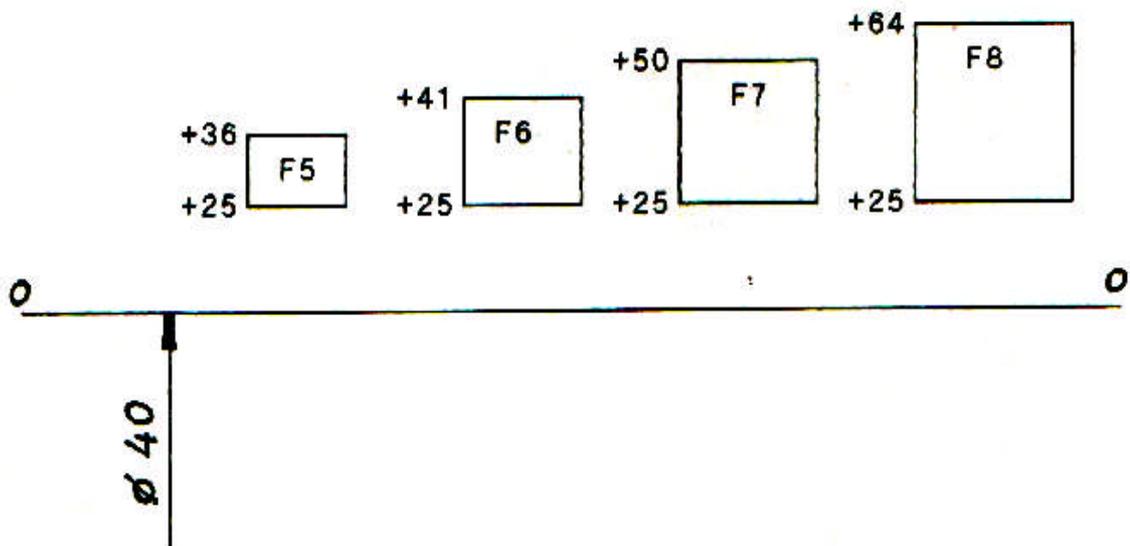
Les positions de tolérance pour les alésages sont symétriques à celles de l'arbre dans les limites suivantes:

- A à G tel que $IEII = Iesi$
- P à ZC tel que $IESI = Ieii$

L'écart le plus proche de la ligne zéro est appelé écart fondamental. La valeur de cet écart ne dépend pas de la qualité, seuls les autres écarts qui en dépendent.

Exemple:

Alésage : $\phi 40$



16.11.9. Inscription des tolérances

Chaque dimension à usiner doit présenter sa valeur nominale (cote nominale) suivie soit du symbole de tolérance, soit de la valeur numérique des deux écarts.

Exemple:

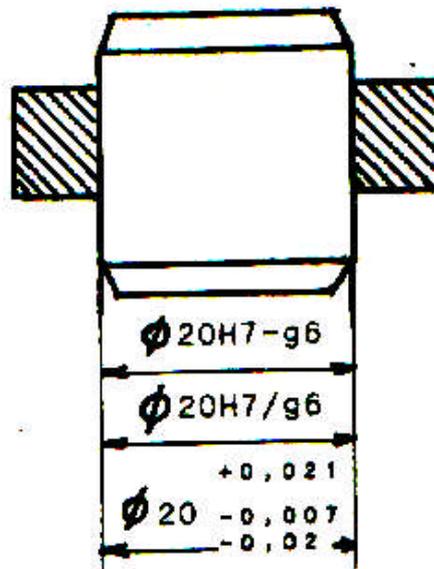
$\phi 45 f7$ ou arbre $\phi 45 \begin{matrix} - 0,025 \\ - 0,060 \end{matrix}$

La première désignation des tolérances est utilisée généralement pour la fabrication en séries où le contrôle des pièces usinées s'effectue par des calibres à limites (calibres tolérancés).

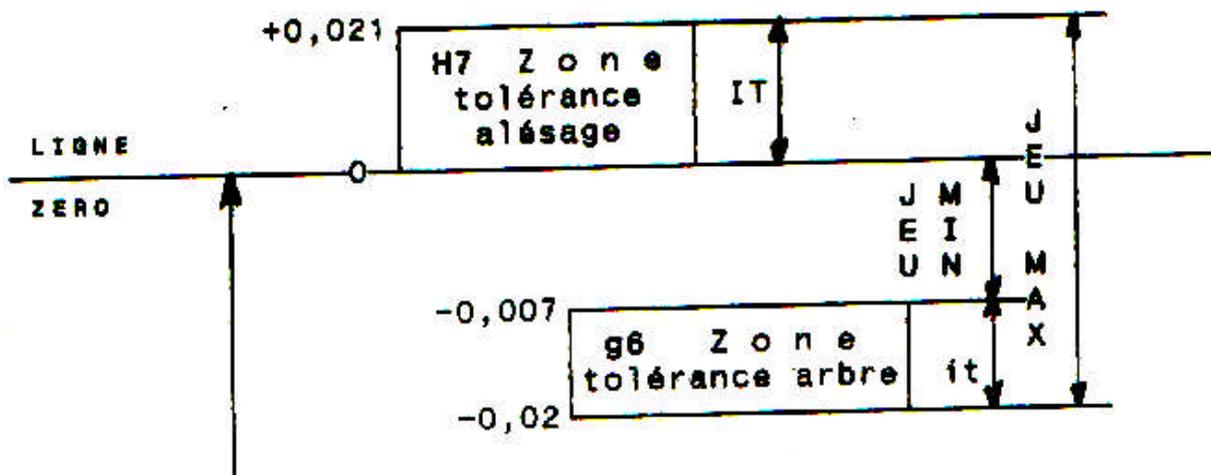
La seconde est mieux utilisée dans la production unitaire où le contrôle s'effectue par les instruments universels de mesures.

Cotation de l'ajustement

- Ajustement dit à alésage (H) avec serrage garanti
- Cote nominale 20 mm
- H : position de tolérance de l'alésage (alésage normal)
- 7 : qualité de l'alésage
- g : position de tolérance de l'arbre
- 6 : qualité de l'arbre



Le sens de cette cotation est donné par le schéma des zones de tolérances dans la figure ci dessous:



16.11.10. Facteurs du choix des tolérances et ajustements

Les dimensions des tolérances des assemblages et pièces ne sont pas choisies au hasard. Elles font l'objet d'une étude approfondie et d'un calcul rigoureux car elles ont une très grande influence sur la fabrication des pièces, le fonctionnement, la durée de vie et le prix de revient.

Outre la précision inscrite parmi les exigences techniques, qui est absolument nécessaire pour le bon fonctionnement d'un assemblage, l'état de surface influe considérablement aussi sur la qualité de l'ajustement. Il y a donc une dépendance étroite entre la précision et la rugosité.

Une tolérance très faible perd de sa valeur si la rugosité dépasse la tolérance voulue. C'est pourquoi les signes de façonnage et les qualités d'ajustement doivent être comparables. Une haute précision exige une faible rugosité et inversement.

16.11.11. Méthode du choix de l'ajustement

Les jeux limites (ou serrages limites) étant connus, il faudrait déterminer les dimensions normalisées de l'arbre et de l'alésage qui doivent former l'ajustement demandé.

Données:

- Cote nominale (C_n)
- s'il s'agit d'un jeu garanti:
 - Jeu maxi (J_{max})
 - Jeu mini (J_{min})
- s'il s'agit d'un serrage garanti:
 - Serrage maxi (S_{max})
 - Serrage mini (S_{min})
- si l'ajustement est incertain:
 - Jeu maxi (J_{max})
 - Serrage maxi (S_{max})

Les phases successives pour permettre la détermination d'un ajustement se résument comme suit:

1) - D'après les tableaux des tolérances, on calcule la tolérance totale de l'ajustement TA en utilisant la formule:

- s'il s'agit d'un jeu: $TA = J_{max} - J_{min}$
- s'il s'agit d'un serrage: $TA = S_{max} - S_{min}$
- si l'ajustement est incertain: $TA = S_{max} - J_{max}$

2) - Partager la valeur de la tolérance TA entre l'alésage et l'arbre de telle façon que la somme des intervalles de tolérance de l'arbre et de l'alésage soit inférieure ou au plus égale à TA tel que: $IT + it \leq TA$.

Généralement on adopte la valeur de tolérance de l'alésage supérieure à celle de l'arbre ($IT > it$). Si l'alésage est d'une certaine qualité X , la qualité correspondante à l'arbre devrait être de $(X - 1)$ ou $(X - 2)$. L'arbre doit être plus précis parce qu'il est relativement plus facile à usiner qu'un alésage.

3) - Choisir la position de tolérance pour l'alésage d'après la valeur reçue de son intervalle de tolérance IT. Pratiquement on adopte généralement l'alésage normal H de telle façon que $ES = IT$ puisque $EI = 0$.

4) - Après avoir choisi l'alésage, on détermine l'arbre correspondant en calculant ses écarts es et ei .

- s'il s'agit d'un jeu:

On sait que $es = -J_{min}$

et puisque $it = es - ei$

on calcule $ei = es - it = -J_{min} - it$

- s'il s'agit d'un serrage:

On sait que $es = S_{max}$

et puisque $it = es - ei$

on calcule $ei = es - it = S_{max} - it$

- s'il s'agit d'un ajustement incertain:

On sait que $es = S_{max}$

et puisque $it = es - ei$

on calcule $ei = es - it = S_{max} - it$

5) - Chercher dans les tableaux l'arbre normalisé qui se rapproche le plus de l'arbre déterminé ci-dessus et vérifier bien s'il satisfait les conditions:

- des jeux:

$$ES - ei \leq J_{max}$$

$$EI - es \geq J_{min}$$

- des serrages:

$$es - EI \leq S_{max}$$

$$ei - ES \geq S_{min}$$

- du jeu et serrage (ajustement incertain):

$$ES - ei \leq J_{max}$$

$$es - EI \leq S_{max}$$

Si au moins l'une des deux conditions pour le type d'ajustement en question n'est pas satisfaite, on recommence la procédure en repartageant la tolérance d'ajustement totale TA entre l'alésage et l'arbre d'une autre façon, dans d'autres proportions et l'on révérifie les conditions jusqu'à ce qu'elles soient satisfaites.

Exemple:

Données:

- Cote nominale: $\phi 70$

- Jeu maxi: $J_{max} = 130$ microns

- Jeu mini: $J_{min} = 50$ microns

- 1) - $TA = J_{max} - J_{min} = 130 - 50 = 80$ microns
- 2) - Il faut que: $IT + it < 80$
D'après les tableaux, on choisit:
 - l'arbre de qualité 7 dont $it = 30 \mu$
 - l'alésage de qualité 8 dont $IT = 46 \mu$
- 3) - Si l'on opte pour un ajustement du type à alésage normal H, on a l'alésage: $70 H7$
 $ES = IT = 46$ et $EI = 0$
- 4) - On détermine l'arbre correspondant:
 - $es = - J_{min} = - 50 \mu$
 - $ei = es - it = - 50 - 30 = - 80 \mu$
 on a donc l'arbre: $\phi 70 \begin{matrix} - 0,05 \\ - 0,08 \end{matrix}$ ou $\phi 70 e7$
- 5) - D'après les tableaux les diamètres normalisés et proches de l'arbre obtenu $\phi 70 \begin{matrix} - 0,05 \\ - 0,08 \end{matrix}$:
 - a) - $\phi 70 \begin{matrix} - 0,06 \\ - 0,09 \end{matrix}$ ou $\phi 70 e7$
 - b) - $\phi 70 \begin{matrix} - 0,03 \\ - 0,06 \end{matrix}$ ou $\phi 70 f7$

Vérifions la première condition de jeu pour les deux dimensions:

$$ES - ei < \text{Jeu maxi}$$

- a) - $46 - (-90) = 136 > 130 \mu$: ne convient pas
- b) - $46 - (-60) = 106 < 130 \mu$: convient

Vérifions la deuxième condition de jeu pour seulement le deuxième arbre:

$$EI - es > \text{Jeu mini}$$

- b) - $0 - (-30) = 30 < 50 \mu$: ne convient pas

En conclusion les deux arbres ne conviennent pas à notre partage de la tolérance d'ajustement.

De ce fait, il y a lieu de refaire un deuxième essai en recommençant le choix de partager la tolérance TA d'une autre façon telle que exposé ci après.

- 1) - $TA = J_{max} - J_{min} = 130 - 50 = 80$ microns
- 2) - Il faut que: $IT + it < 80 \mu$
D'après les tableaux, on choisit:
 - l'arbre de qualité 7 dont $it = 30 \mu$
 - l'alésage de qualité 7 dont $IT = 30 \mu$

3) - Si l'on opte pour un ajustement du type à alésage normal H, on a l'alésage: $70\ H7$
 $ES = IT = 30$ et $EI = 0$

4) - On détermine l'arbre correspondant:

$$es = -J_{\min} = -50\ \mu$$

$$ei = es - it = -50 - 30 = -80\ \mu$$

on a donc l'arbre: $\phi\ 70\ \begin{matrix} -0,05 \\ -0,08 \end{matrix}$ ou $\phi\ 70\ e7$

5) - D'après les tableaux les diamètres normalisés et proches de l'arbre obtenu $\phi\ 70\ \begin{matrix} -0,05 \\ -0,08 \end{matrix}$:

a) - $\phi\ 70\ \begin{matrix} -0,08 \\ -0,09 \end{matrix}$ ou $\phi\ 70\ e7$

b) - $\phi\ 70\ \begin{matrix} -0,03 \\ -0,06 \end{matrix}$ ou $\phi\ 70\ f7$

Vérifions la première condition de jeu pour les deux dimensions:

$$ES - ei \leq \text{Jeu max}$$

a) - $30 - (-90) = 120 < 130\ \mu$: convient

b) - $30 - (-60) = 90 < 130\ \mu$: convient

Vérifions la deuxième condition de jeu pour les deux arbres:

$$EI - es \geq \text{Jeu min}$$

a) - $0 - (-60) = 60 > 50\ \mu$: convient

b) - $0 - (-30) = 30 < 50\ \mu$: ne convient pas

En conclusion parmi les deux arbres seul le premier $70\ e7$ convient à notre ajustement du fait qu'il satisfait les deux conditions de jeu.

Ainsi l'ajustement recherché est: $\phi\ 70\ H7.e7$

16.11.12. Ajustements recommandés

Nous donnons quelques exemples sur l'utilisation des ajustements et le choix des tolérances en fonction de l'ajustement en précisant les qualités les plus couramment utilisées. Nous signalons que tous les ajustements usuels recommandés sont du type : système à alésage normal H.

1)- Ajustements pour pièces mobiles

a) - ajustement libre : $H11.d11$ pour les pièces dont le fonctionnement nécessite un grand jeu.

- b) - ajustement tournant : H8.e8, H9.e9 et H8.f7 pour pièces tournantes ou glissantes en assurant un bon graissage tel que le guidage sur grande longueur avec rotation.
- c) - ajustement glissant : H7.g6 pour pièces avec guidage précis ayant des mouvements de faibles amplitudes tel que le guidage sur de petites longueurs en translation.

Dans ces trois types d'ajustements, le montage des pièces, leurs graissage et le démontage sont faciles.

2)- Ajustements pour pièces fixes

- a) - ajustement juste glissant : H6.h5, H7.h6, H8.h7, H9.h8 et H6.js5 dont le montage est possible à la main.
- b) - ajustement bloqué : H6.k5 et H7.m6 dont le montage s'effectue au maillet.

Ces deux types d'ajustements ne permettent pas la transmission d'efforts tel l'emmanchement des roulements et des roues clavettées. Le graissage étant impossible mais le démontage peut se faire sans détériorer les pièces.

- c) - ajustement pressé : H7.p6, H8.s7 et H8.u7. Cet ajustement transmet des efforts et ne se graisse pas. Il est indémontable parce que son montage se fait à la presse.

16.11.13. Tolérances géométriques de forme et position

Les dimensions d'une pièce sont toujours affectées de tolérances dimensionnelles. On définit ainsi deux limites, respectivement au maximum et au minimum de matière. Toute pièce réalisée entre ces deux limites sera acceptée par les appareils de contrôle.

Cela étant, une réalisation n'est jamais parfaite. A cet effet, la pièce doit satisfaire également d'autres exigences géométriques pour palier aux défauts de forme et de position car ils influent sur le contact entre les pièces.

Selon l'aspect géométrique d'une pièce, les défauts de forme concernent une seule propriété telle que:

- la planéité
- la rectitude d'un axe
- la rectitude d'une génératrice
- la cylindricité
- la circularité

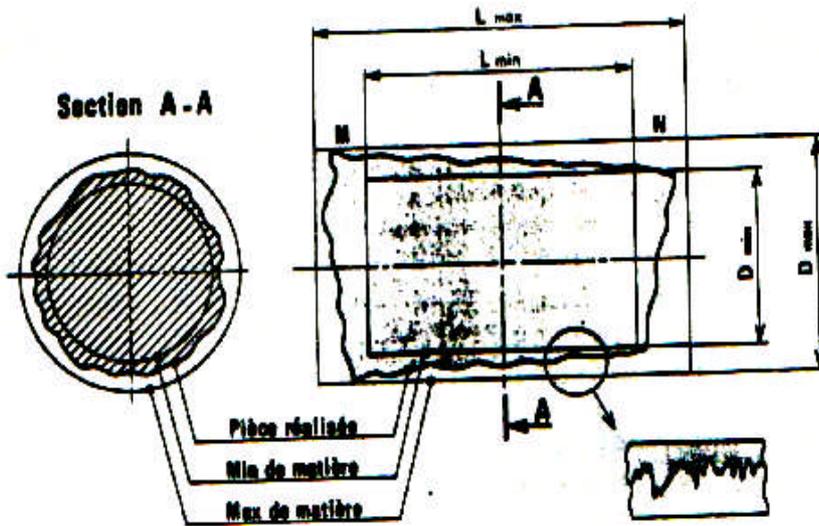
Tandis que les défauts de position concernent une relation entre deux éléments géométriques de la pièce:

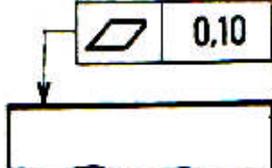
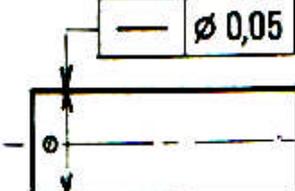
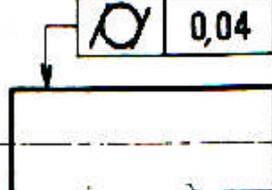
- l'inclinaison entre deux faces planes
- le parallélisme de deux faces
- la perpendicularité d'une face et d'un axe
- la coaxialité de deux cylindres
- la symétrie par rapport à un plan
- la position relative de deux trous

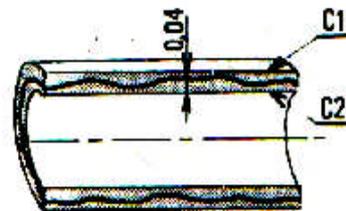
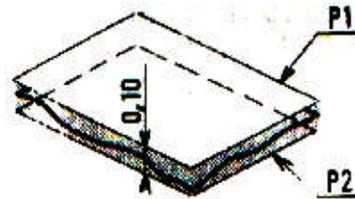
On trouvera ci-après les tolérances de forme et de position que l'on rencontre le plus souvent, présentées à l'aide d'exemples facilement adaptables à d'autres cas de figures. Sur chaque dessin, il est représenté le signe conventionnel traduisant le type de tolérance à respecter.

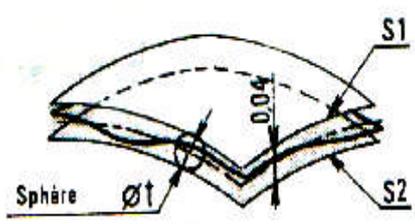
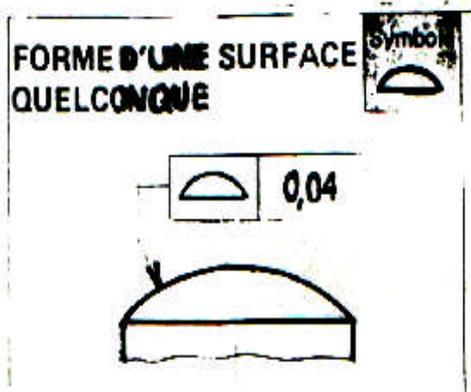
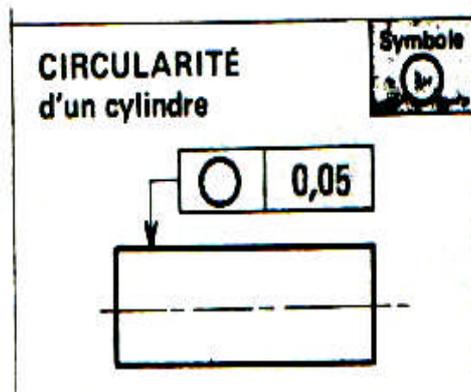
A - Tolérances de forme

		Symboles
Tolérances de FORME	Planéité d'une surface	
	Rectitude d'un axe - d'une ligne	
	Cylindricité d'un cylindre	
	Circularité d'un cylindre - d'un cône	
	Forme d'une surface quelconque	



PLANÉITÉ d'une surface	Symbole 
	
RECTITUDE d'un axe	Symbole 
	
CYLINDRICITÉ d'un cylindre	Symbole 
	





B - TOLÉRANCES DE POSITION

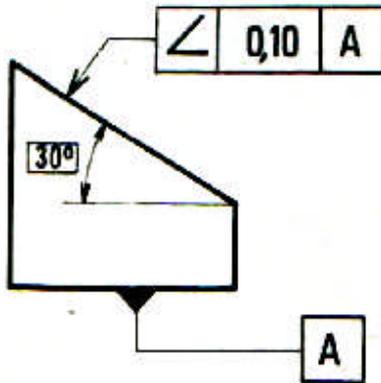
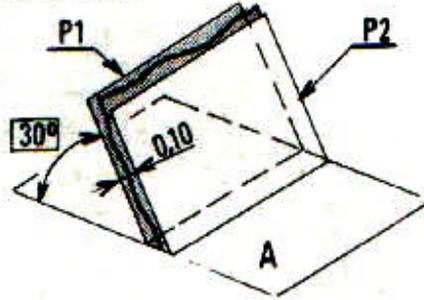
Tolérances d'ORIENTATION	Inclinaison	
	Perpendicularité	
	Parallélisme	
Tolérances de POSITION	Localisation d'un élément	
	Coaxialité ou concentricité	
	Symétrie	
BATTEMENT	Battement simple	
	Battement total	

**INCLINAISON
de 2 surfaces**

Symbole



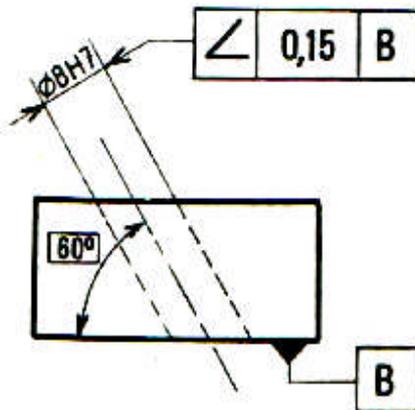
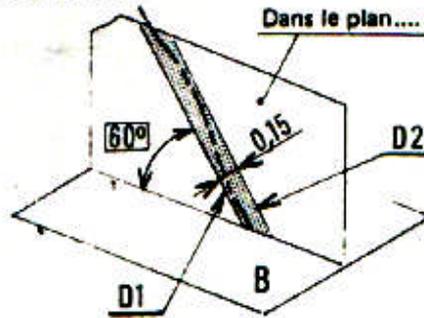
Signification



**INCLINAISON d'un axe
et d'une surface**

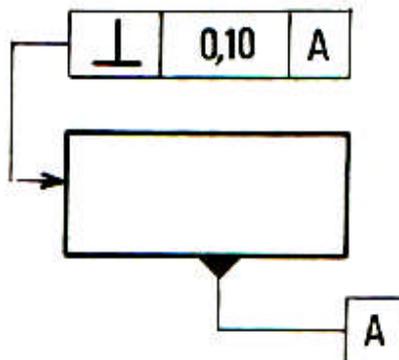
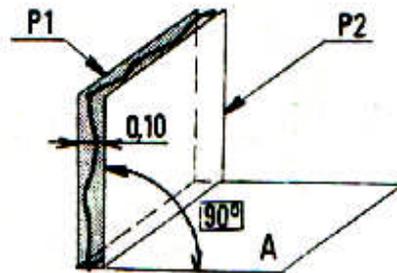


Signification



**PERPENDICULARITÉ
de 2 surfaces planes**

Symbole

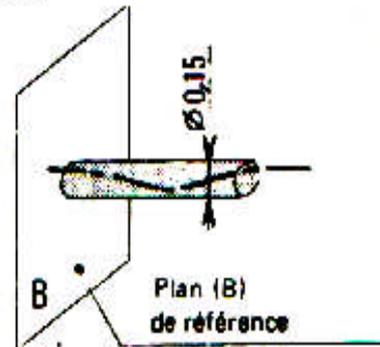
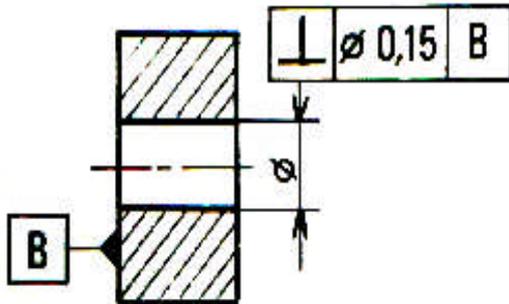


**PERPENDICULARITÉ
d'un axe et d'une surface**



Signification

Cas 1 : la surface plane est usinée avant
la surface cylindrique.

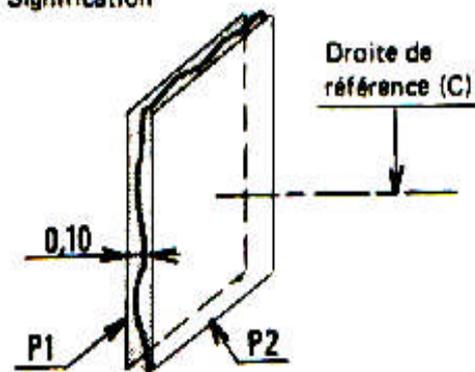
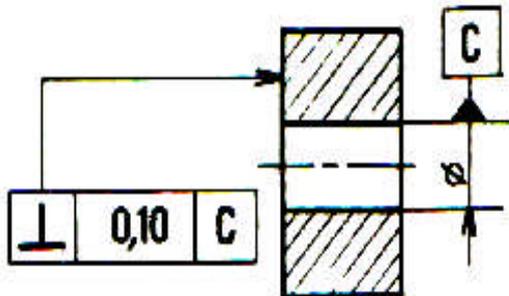


**PERPENDICULARITÉ
d'un axe et d'une surface**



Signification

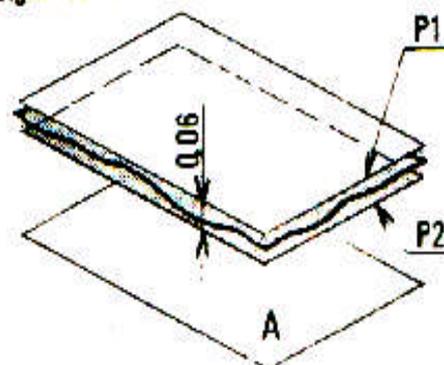
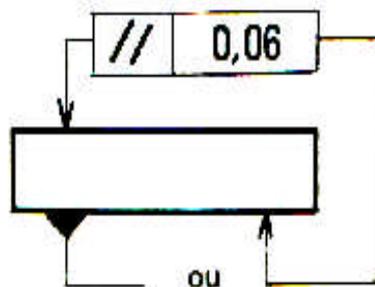
Cas 2 : la surface cylindrique est usinée
avant la surface plane.



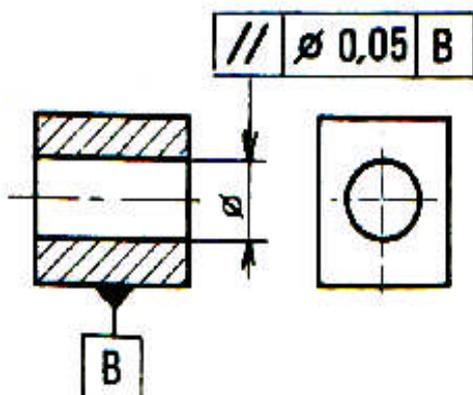
**PARALLÉLISME
de 2 surfaces**



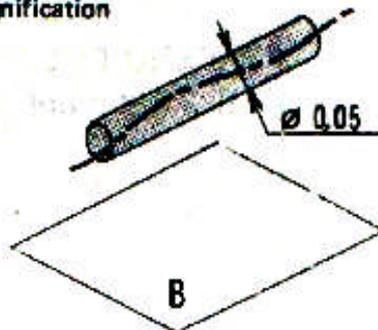
Signification



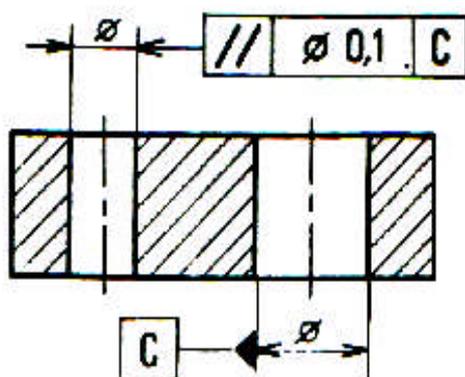
PARALLÉLISME d'un axe et d'une surface



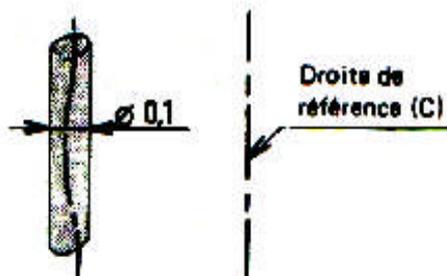
Signification



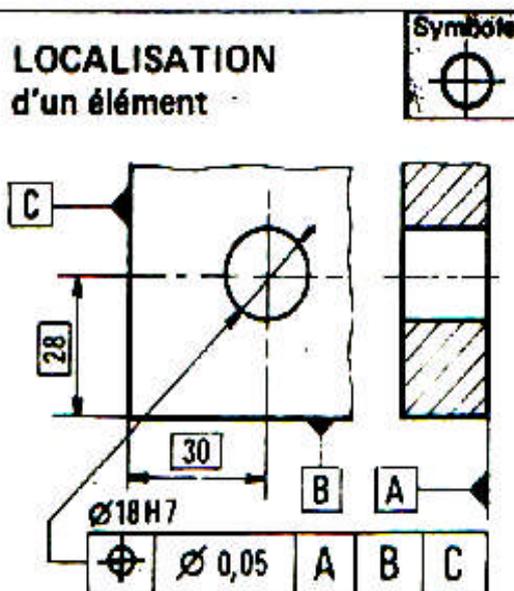
PARALLÉLISME de 2 axes



Signification



LOCALISATION d'un élément



Symbole



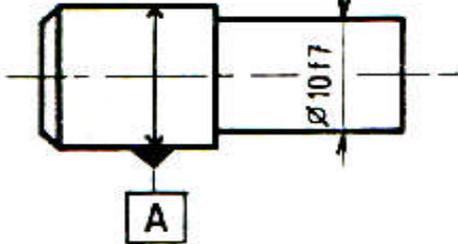
Signification



COAXIALITÉ
de 2 cylindres

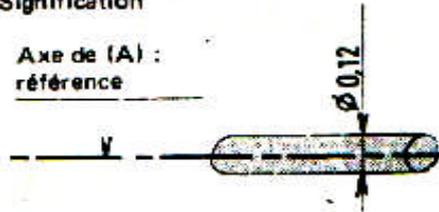


$\varnothing 0,12$ A

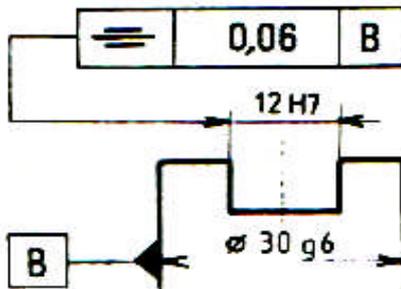


Signification

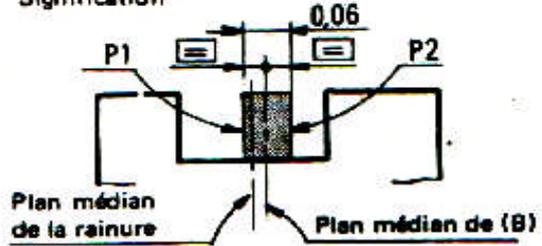
Axe de (A) :
référence



SYMÉTRIE
d'une rainure



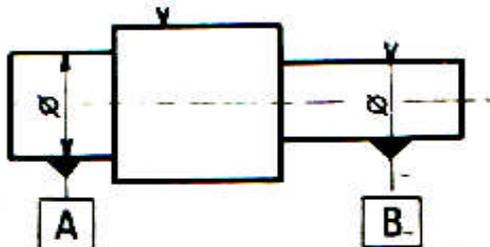
Signification



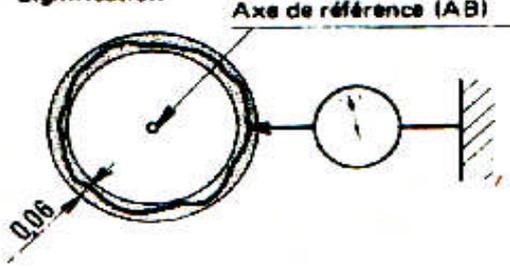
BATTEMENT SIMPLE
RADIAL



0,06 AB



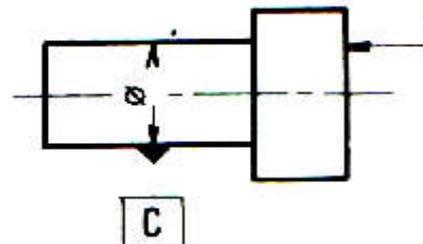
Signification



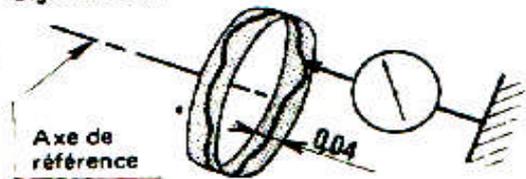
BATTEMENT SIMPLE
AXIAL



0,04 C



Signification



17 - LA COTATION FONCTIONNELLE

17.1. Définition et but

La cotation fonctionnelle est une cotation fondée sur l'analyse de la fonction de la pièce à coter. Elle découle directement des conditions de fonctionnement.

La cotation fonctionnelle a pour objectif premier de contribuer à la rationalisation des coûts de fabrication en déterminant les tolérances les plus larges possibles exigées et imposées à l'exécution d'un produit afin d'assurer les meilleures conditions de bon fonctionnement.

Ainsi on définit les cotes fonctionnelles comme étant celles qui expriment directement les conditions d'aptitude du produit à l'emploi. Le but de la cotation fonctionnelle est basé sur la recherche et l'expression directe de ces conditions.

Parmi les conditions fonctionnelles à respecter et qui orientent la fabrication d'un produit, on peut avoir une cote importante (d'usinage, de montage, de réglage ou de fonctionnement), un jeu, un serrage, un dépassement, un retrait, un guidage, un blocage, etc... ou la combinaison de plusieurs conditions à la fois.

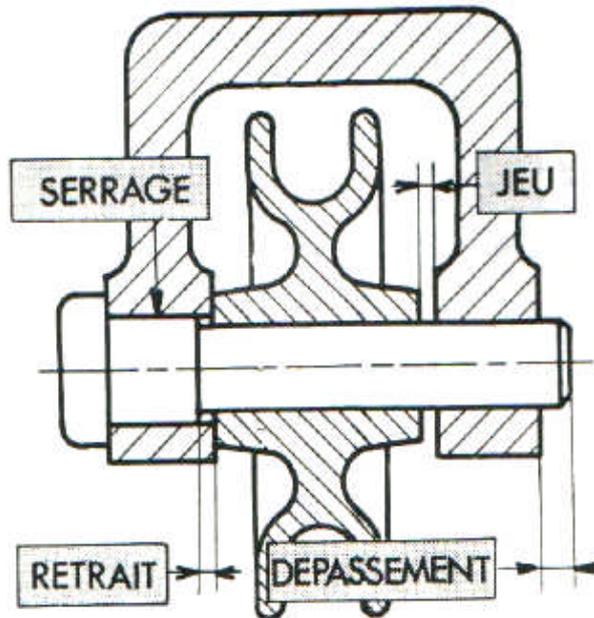
La recherche des cotes fonctionnelles et la détermination de leurs limites de tolérances est basée essentiellement sur la méthode appelées chaîne de cotes.

17.2. Chaîne de cotes

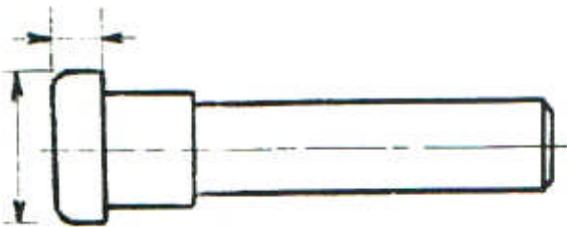
C'est une suite de dimensions liées qui permettent de déterminer la position relative des surfaces d'une pièce, appelée aussi transfert de cotes.

Les cotes fonctionnelles sont celles qui donnent la chaîne de cotes la plus courte.

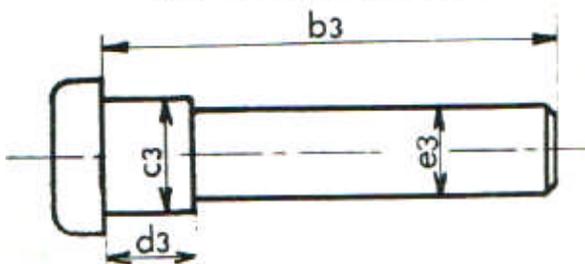
ENSEMBLE CHAPE - POULIE - AXE
CONDITIONS



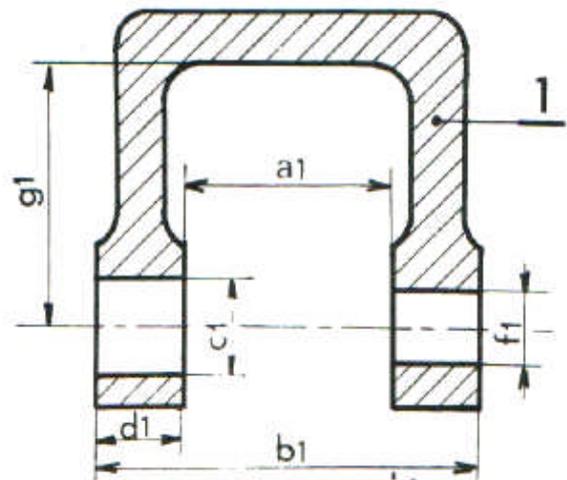
COTES NON FONCTIONNELLES

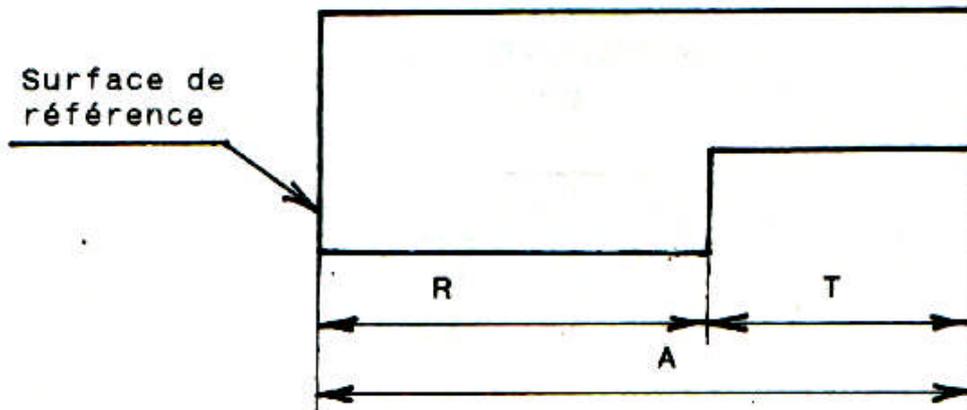


COTES FONCTIONNELLES



DESSINS DE DÉFINITION
AVEC COTES FONCTIONNELLES





(Fig.125)

Dans chaque chaîne de cotes, il y a ce qu'on appelle les dimensions augmentantes, réduisantes et terminales.

Sur la (Fig.125) la cote T est appelée cote terminale parce qu'elle représente la cote fonctionnelle condition et elle est la dernière cote à usiner pour une pièce ou à monter s'il s'agit d'un assemblage.

La cote A est dite augmentante parce que si elle augmente la cote terminale augmente aussi.

La cote R est appelée réduisante car si elle diminue, la cote terminale diminue également.

$$T = A - R$$

Déterminons l'intervalle de tolérance IT_T de la cote terminale T :

$$\begin{aligned} T_{\text{nominal}} &= A_{\text{nominal}} - R_{\text{nominal}} \\ T_{\text{maxi}} &= A_{\text{maxi}} - R_{\text{mini}} \\ T_{\text{mini}} &= A_{\text{mini}} - R_{\text{maxi}} \end{aligned}$$

Par définition l'intervalle de tolérance de T est fonction des cotes maxi et mini, on peut écrire :

$$IT_T = T_{\text{maxi}} - T_{\text{mini}}$$

Comme $T = A - R$, la cote T est maximale lorsque la cote A est maximale et la cote R est minimale et inversement, donc :

$$\begin{aligned} T_{\text{maxi}} &= A_{\text{maxi}} - R_{\text{mini}} \\ T_{\text{mini}} &= A_{\text{mini}} - R_{\text{maxi}} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 IT_T &= (A_{\max i} - R_{\min i}) - (A_{\min i} - R_{\max i}) \\
 &= (A_{\max i} - A_{\min i}) - (R_{\max i} - R_{\min i})
 \end{aligned}$$

$$IT_T = IT_A + IT_R$$

Cette formule est valable quelque soit le nombre de cotes dimensionnelles, donc on peut énoncer que la tolérance de la cote terminale est égale à la somme des intervalles de tolérances des cotes composant la chaîne de cotes.

17.3. Détermination des cotes fonctionnelles

En pratique, on ne calcule pas l'intervalle de tolérance de la cote terminale ou cote condition parce qu'elle est généralement imposée dans la conception pour des raisons précises.

De ce fait on considère la tâche inverse c'est à dire en connaissant l'intervalle de tolérance de la cote terminale, l'on cherche à déterminer les intervalles de tolérance des cotes composante.

Pour cela, on partage la tolérance terminale entre toutes les cotes composantes non pas proportionnellement mais en fonction des difficultés d'exécution d'une part et des objectifs ou exigences de fonctionnement ou de montage d'autre part.

Le plus grand intervalle de tolérance sera attribué à la cote évidemment la moins précise, celle qui est la plus grande ou celle qui est la plus difficile à réaliser.

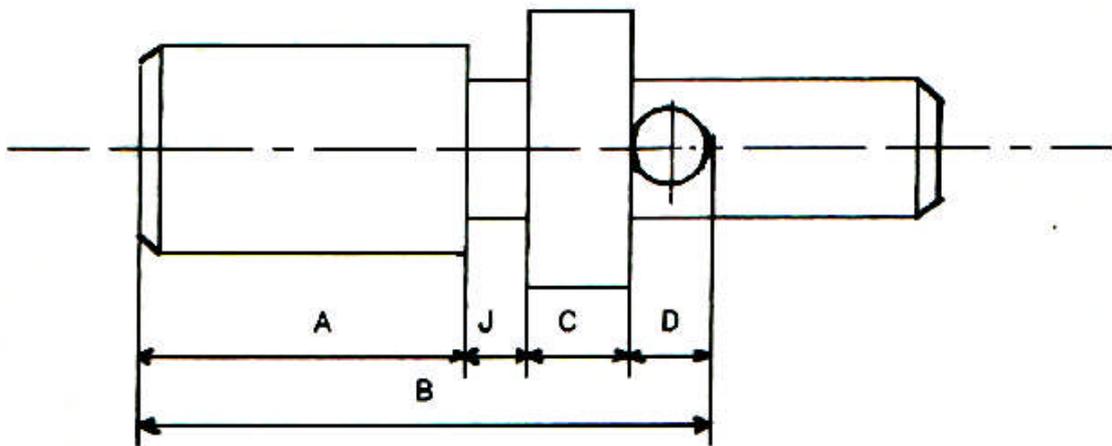
Nous résumons ainsi la marche à suivre dans une étude fonctionnelle en quatre étapes successives :

- a) - l'analyse fonctionnelle de la pièce ou des pièces assemblées et les exigences technologiques
- b) - les conditions de fonctionnement à imposer
- c) - le choix des dimensions à coter et la détermination de la chaîne de cotes fonctionnelles la plus courte possible
- d) - le calcul des cotes nominales et tolérances par répartition ou choix de la tolérance du jeu fonctionnel entre les cotes constituant la chaîne

Exemple:

L'usinage de la pièce de la (Fig.126) nécessite les conditions particulières suivantes:

- la cote condition J doit être égale à $2 + 0,4$, c'est un jeu très précis exigé pour le fonctionnement.
- l'usinage du trou est important, on donne son diamètre et sa tolérance : $D = 10 + 0,025$
- la cote A est la référence de la surface d'usinage étant connue : $A = 10 + 0,05$
- la cote C étant importante $C = 12$, déterminer sa tolérance
- déterminer la cote B et sa tolérance



(Fig.126)

$$J = B - (A + C + D)$$

$$B = J + A + C + D$$

$$B = 2 + 40 + 12 + 10$$

$$B = 64$$

B étant la cote nominale : $B_{nom} = 64$

$$IT_J = IT_A + IT_B + IT_C + IT_D$$

$$IT_B + IT_C = IT_J - IT_A - IT_D$$

$$IT = \text{écart supérieur} - \text{écart inférieur}$$

$$IT_B + IT_C = 0,4 - 0,1 - 0,05 = 0,25$$

Partageons cette tolérance entre les cotes B et C. Comme la cote B est plus grande, on lui attribut une plus grande valeur:

$$\text{Soit } IT_B = 0,2 \text{ donc } IT_C = 0,25 - 0,20 = 0,05$$

Comme $IT_c = 2 \cdot x = 0,05$ alors $x = 0,025$

Ainsi on peut écrire : $C = 12 \pm 0,025$

D'après les formules des cotes limites on a :

$$J_{\min} = B_{\min} - A_{\max} - C_{\max} - D_{\max}$$

d'où :

$$B_{\min} = J_{\min} + A_{\max} + C_{\max} + D_{\max}$$
$$B_{\min} = 2,00 + 40,05 + 12,025 + 10,025$$
$$B_{\min} = 64,10$$

Comme on sait que : $IT_B = B_{\max} - B_{\min}$
donc $B_{\max} = IT_B + B_{\min}$
 $B_{\max} = 0,20 + 64,10$
 $B_{\max} = 64,30$

Calculons les écarts de la cote B :

- l'écart supérieur $ES = B_{\max} - B_{\text{nom}}$
 $ES = 64,30 - 64,00$
 $ES = + 0,30$

- l'écart inférieur $EI = B_{\min} - B_{\text{nom}}$
 $EI = 64,10 - 64,00$
 $EI = + 0,10$

On peut écrire la cote B tolérancée: $B = 64 \begin{matrix} + 0,30 \\ + 0,10 \end{matrix}$

18 - LE DESSIN D'ENSEMBLE

18.1. Opportunité

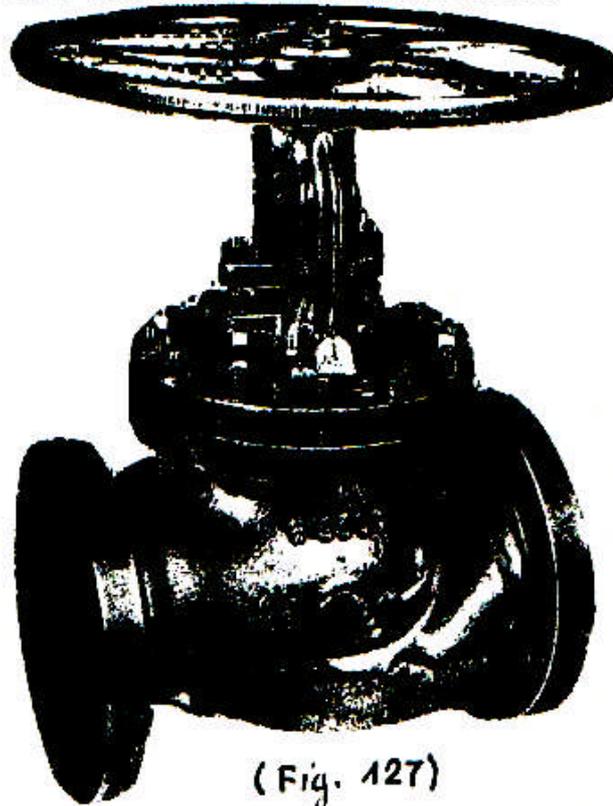
Tout mécanisme, machine ou équipement se compose de plusieurs pièces liées entre elles par un mode et éléments d'assemblage appropriés pour pouvoir assurer une fonction.

Pour mettre en évidence la manière dont chaque pièce est liée et montrer son rôle parmi les autres, on représente ce qu'on appelle un assemblage ou un dessin d'ensemble. La lecture d'un tel ensemble n'est possible que si la représentation est normalisée et le recours au dessin industriel est inévitable.

Nous représentons à titre d'exemple un robinet à soupape du type industriel dont la fonction est d'ouvrir ou de fermer le passage le passage à un fluide lorsqu'elle est installée dans une conduite.

18.2. Perspective d'un ensemble

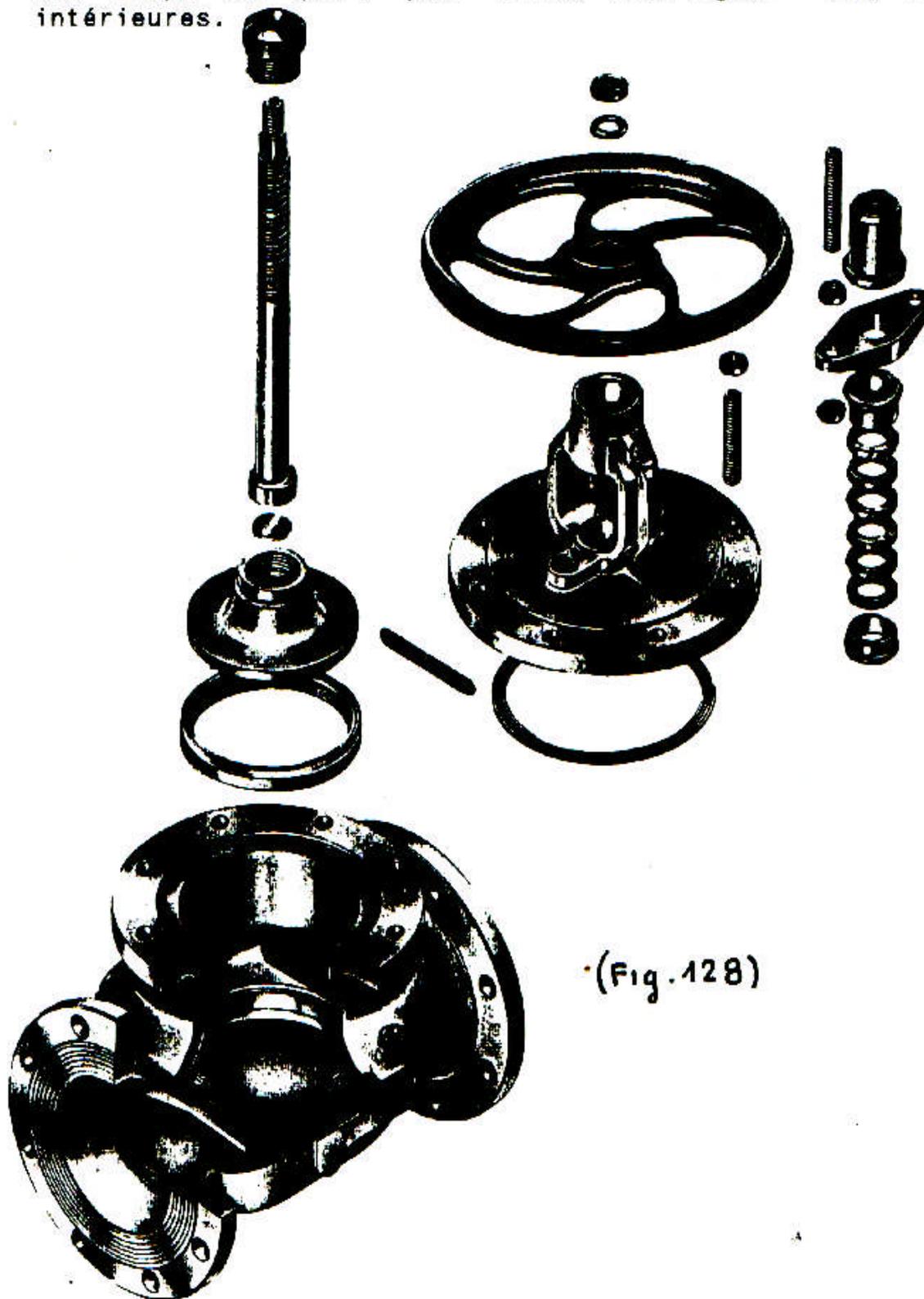
Sur la (Fig.127), le robinet est dessiné en perspective ou en photo. Cette vue est insuffisante pour savoir les composantes de ce robinet, les différents mécanismes intérieurs et son mode de fonctionnement.



(Fig. 127)

18.3. Vue éclatée d'un ensemble

Pour plus de clarté, sur la (Fig.128), il est représenté un dessin éclaté des différentes pièces en perspective. On remarque que le corps du robinet comporte une coupe au quart pour mieux distinguer les formes intérieures.



(Fig.128)

18.4. Dessin en coupe d'un ensemble

Cependant ces deux dessins ne sont pas suffisants pour analyser le mécanisme, indiquer toutes les liaisons, l'emplacement précis des pièces et la cotation. Ils ne sont que complémentaires au dessin en coupe normalisé qui est représenté sur la (Fig.129). Cette coupe du robinet renseigne sur:

- le nombre de pièces
- l'emplacement de chaque pièce
- la liaison entre les pièces et les mouvements relatifs.
- le mode d'assemblage ou ajustement
- les éléments d'assemblage et leurs natures
- la nature des matériaux des pièces
- le principe de fonctionnement et l'utilisation
- la méthode de démontage et celle de montage
- les conditions fonctionnelles

Principe de fonctionnement du robinet:

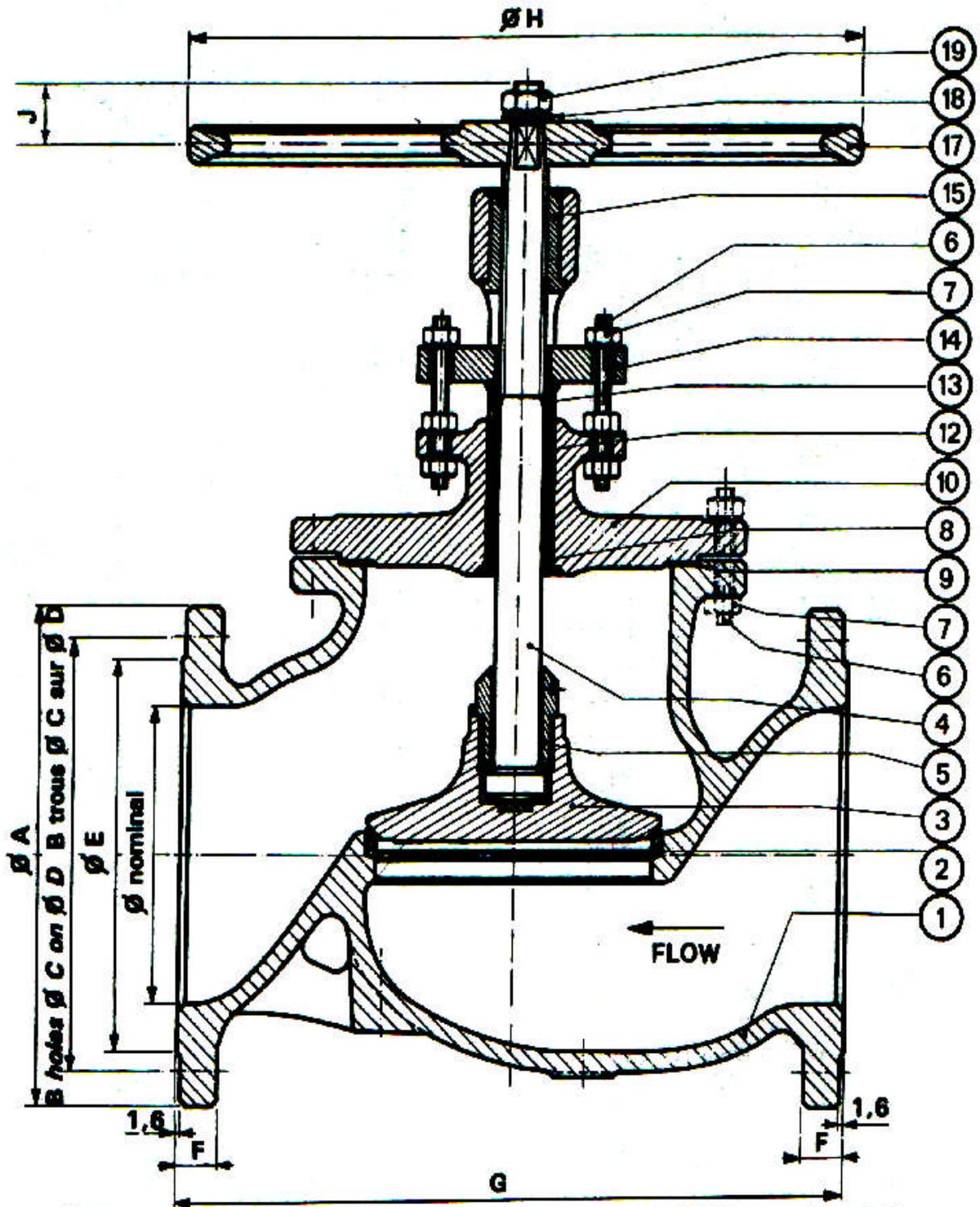
Le principe de fonctionnement consiste à fermer et ouvrir le robinet pour céder le passage à un fluide. Le robinet étant dessiné en position fermée, pour l'ouvrir il suffit de faire tourner le volant (17).

Celui-ci étant solidaire avec la tige (4) en formant une liaison complète démontable par l'intermédiaire du système à filetage serré par l'écrou (19). Donc si le volant (17) fait une rotation autour de son axe, la tige (4) subit la même rotation.

La tige est filetée au niveau de l'écrou de tige (15). En tournant la tige (4) autour de l'écrou (15), sous l'effet du filetage du système vis écrou par liaison hélicoïdale, la tige (4) monte ou descend en fonction du sens de rotation du volant.

La tige (4) est solidaire avec le clapet d'étanchéité (3) à l'aide de l'écrou de blocage du clapet (5). Si la tige (4) se soulève, elle entraîne avec elle le clapet (3). Une fois que le clapet (3) quitte son siège, usiné dans le corps (1), libère le passage au fluide et le robinet est ouvert. Le passage est maximum en fin de course de la tige (4) ou après quelque tours du volant (17).

Pour fermer le robinet, il suffit de tourner le volant dans le sens inverse de l'ouverture jusqu'à son blocage.



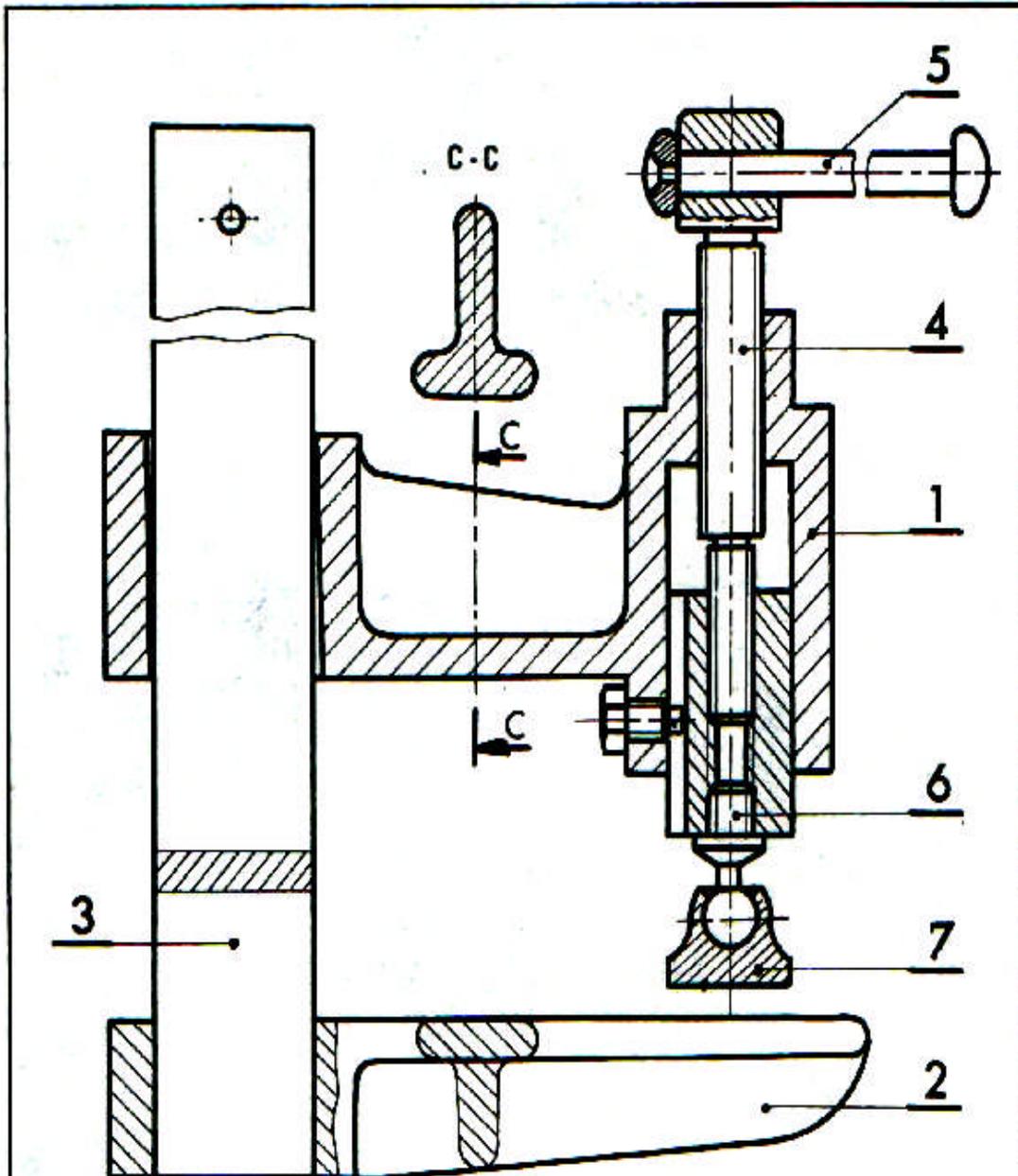
6	Tige filetée
6	Ecrou de clapet
4	Tige
3	Clapet (portage)
2	Siège (portage)
1	Corps

13	Fouloir
12	Garniture
10	Chapeau
9	Joint
8	Bague d'étanchéité
7	Ecrou

19	Ecrou de volant
18	Rondelle
17	Volant
16	Grain
15	Ecrou de tige
14	Bride de fouloir

(Fig. 129)

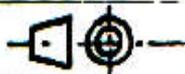
DESSIN D'ENSEMBLE



Cette nomenclature est incomplète

2	1	Mâchoire fixe	A 50
1	1	Bras mobile	A 56 M
Rep.	Nbr.	Désignation	Matière

Echelle 1:2



SERRE-JOINT

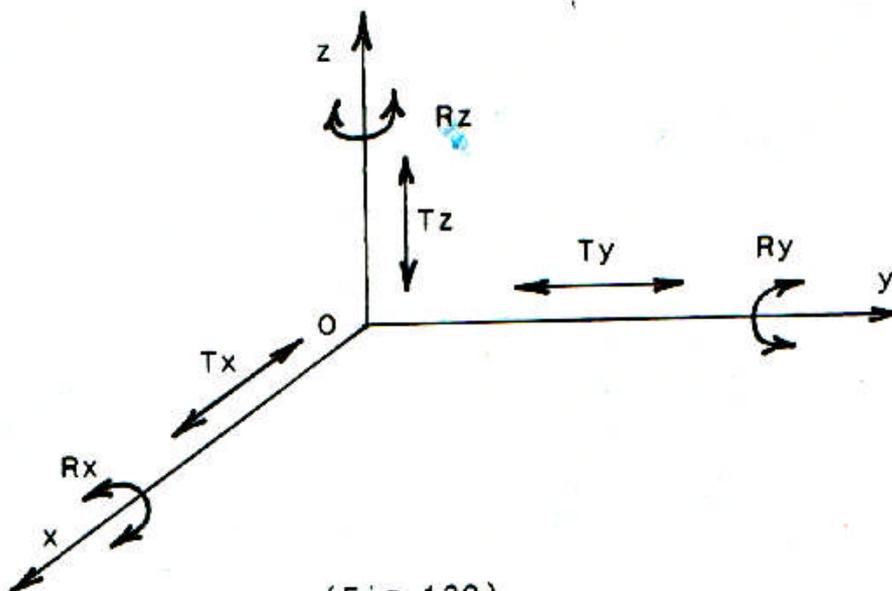
19 - LES MODES DE LIAISONS MECANIQUES

19.1. Définition

La liaison est une fonction mécanique élémentaire dont l'élément de base est la pièce qui a un rôle et doit assurer une ou plusieurs fonctions.

Le but des liaisons est de supprimer partiellement ou totalement les mouvements relatifs d'une pièce par rapport à une autre. Ainsi on définit une liaison mécanique comme étant le moyen qui lie au moins deux pièces lorsque les mouvements de l'une par rapport à l'autre ne sont pas tous possibles.

Le mouvement relatif d'une pièce est défini par le nombre de degrés de liberté réalisés. Un corps isolé dans l'espace possède six degrés de liberté dont trois mouvements en translation et trois en rotation comme le montre la (Fig.130).



(Fig.130)

La signification des six degrés de liberté est comme suit:

- 1. Tx : translation le long de l'axe x.
- 2. Ty : translation le long de l'axe y.
- 3. Tz : translation le long de l'axe z.
- 4. Rx : rotation autour de l'axe x.
- 5. Ry : rotation autour de l'axe y.
- 6. Rz : rotation autour de l'axe z.

Une pièce est en mouvement par rapport à une autre lorsqu'elle change de position initiale suite à une sollicitation par une force ou un couple. La trajectoire exprimant le mouvement caractérise les liaisons par deux fonctions mécaniques de base:

a) - l'immobilisation relative totale ou partielle des deux pièces adjacentes.

b) - le guidage ou déplacement d'une pièce par rapport à une autre. On distingue les de guidage suivants:

- en translation (queue d'arronde).
- en rotation (palier et roulement) ou rotation hélicoïdale (par filetage).
- composé par translation et rotation simultanées.

Pour réaliser ces fonctions, il faut supprimer un certains nombre de possibilités de mouvements relatifs. Les moyens de réalisation de ces dispositions mécaniques sont dites liaisons.

La suppression de ces six degrés de liberté pour une pièce veut dire que la pièce possède six liaisons. dans ce cas, la pièce ne peut occuper qu'une seule position par rapport au référentiel (Oxyz).

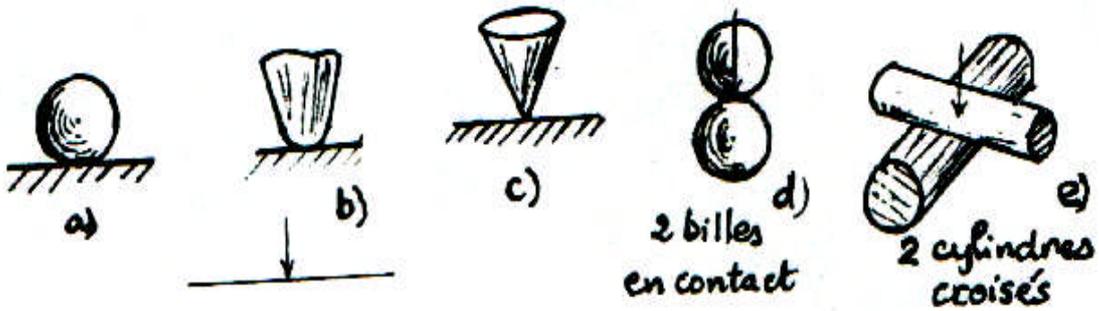
19.2. Formes de contacts

La liaison mécanique est la relation de contact entre deux pièces mécaniques. Réaliser une liaison entre deux pièces, c'est choisir les dispositions constructives qui supprime un ou plusieurs degrés de liberté entre elles.

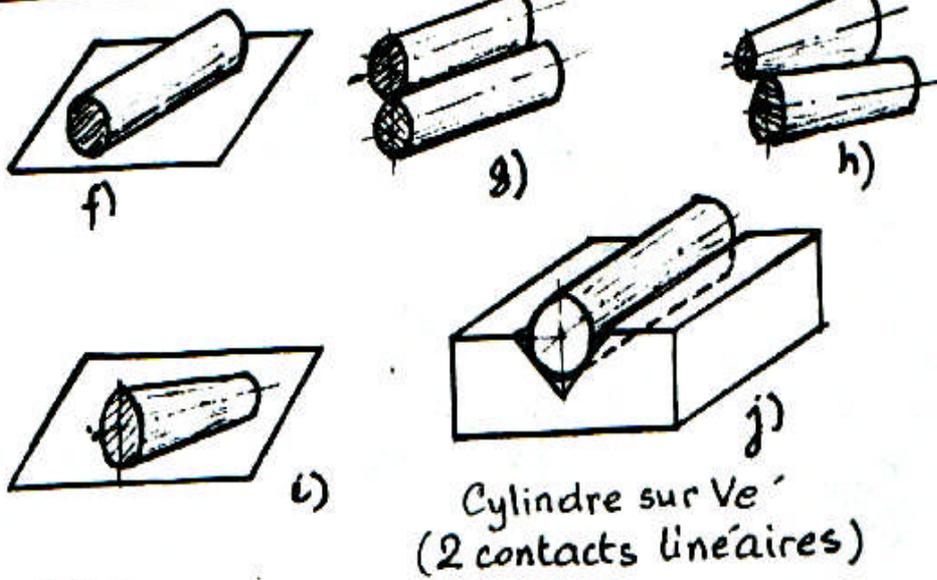
Selon le nombre et la nature du degré de liberté à supprimer pour une pièce donnée, on obtient une forme de contact bien définie :

NATURE DU CONTACT	DEGRES DE LIBERTE A SUPPRIMER	
	NOMBRE	N A T U R E
ponctuel	1	1 Translation
linéaire	2	1 Translation + 1 Rotation
plan	3	1 Translation + 2 Rotations
cylindrique	4	2 Translations + 2 Rotations
conique	5	3 Translations + 2 Rotations
shérique	3	3 Translations
hélicoïdal	5	3 Translations + 2 Rotations

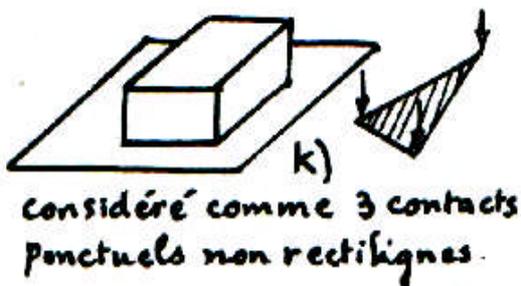
Ponctuel.



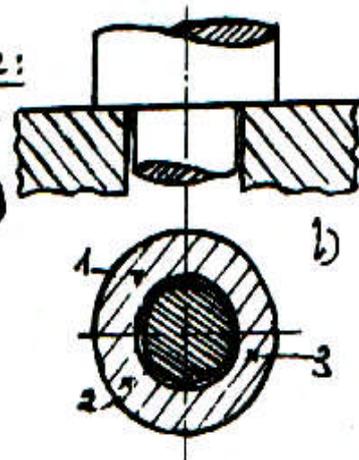
Linéaire:



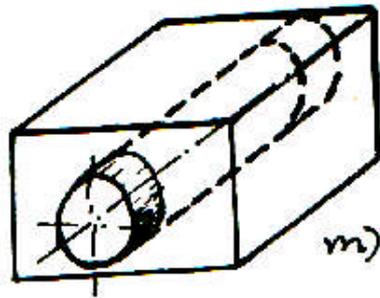
Plan



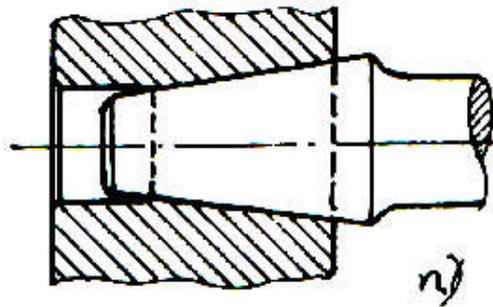
Annulaire:
(comme contact plan: 3 ponctuels)



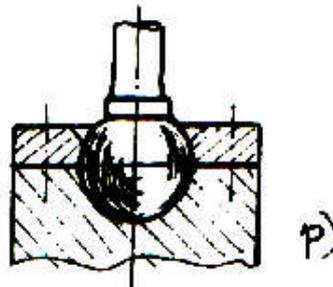
Cylindrique:



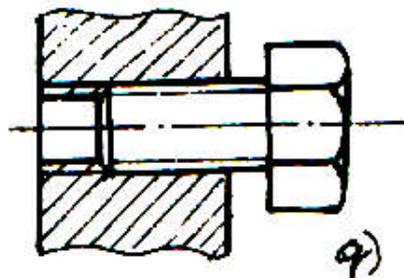
Conique:



Sphérique:



Hélicordal:

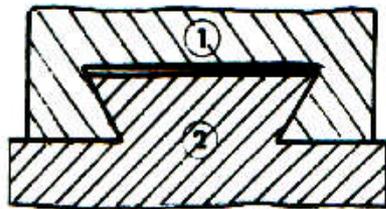


19.3. Modes de liaisons

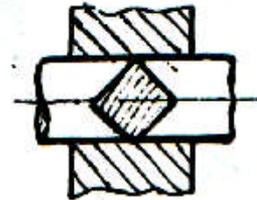
Une liaison mécanique peut être réalisée de deux façons: soit par un obstacle quelconque, soit par adhérence de deux surfaces.

19.3.1. Liaison par obstacle

Elle est obtenue généralement suite au détail de la forme de la pièce elle même (Fig.131) ou à l'aide d'un organe de liaison tel vis, boulon ou autre (Fig.132).

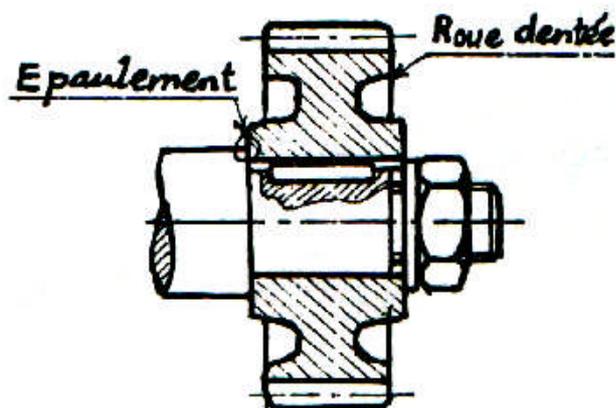


Queue d'arronde.



Arbre prismatique.

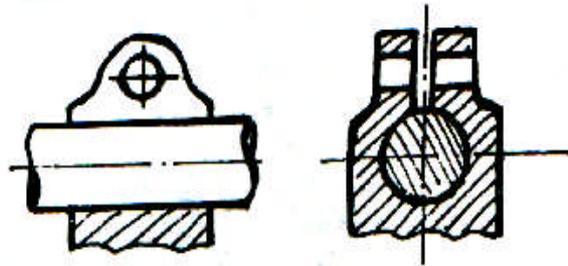
(Fig.131)



(Fig.132)

19.3.2. Liaison par adhérence

Les deux pièces doivent avoir une surface commune en contact appelée surface d'adhérence tel que la déformation élastique assure le serrage entre les deux pièces (Fig.133).



(Fig.133)

19.3.3. Propriétés des liaisons

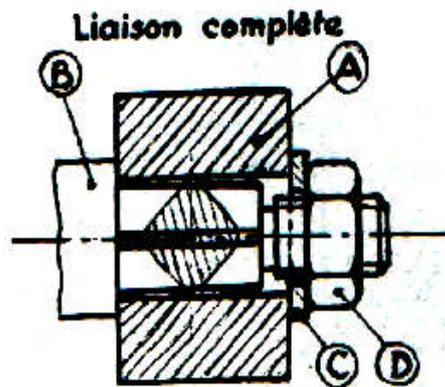
- Une liaison par obstacle offre une plus grande sécurité d'emploi que celle par adhérence.
- Une liaison par obstacle a une position relative très précise qui est retrouvée facilement après le remontage.
- Une liaison par adhérence a une position relative réglable entre les pièces liées.

19.4. Caractère des liaisons

En plus des mouvements relatifs de deux pièces l'une par rapport à l'autre qui caractérisent les liaisons, on les classe aussi selon l'aspect technologique du point de vue de la construction mécanique. De ce fait une liaison peut être de la nature suivante:

19.4.1. Liaison complète

Lorsque les deux pièces ne peuvent prendre aucun mouvement de l'une par rapport à l'autre, elles sont solidaires entre elles. Dans ce cas on dit que la liaison est complète, totale ou encastrement. Là on ne tolère aucun degré de liberté et les deux pièces sont considérées ou assimilées à une seule pièce (Fig.134).

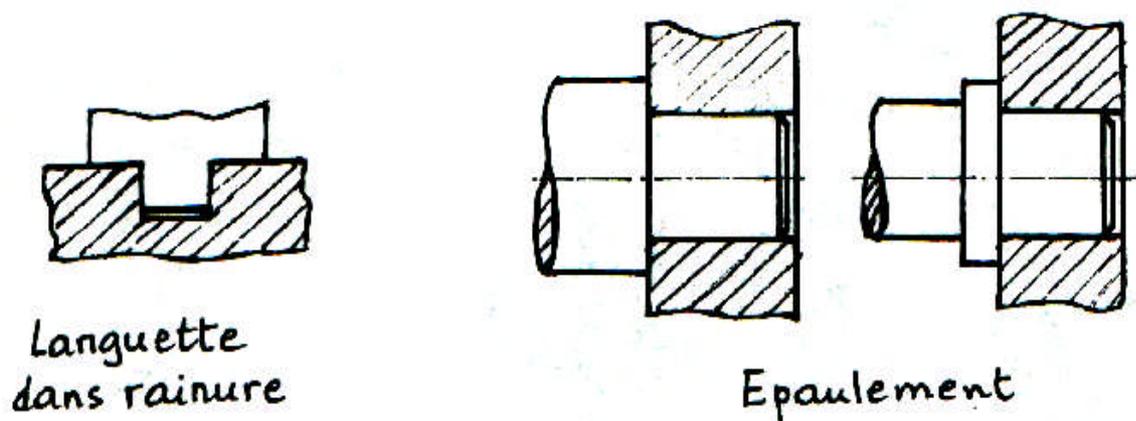


(Fig.134)

19.4.2. Liaison partielle

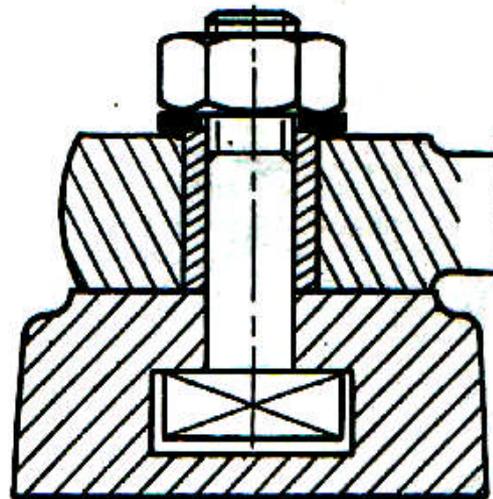
Lorsque les deux pièces peuvent prendre certains mouvements ou au moins un mouvement de l'une par rapport à l'autre, la liaison est dite partielle ou incomplète.

- Représentons sur la (Fig.135) un exemple de liaison partielle obtenue par le détail des formes.



(Fig.135)

- Représentons sur la (Fig.136) un exemple de liaison partielle obtenue par un boulon comme organe de liaison.



Articulation réglable

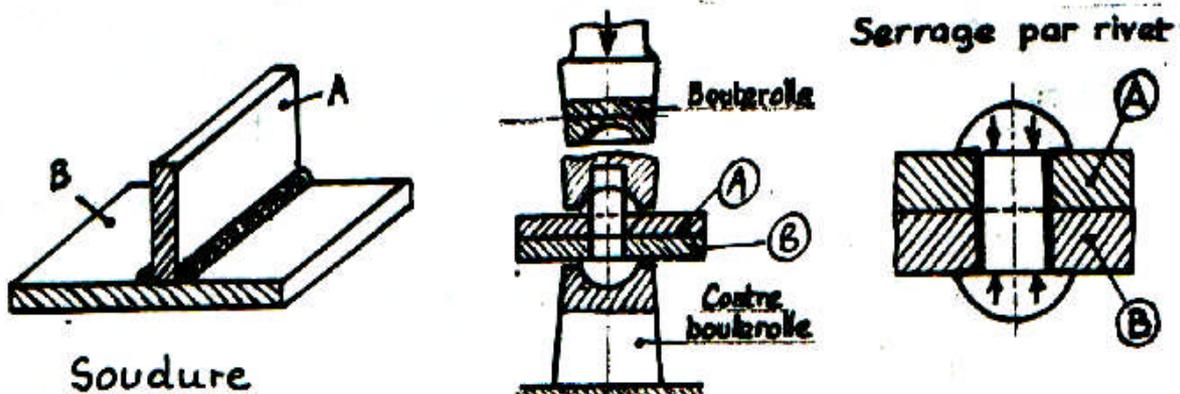
(Fig.136)

19.4.3. Liaison indémontable

Les deux pièces formant la liaison ne peuvent plus être séparées ou démontées sans que l'une d'elles au moins soit détériorée ou détruite. La liaison indémontable est appelée aussi liaison permanente ou fixe (Fig.137).

Ce type de liaison peut être obtenu par:

- la soudure
- le colage
- le rivetage



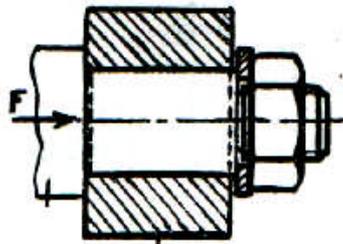
Rivetage

(Fig.137)

19.4.4. Liaison démontable

C'est une liaison qui peut être à volonté établie ou supprimée par la séparation des deux pièces.

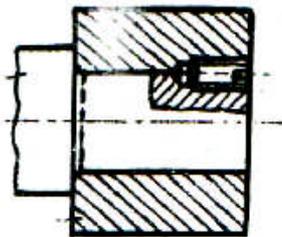
Représentons sur la (Fig.138) une liaison démontable en translation. On peut supprimer momentanément ou définitivement le mouvement de translation.



(Fig.138)

Représentons sur la (Fig.139) une liaison démontable en rotation. On peut supprimer ou rétablir le mouvement de rotation.

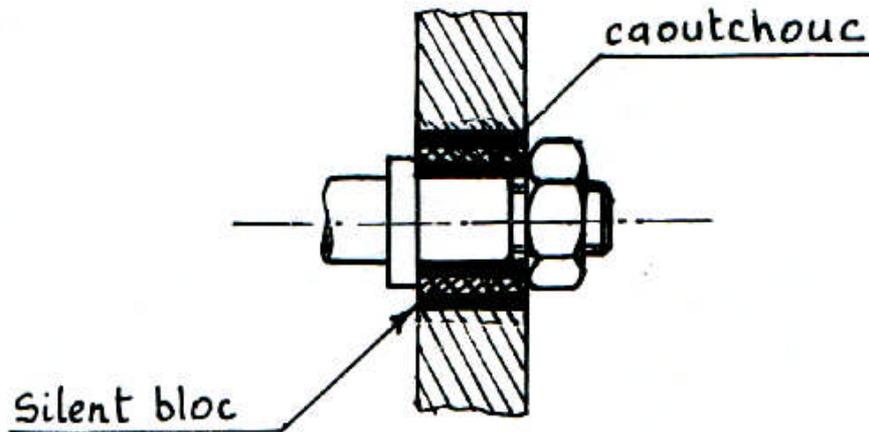
Vis entre cuir et chair



(Fig.139)

19.4.5. Liaison élastique

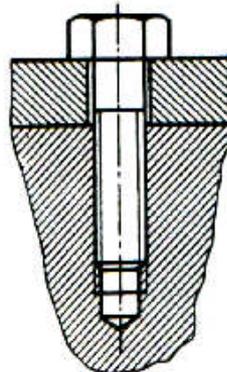
La liaison est dite élastique lorsque la force qui provoque le mouvement est supprimée, la pièce reprend sa position initiale ou une position intermédiaire. La pièce de liaison subit une déformation élastique d'un caoutchouc, d'un ressort ou un autre élément élastique semblable (Fig.140).



(Fig.140)

19.4.6. Liaison rigide

Toute liaison ne possédant pas le caractère élastique est dite rigide (Fig.141).



(Fig.141)

19.5. Choix des liaisons

Les liaisons doivent impérativement tenir compte des facteurs technologiques suivants:

- a) - les conditions fonctionnelles.
- b) - la nature et l'intensité des forces appliquées aux pièces assemblées.
- c) - la possibilité et le mode d'usinage.
- d) - la fréquence et la facilité de démontage.
- e) - l'encombrement des organes de liaisons.
- f) - le prix de revient.

20 - LES MOYENS DE LIAISONS MECANIQUES ET LES ELEMENTS TECHNOLOGIQUES
--

Un mécanisme est un ensemble d'organes assujettis à des liaisons. Celles-ci assurent l'immobilisation relative, totale ou partielle de deux pièces adjacentes.

Pour assurer les liaisons, on utilise dans la plus part des cas, des organes accessoires ou éléments technologiques dont la forme et les dimensions ont été normalisées. Ces organes ne sont pas représentés sur les dessins d'exécution mais ils sont simplement repérés sur les dessins d'ensemble et figurent dans les nomenclatures avec leur désignation normalisée complète.

Le tableau ci-dessous indique, pour chaque type de liaison, les diverses réalisations possibles et les moyens de liaison utilisés.

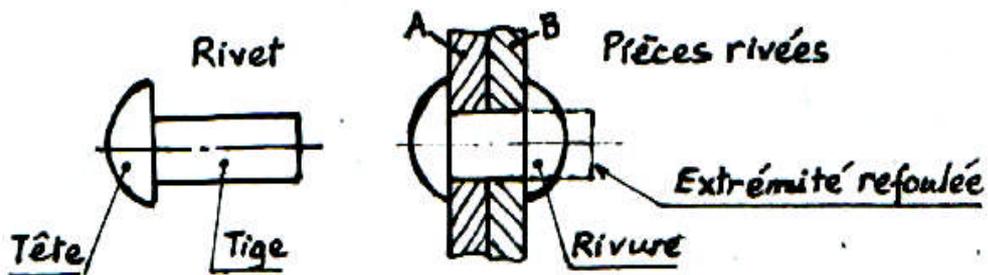
NATURE DES LIAISONS	MOYENS DES LIAISONS
complètes indémontables	<ul style="list-style-type: none"> - Rivures en utilisant des rivets. - Emmanchements cylindrique avec serrage important. - Soudures
complètes démontables	<ul style="list-style-type: none"> - Assemblages par boulons, goujons et vis. - Emmanchements coniques. - Clavetages forcés. - Goupillages. - Blocages par vis de pression, douilles fondues et cames.
partielles en translation	<ul style="list-style-type: none"> - Epaulements ou embases. - Brides ou bagues d'arrêt. - Rondelles et écrous ou goupilles ou vis. - Vis à téton. - Goupilles tangentés. - Circlips

NATURE DES LIAISONS	MOYENS DES LIAISONS
partielles en rotation	<ul style="list-style-type: none"> - Emmanchements non cylindriques. - Clavettes disques ou parallèles. - Arbres cannelés. - Arbres dentelés. - vis à téton. - Ergots.
partielles articulations	<ul style="list-style-type: none"> - Rotules - Vis-axe. - Axes d'articulation.
partielles élastiques	<ul style="list-style-type: none"> - Ressorts. - Rondelles Belleville. - Caoutchouc - Silentbloc

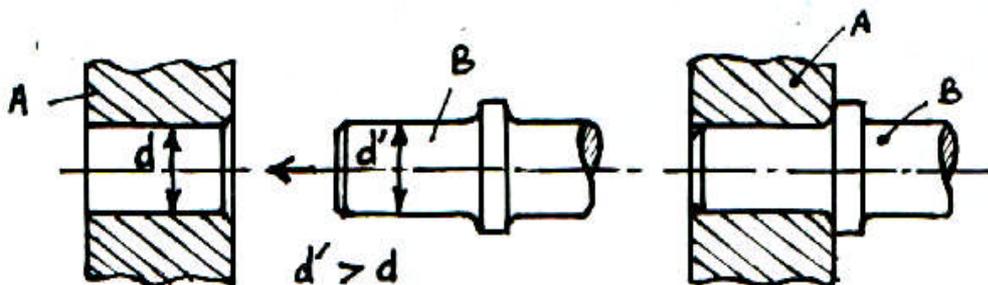
Pour illustrer les moyens de liaisons qui ont précédés, nous avons donné un exemple pour chaque type de liaison tout en représentant les organes les plus couramment utilisés.

20.1. Liaisons complètes indémontables

20.1.1. Le rivetage



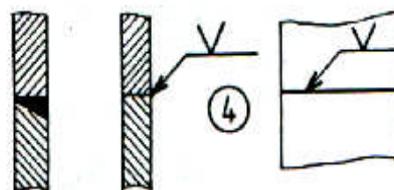
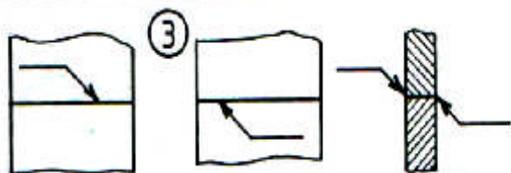
20.1.2. Emmanchement forcé



20.1.3. LES SOUDURES

N	Designation	Représentation	Symboles
1	Soudure sur bords droits		
2	Soudure en V		∨
3	Soudure en demi V		∨
4	Soudure en Y		Y
5	Soudure en demi Y		Y
6	Soudure en U ou tulipe		∪
7	Soudure en demi U ou en J		∪
8	Soudure avec reprise à l'envers		∪
9	Soudure sur bords relevés		∩
10	Soudure en entailles		∩
11	Soudure en ligne continue avec recouvrement		⊕
12	Soudure par points		○
13	Soudure d'angle		△

Soudure plate ①
 Soudure convexe
 Soudure concave



20.2. Liaisons complètes démontables

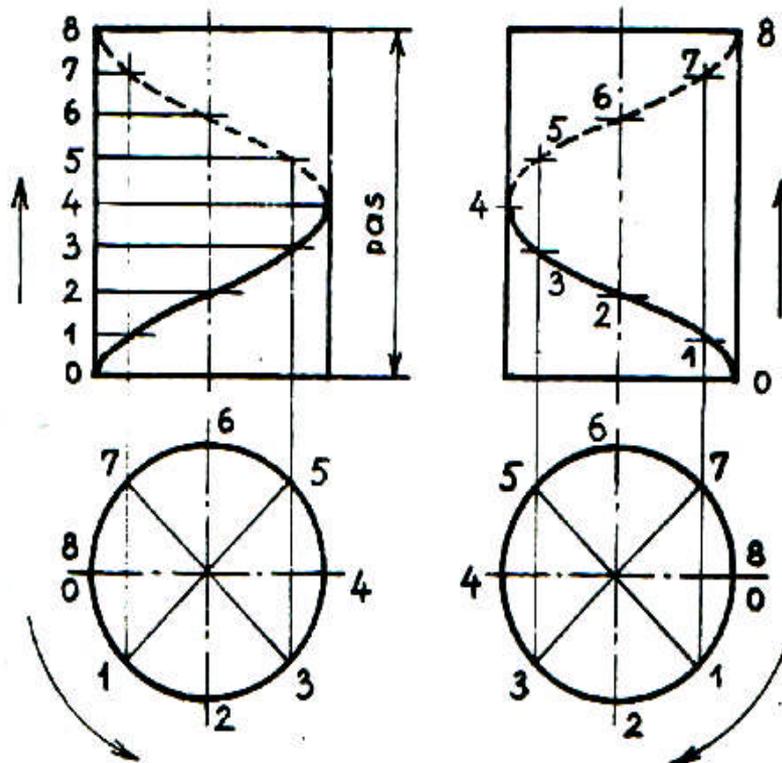
20.2.1. FILETAGES

20.2.1. 1. Définitions

a. Hélice

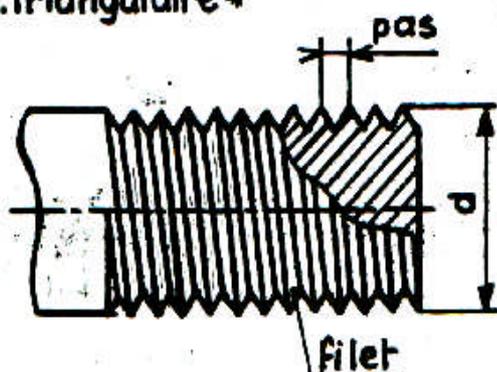
1. Hélice à droite

2. Hélice à gauche

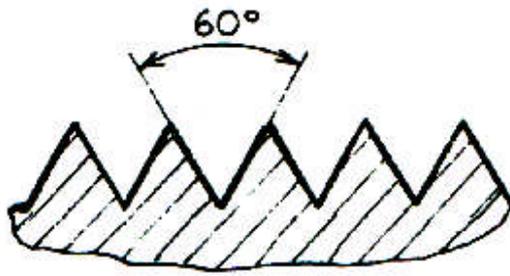


b. Formes et caractéristiques d'un filetage

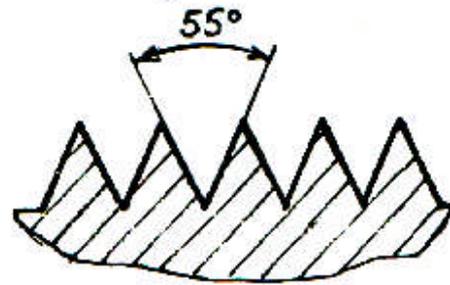
1. Triangulaire *



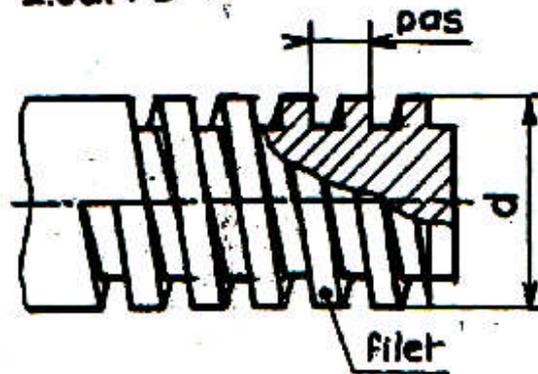
Filetage métrique



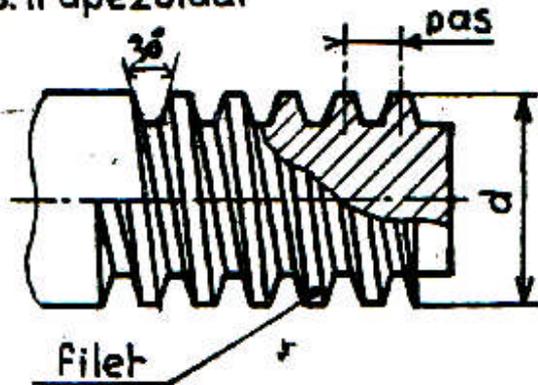
Filetage Whitworth



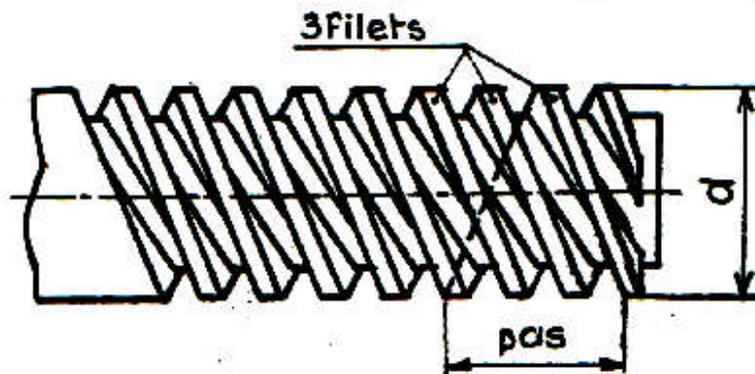
2. Carré

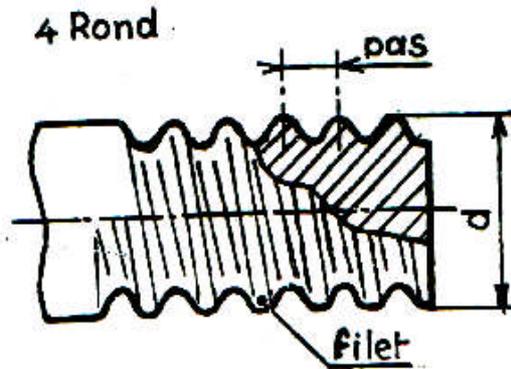


3. Trapézoïdal



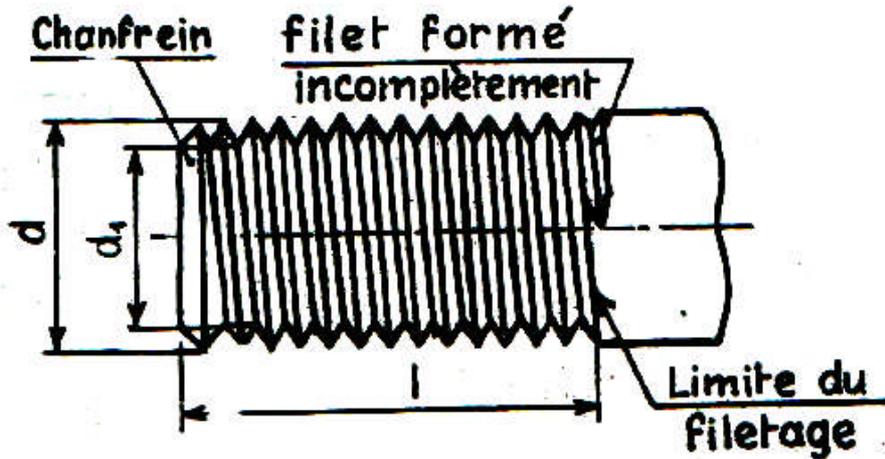
Vis à 3 filets à droite / filet trapézoïdal /





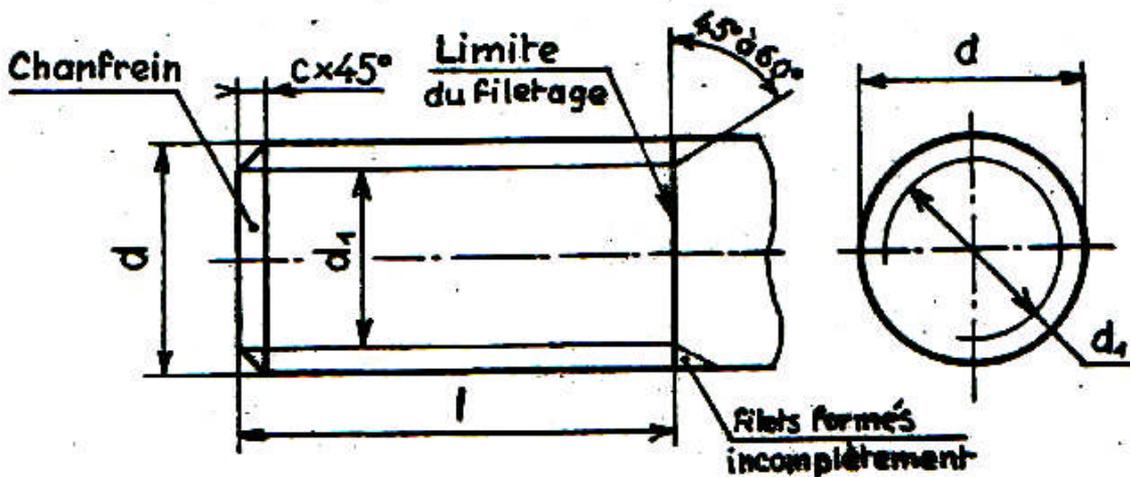
20.2.1.2. Représentation des filetages

1 Tige filetée vue

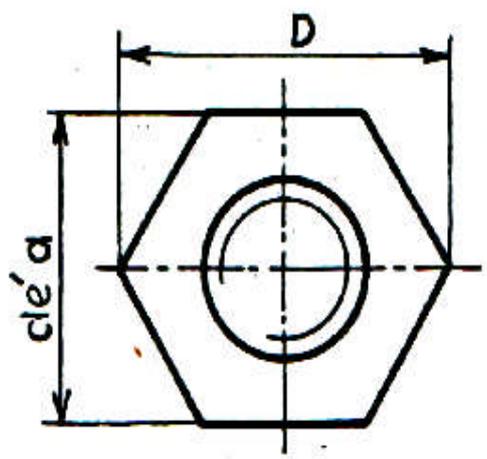
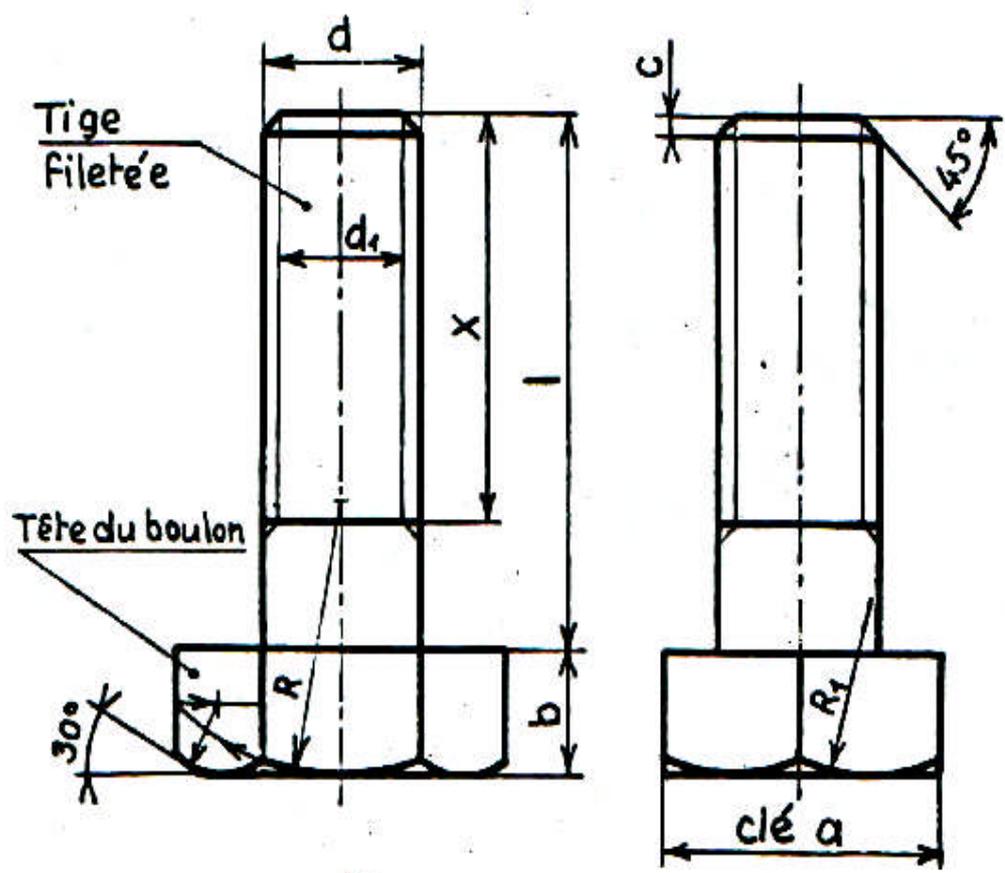


1. d - diamètre nominal / extérieur /
2. d_1 - diamètre noyau / intérieur /
3. l - longueur de filetage

1. $d_1 = 0,8d$
2. $c = 0,1d$

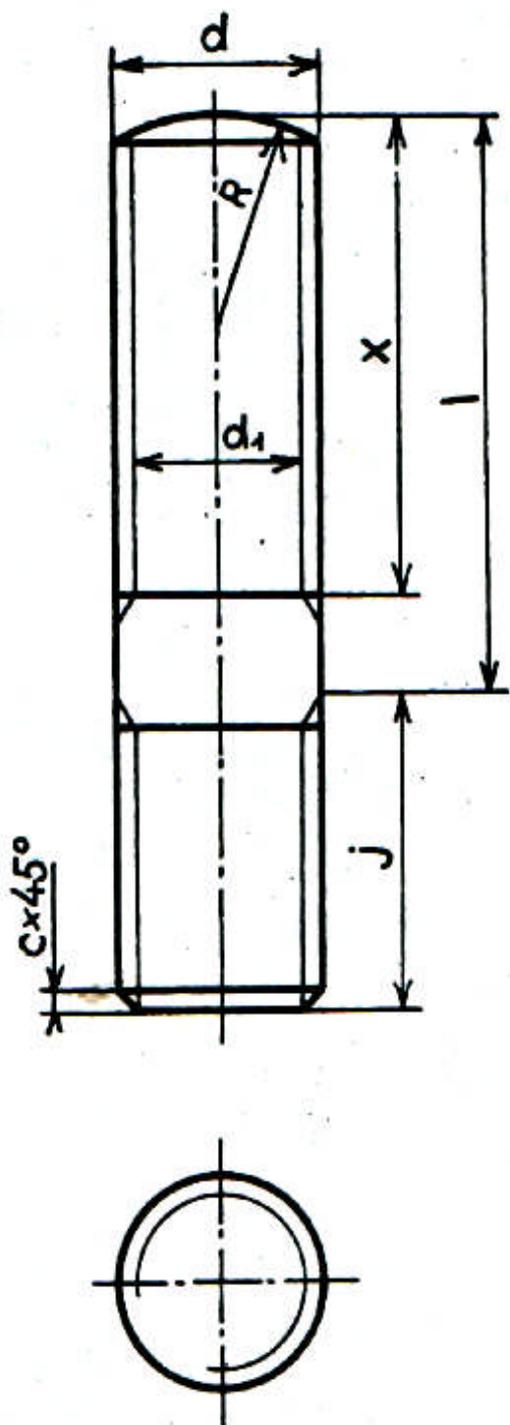


20.2.1.3. BOULON



- d - diamètre nominal
- $d_f = 0,8d$
- l - longueur de tige
- x - longueur de filetage
- $b = 0,7d$
- $D = 2d$
- $c = 0,1d$
- $R = 1,5d$
- $R_1 = d$

20.2.1.4. GOUJON



d - diamètre nominal

$d_1 = 0,8d$

l - longueur de tige

x - longueur de filetage

j - implantation; $j = 1,5 \text{ à } 2d$

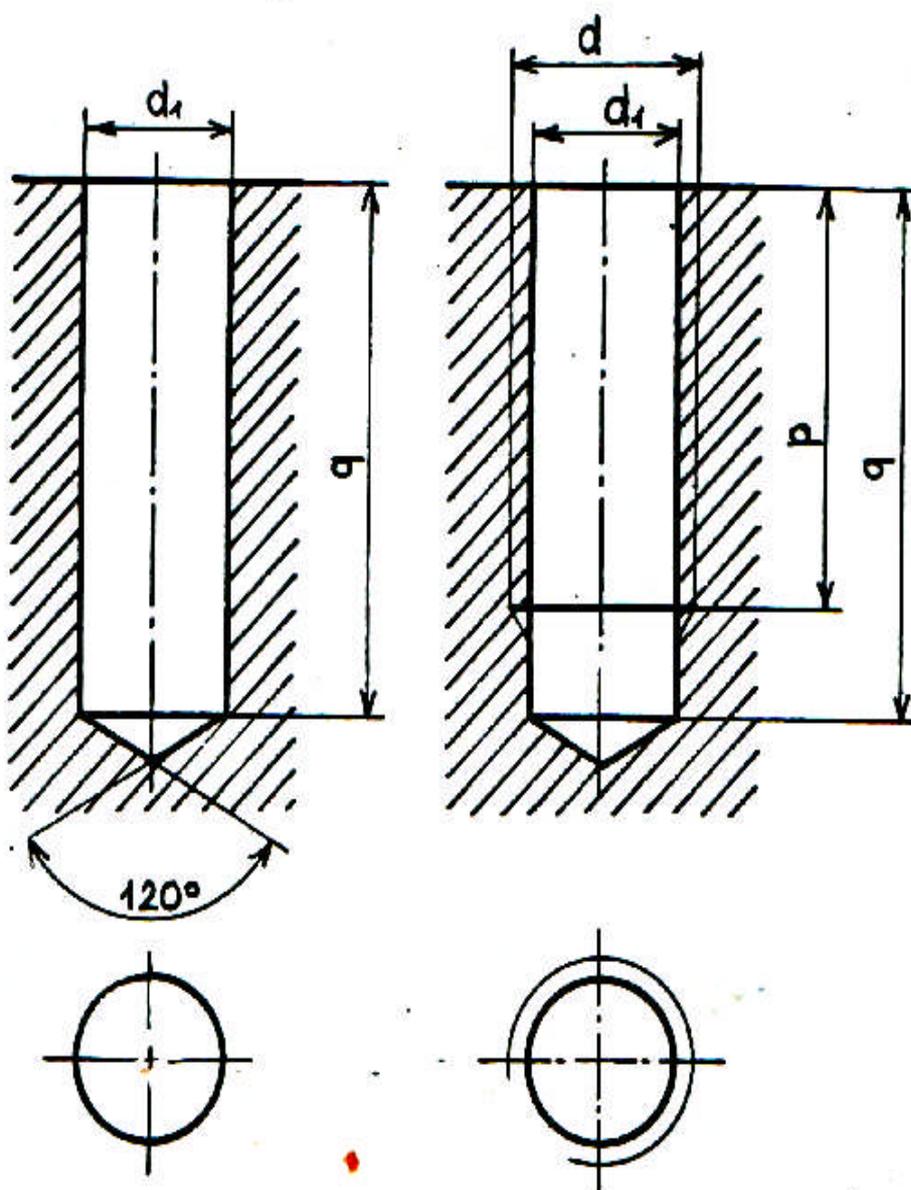
$c = 0,1d$

$R = d$

20.2.1.5. Le trou taraudé

Trou percé

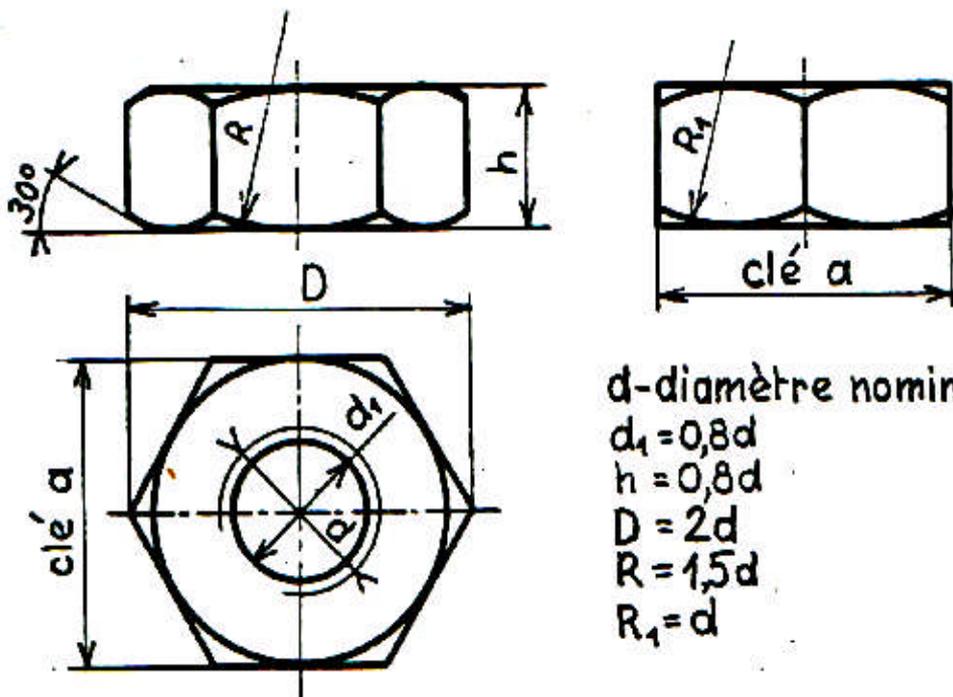
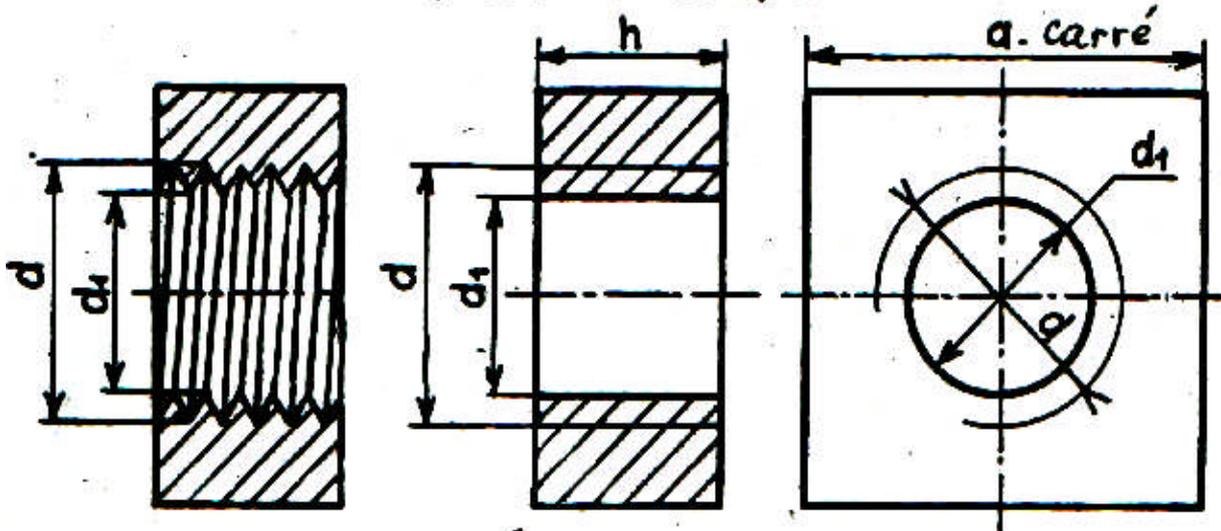
Trou taraudé



d -diamètre nominal. $d_1=0,8d$
 $q=j+d$. $p=j+0,5d$

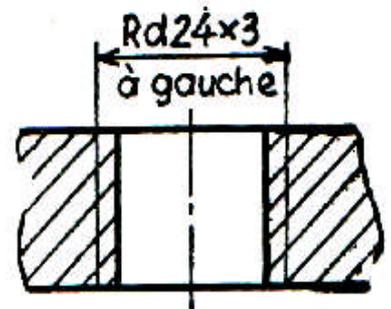
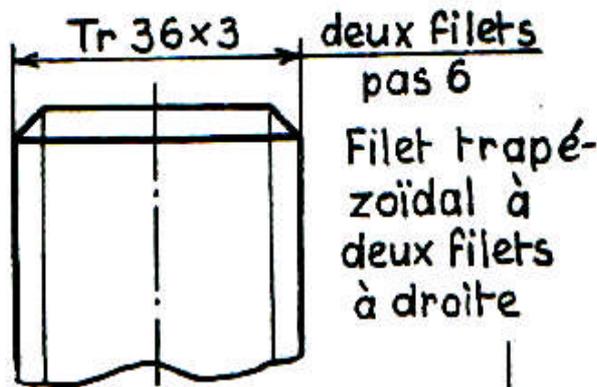
20.2.1.6 - 2. Ecrou

a. Ecrou coupé

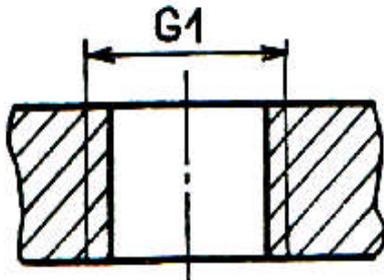


d - diamètre nominal
 $d_1 = 0,8d$
 $h = 0,8d$
 $D = 2d$
 $R = 1,5d$
 $R_1 = d$

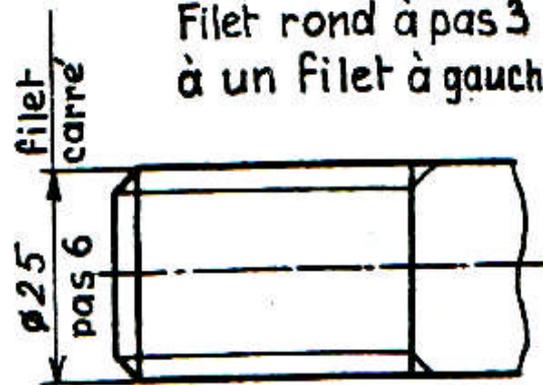
20-2.1-7. Cotation d'un filetage



Filet rond à pas 3 à un filet à gauche



Filetage „Gaz“. 1-diamètre du tube en pouces / 1pouce=25,4mm/



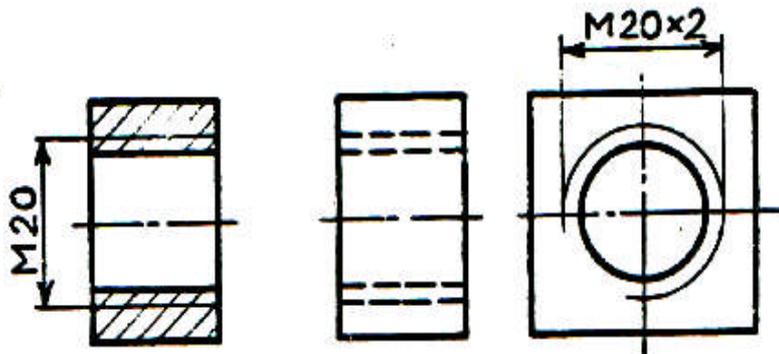
Filet carré à pas 6 à un filet à droite



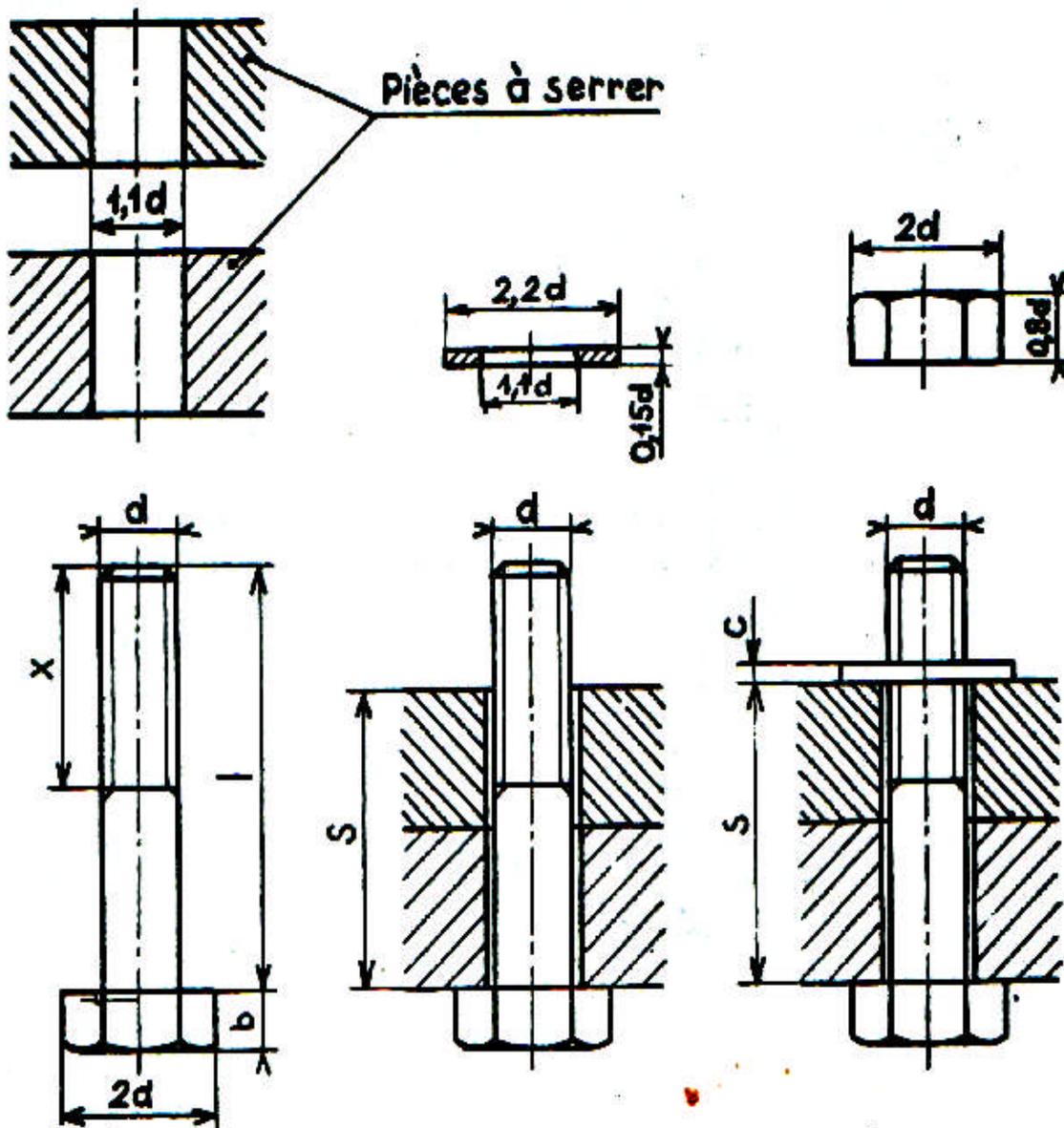
Filetage métrique à pas gros à droite



Filetage métrique à pas fin à droite



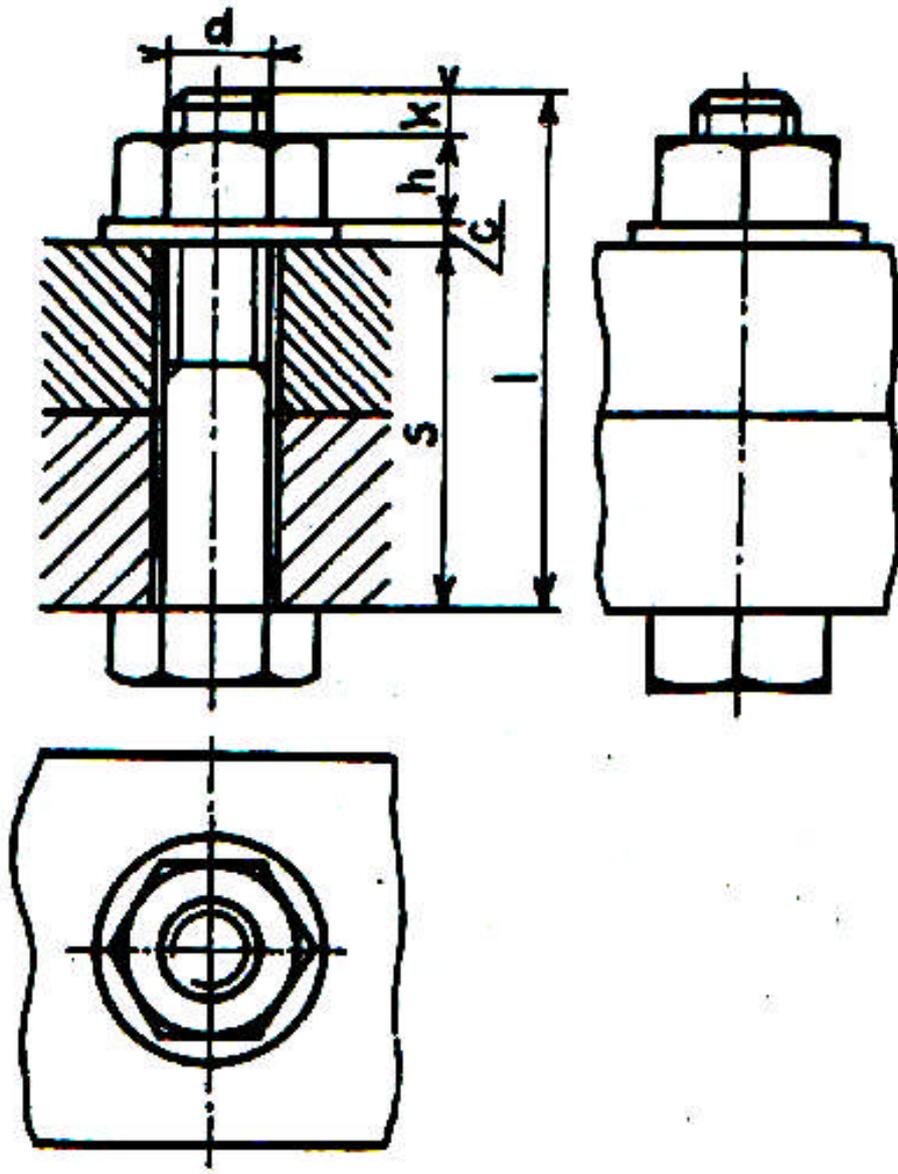
20-2.1.8. Assemblage par boulon



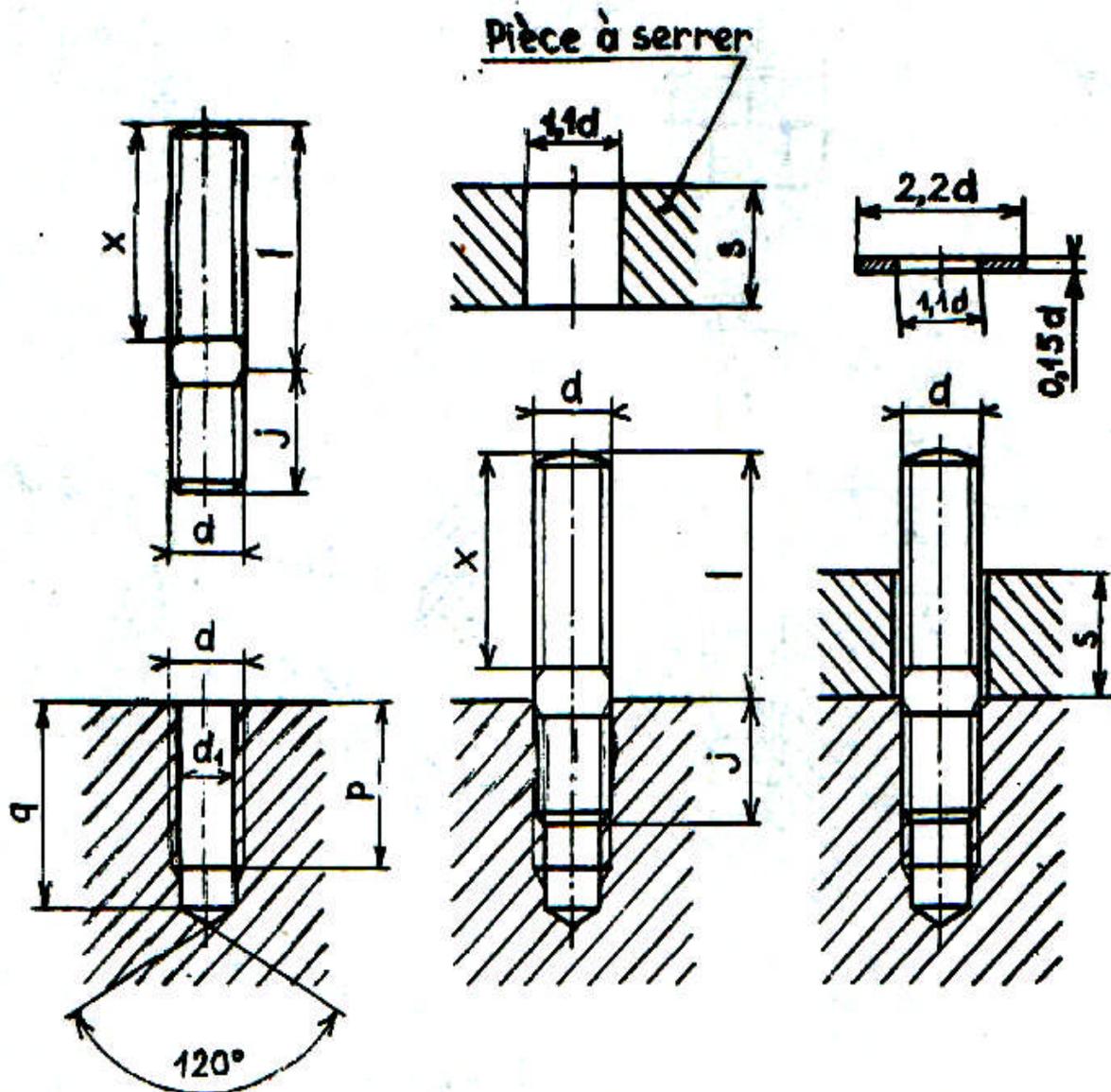
$$1. l = s + c + h + k; \quad k = 0,25d$$

$$2. l = s + 0,15d + 0,8d + 0,25d = s + 1,2d$$

$$\underline{l = s + 1,2d}$$



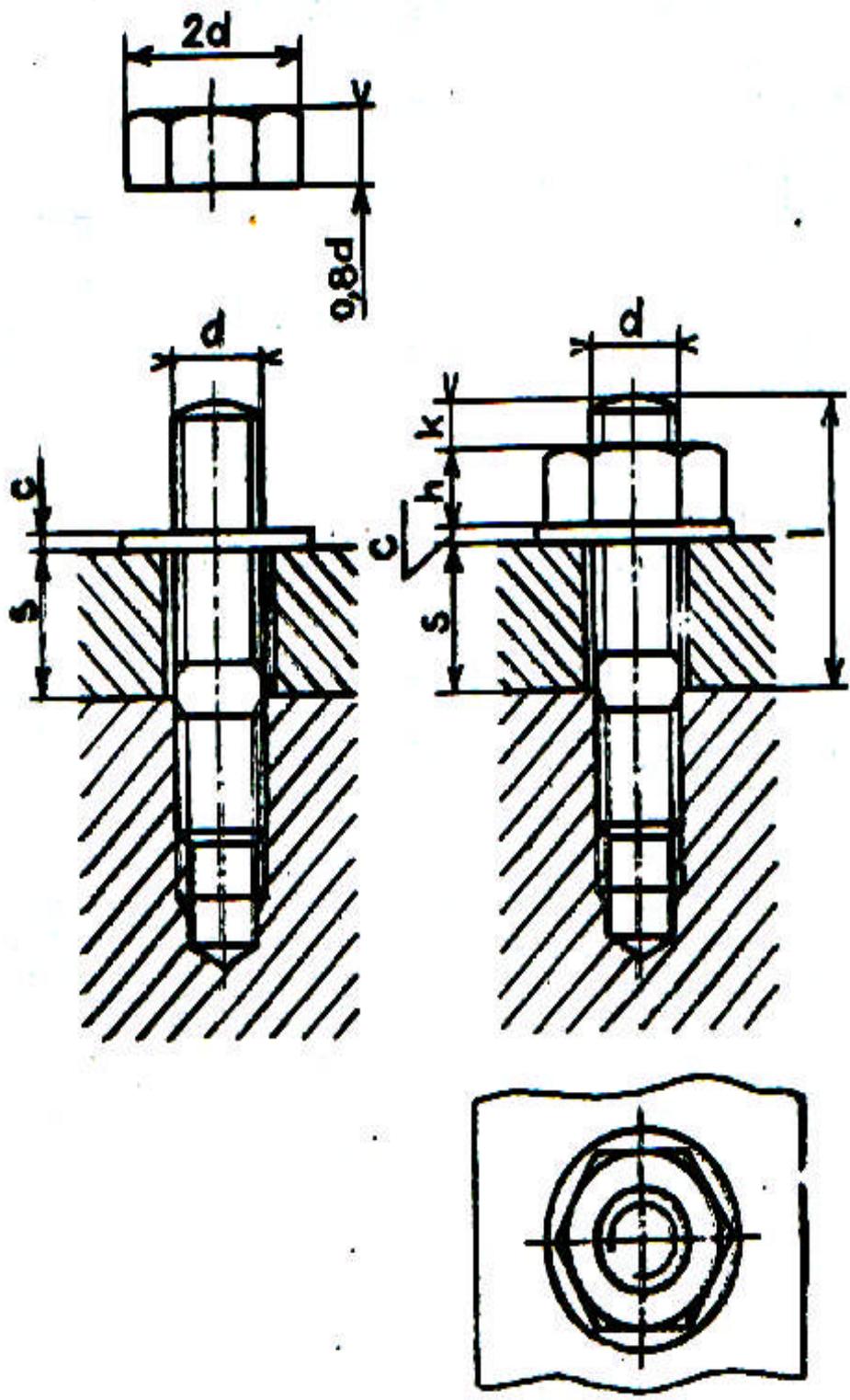
20.2.1.9. Assemblage par goujon



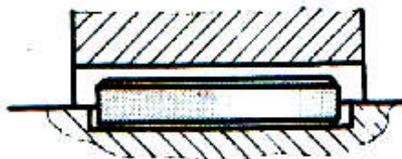
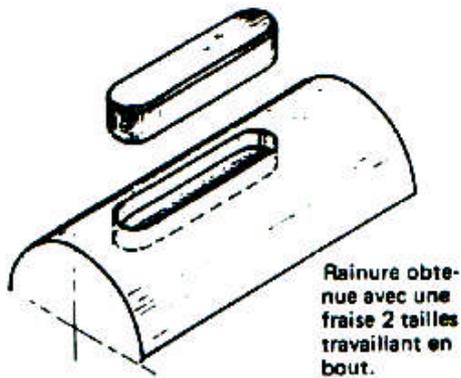
$$1. l = s + c + h + k; \quad k = 0,25d$$

$$2. l = s + 0,15d + 0,8d + 0,25d = s + 1,2d$$

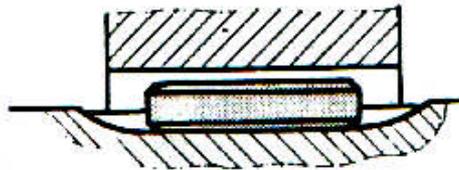
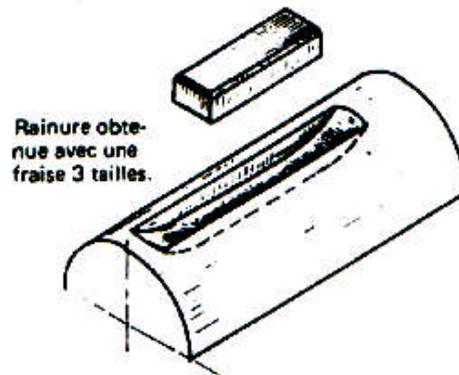
$$\underline{l = s + 1,2d}$$



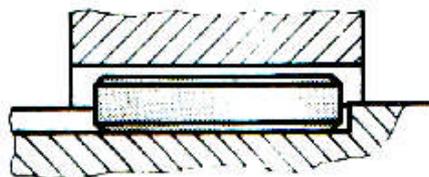
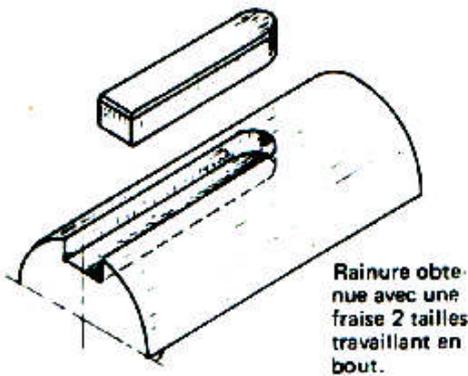
20-2 - 2 - CLAVETTES



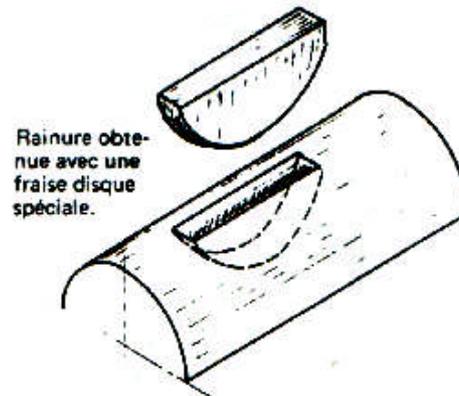
CLAVETTE PARALLÈLE
FORME A



CLAVETTE PARALLÈLE
FORME B



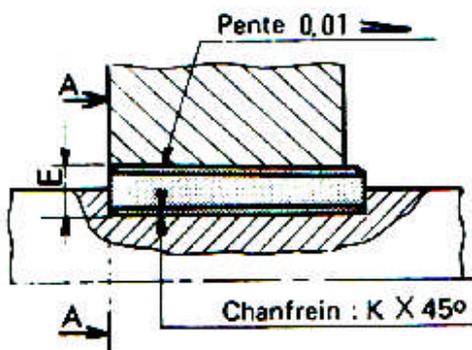
CLAVETTE PARALLÈLE



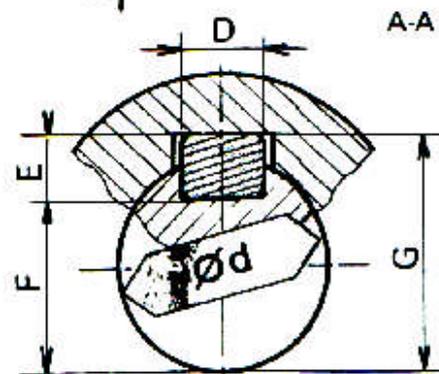
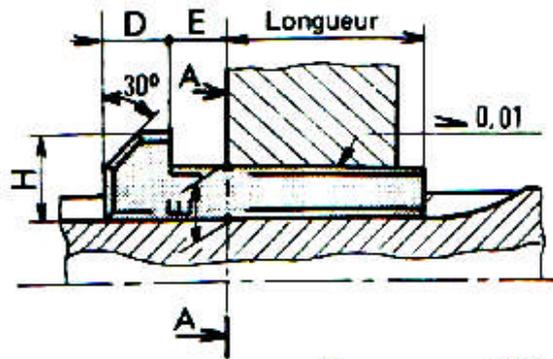
CLAVETTE DISQUE

CLAVETAGE FORCÉ

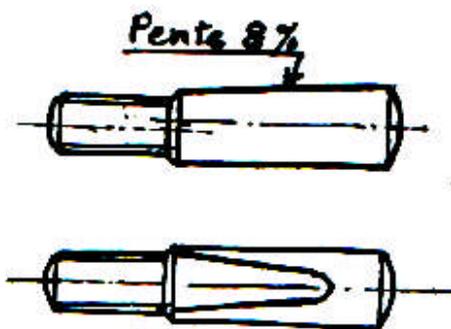
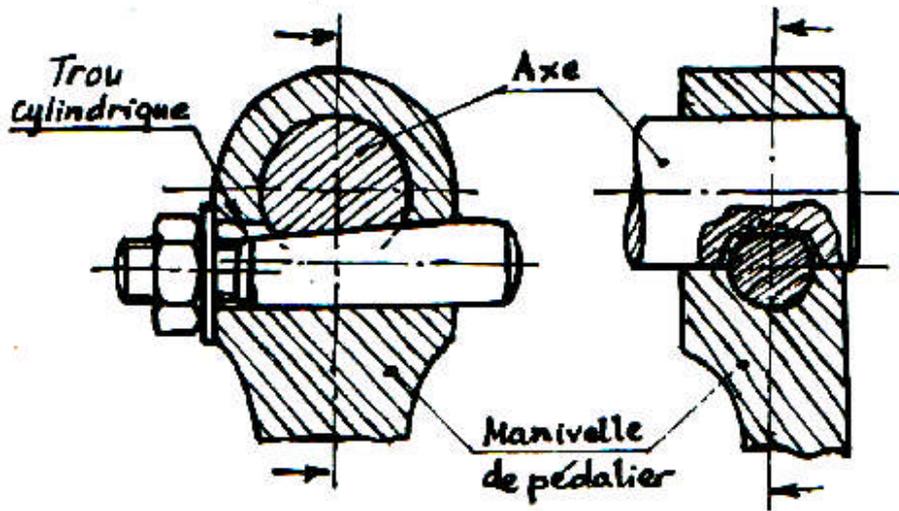
CLAVETTES INCLINÉES SANS TALON



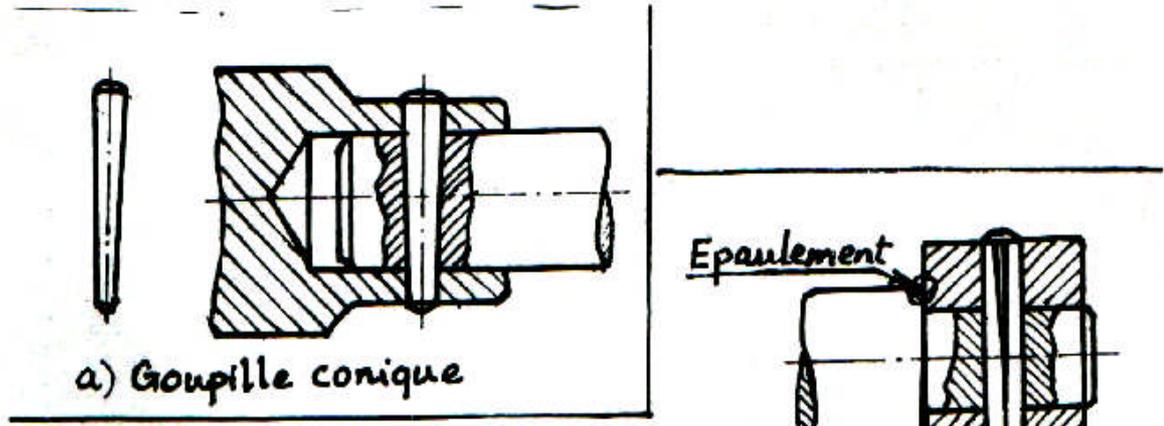
CLAVETTES INCLINÉES AVEC TALON



Clavette tangente.



20.2.3. Le goupillage

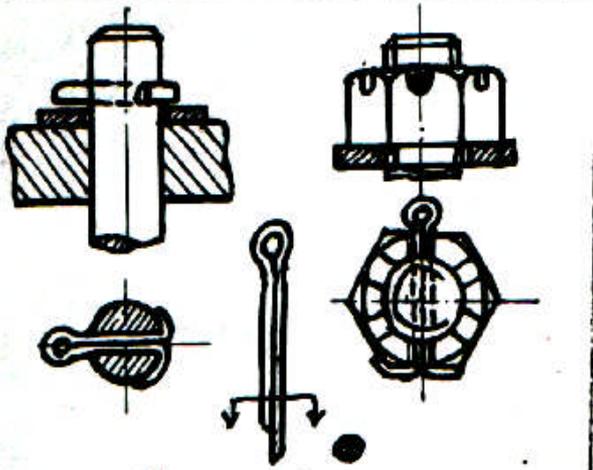


a) Goupille conique

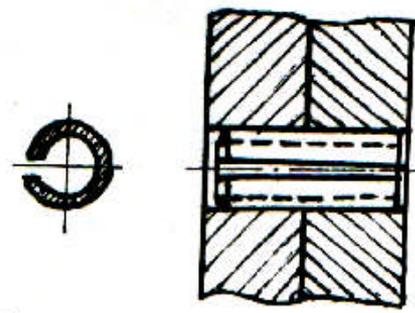


c)

Goupille cannelée

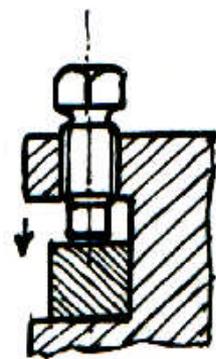


b) Goupille cylindrique fendue



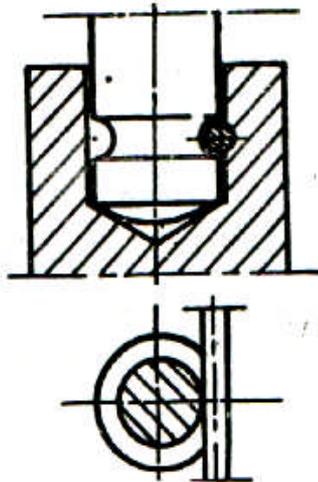
d) Goupille élastique

20.2.4. Vis de pression

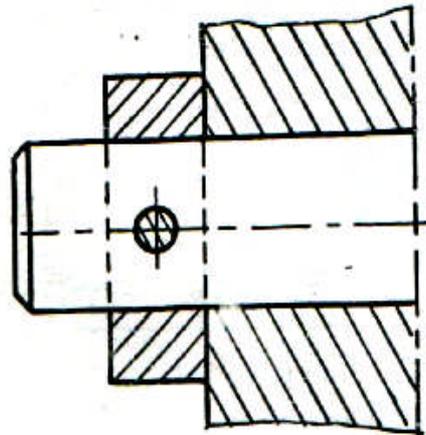


20.3. Liaisons partielles en translation

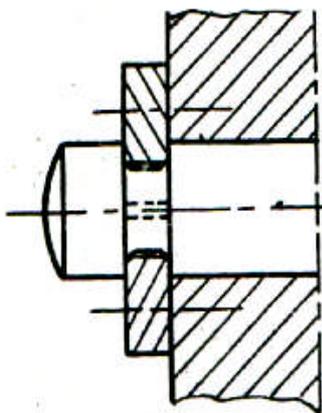
20.3.1. Goupille tangente



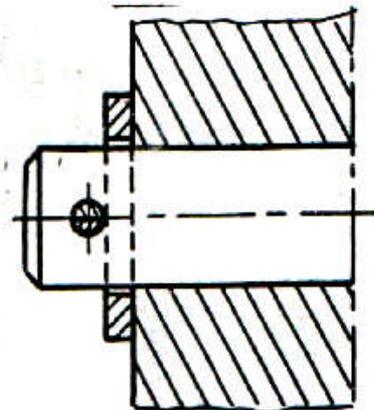
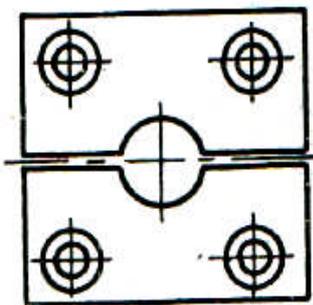
20.3.2. Bague goupillée



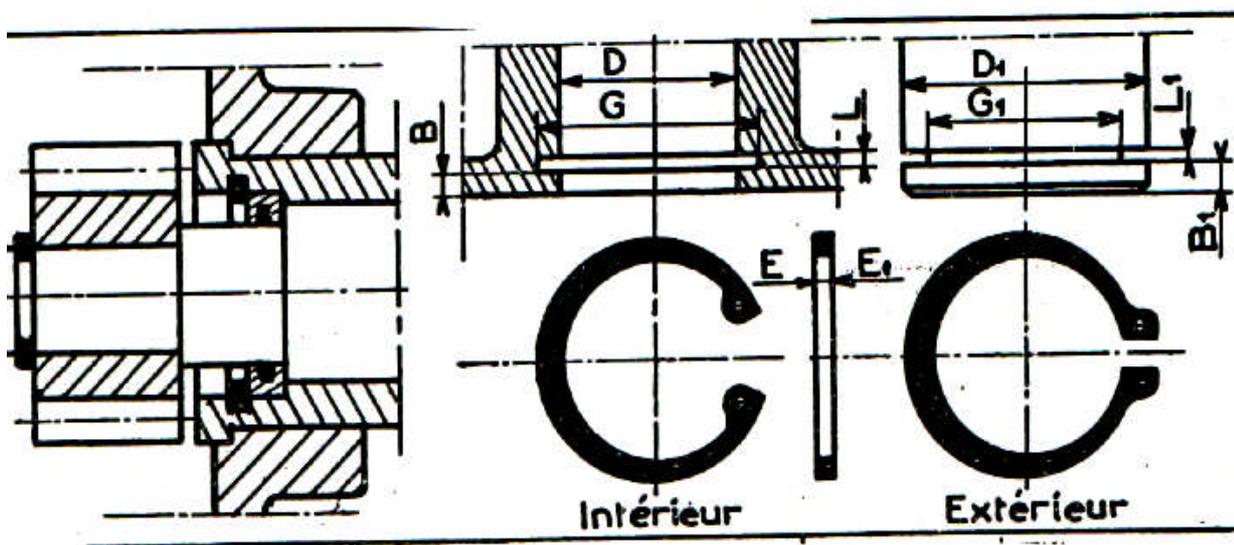
20.3.3. Bride d'arrêt



20.3.4. Rondelle et goupille

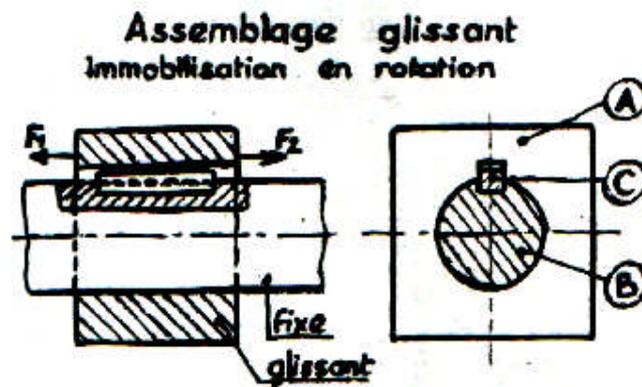


20.3.5. Les circlips

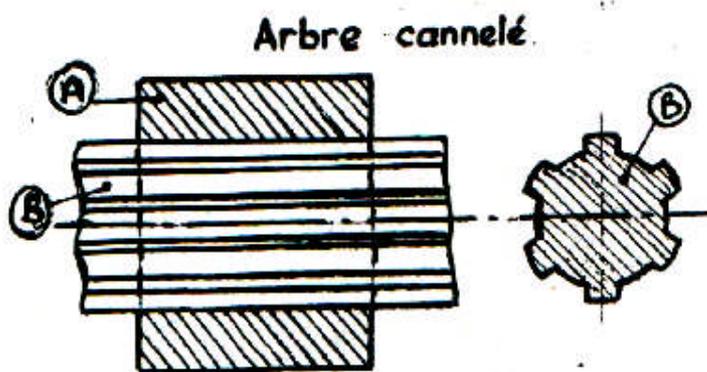


20.4. Liaisons partielles en rotation

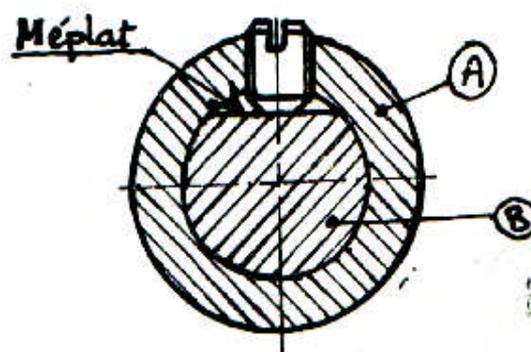
20.4.1. Clavette



20.4.2. Arbre cannelé



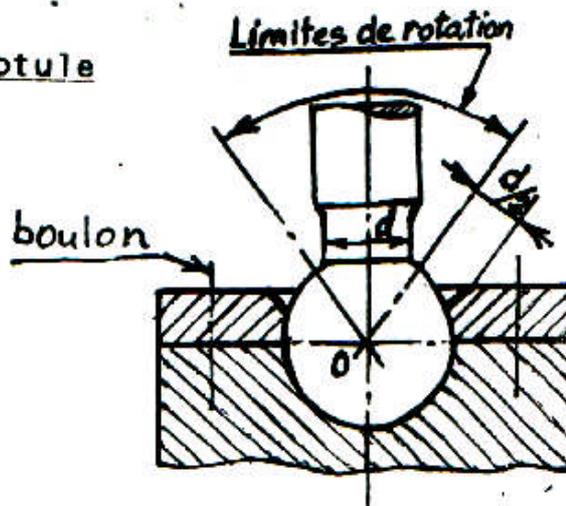
20.4.3. Vis à téton



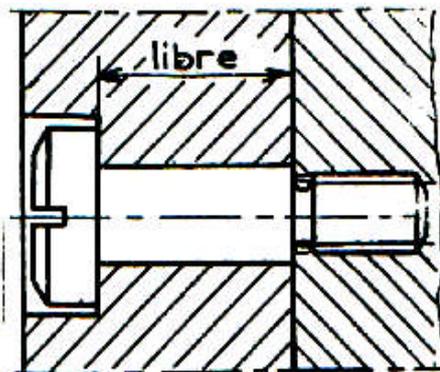
20.5. Liaisons partielles: sphérique et articulation

20.5.1. Liaison

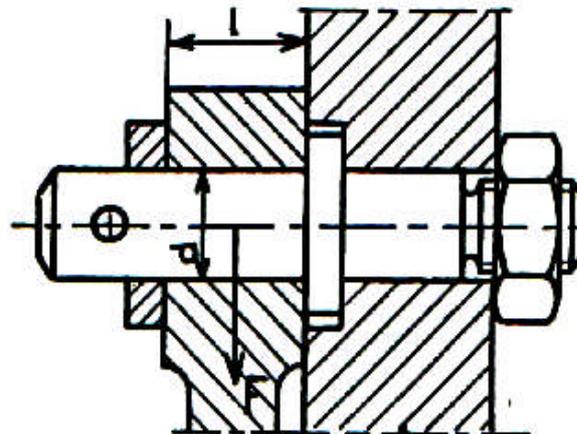
sphérique ou rotule



20.5.2. Vis axe pour articulation

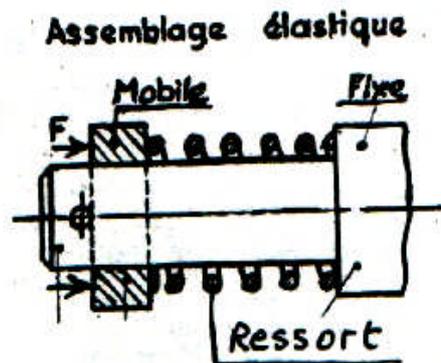
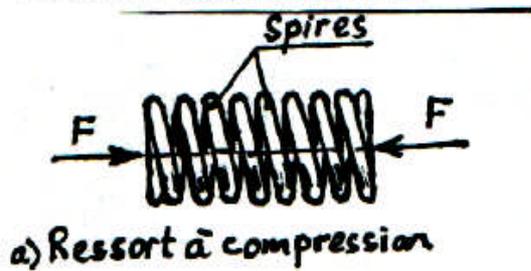


20.5.3. Articulation

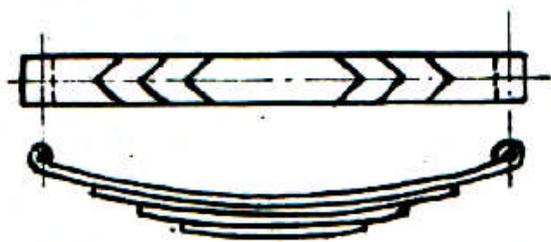


20.6. Liaisons partielles élastiques

20.6.1. Les ressorts

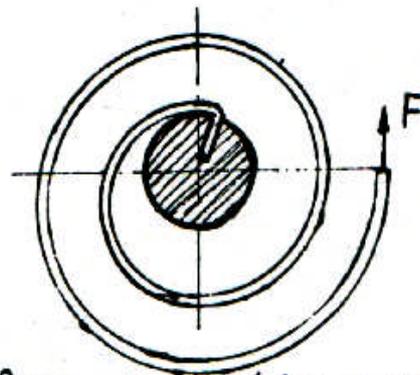


Ressort à lames



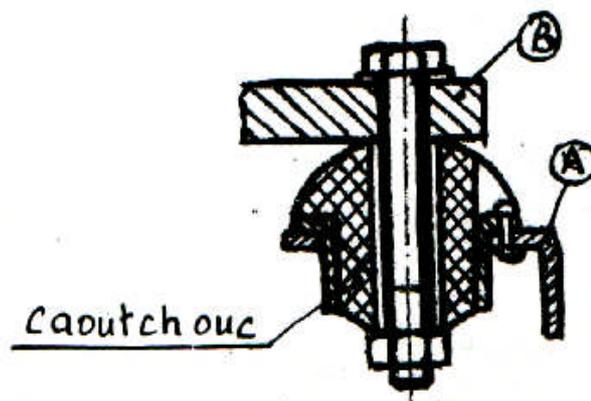
(suspension de voitures)

Ressort spiral.



(Ressort d'échappement d'une montre).

20.6.2. Le caoutchouc



21 - LA REPRESENTATION SYMBOLIQUE

21.1. Représentation simplifiée

Diverses raisons peuvent conduire à utiliser les représentations simplifiées de pièces et éléments ou de leurs assemblages (fonctions ou liaisons).

On estime parfois utile de remplacer par un tracé conventionnel le dessin exact de certains détails trop difficiles et ou trop longs à exécuter.

Les détails compliqués et de faibles dimensions qui se répètent sur une étendue assez importante n'ont pas lieu d'être complètement représentés.

Le dessin étant fait à l'échelle réduite, la représentation exacte de certains éléments ou détails y serait peu lisible ou même irréalisable.

On peut citer les cas suivants dont la représentation normalisée est très simplifiée tout en étant très significative:

- les filetages
- les engrenages
- les ressorts
- les roulements
- les soudures
- les installations électriques
- les installations hydropneumatiques
- les appareils de robinetterie
- les liaisons mécaniques

21.2. Les schémas

Pendant les premières études de conception, généralement, on désire ne tracer qu'un dessin incomplet, réduit à l'essentiel; c'est pourquoi l'on a recours aux schémas.

L'utilité d'un schéma apparaît essentiellement:

a)- En début d'étude d'un appareil:

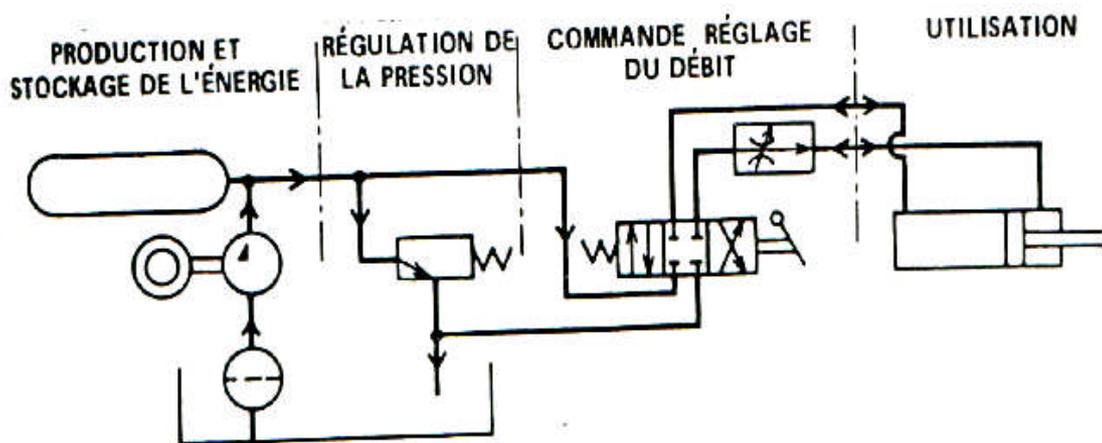
Il permet de prendre note des idées qui se présentent et évoluent à partir d'une forme très simple au fur et à mesure que la conception se précise.

b)- En cours d'étude:
 Lorsqu'on désire mettre en évidence certaines fonctions ou liaisons essentielles pour pouvoir choisir parmi plusieurs variantes d'études ou solutions.

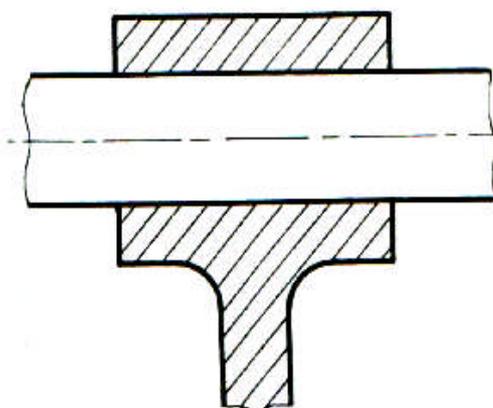
c)- Pendant l'étude technologique du produit:
 Pour aider à sa compréhension en éliminant les détails inutiles. Le schéma peut exprimer un principe de fonctionnement d'un mécanisme, un process technologique ou un ordre d'exécution.

Généralement, le schéma est accompagné d'une notice explicative ou au moins d'une légende qui donne la signification des abréviations employées.

Représentons ci-dessous l'exemple d'un schéma dont les symboles sont exprimés dans les pages suivantes.



DESSIN
de l'axe et de son guidage



SCHEMA



21.3. Symboles pour schémas

Nous donnons ici les symboles les plus utilisés en technologie mécanique, électrique et hydraulique.

21.3.1, Les liaisons mécaniques

Nom de la liaison	Mouvements relatifs	Degrés de liberté	Symboles
Encastrement	0 rotation 0 translation	0	
Pivot	1 rotation 0 translation	1	
Glissière	0 rotation 1 translation	1	
Glissière hélicoïdale	1 rotation 1 translation conjuguées	1	
Pivot glissant	1 rotation 1 translation	2	
Appui plan	1 rotation 2 translations	3	
Rotule	3 rotations 0 translation	3	
Liaison linéaire rectiligne	2 rotations 2 translations	4	
Liaison linéaire annulaire	3 rotations 1 translation	4	
Liaison ponctuelle	3 rotations 2 translations	5	
Liaison libre	3 rotations 3 translations	6	Pas de symbole Aucun contact entre les deux solides.

21-3-2. REPRÉSENTATION DES ROULEMENTS

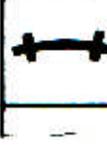
ROULEMENTS A BILLES

<p>Rigide à 1 rangée de billes</p> 	<p>Type BC</p> 	<p>SUR UN DESSIN OU UN SCHEMA</p> <p>Représentation d'un roulement (à billes ou à rouleaux) et d'une butée dont le type n'est pas défini.</p> 	
<p>à contact oblique 1 rangée de billes</p> 	<p>Type BN et BT</p> 	<p>à contact oblique 2 rangées de billes</p> 	<p>Type BE</p> 

Rts A ROULEAUX CYLINDRIQUES

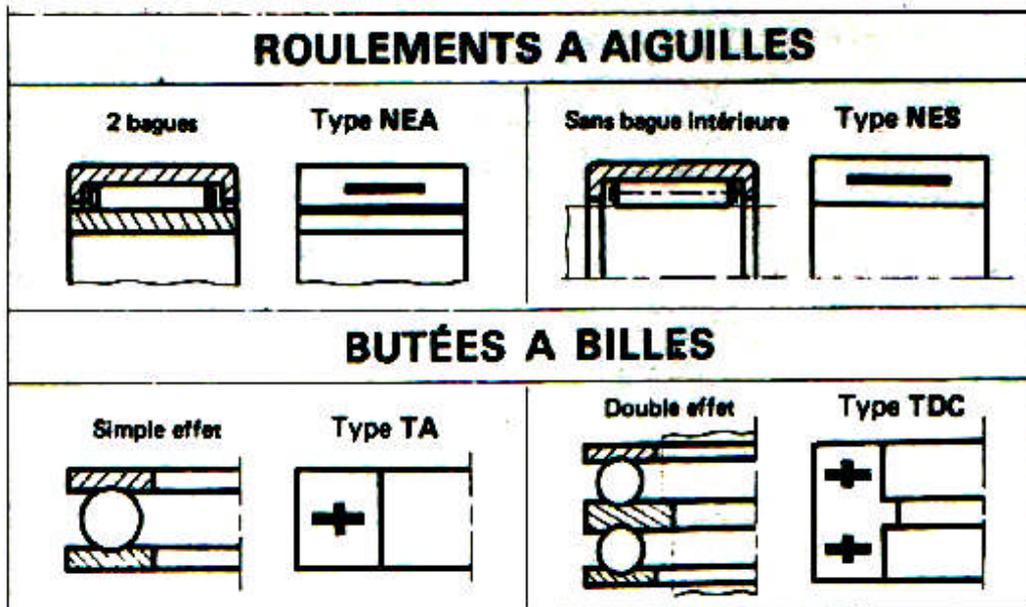
<p>Double épaulement : a) sur bague int. b) sur bague ext.</p> 	<p>Type RN Type RU</p> 	<p>Epaulements sur les 2 bagues</p> 	<p>Type RJ</p> 
--	--	---	--

Rts A ROTULE (à billes ou à rouleaux)

<p>Sur 2 rangées de billes</p> 	<p>Type BS</p> 	<p>Sur 2 rangées de rouleaux</p> 	<p>Type SD</p> 
--	--	--	--

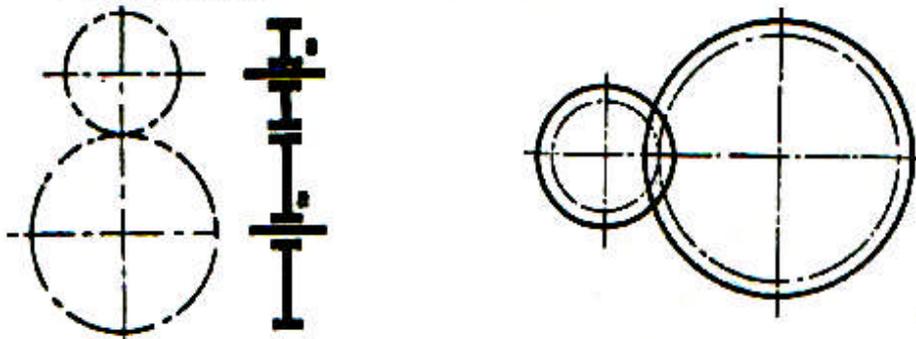
Rts A ROULEAUX CONIQUES

<p>Types KA - KB - KC - KD et KE suivant l'angle</p> 			
<p>Angle réduit</p>		<p>Grand angle</p>	

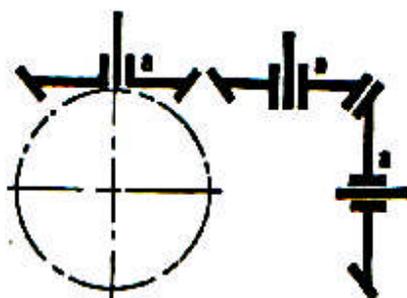


21.3.3. Les engrenages

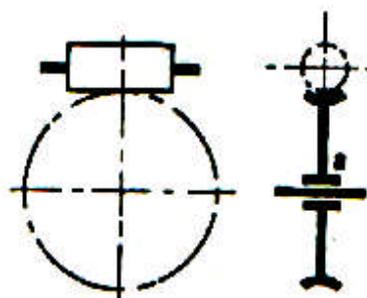
**ENGRENAGE
CYLINDRIQUE**



ENGRENAGE CONIQUE



**ROUE TANGENTE
ET VIS SANS FIN**



21.3.4. Symboles divers

Symboles généraux	Robinet de tous types pour sectionnement		Clapet de non retour			
	Robinet de tous types pour réglage		Clapet d'arrêt			
	Soupapes de sûreté (ou de décharge)			7.12		
Symboles particuliers	Robinet-vanne		Robinet à obturateur déformable			
	Robinet à soupape	Droit		Détendeur ou déverseur		
		D'équerre		Clapets	Clapet combiné d'arrêt et de non retour	
		A 3 voies			Clapet de pied à crépine	
	Robinet à pointeau		Clapet de non retour blocable			
	Robinet à piston		Clapet d'arrêt à double effet			
	Robinet à tournant	Droit		Clapet à battant		
		D'équerre		Clapet à boule		
		A 3 voies et 2 lumières		Clapet à soupape		
		A 3 voies et 3 lumières		Purgeur automatique	De tous types	
	Robinet à papillon		7.13	A filtre incorporé		7.14
	Modes de montage	Par brides				
		Par abouts filetés mâles				
Par manchons taraudés						
Par soudures					7.15	
Signes de commande	Mécanique manuelle		Par un fluide auxiliaire par vérin			
	Mécanique par flotteur		id.			
	Mécanique à distance		id.			
	Mécanique asservie		Par électro-aimant à 1 ou 2 enroulements			
	Par le fluide lui-même		Par moteur électrique			
	Par un fluide auxiliaire par membrane		Télé-indicateur de la position de l'obturateur		7.16	

Appareils hydrauliques et pneumatiques					
Fonctions	Appareils	Symboles	Fonctions	Appareils	Symboles
Symboles généraux	Conduite de travail		Appareils de transformation de l'énergie	Pompe hydraulique à cylindrée fixe	1 sens de flux
	Conduite de pilotage, de récupération, de purge, d'évacuation			2 sens 	
	Encadrement de plusieurs appareils			Pompe hydraulique à cylindrée variable (1 ou 2 sens)	
	Liaison mécanique ; arbre			Compresseur à cylindrée fixe (toujours à 1 seul sens)	
	Croisement de conduites			Pompe-moteur à cylindrée fixe et à inversion du sens de flux	
	Raccordement de conduites			Moteur hydraulique à cylindrée fixe	1 sens
	Conduite flexible			2 sens 	
	Canalisation électrique			Moteur hydraulique à cylindrée variable (1 ou 2 sens)	
	Appareil de transformation d'énergie			Moteur pneumatique à cylindrée fixe	1 sens
	Appareils de distribution			2 sens 	
	Appareil de conditionnement			Moteur pneumatique à cylindrée variable (1 ou 2 sens)	
	Sens de déplacement			Vérin à simple effet	
	Appareil réglable			Vérin à double effet	
	Moteur électrique			Vérin différentiel	
	Moteur thermique			Multiplicateur de pression	
	Source de pression			Echangeur de pression	
	Flux hydraulique				
	Flux pneumatique				
	Ressort				
	Etranglement sensible à la viscosité				

Appareils		Symboles		Appareils		Symboles				
Appareils de distribution	Distributeur à 2 positions				Appareils de régulation	Clapet de non-retour				
	Distributeur à 3 positions dont une de repos, au centre					non taré				
	Distributeur à 2 positions + position intermédiaire de passage					taré				
	Voies d'écoulement	1 voie A 2 orifices fermés B				Sélecteur de circuit				
		2 voies A ou B					Limiteur de pression (soupape de sûreté)			
		2 voies + 1 orifice fermé						Réducteur de pression		
	Distributeur à	2 orifices 2 positions				Régulateur de débit				
		3 orifices 2 positions					Réservoir à l'air libre		conduite débouchant au dessus du fluide	
		4 orifices 2 positions						conduite débouchant dans le liquide		
	Appareils de commande	Commande manuelle	bouton-poussoir			Réservoir sous pression				
levier					Purge d'air					
pédale					Filtre, crépine					
Commande mécanique		poussoir			Purgeur à commande manuelle					
		ressort			Déshydrateur					
		galet			Lubrificateur					
Commande électrique		par électro-aimant			Refroidisseur					
		par moteur			Réchauffeur					
Commande pneumatique ou hydraulique				Régulateur de température						
Commande par distributeur pilote				Manomètre						
Dispositif de maintien en position					i.2.16					
Dispositif de verrouillage										
Appareils d'accumulation et de conditionnement										

		Symboles	
Courant continu			
Courant alternatif			
Conducteur	simple		
	double		
	triple		
Bornes			
Croisements	sans connexion		
	avec connexion		
Connexions	en étoile		
	en triangle		
Mise à la terre			
Mise à la masse			
Enroulement			
Résistance non réactive			
Résistance variable			
Impédance			
Inductance			
Condensateur fixe et variable			
Fiche et prise de courant			
Coupe circuit à fusible			
Interrupteur			
Bouton-poussoir			
Sectionneur			
		Appareils de mesure	
		Contacteur	
		Disjoncteur	
		Relais (symbole général)	
		Appareil	
		indicateur	
		enregistreur	
		compteur	
		Voltmètre - Ampèremètre	
		Wattmètre	
		Batterie de piles ou d'accumulateurs	
		Génératrice courant continu et courant alternatif	
		Moteur courant continu et courant alternatif	
		Transformateur	
		Variante	
		Redresseur à semi-conducteur	
		Transistor	
		Lampe à incandescence	
		symbole général	
		Voyant	
		1 lumineux	
		2 mécanique	
		Avertisseur sonore	
		Sonnerie - Sirène	
		Micro - Ecouteur	
		Combiné	
		7.18	

22 - LE DESSIN ASSISTÉ PAR ORDINATEUR

De plus en plus les concepteurs et technologues de tous genres et autres personnes appelées à dessiner, tendent vers l'informatisation de leurs plans et de leurs méthodes de conceptions.

La solution la plus répandue est l'utilisation d'un micro-ordinateur et du logiciel de dessin spécialisé tel que l'Autocad par exemple. Ce qu'on appelle le système DAO ou le dessin assisté par ordinateur. Cet outil va remplacer la main, la règle, le crayon, la gomme, etc...

Un logiciel de dessin technique permet la conception et le traçage d'une façon plus rapide et plus précise que celle manuelle. Ses champs d'application sont généralement très variées. C'est un outil de dessin très puissant qui permet:

- de dessiner des schémas, des coupes et des perspectives de tous genres cotées.

- d'exécuter les dessins d'une très haute précision. Certains traceurs à plumes ont une précision de l'ordre du dixième de millimètre et d'autres électrostatiques possèdent une densité de 25000 points par centimètre carré.

- de faire des corrections ou modifications facilement et rapidement sur des dessins existants.

- d'obtenir des copies à l'échelle et en quantité voulue.

- de créer nos propres banques de symboles.

- d'accéder rapidement et efficacement à l'information.

- d'augmenter la productivité des dessinateurs et des ingénieurs concepteurs.

- un apprentissage facile et commode avec son mode conversationnel.

Avec la méthode conventionnelle, le dessinateur, ou le concepteur doit préparer des esquisses puis dessiner en pensant constamment au facteur d'échelle car s'il change d'échelle, il devra tout recommencer. Si des modifications s'imposent, il hésitera à recommencer son dessin, préférant y apporter quelques rapides retouches, au détriment de la qualité esthétique de son travail.

Avec la méthode du dessin assisté par ordinateur, le dessin initial est le produit final. Le dessinateur ne fait pas de conversion d'échelle, car c'est l'ordinateur qui exécutera ce travail. Une fois terminé, un dessin pourra être tracé en n'importe quel format normalisé sans que le dessinateur ait à dépenser temps ou efforts supplémentaires, si ce n'est de mettre une feuille dans le traceur et ordonner à la machine de commencer le travail.

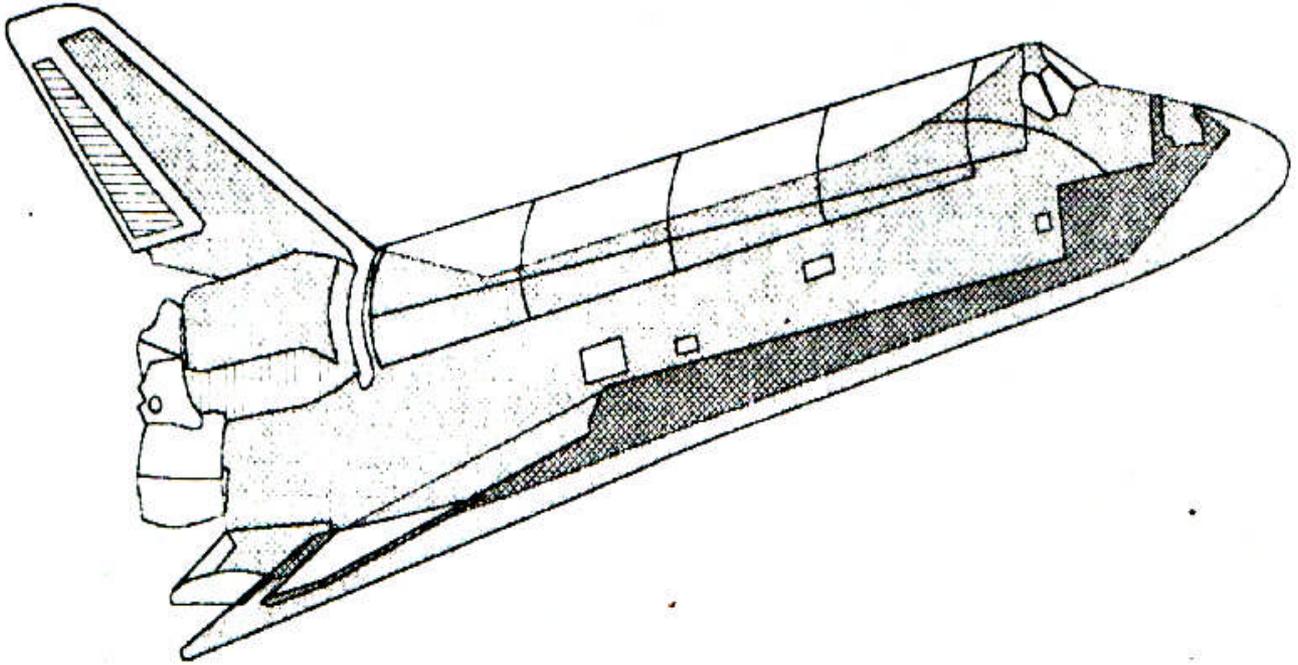
Les dessins où l'on retrouve des formes répétitives, ou dont la précision est très importante, sont les plus sujets à être informatisés. Prenons par exemple le milieu industriel, où l'on retrouve des pièces à être usinées par des machines contrôlées par commande numérique qui exigent des dessins parfaitement exécutés. Aussi le besoin en DAO est plus nécessaire lorsque la production est variée (donc unitaire, en petite série ou d'éléments non standards) pour avoir un gain de la rentabilité et de la qualité.

Une représentation volumique ou solide donne une représentation fidèle de la réalité. On peut percer un trou dans le solide sous n'importe quel angle sans avoir à se soucier des formes d'ellipses ou des profondeurs aux embouchures du trou, l'opération étant naturelle. Avec une modélisation solide, on peut calculer avec plus de précision non seulement des volumes, mais également des poids, des centres de masse, des moments d'inertie, etc...

La possibilité d'ombrager les objets est plus poussée. On parle dans ce cas de surface, ce qui signifie que l'on peut donner aux objets des propriétés d'opacité de transparence et de réflexion.

Le coût d'évaluation de l'informatisation doit prendre en considération les revenus qu'elle génère ou les dépenses supplémentaires qu'elle évite en plus des nouvelles opportunités créées par un gain de productivité. En moyenne, l'investissement est amorti à court terme.

Exemples de dessins assistés par ordinateur

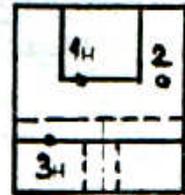
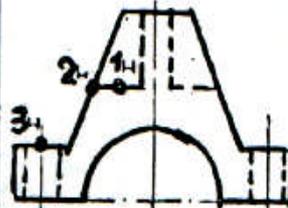
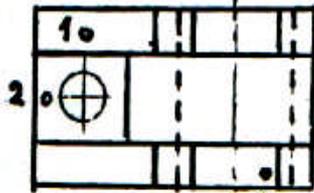
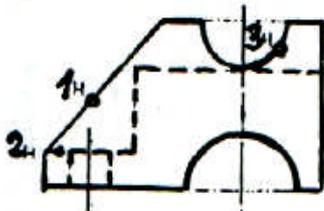


23 - CORRIGES D'EXERCICES

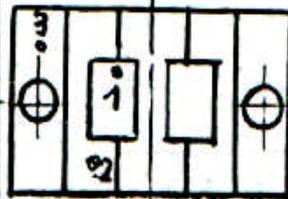
Solution des exercices 10.5.(1)

Les solides désignés par les chiffres correspondent aux vues ci-dessous

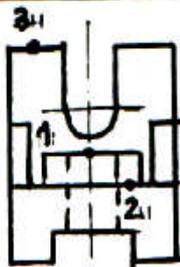
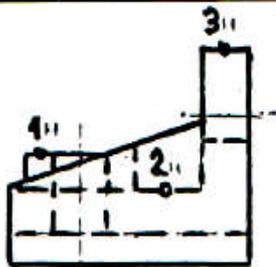
SOLIDES	V U E S C O R R E S P O N D A N T E S		
	PAGE N° 64	PAGE N° 65	PAGE N° 66
1	C	D	B
2	M	C	A
3	B	K	L
4	D	E	C
5	A	D	M
6	J	N	D
7	E	F	E
8	A	F	N
9	I	H	M
10	G	B	J
11	J	A	K
12	L	J	I



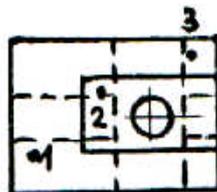
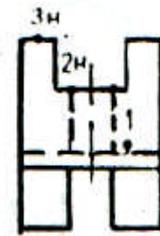
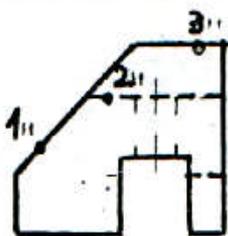
Corrigé N°15



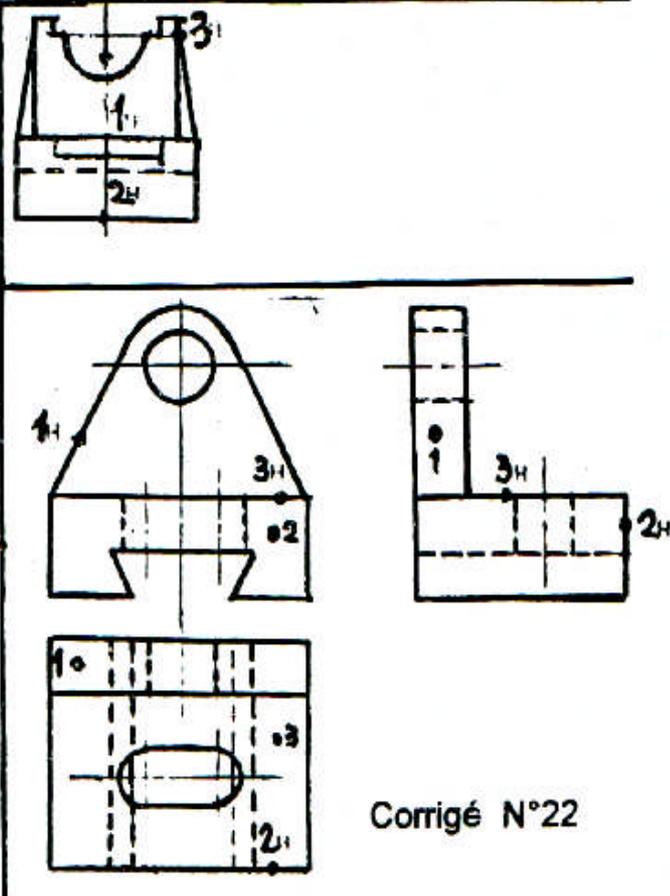
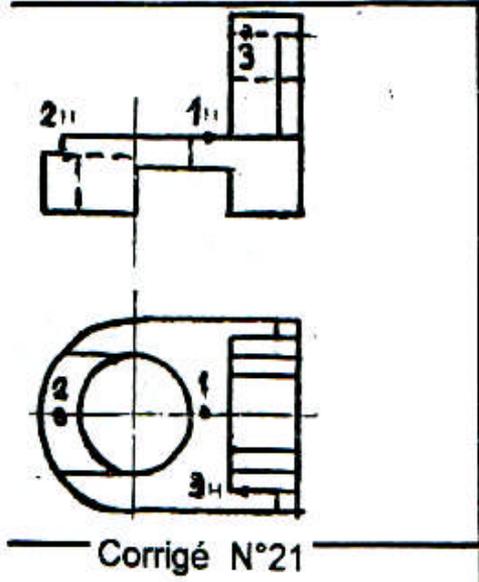
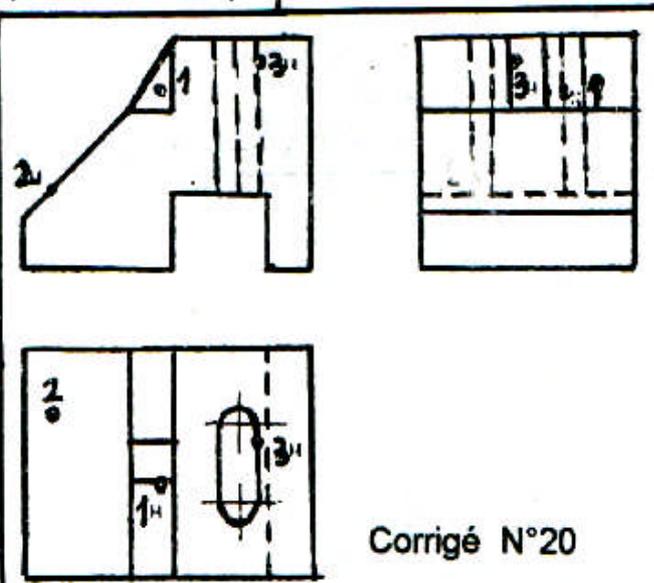
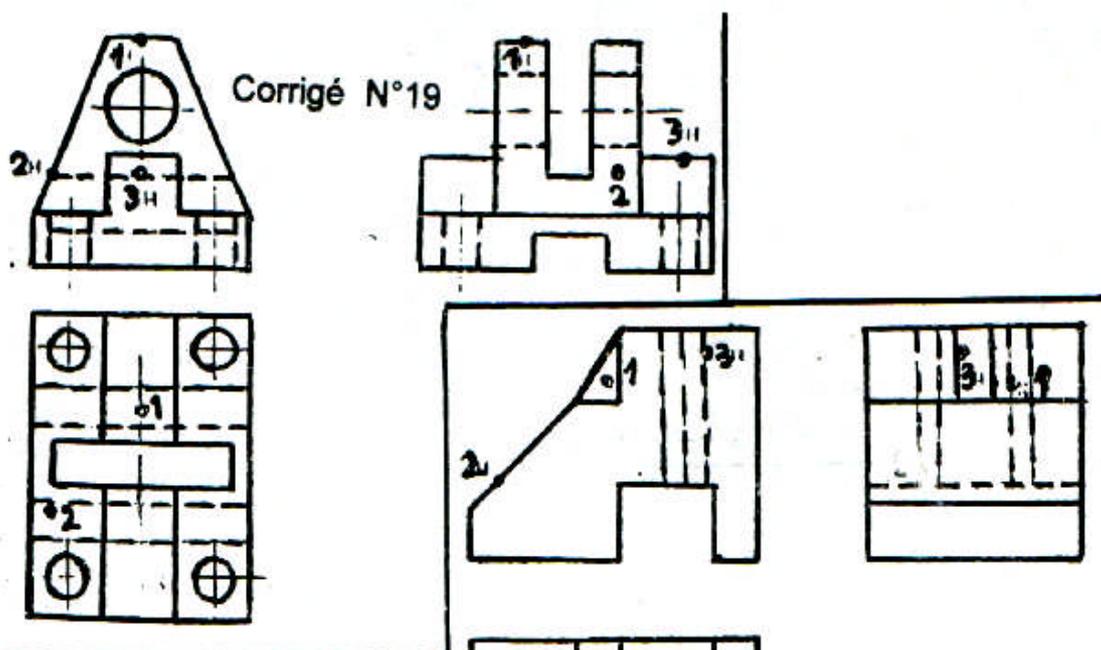
Corrigé N°16

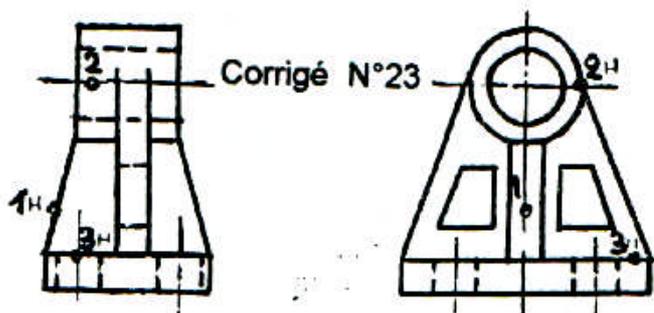


Corrigé N°17

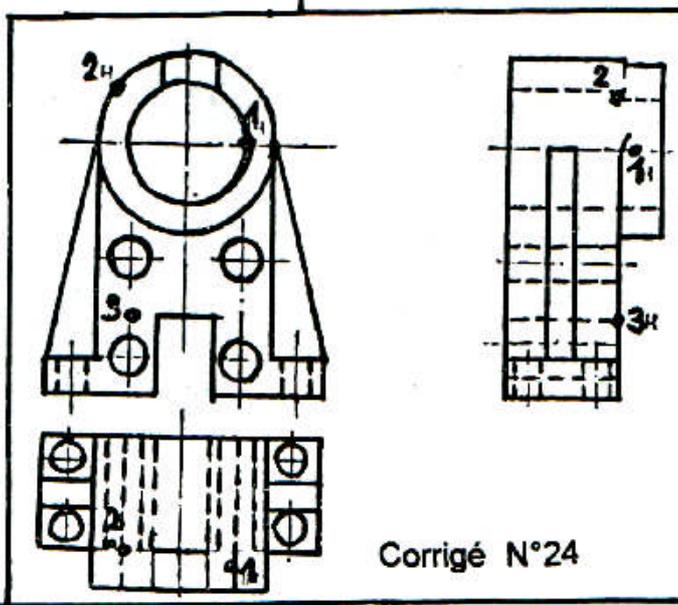
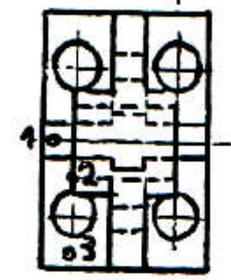


Corrigé N°18

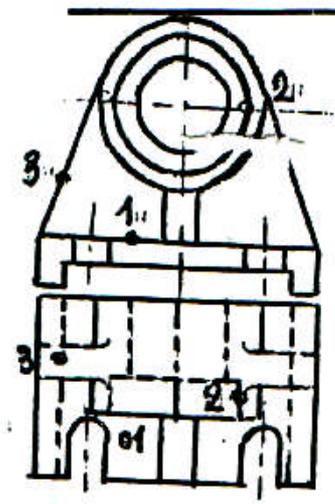




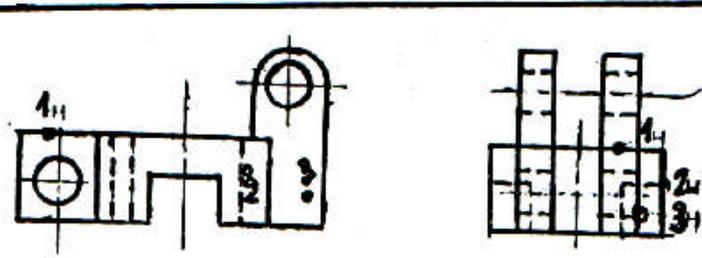
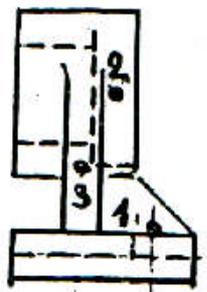
Corrigé N°23



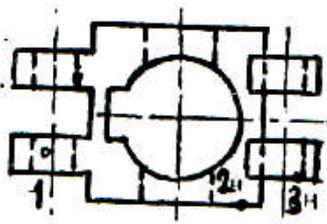
Corrigé N°24

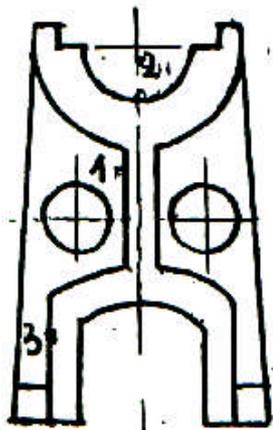


Corrigé N°25

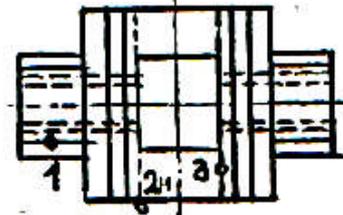
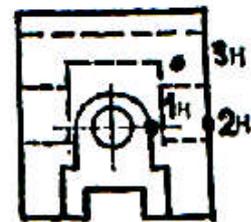
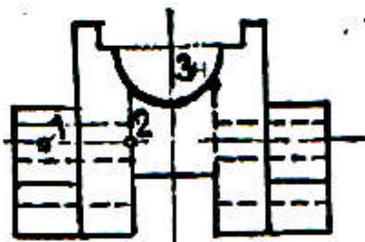


Corrigé N°26

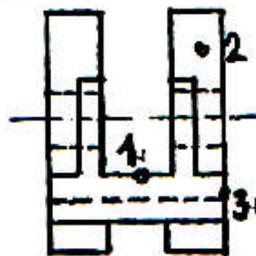
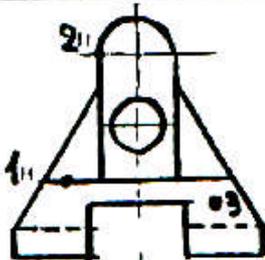




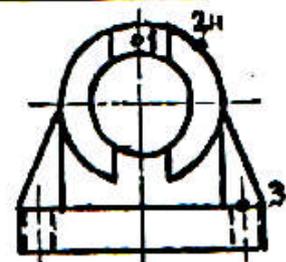
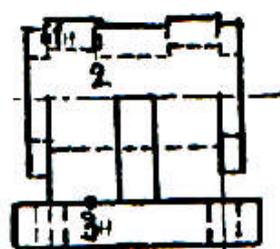
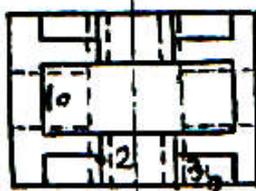
Corrigé N°27



Corrigé N°28

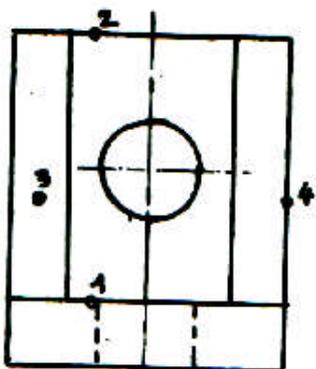


Corrigé N°29

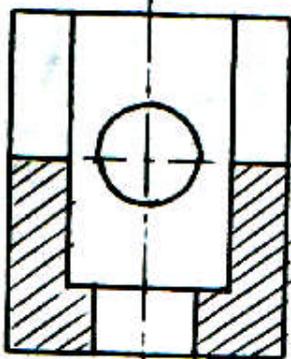


Corrigé N°30

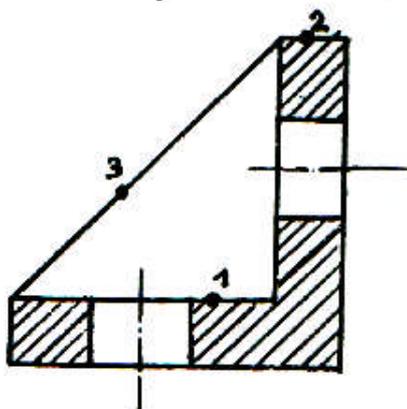
Vue A



Coupe C-C

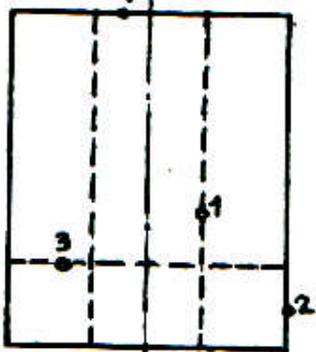


Coupe B-B

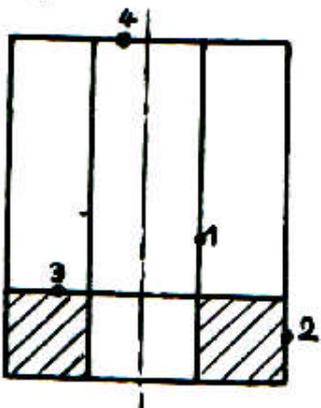


Corrigé N°70

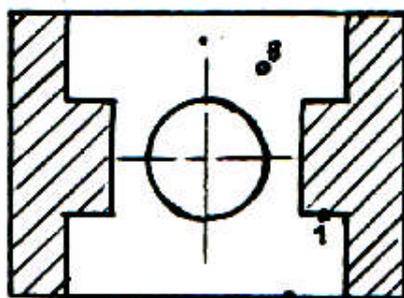
Vue A



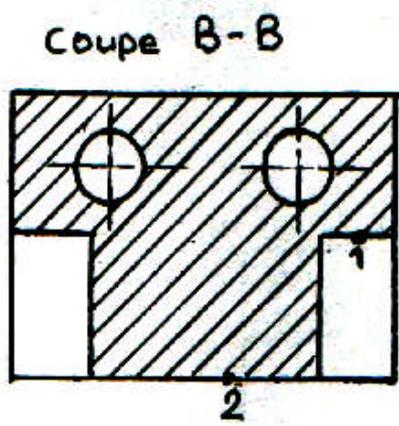
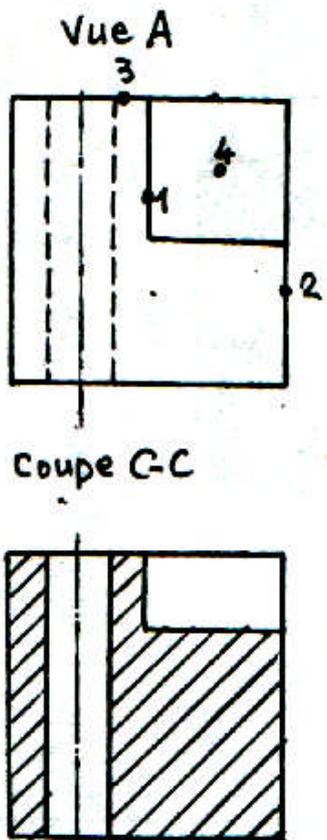
Coupe C-C



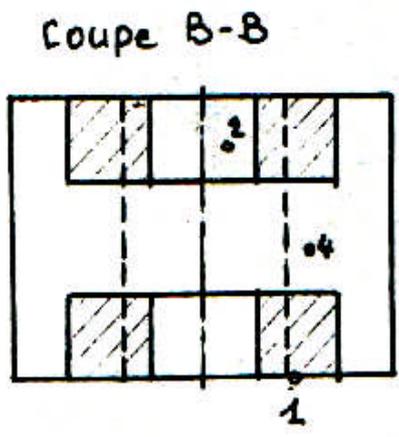
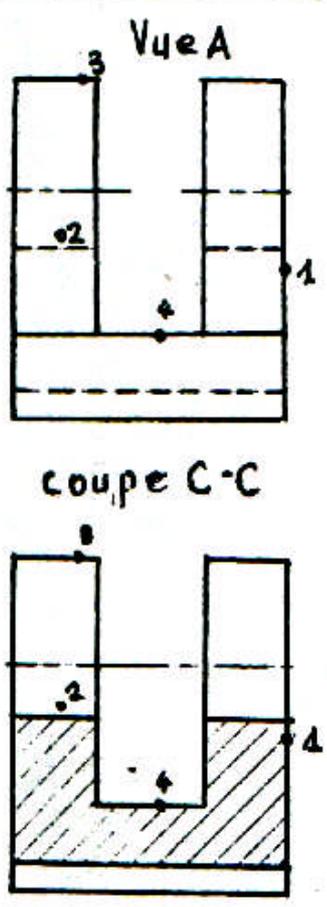
Coupe B-B



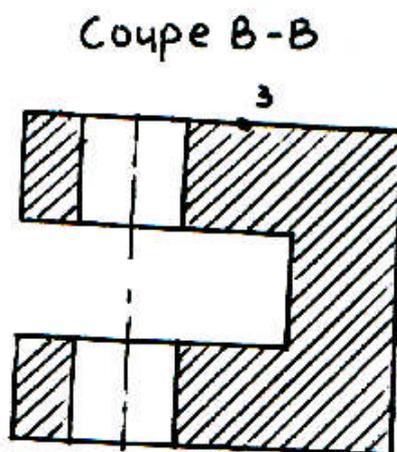
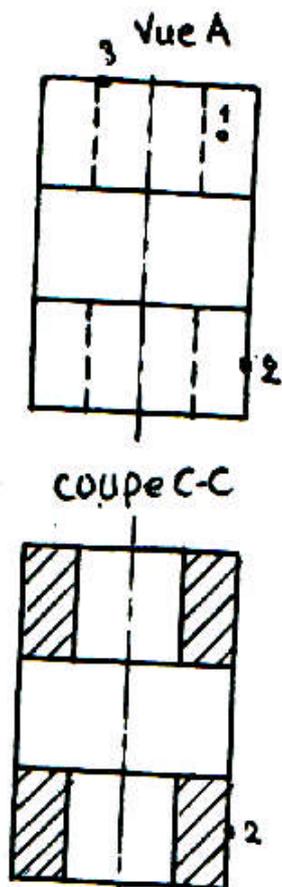
Corrigé N°71



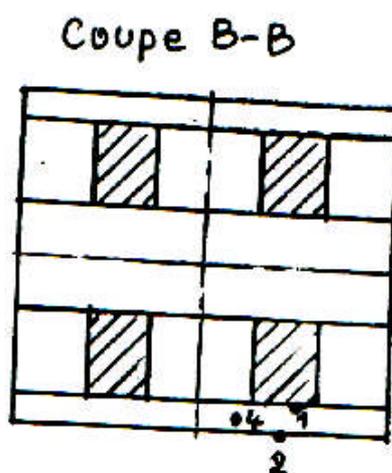
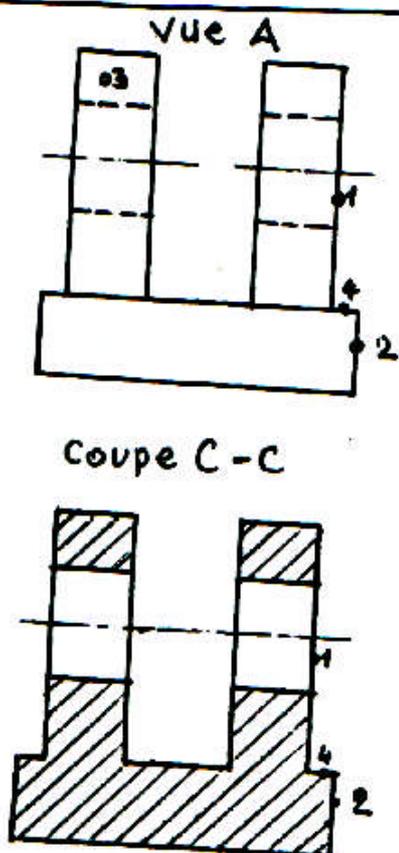
Corrigé N°72



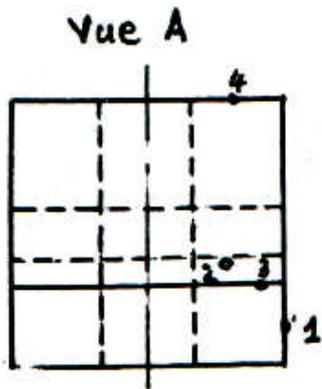
Corrigé N°73



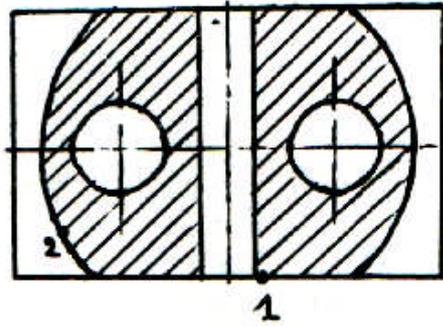
Corrigé N°74



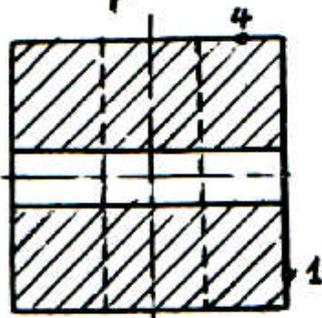
Corrigé N°75



Coupe B-B

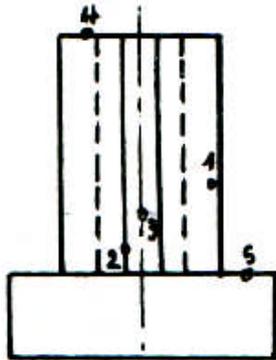


coupe C-C

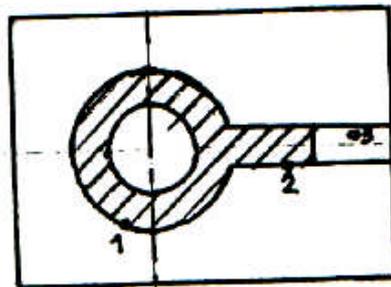


Corrigé N°76

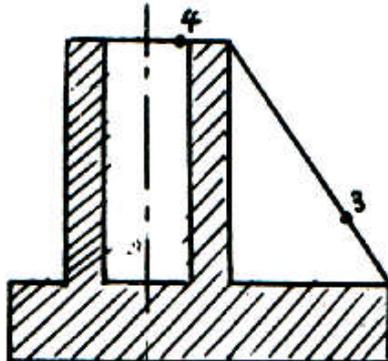
Vue A



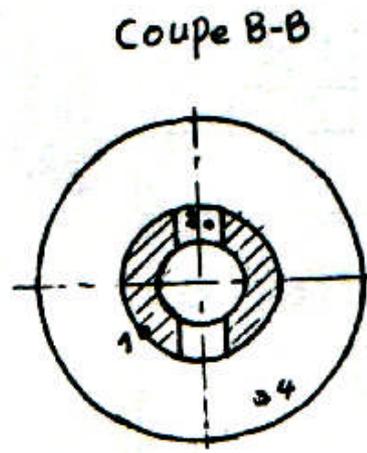
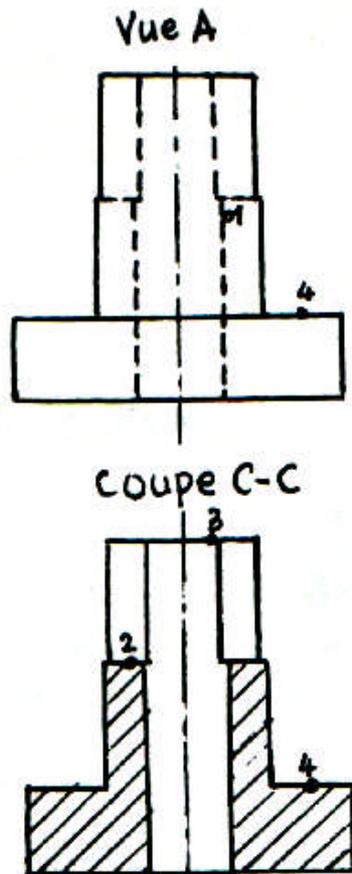
coupe B-B



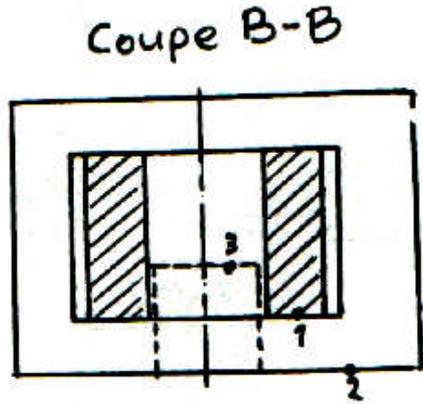
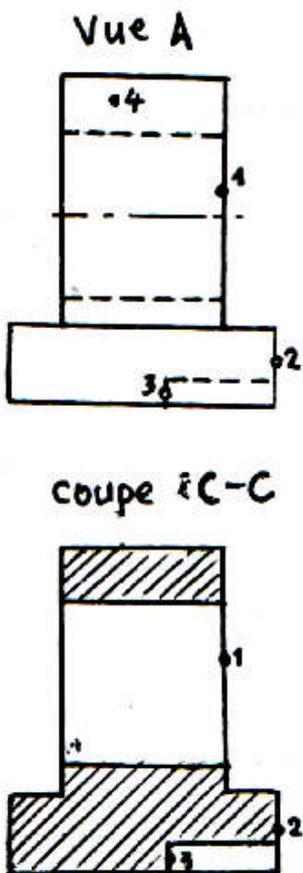
Coupe C-C



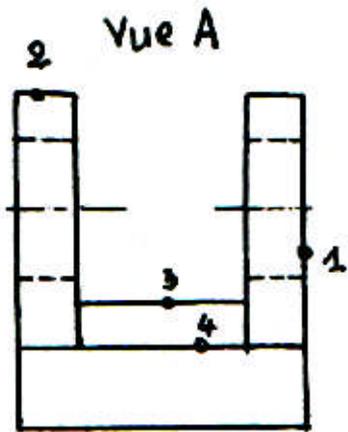
Corrigé N°77



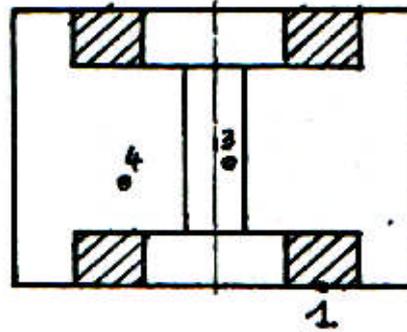
Corrigé N°78



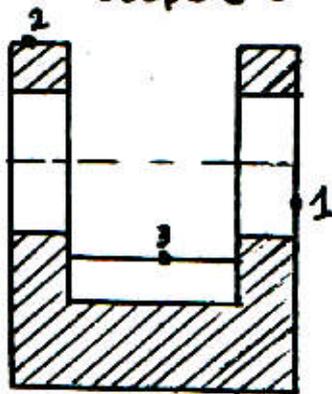
Corrigé N°79



coupe B-B

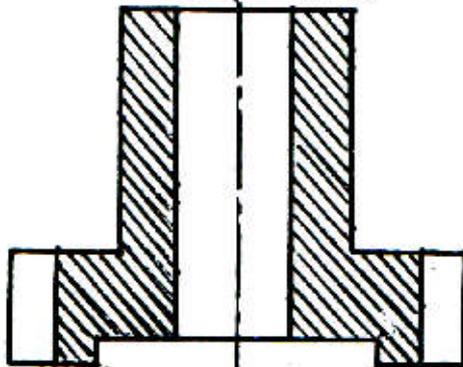


coupe C-C

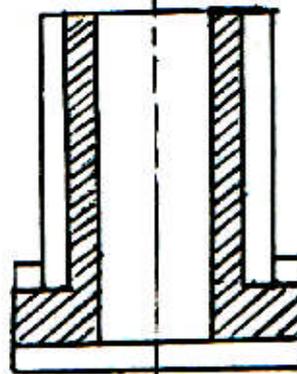


Corrigé N°80

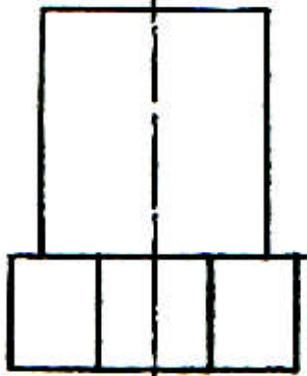
Coupe B-B



Coupe C-C

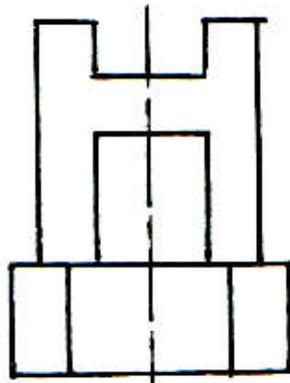
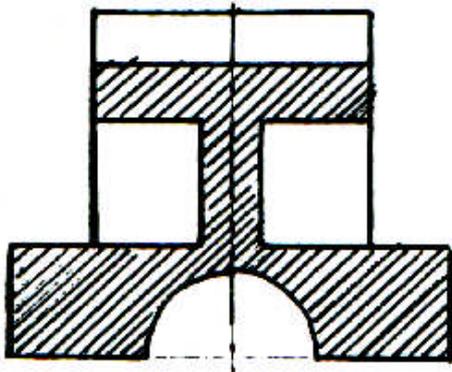


Vue A



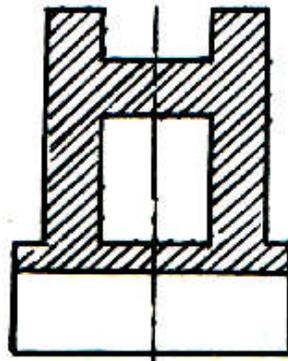
Corrigé N°81

coupe C-C



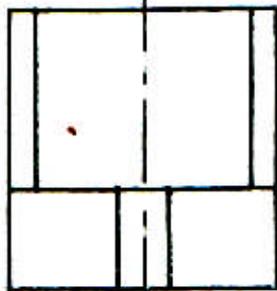
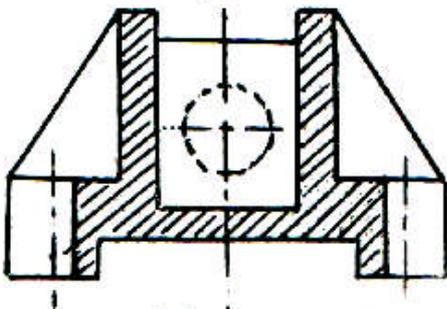
Vue A

Coupe B-B



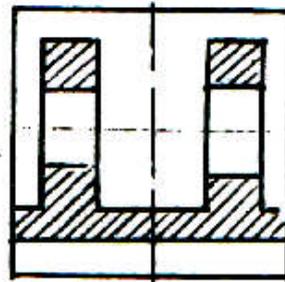
Corrigé N°82

coupe C-C



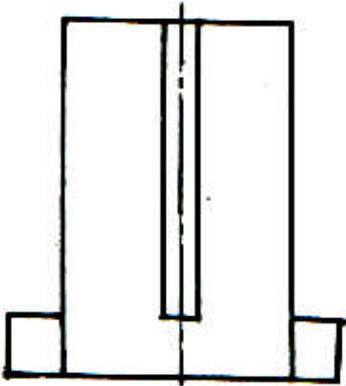
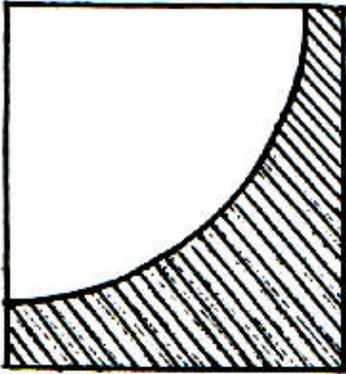
Vue A

Coupe B-B



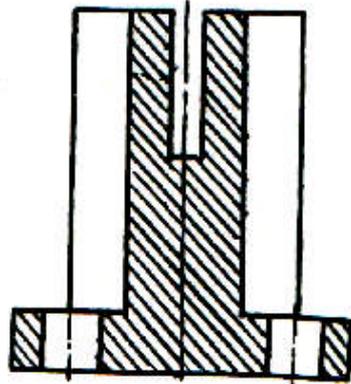
Corrigé N° 83

coupe C-C



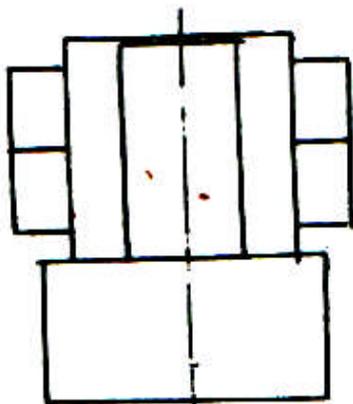
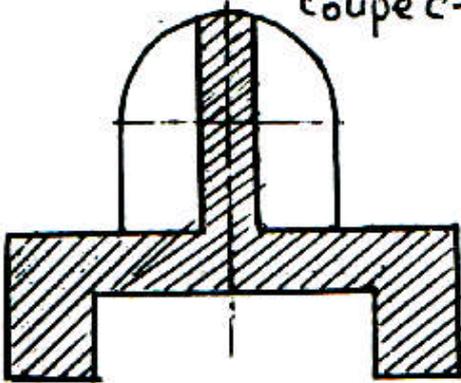
Vue A

Coupe B-B



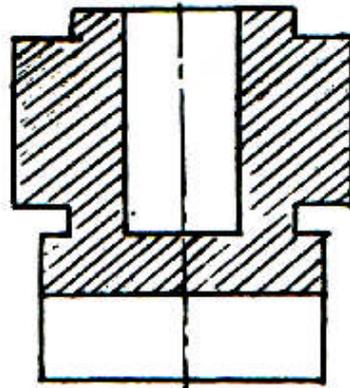
Corrigé N°84

coupe C-C

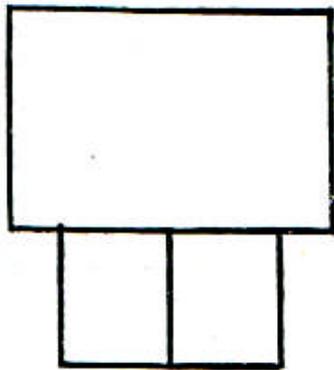
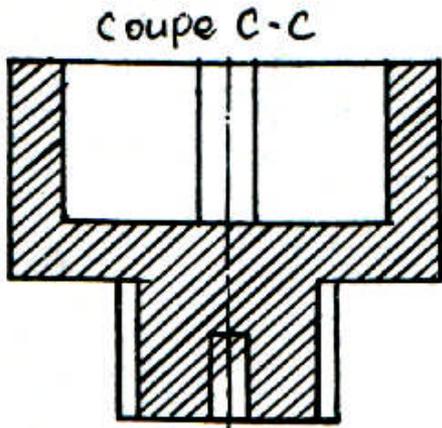


Vue A

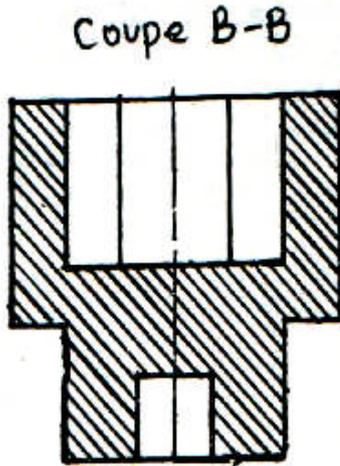
Coupe B-B



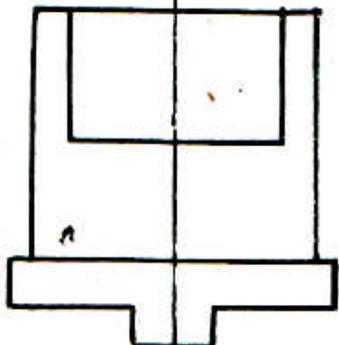
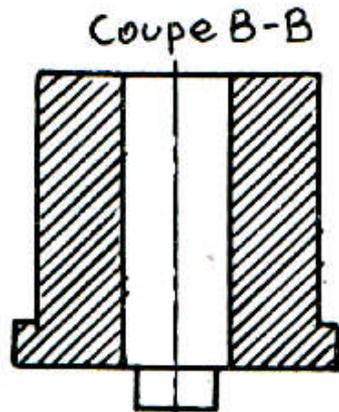
Corrigé N°85



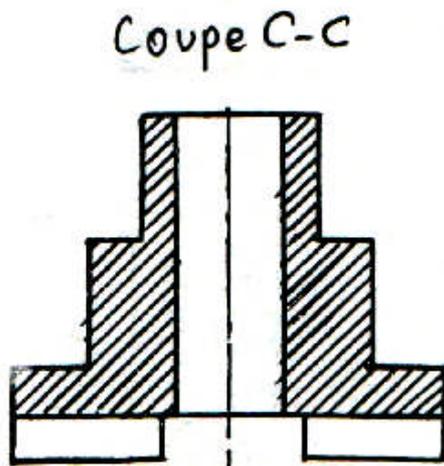
Vue A



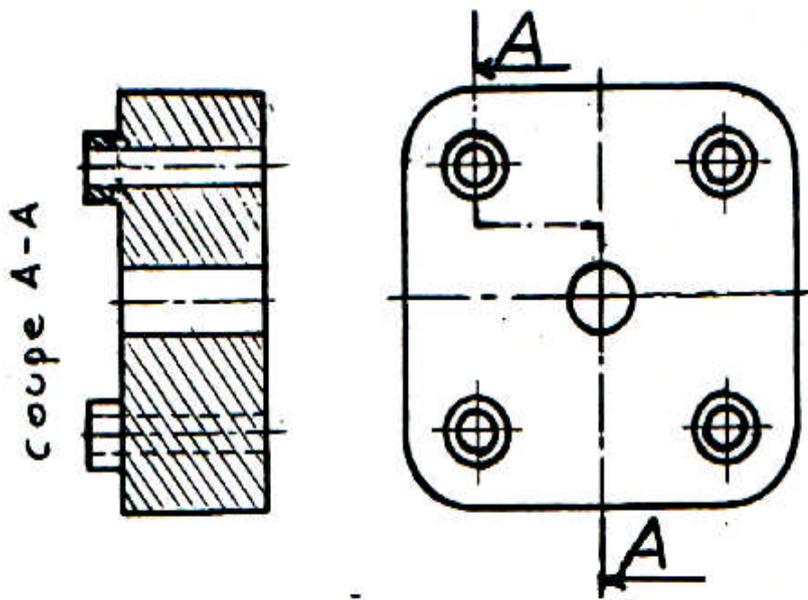
Corrigé N°86



Vue A

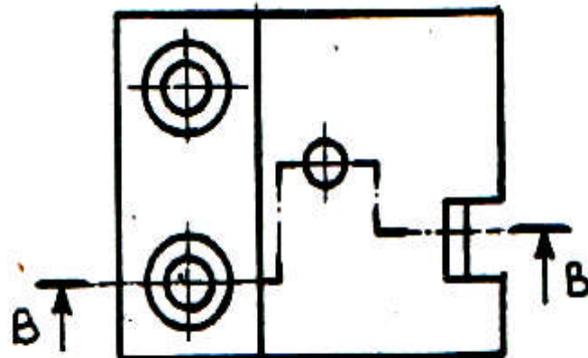
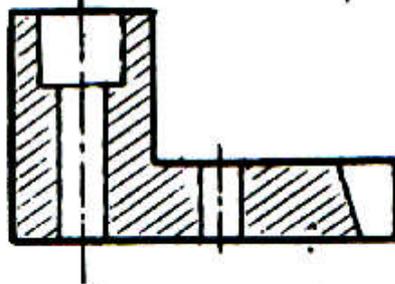


Corrigé N°87

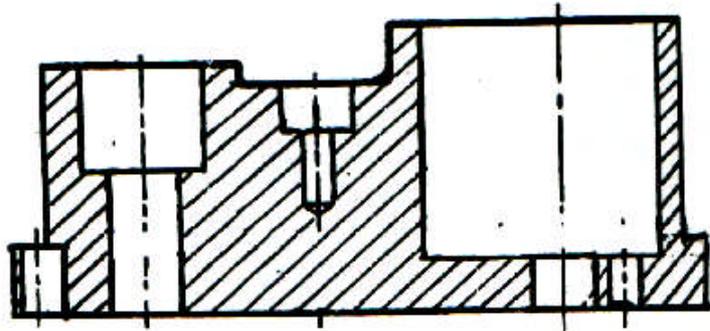


Corrigé N°88

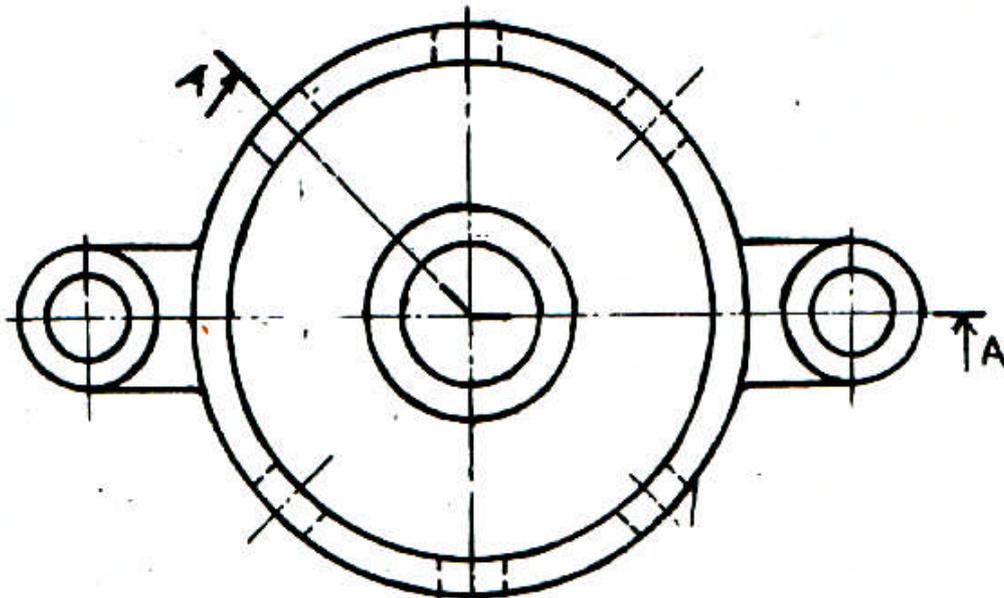
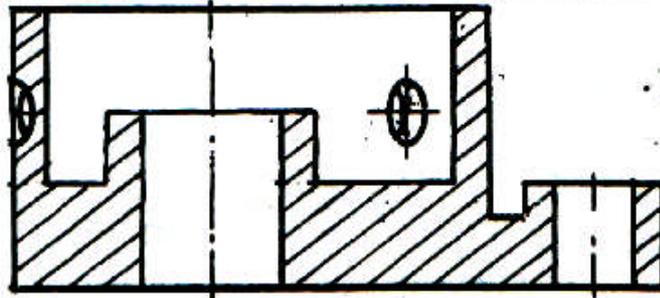
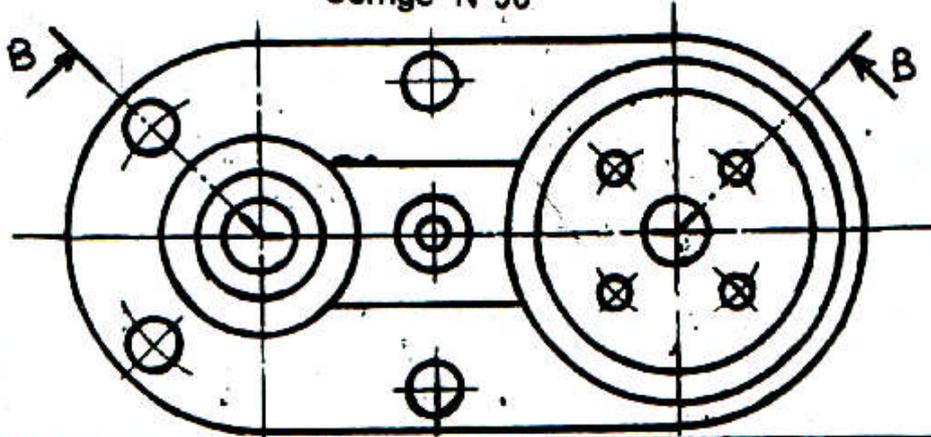
coupe B-B



Corrigé N°89

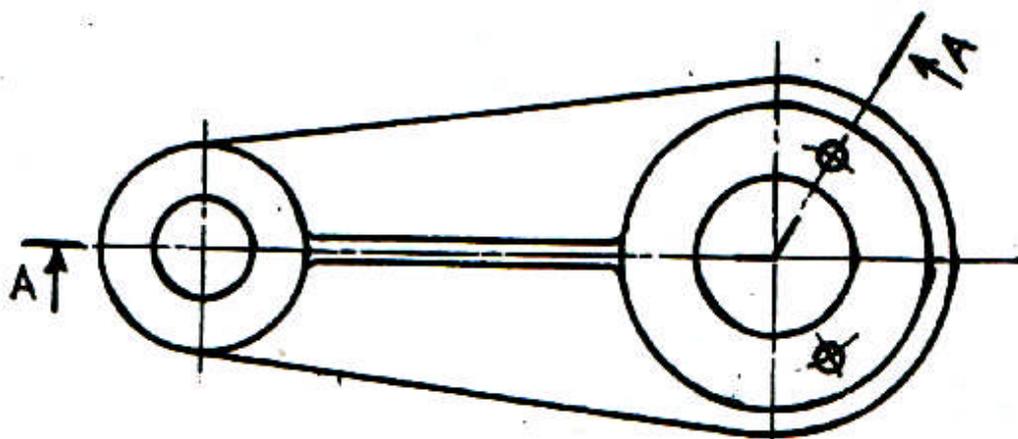
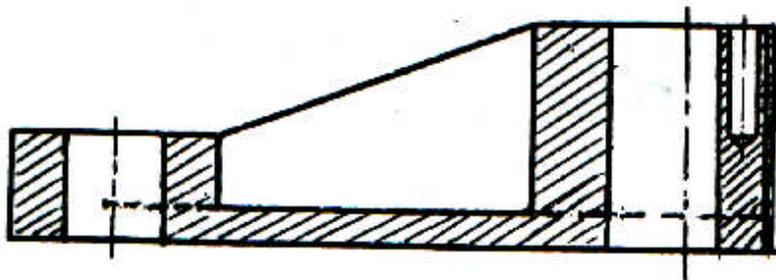


Corrigé N°90



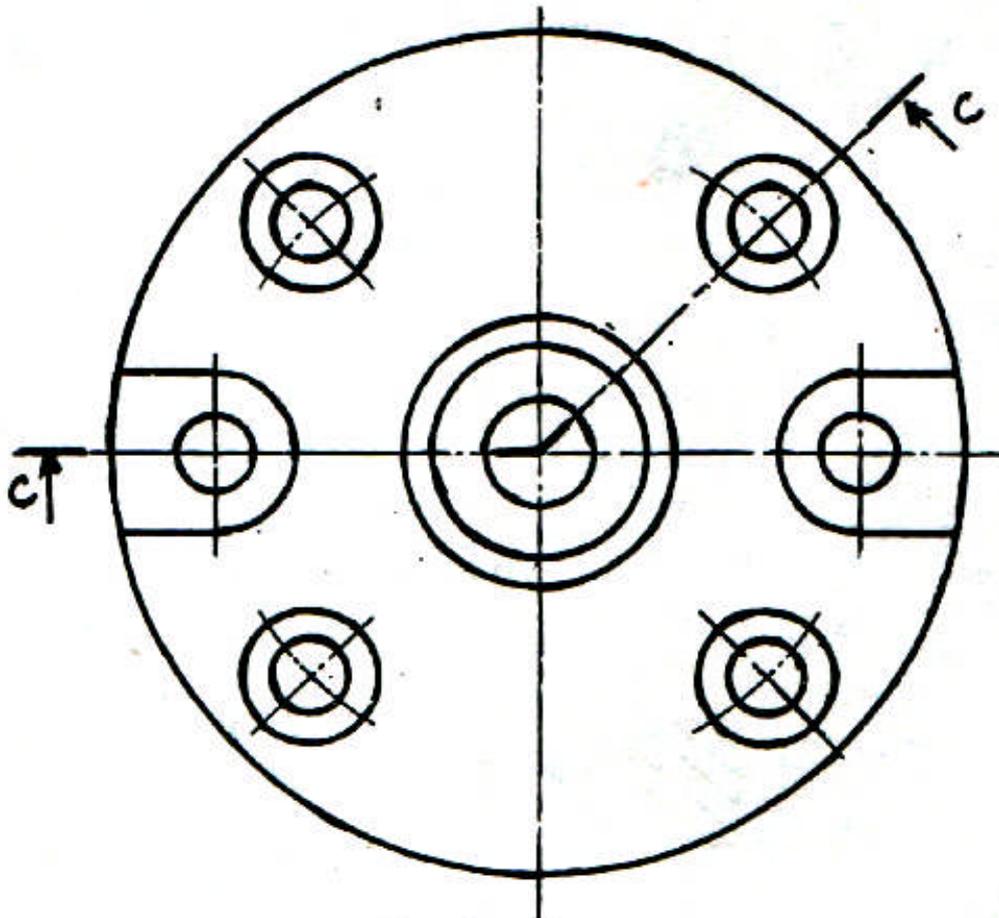
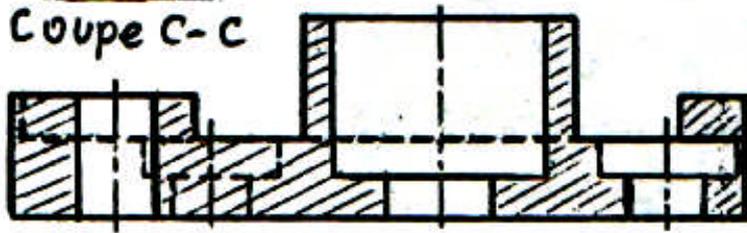
Corrigé N°01

Coupe A-A



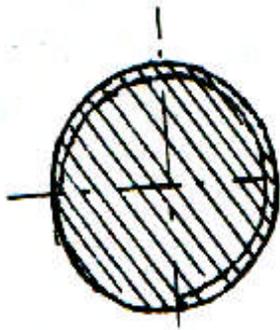
Corrigé N°92

Coupe C-C

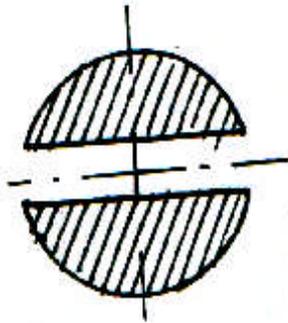


Corrigé N°93

section A-A

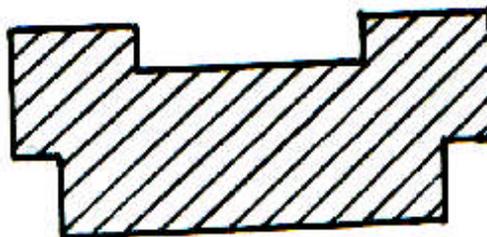


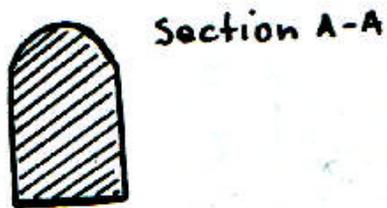
section D-D



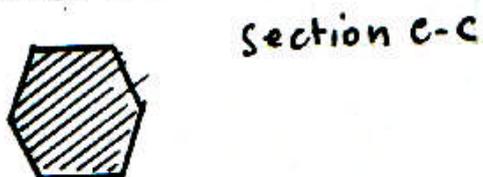
Corrigé N°94

Section B-B

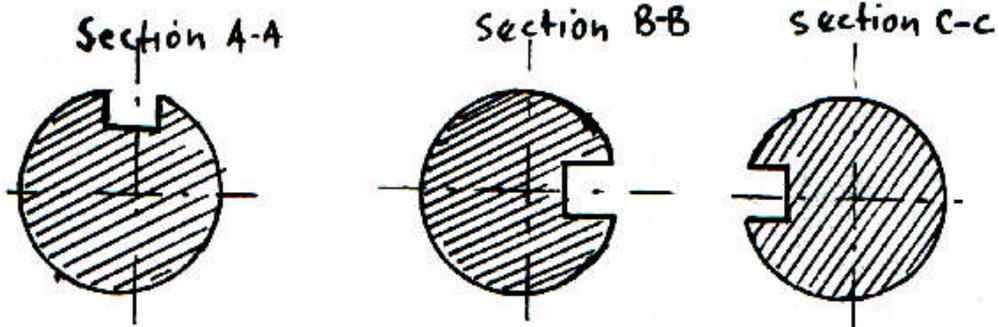




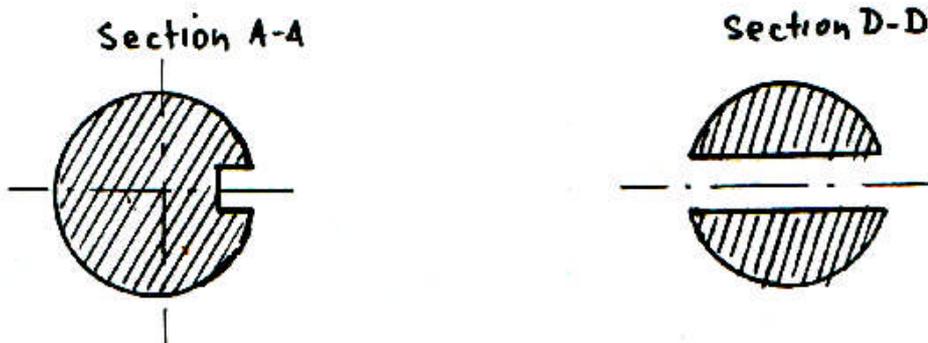
Corrigé N°96



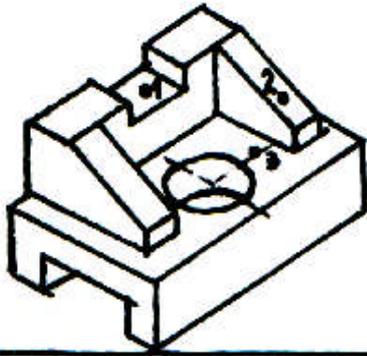
Corrigé N°97



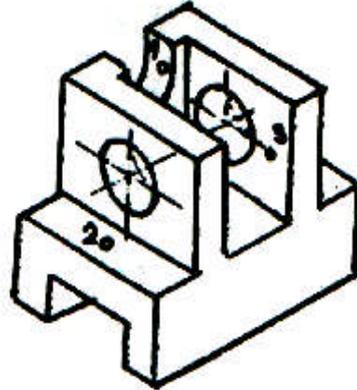
Corrigé N°98



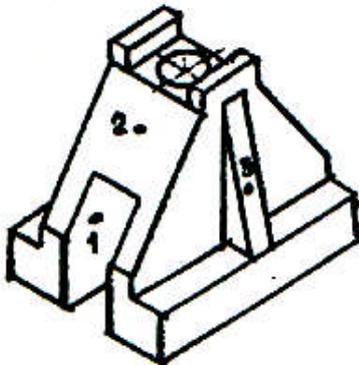
Corrigé N°99



Corrigé N°100

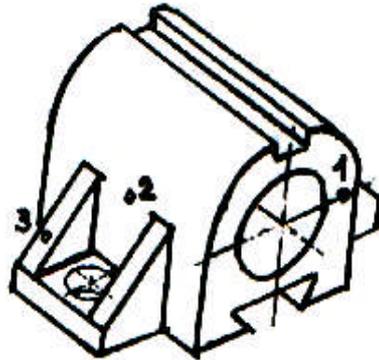


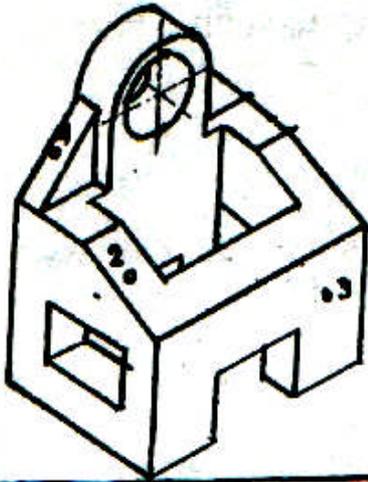
Corrigé N°101



Corrigé N°102

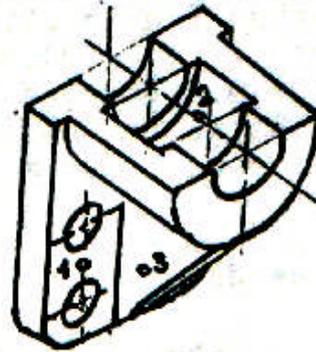
Corrigé N°103



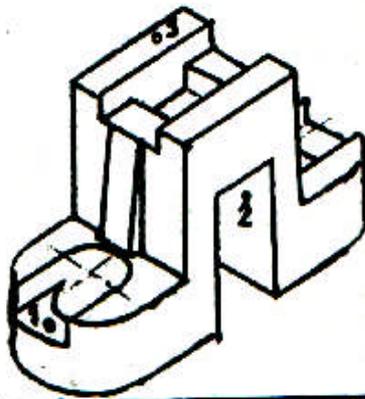


Corrigé N°104

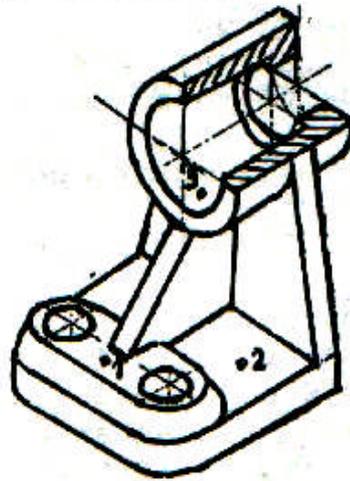
Corrigé N°105



Corrigé N°106



Corrigé N°107



24 - LES UNITES DE MESURE

La désignation des unités est comme suit:

- l'appellation est en français
- la traduction en anglais est entre parenthèses
- les symboles de mesure sont entre crochets

24.1. Mesures linéaires

1 micron = 1/1000 de millimètre [mm] = 0,001 mm
1 pouce (inche) [in] = 25,40 mm
1 pied (foot) [ft] = 304,80 mm
1 yard [yd] = 0,914 mètre [m] = 914 mm
1 mille terrestre (mile) [mi] = 1,609 kilomètre [km]
1 mille marin (nautical mile) = 1,853 km

24.2. Mesures de surface

1 pouce carré (square inche) [in²] = 645,2 mm²
1 pied carré (square foot) [ft²] = 0,0929 m²
1 yard carré [yd²] = 0,836 m²
1 mille carré (square mile) [mi²] = 2,59 km²

24.3. Mesures de volume

1 pouce cube (cubic inche) [in³] = 16,39 cm³
1 pied cube (cubic foot) [ft³] = 28,32 dm³ ou litres[l]
1 yard cube (cubic yard) [yd³] = 0,765 m³
1 US gallon [US gal] = 3,785 litres [l]
1 UK gallon [UK gal] = 4,5461 litres [l]
1 barille de pétrole (barrel petroleum) [br] = 159 l

24.4. Mesures de masse, poids et force

1 grain = 64,8 milligramme [mg]
1 once (ounce) [oz] = 28,35 gramme [g]
1 livre (pound) [lb] = 0,4536 kg
1 kilogramme force [kgf]:
 1 kgf = 9,806 Newton [N]
 1 kgf = 0,9806 décanewton [daN]
1 (hundred weight) [cwt] = 50,80 kg
1 tonne américaine(short ton)[Sh tn] = 0,9072 tonne [t]
1 tonne britannique(long ton)[UK ton] = 1,0160 t
1 livre force-pied (pound force-foot) [lbf ft]:
 1 lbf ft = 1,3558 Nm

25.5. Mesures de pression et contrainte

- 1 kg/cm² = 0,9807 bar [b]
 - = 0,9678 atmosphère [atm]
 - = 10,01 m H₂O
- 1 pascal [Pa] = 1 Newton par m² [N/m²]
- 1 mégapascal [MPa] = 1 Newton par mm² [N/mm²]
- 1 bar [b]:
 - 1 b = 1 décanewton par cm² [daN/cm²]
 - 1 b = 1,013 x 10⁵ pascal [Pa]
 - 1 b = 10,21 m H₂O
- 1 hectobar [hbar] = 1 daN/mm²
- 1 livre force par pouce carré (pound force per square inch) [lbf/in²] ou [PSI]:
 - 1 [lbf/in²] ou [PSI] = 0,0069 N/mm² ou MPa
 - 1 [lbf/in²] ou [PSI] = 0,069 daN/cm² ou b
 - 1 [lbf/in²] ou [PSI] = 0,0703 kg/cm²
 - 1 [lbf/in²] ou [PSI] = 51,715 mm de mercure [mm Hg]
 - 1 [lbf/in²] ou [PSI] = 0,70307 m H₂O
- 1 livre force par pied carré (pound force per foot inch) [PSF] = 4,88 kg/m²
- 1 tonne américaine par pouce carré (Short ton per square inch) [Sh tn/in²] = 13,79 Mpa = 1,406 kg/mm²
- 1 tonne britannique par pouce carré (UK ton per square inch) [UK ton/in²] = 15,44 Mpa = 1,575 kg/mm²

B I B L I O G R A P H I E

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. Année 1979.
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 1937.