

# PROGRAMME

Chapitre I : Généralités sur le dessin technique.....	3
Chapitre II : Projection orthogonale.....	13
Chapitre III : Perspectives.....	17
Chapitre IV : Coupes et sections.....	24
Chapitre V : Vocabulaire technique des formes de pièces.....	31
Chapitre VI : Cotation dimensionnelle.....	34
Chapitre VII : Cotation tolérancée et Ajustement.....	40
Chapitre VIII : Cotation fonctionnelle.....	49
Chapitre IX : Liaisons mécaniques.....	54
Chapitre X : Eléments d'assemblage mécanique.....	63
Travaux pratiques.....	76

## Objectifs généraux :

Ce module vise l'apprenant à :

- Lire un dessin par la reconnaissance des formes et l'application des conventions de représentations ;
- représenter des pièces et ensembles en dessin technique selon les normes ;
- Analyser un mécanisme à partir des différents dossiers techniques.

## Chapitre I : GENERALITES SUR LE DESSIN TECHNIQUE

### Objectif spécifiques:

A la fin de ce chapitre, l'apprenant devrait être capable de :

- Rappeler l'importance du dessin technique pour les techniciens ;
- Décrire les types de dessin technique ;
- Interpréter les différents éléments comportant un dessin technique.

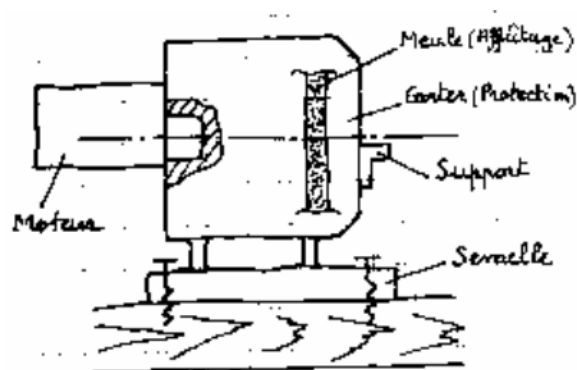
### I-1- Utilité du dessin technique

Le **dessin technique** est le moyen d'expression indispensable et universel de tous les techniciens. Il sert à transmettre à tous les niveaux de production la pensée technique, les contraintes de conception et de réalisation. Ainsi, il n'autorise pas la moindre erreur d'interprétation et est soumis à un ensemble de conventions appelé **Normalisation**.

### I-2- Principaux types de dessin technique

#### I-2-1- Le croquis

C'est un dessin (ou une esquisse) fait à main levée sans respecter de règles précises. Il permet d'aller à l'essentiel de la pensée technique du dessinateur.



*Figure 1.1 : croquis affuteur*

### I-2-2- Schéma

Dessin réalisé sous forme symbolique, il permet de représenter de manière simplifiée les montages et installations.

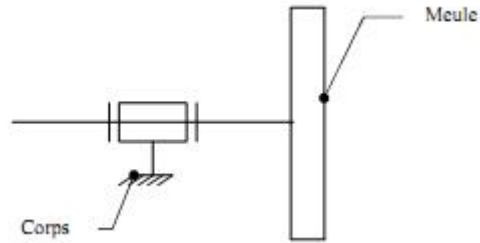


Figure 1.2 : Schéma cinématique affuteur

### I-2-3- Dessin d'ensemble

C'est le plan du mécanisme plus ou moins détaillé à une certaine échelle. Le mécanisme est représenté, assemblé et toutes les pièces apparaissent sur ce dessin.

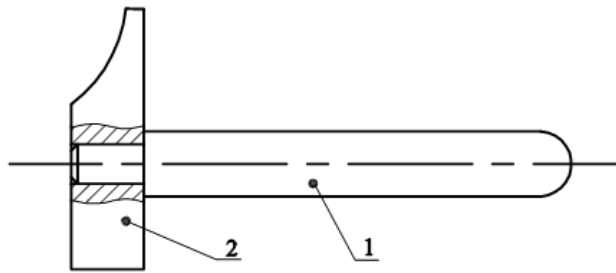


Figure 1.3 : dessin d'ensemble d'un marteau

### I-2-4- Dessin de définition

C'est le dessin d'un élément de base du dessin d'ensemble. Il définit complètement et sans ambiguïté les exigences auxquelles doit satisfaire le produit.

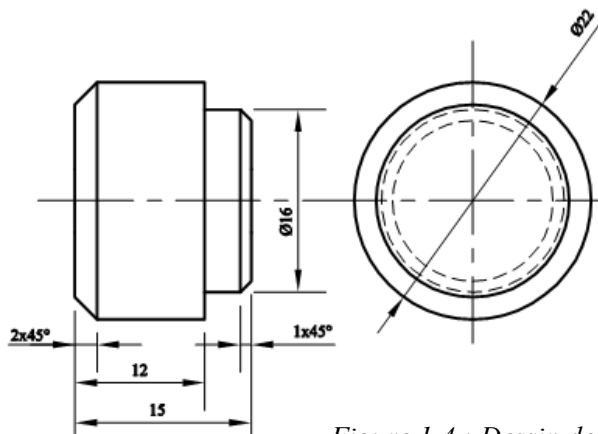
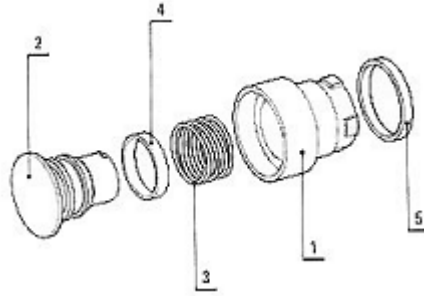


Figure 1.4 : Dessin de définition axe

### I-2-5- Vue éclatée

On appelle vue éclatée, un dessin qui permet de situer les pièces les unes par rapport aux autres.

Dans ce cas, le mécanisme est représenté en perspective (3 dimensions) et démonté. Ce mode de représentation permet de mettre en évidence l'assemblage des différentes pièces du mécanisme.



*Figure 1.5 : vue éclatée injecteur*

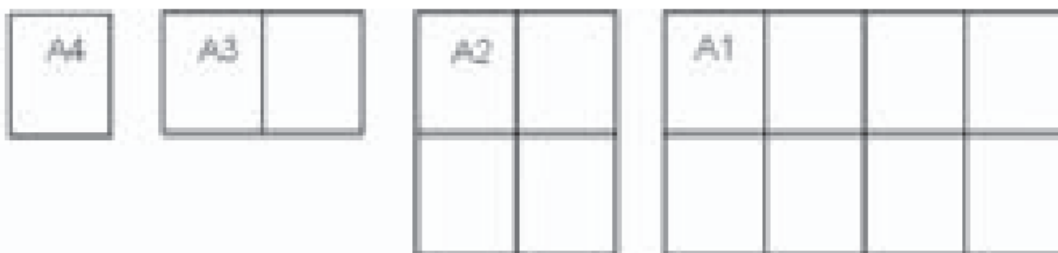
### I-3- Formats de dessin technique (NF E 04 - 502)

Un dessin technique est exécuté sur un support. Ce support peut-être un papier ou un calque. Les différentes dimensions possibles de papiers sont définies dans le tableau ci-dessous :

*Tableau 1.1 : types de formats utilisés en dessin technique*

Format	A0	A1	A2	A3	A4
H	1 189	841	594	420	297
L	841	594	420	297	210

Les formats se déduisent les uns des autres à partir du format A0 de surface 1 m<sup>2</sup>, en subdivisant chaque fois par moitié le côté le plus grand.



*Figure 1.6 : types de formats*

### I-4- Echelle (NF E 04 - 506)

L'échelle d'un dessin est le rapport entre la dimension dessinée et la dimension de l'objet vue en vraie grandeur. L'échelle est toujours notée sous forme de division, par exemple, 1:2 ; 2:1 ; 1:10 ; 5:1.

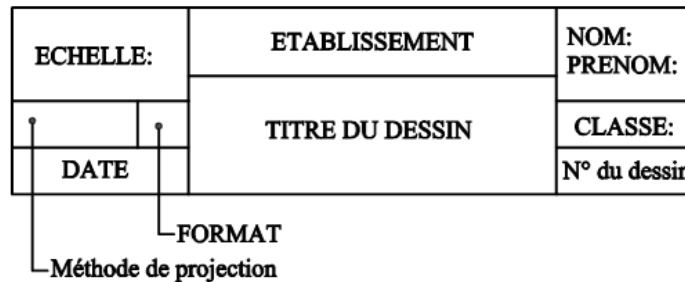
*Tableau 1.2 : types d'échelle*

Taille réelle	1 :1
Taille agrandie	2 :1 ; 3 :1 ; 8 :1
Taille réduite	1 :2 ; 1 :3 ; 1 :8

### I-5- Cartouche (NF E 04 - 503)

Le cartouche est un cadre qui comporte les renseignements nécessaires et suffisants pour l'identification et l'exploitation d'un dessin technique. Sa longueur est de 190mm maxi et sa largeur est de 40mm maxi.

Il est positionné dans l'angle inférieur droit pour les formats A3 à A0 et pour le format A4, il occupe toute la largeur.

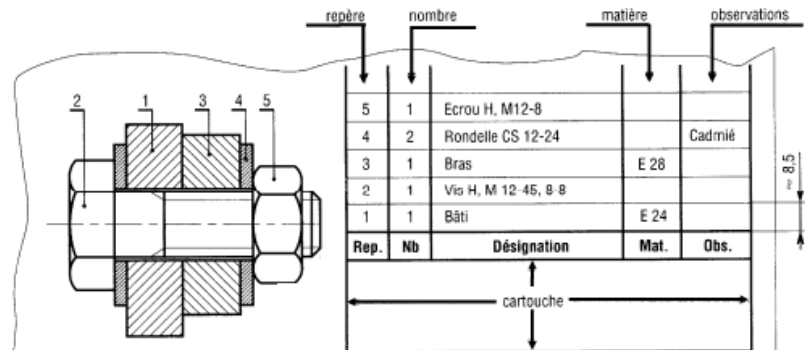


*Figure 1.7 : exemple de cartouche*

### I-6- Nomenclature (NF E 04 - 504)

La nomenclature est une liste qui regroupe tous les éléments (pièces) du mécanisme dessiné. Cette liste est généralement sous forme de tableau composé de cinq colonnes.

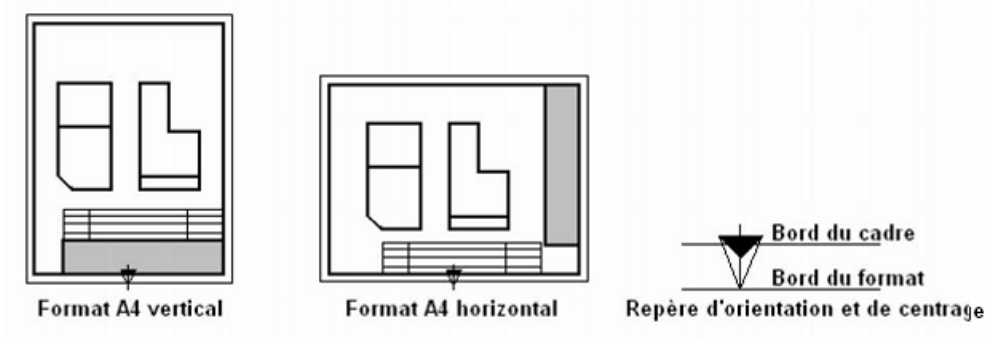
- Repère (Rep)
- Nombre (Nbre)
- Désignation
- Matière (Mat)
- Observation (Obs)



*Figure 1.8 : nomenclature*

Lors de l'exécution d'un dessin technique, un repère d'orientation doit être dirigé vers le dessinateur. Ce repère est dessiné au milieu du côté du format et indique le sens de lecture du dessin selon qu'il s'agisse d'un format vertical ou horizontal.

Le sens de lecture de la nomenclature et celui du dessin et celui-ci se remplit de bas en haut.



*Figure 1.9 : positionnement de format*

### I-7- Les traits (NF E 04- 520)

Pour représenter un dispositif mécanique, on utilise un ensemble de traits donc chacun possède une signification bien précise.

Un trait se caractérise par sa :


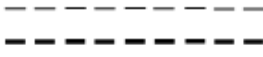




- Nature (continu, interrompu, mixte) ;
- Largeur (fort, fin).

La largeur **e** du trait fort est choisie de manière à permettre une parfaite lisibilité du dessin après reprographie. Il faut conserver la même largeur des traits pour toutes les vues d'un même dessin.

*Tableau 1.3 : épaisseur des traits*

<b>Largeur des traits</b>		
Trait	Fort <b>e</b>	Fin <b>e'</b>
Dessin à l'encre	0.7	0.35
Dessin au crayon	0.5	0.2
<b>Mines à utiliser</b>		
Support	Papier	Calque
Trait fort	HB	2H
Trait fin	3H	5H

*Tableau 1.4 : types de traits*

Repère	Désignation	Applications	Exemple d'exécution
1	Continu fort	Arêtes et contours vus	
2	Interrompu fin ou interrompu fort	Arêtes et contours cachés Fonds de filets cachés	
3	Continu fin	Ligne d'attache et de cote – hachures – axe – fonds de filets vus – cercles de pied des roues dentées – contours de section rabattues – arêtes fictives	
4	Mixte fin	Axe et tracés de plans de symétrie	
5	Continu fin à main levée ou aux instruments avec zigzag	Limites de vues ou de coupes partielles	
6	Mixte fin terminé par deux traits forts	Tracés de plans de coupe	

Si plusieurs traits différents coïncident, l'ordre de priorité est le suivant :

- continu fort,
- interrompu fin,
- mixte fin,
- continu fin

### **I-8- Instruments de dessin technique**

Le dessin industriel manuel est facile à mettre en œuvre, nécessitant peu d'équipements mais exige beaucoup de soin et de précision. Ainsi, le dessinateur a besoin d'un minimum de matériels :

- Des équerres : à 45° ou à 60°
- Un té
- Des compas à précision
- Des crayons ou des portes mines
- Un stylo à encre de chine à plume tubulaire ou à plume
- Une cartouche d'encre de chine
- Un perroquet
- Une gomme blanche

- Des règles plates transparentes graduées
- Un chiffon.

### **I-9- Désignation des matériaux**

Pour pouvoir lire un plan, il faut connaître aussi la désignation des matériaux. Le matériau est inscrit dans la casse (Matière) de la nomenclature du dessin. Les principaux matériaux utilisés en construction métallique et mécanique sont :

Les fontes, les aciers, l'aluminium, les alliages de cuivre, les alliages de zinc, et les matières plastiques.

#### **I-9-1- Les fontes (NF EN 1560)**

Les fontes sont des alliages ferreux qui contiennent entre 2 et 6,6 % de carbone. Elles servent à la fabrication de pièces moulées (Bâtis de machine, raccord de tuyauterie, roues dentées, vérins, volant de manœuvre etc.) et à l'élaboration de l'acier.

##### **I-9-1-1- Fontes à graphite lamellaire**

Après le préfixe **EN**, les fontes à graphite lamellaire sont désignées par le symbole **GJL** suivi de la valeur en mégapascals (N/mm<sup>2</sup>) de la résistance minimale à la traction.

**Exemple :** EN – GJL-200 (l'ancienne FGL 200)

##### **I-9-1-2- Fontes à graphite sphéroïdal**

Après le préfixe **EN**, les fontes à graphite sphéroïdal sont désignées par le symbole **GJS** suivi de la valeur en mégapascals (N/mm<sup>2</sup>) de la résistance minimale à la traction et du pourcentage de l'allongement après rupture.

**Exemple :** EN – GJS-70-2 (l'ancienne FGS 70-2)

##### **I-9-1-3- Fontes malléables**

Après le Préfixe **EN**, les fontes malléables sont désignées par le symbole **GJMB** ou **GJMW** suivi de deux nombres indiquant en mégapascals la résistance minimale à la traction et l'allongement minimal en %.

**Exemples:** EN-GJMW-400-5 (fonte malléable à cœur blanc ; l'ancienne MB-400-5)

EN-GJMB-500-5 (fonte malléable à cœur noir ; l'ancienne MN-500-5)



### I-9-2- Les aciers (NF EN 10027)

.Les aciers sont des alliages ferreux contenant moins de 2,2% de carbone. Ils sont très utilisés car ils sont bon marché et présentent une bonne coulabilité.

#### I-9-2-1- Les aciers non alliés d'usage général

La désignation commence par la lettre **S** pour les aciers de construction et **E** pour les aciers de construction mécanique. Le nombre qui suit indique la valeur minimale de la limite élastique en N/mm<sup>2</sup>.

**Exemple :** S 185 ; E 295 (l'ancien désignation : A33, A 50)

#### I-9-2-2- Les aciers non alliés pour traitement thermique

Leur désignation se compose de la lettre **C** suivi du pourcentage en carbone multiplié par 100.

**Exemple :** C 35 (l'ancienne XC 38) d'où 0,35% de carbone.

#### I-9-2-3- Les aciers faiblement alliés

Ce sont les aciers donc la teneur de chaque élément d'addition est inférieure à 5%. La désignation comprend dans l'ordre :

- Un nombre multiplié par 100 représentant le pourcentage en carbone ;
- Un ou plusieurs lettres représentant les symboles chimiques des éléments d'addition rangés dans l'ordre des teneurs décroissantes ;
- Une suite de nombre multiplié par un facteur variable, rangé dans le même ordre que les éléments d'addition, représentant la teneur de chaque élément.

*Tableau 1.5 : facteurs multiplicateurs des éléments d'addition*

Elément d'alliage	Facteur
Cr, Co, Mn, Ni, Si, W	4
Al, Be, Cu, Mo, Nb, Pb, Ta, Ti, V, Zn	10
Ce, N, P, S	100
B	1000

**Exemple :** 100 Cr 6 (100 C 6) : 1% de carbone avec 1,5% de chrome.

#### **I-9-2-4- Les aciers fortement alliés**

Ce sont les aciers donc la teneur d'au moins un élément d'addition dépasse 5%. La désignation commence par la lettre **X** suivi de la même désignation que celle des aciers faiblement alliés, à l'exception des teneurs qui sont des pourcentages réels.

**Exemple :** X 2 Cr Ni 19-11 (Z 2 C N 19-11)

#### **I-9-3- Aluminium et ses alliages (NF EN 573-2)**

Leur désignation est composée des éléments suivant :

- Le préfixe **EN** ;
- la lettre **A**, pour codifier l'aluminium ;
- la lettre **W**, pour codifier les produits corroyés ;
- quatre chiffres pour codifier la composition chimique.

**Exemple :** EN AW 1199 (Al 99,99%)

Cette désignation correspond à une pièce en aluminium corroyée du premier groupe d'alliage, d'im-puretés inférieures à 1 % et d'un pourcentage d'aluminium supérieur à 99 % (aluminium à 99,99 %).

#### **I-9-4- Cuivre et ses alliages**

La désignation du cuivre et de ses alliages comporte le symbole du métal de base (Cu), suivie de l'indice de pureté chimique auquel on associe dans le cas d'un alliage, les symboles chimiques des éléments d'addition suivis des nombres indiquant leur teneur.

**Exemple :** Cu Zn 39 Pb 2 (alliage de cuivre, 39% de zinc et 2% de plomb).

#### **I-9-5- Les matières plastiques**

Les plastiques se classent en deux grandes familles :

##### **- les thermoplastiques**

PA 11	Polyamide type 11
PC	Polycarbonate
PE hd	Polyéthylène haute densité
PE bd	Polyéthylène basse densité
PTFE	Polytétrafluoréthylène
POM	Polyozyméthylène
PP	Polypropylène
Ps	Polystyrène
PSB	Polystyrène résistant aux chocs
SAN	Polystyrène acrylonitrile

##### **- Les thermodurcissables**

PF 21	Phénoplaste (Bakélite)
EP	Epoxyde (Araldite)
UP	Polyester
PUR	Polyuréthane

**I-10- Applications :**

**Exercice 1 :** Définir les termes suivants :

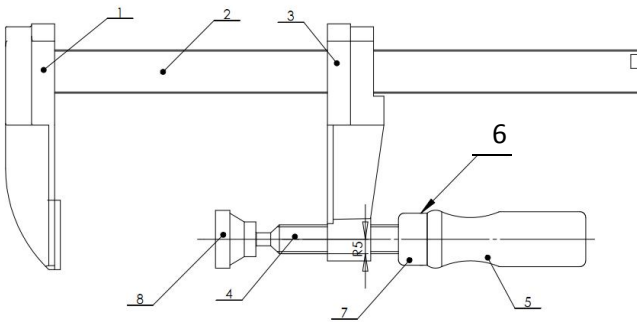
**Norme :** c'est une règle à suivre dans le but d'uniformiser la conception, la fabrication et la commercialisation d'un produit.

**Repère d'orientation :** c'est un repère placé en dessous et au milieu du format, indiquant le sens de lecture du dessin.

**Thermoplastiques :** ce sont des matériaux de la famille des plastiques, qui ont la propriété de se déformer lorsqu'ils sont chauffés, et de retrouver leurs propriétés physiques quand ils refroidissent tout en conservant la forme qu'on leur a donné.

**Exercice 2 :**

Soit le serre-joint représenté par les documents ci-dessous :



**A**

8	01	Patin		
7	01	Virole		
6	01	Goupille	C35	Commerce
5	01	Poigne		Moulé
4	01	Vis de réglage		Usiné
3	01	Mors mobile	E295	
2	01	Règle	E335	
1	01	Mors fixe	E 295	
Rep	Nb	Désignation	Matière	Observation

**B**

1) Donnez le nom du type de document :

A : Dessin d'ensemble

B : Nomenclature

C : Vue étagée

2) Complétez le document C

3) Donnez le nom des pièces 3 et 7

3 : Mors mobile

7 : Virole

4) Donnez le code matière des pièces 1 et 6

1 : E 295

6 : C35

5) Quel est intérêt d'avoir réalisé C.

C'est de mettre en évidence l'assemblage des différentes pièces du mécanisme.

## Chapitre II : PROJECTIONS ORTHOGONALES

### Objectif spécifiques:

A la fin de ce chapitre, l'apprenant devrait être capable de :

- Définir le principe de la représentation par projections orthogonales ;
- Représenter des objets dans un plan à travers les vues nécessairement choisies.

### II-1- Définition

La projection orthogonale d'un objet est la représentation de celui-ci dans un plan de Projection (plan du tableau ou du papier), perpendiculaire à la direction d'observation.

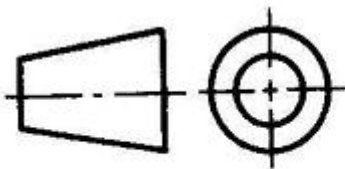
### II-2- Principe

Il consiste à placer un observateur perpendiculairement à l'une des faces de l'objet à définir.

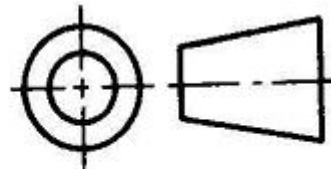
La face observée est ensuite reportée et dessinée dans un plan de projection parallèle à cette face en arrière de l'objet. Ainsi, la vue dessinée dans ce plan arrière de l'objet est une projection orthogonale de cet objet.

Il existe deux méthodes de projection orthogonale :

- méthode du premier dièdre (méthode européenne)
- méthode du troisième dièdre (méthode américaine)



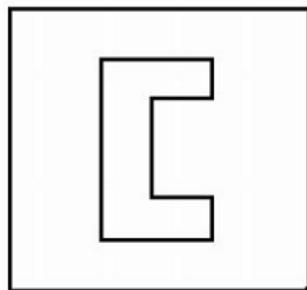
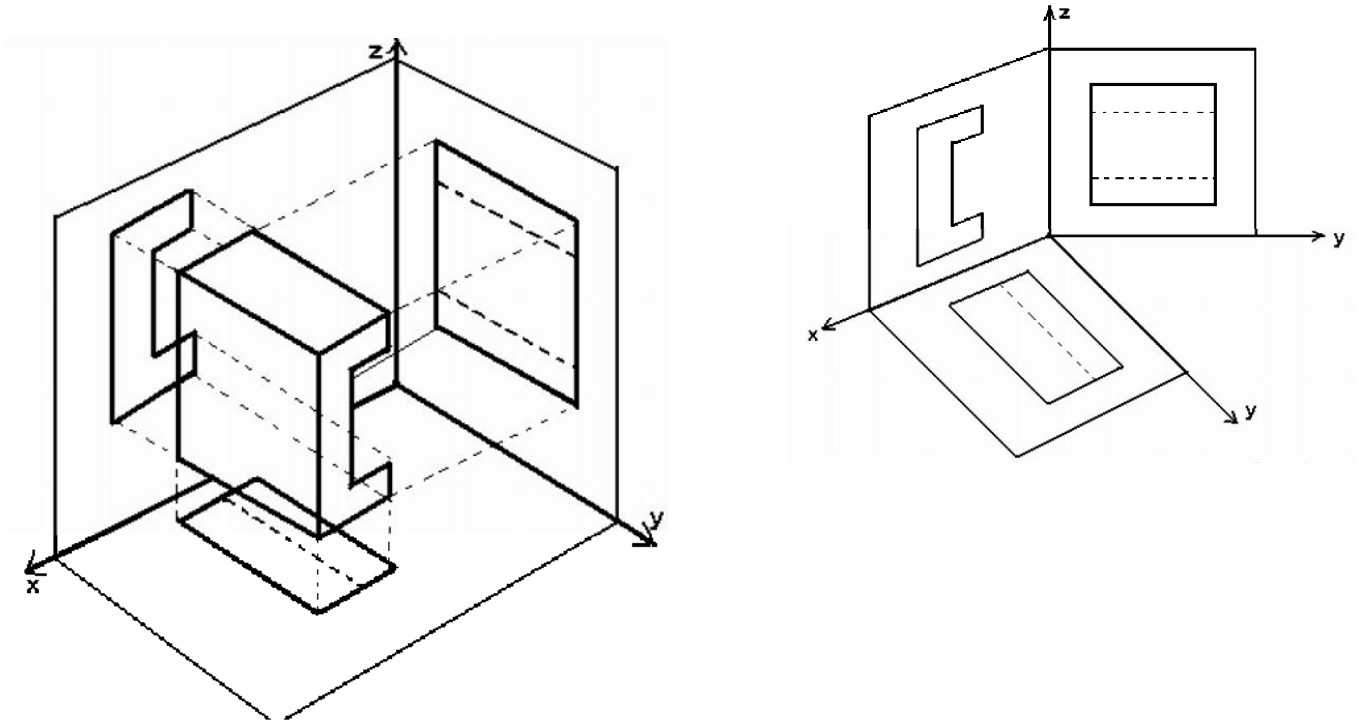
a) Premier dièdre



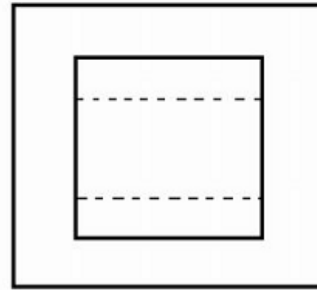
b) Troisième dièdre

### II-3- Exemple de projection orthogonale par la méthode du premier dièdre

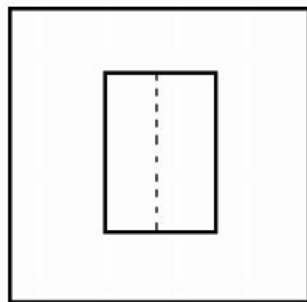
Soit le bloc ci-contre ; à partir des plans composant l'espace (xyz), nous pouvons observer les projections :



Vue de face



Vue de gauche



Vue de dessus

#### II-4- Choix et positionnement des vues

Les vues occupent une place invariable par rapport à la vue de face. La vue:

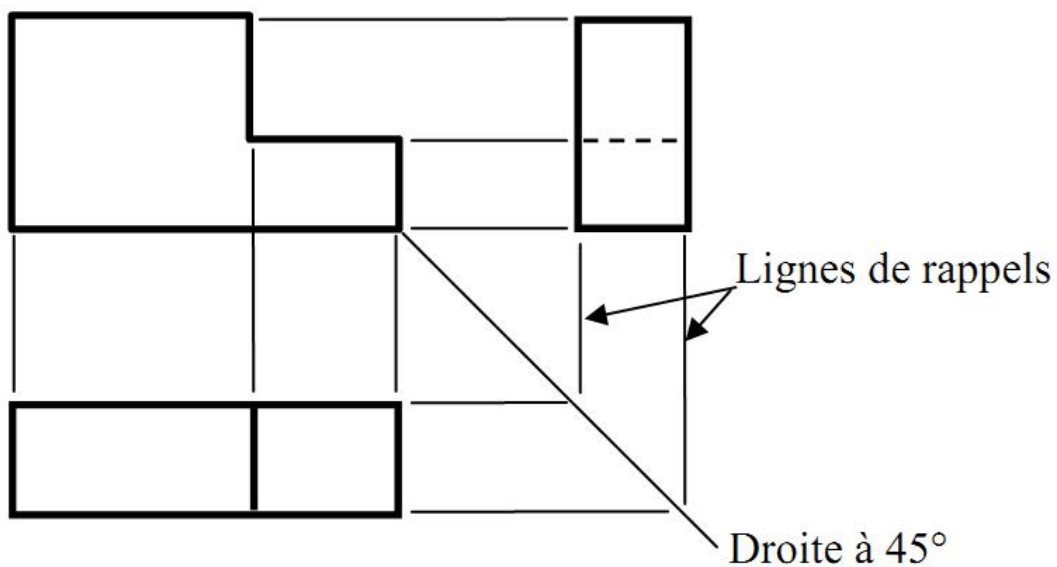
- de gauche est placée à droite;

- de droite est placée à gauche ;
- de dessus est placée en dessous ;
- de dessous est placée en dessus ;
- arrière est placée à droite ou à gauche.

## II-5- Correspondance des vues

Chaque vue d'une pièce est en correspondance avec les autres vues. On utilisera, pour ce faire, les angles fictifs du cube de projection comme pivots, ainsi que les lignes de rappel pour la construction.

Après achèvement du dessin, on supprimera tous les traits de construction.



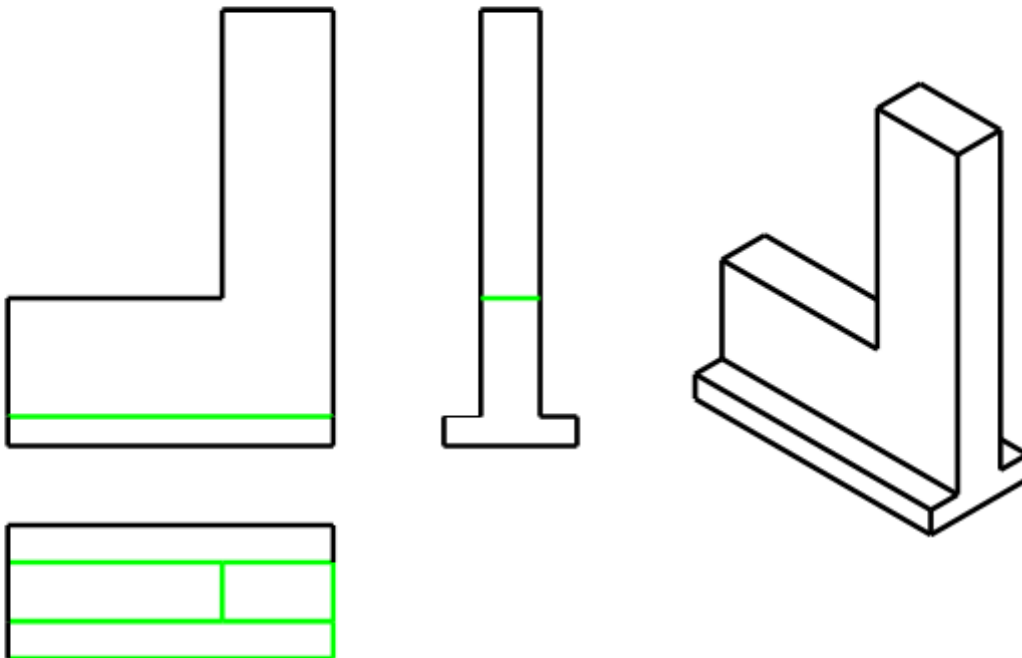
### Remarque :

- Ne jamais inscrire le nom des vues. Celui-ci est déterminé par la position relative de chaque vue.
- En pratique, une pièce doit être définie complètement et sans ambiguïté par un nombre minimal de vues. On choisit les vues les plus représentatives et qui comportent le moins de parties cachées (souvent 3 vues suffisent).
- Ne pas dessiner vue après vue, mais faire correspondre chaque tracé sur chaque vue par les traits de construction.

## II-6- Application

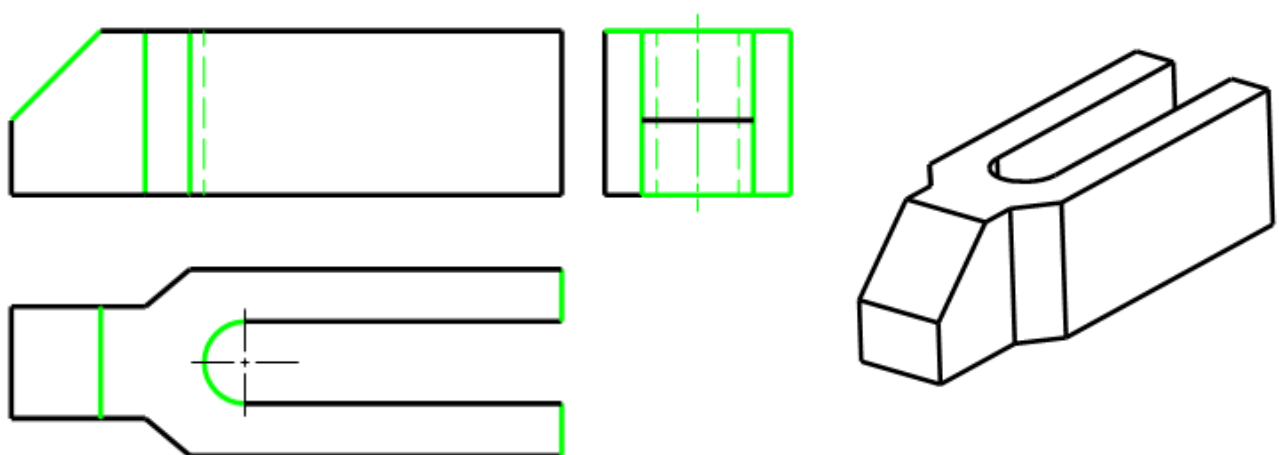
### Exercice 1

Complétez les différentes vues de l'équerre.



### Exercice 2

Complétez les différentes vues de la pièce.



## Chapitre III : PERSPECTIVES

### Objectif spécifiques:

A la fin de ce chapitre, l'apprenant devrait être capable de :

- Décrire les différentes perspectives ;
- représenter les objets dans l'espace dans diverses formes.

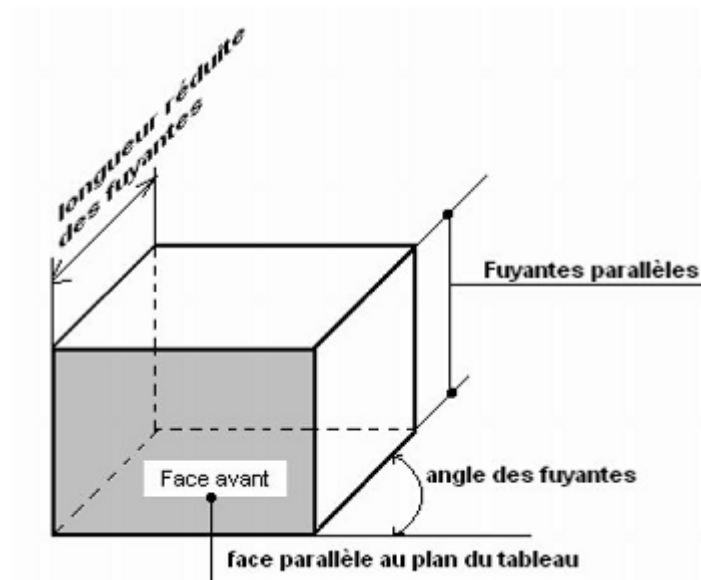
### III-1- Définition

On appelle **perspective** d'une pièce ou d'un objet sa représentation sur laquelle ses trois dimensions dans l'espace apparaissent. Cette représentation donne une image se rapprochant de la réalité et facilite la compréhension des formes ou du fonctionnement de l'objet.

### III-2- Etude des différentes perspectives

#### III-2-1- Perspective cavalière

##### III-2-1-1- Caractéristique d'une perspective cavalière

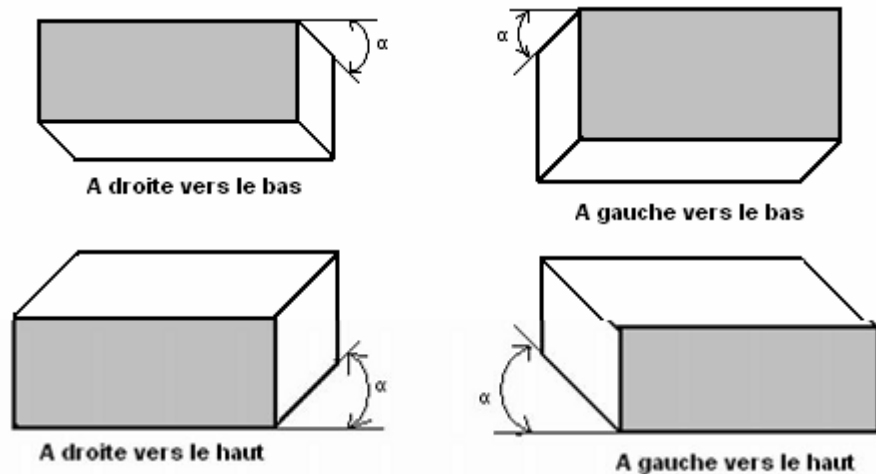


*Figure 3.1 : caractéristique d'une perspective cavalière*

- Toutes les surfaces parallèles au plan du tableau ne sont pas déformées : Les angles et les arêtes conservent leur valeur réelle.



- Les arêtes perpendiculaires au plan du tableau se dessinent suivant les fuyantes parallèles : L'inclinaison des fuyantes est définie par l'angle des fuyantes.
- Les fuyantes ont une dimension réduite obtenue en multipliant les dimensions réelles par le rapport de réduction.
- Les fuyantes peuvent être lancées à gauche vers le haut ou vers le bas et à droite vers le haut ou vers le bas.



### III-2-1-2- Cas particuliers

#### ➤ Perspective cavalière d'un cercle :

Pour représenter la perspective cavalière d'un cercle, on utilise la méthode des 4 points. La démarche suivante est recommandée :

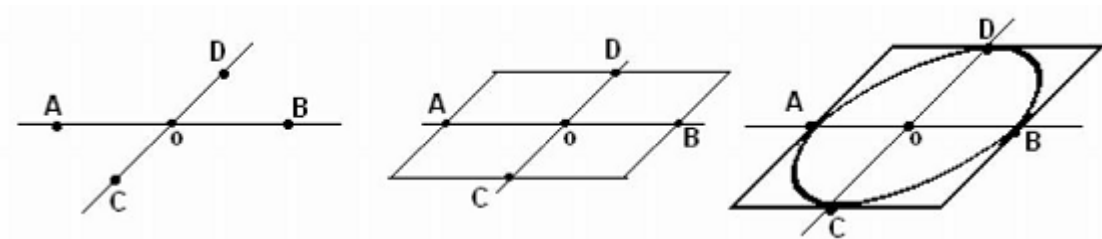
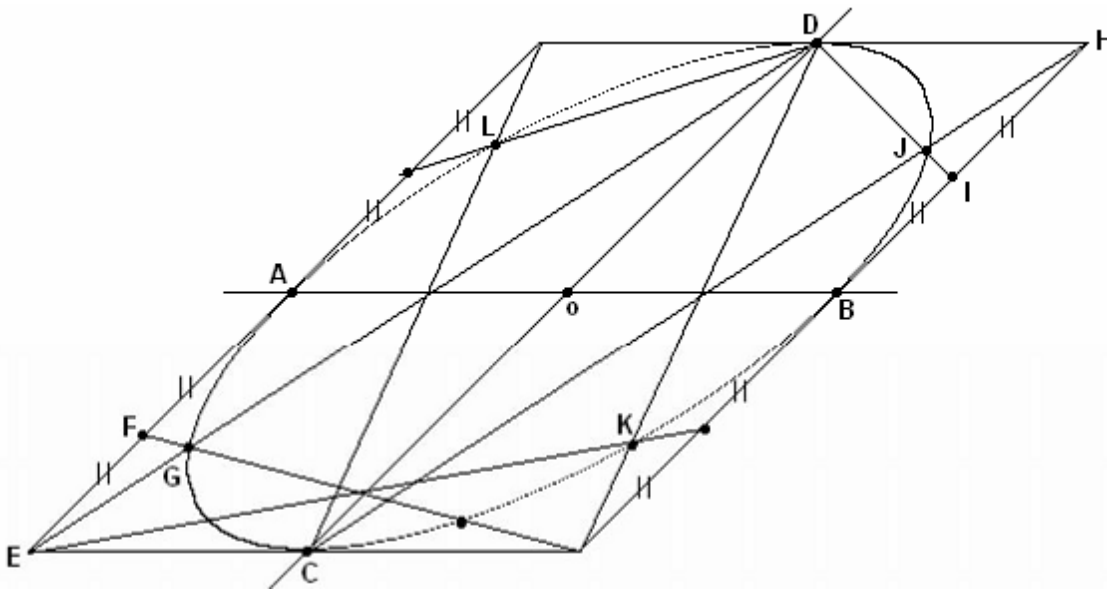


Figure 3.2 : tracé d'un cercle en perspective cavalière par la méthode des 4 points

- Tracer un axe horizontal ;  $AB = \text{diamètre réel}$ .
- Tracer un axe orienté suivant la fuyante ;  $CD = \text{diamètre réduit sur l'axe-fuyante}$ .
- Tracer par les points A, B, C, et D les parallèles aux deux axes. C'est le carré en perspective.
- Tracer l'ellipse. C'est le cercle en perspective.

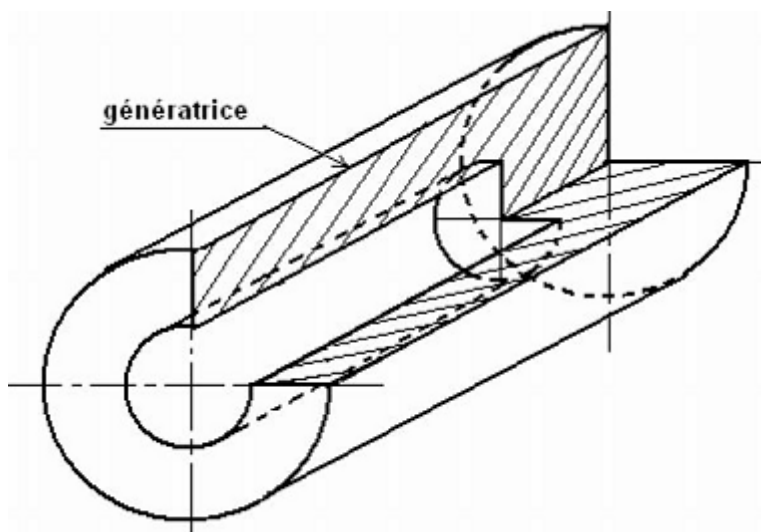
Lorsque le cercle à dessiner en perspective cavalière est grand, il est indispensable de déterminer d'autres points de l'ellipse. On utilise alors la méthode des 12 points. En voici la démarche à suivre :

- Tracer les deux axes comme ci-dessus et le carré en perspective. On a 4 points.
- Partir de l'extrémité D d'un axe et aller au sommet E du carré opposé à D.
- Porter le point F sur le côté du carré parallèle à l'axe-fuyante et au  $\frac{1}{4}$  de sa longueur.
- Joindre le point F et le point C et porter le point G, intersection entre (ED) et (FC).



*Figure 3.3 : tracé d'un cercle en perspective cavalière par la méthode des 12 points*

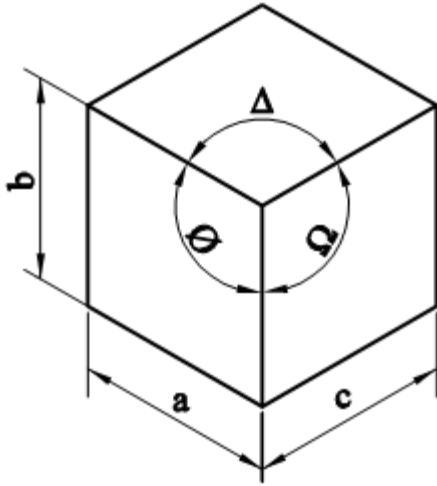
➤ **Quart enlevé d'une pièce cylindrique**



*Figure 2.4 : perspective cavalière d'un quart de cylindre*

### III-2-2- Perspective axonométrique

Cette perspective est une projection orthogonale de l'objet sur un plan oblique par rapport aux faces principales de l'objet. Cette projection n'est donc pas en vraie grandeur.



- Si les angles  $\Omega$ ,  $\Delta$  et  $\Theta$  sont égaux, la perspective est dite **isométrique** ;
- Si les trois angles sont différents entre eux, la perspective est dite **trimétrique** ;
- Si deux quelconques des angles sont égaux entre eux, la perspective est dite **dimétrique**

Figure 3.5 : perspective axonométrique d'un cube

#### III-2-2-1- Perspective isométrique

Cette perspective donne une bonne vision spatiale de l'objet. En revanche, aucune dimension linéaire ou angulaire n'est représentée en vraie grandeur.

La perspective isométrique d'un cube s'obtient à partir d'un hexagone régulier de côté :

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

$$\alpha = \beta = \gamma = 120^\circ$$

Tracé des ellipses :

Tout cercle appartenant à une face du cube se projette suivant une ellipse. Il est possible de construire cette ellipse lorsque l'on connaît son grand axe  $AA'$  et son petit axe  $BB'$ .

Les grands axes des ellipses sont respectivement perpendiculaire aux arêtes  $a$ ,  $b$ , et  $c$ .

Grand axe  $AA' = \text{diamètre en vraie grandeur}$ .

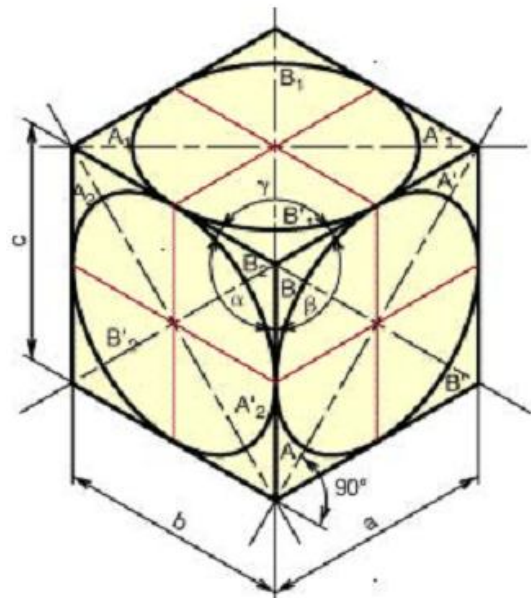


Figure 3.6 : perspective iso d'un cube

Petit axe  $BB' = \text{diamètre} \times 0,58$

### III-2-2-2- Perspective dimétrique usuelle

Elle est utilisée lorsque l'une des faces doit être mise en valeur par rapport aux autres.

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

$c = a/2 = b/2 = \text{dimension} \times 0,47$

$\alpha = \beta = 131,5^\circ$

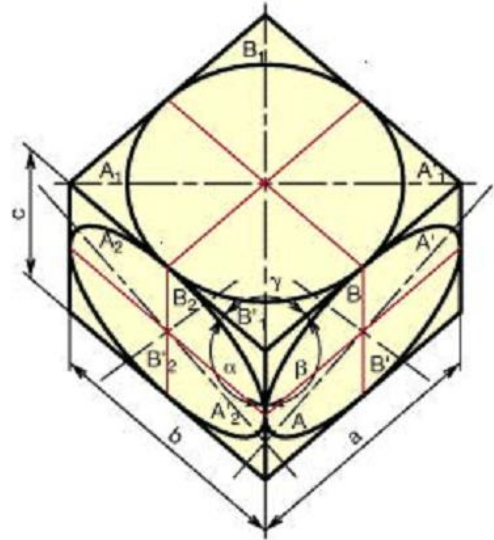
$\Upsilon = 97^\circ$

- Tracé des ellipses :

Grand axe des ellipses = diamètre en vraie grandeur

Petit axe  $BB = B_2B'_2 = \text{diamètre} \times 0,33$

$B_1B'_1 = \text{diamètre} \times 0,88$



*Figure 3.7 : perspective dimétrique usuelle d'un cube*

### III- 2-2-3- Perspective dimétrique redressée

Elle est utilisée pour la représentation des pièces longues.

$a = b = \text{dimension} \times 0,73$  ;  $\alpha = \beta = 105^\circ$

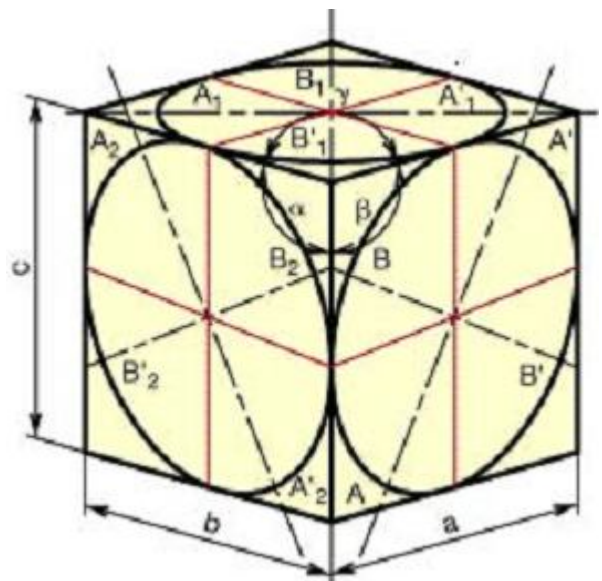
$c = \text{dimension} \times 0,96$  ;  $\Upsilon = 150^\circ$

- Tracé des ellipses :

Grand axe des ellipses = diamètre en vraie grandeur

Petit axe  $BB' = B_2B'_2 = \text{diamètre} \times 0,68$

$B_1B'_1 = \text{diamètre} \times 0,27$



*Figure 3.8 : perspective dimétrique redressée*

### III-2-2-4- Perspective trimétrique

Son exécution est assez longue, mais la perspective est très claire :

Les projections des arêtes sont séparées au maximum.

$$a = \text{dimension} \times 0,65 \quad \alpha = 105^\circ$$

$$b = \text{dimension} \times 0,86 ; \quad \beta = 120^\circ$$

$$c = \text{dimension} \times 0,92 ; \quad \gamma = 135^\circ$$

Tracé des ellipses :

Grand axe des ellipses = diamètre en vraie grandeur

$$\text{Petit axe } BB' = \text{diamètre} \times 0,52$$

$$B_1B'_1 = \text{diamètre} \times 0,40$$

$$B_2B'_2 = \text{diamètre} \times 0,76$$

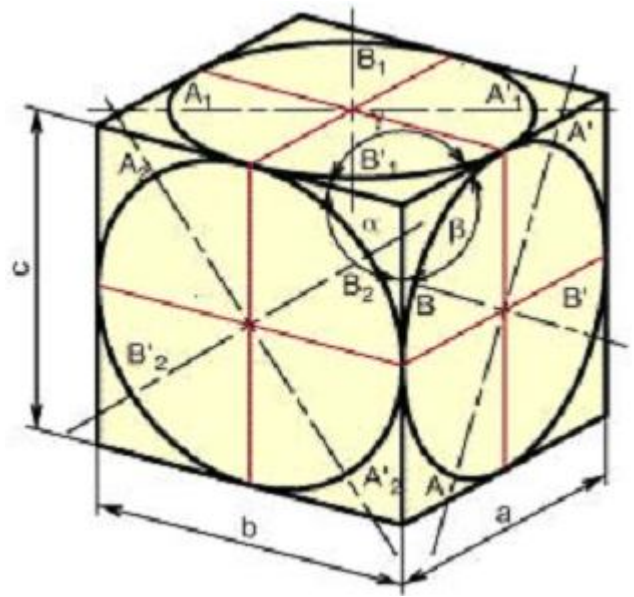


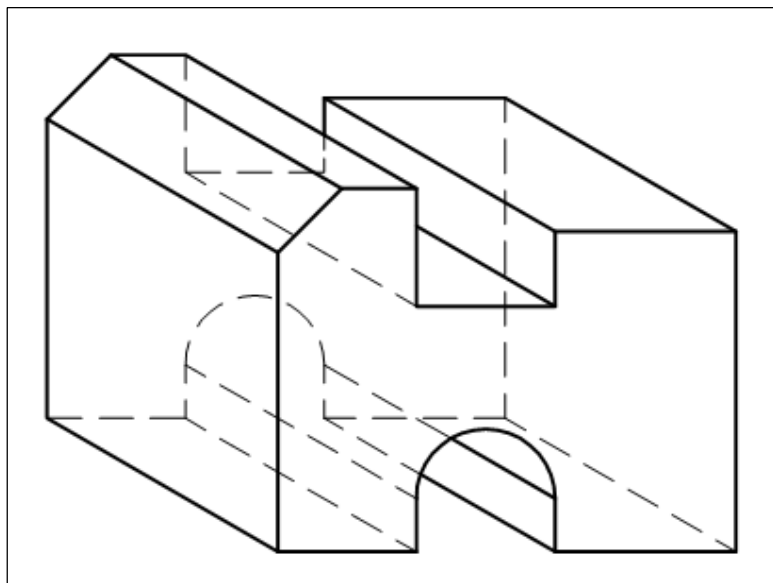
Figure 3.9: perspective trimétrique

### III-3- Applications

#### Exercice 1

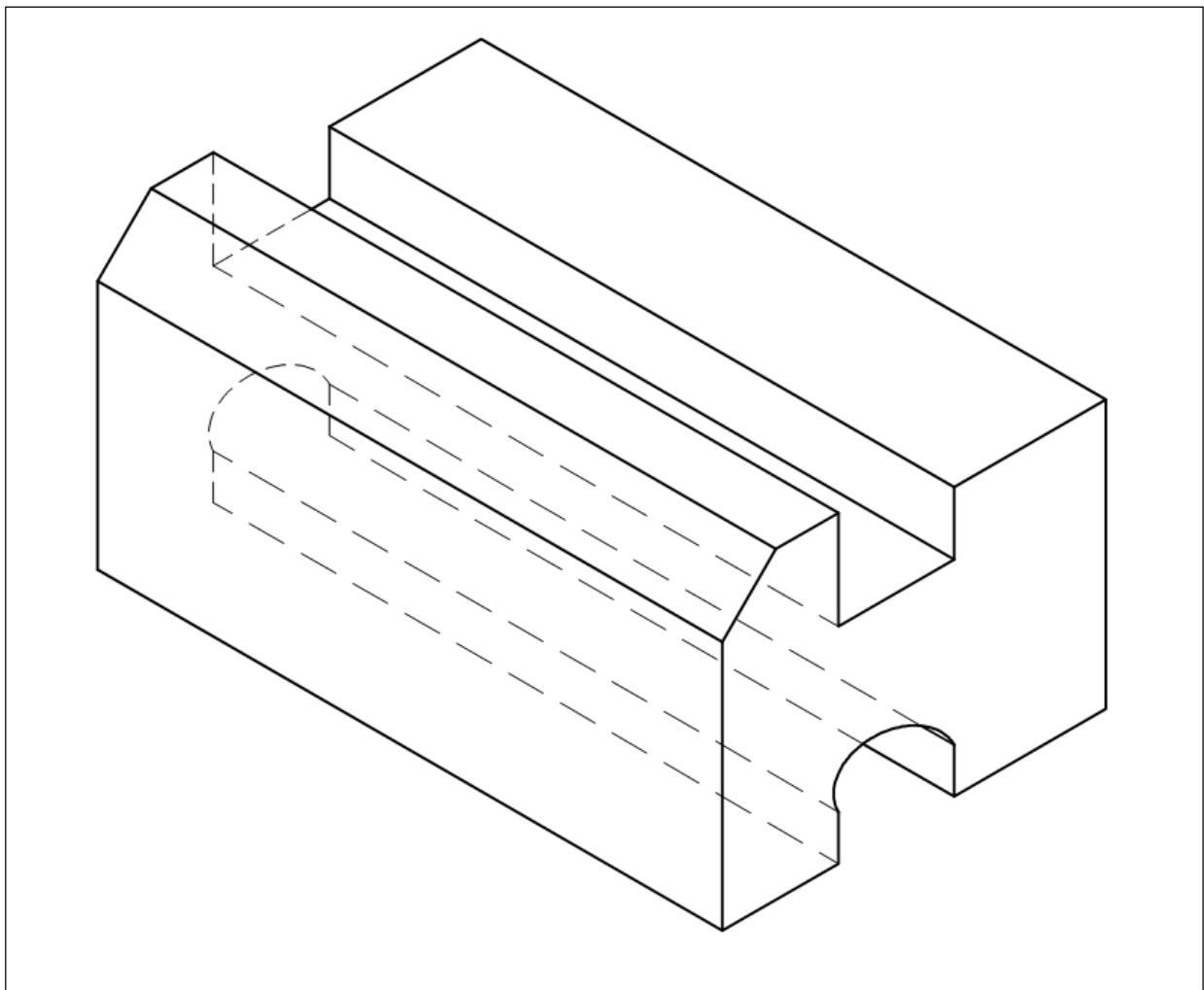
Réaliser la perspective cavalière de la pièce suivant sa vue de face ci-dessous en lançant les fuyantes à gauche vers le haut. On donne :

épaisseur de la pièce 50mm ; rapport de réduction 0.5 ; angle des fuyantes 30°.



**Exercice 2**

Réaliser la perspective isométrique de la pièce de l'exercice 1, en lançant les fuyantes à gauche vers le haut. On donne : épaisseur de la pièce 70mm,  $R = 0,82$ .



## Chapitre IV : COUPES ET SECTIONS

### Objectif spécifiques:

A la fin de ce chapitre, l'apprenant devrait être capable de :

- Indiquer le principe des vues coupées ;
- Exécuter une coupe et une section ;
- Deducire la différence entre une coupe et une section.

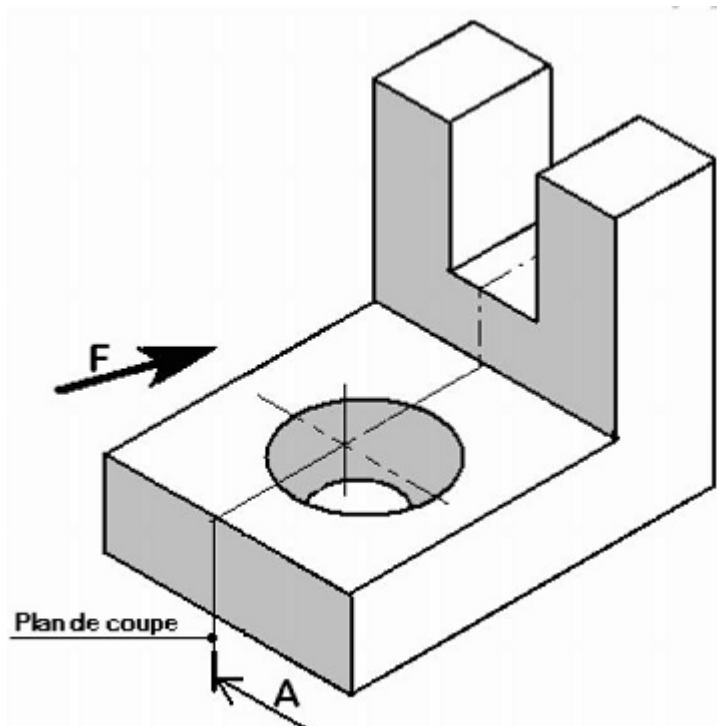
### IV-1- Coupes

#### IV-1-1- Définition et but

Les coupes permettent d'améliorer la clarté et la lecture du dessin, notamment en remplaçant les contours des pièces creuses (traits interrompus fins) par des contours vus (traits continus forts).

#### IV-1-2- Mode opératoire pour réaliser une coupe

- Repérer le plan sécant (plan de coupe) coupant la pièce par son tracé en trait mixte fin renforcé aux extrémités.



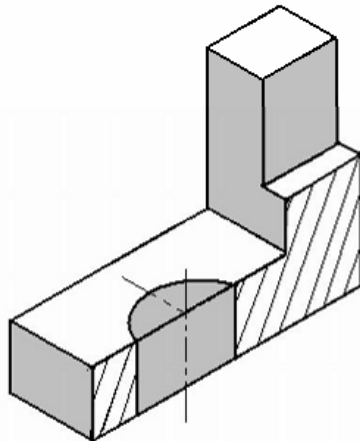
*Figure 4.1 : réalisation d'une coupe*

- Le plan sécant étant choisi, imaginer que l'on scie la pièce suivant ce plan. Dans notre exemple, le plan de coupe est appelé A-A.
- Repérer le sens d'observation par deux flèches en trait fort pointant vers le milieu des éléments renforcés du trait mixte fin.



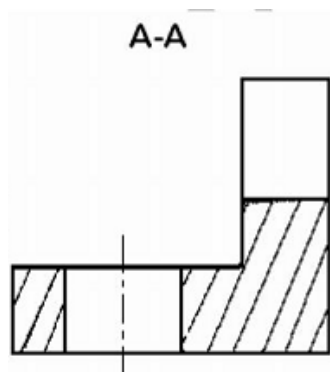
*Figure 4.2 : désignation du plan de coupe*

- Imaginer mentalement que l'on enlève la partie de la pièce située du côté de l'observateur ;
- Hachurer les parties traversées par la scie virtuelle.



*Figure 4.3 : représentation parties touchées par la scie*

- Représenter la vue coupée dans son plan de projection et la désigner par les mêmes lettres majuscules qui désignaient le plan sécant.



*Figure 4.4 : représentation dans le plan de vue en coupe*



- En hachurant, tenir compte que les hachures ne traversent jamais un trait fort et ne s'arrêtent jamais sur un trait mixte fin ou sur un trait interrompu.

**IV-1-3- Les hachures**

Les hachures se dessinent en trait fin, doivent être régulièrement espacées de 1,5 à 4 mm suivant la grandeur de la surface à hachurer.

Utiliser les angles de 30°, 45° ou 60° de l'équerre pour représenter les hachures.

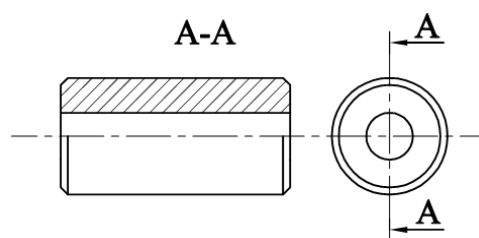
*Tableau 4.1 : hachures des différents matériaux*

Tous métaux Et alliages		Matières plastiques ou isolantes		Verre	
Cuivre et ses alliages Béton léger		Bois en coupe transversale		Béton	
Métaux et Alliages légers		Bois en coupe longitudinale		Béton armé	
Antifriction et Toute matière coulée sur une pièce		Isolant thermique		Sol naturel	

**IV- 1- 4- Demi-coupes**

Les demi-coupes sont utilisées pour les pièces symétriques. Elles sont représentées suivantes :

- Une moitié de pièce en coupe ;
- Une moitié de pièce en vue extérieure.



*Figure 4.5 : demi-coupe d'un axe*

**IV- 1- 5- Coupe locale**

Elle permet de montrer un détail intéressant (clavette, perçage, etc.), sans avoir à utiliser une vue complète. L'indication du plan de coupe est inutile. La zone coupée est limitée par un trait continu fin ou zigzag.

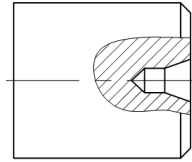


Figure 4.6 : coupe locale d'un centrage

#### IV-1-6- Coupe brisée à plan parallèle

On représente la pièce en coupe sur deux ou plusieurs plans de coupe parallèles décalés.

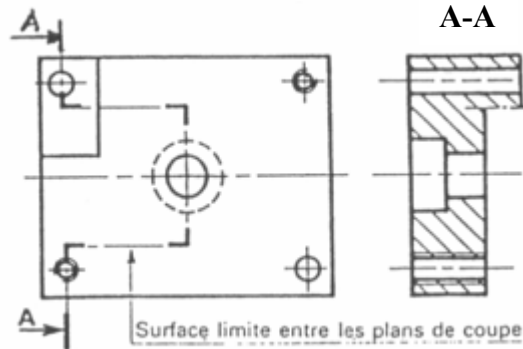


Figure 4.7 : représentation coupe brisée à plan parallèle

#### IV-1-7- coupe brisée à plan oblique (sécants)

Le plan de coupe oblique est amené par une rotation d'angle  $\Omega$  dans le prolongement du plan placé suivant une direction principale d'observation.

Le report des dimensions de la surface oblique dans la coupe A-A s'effectue généralement à l'aide du compas.

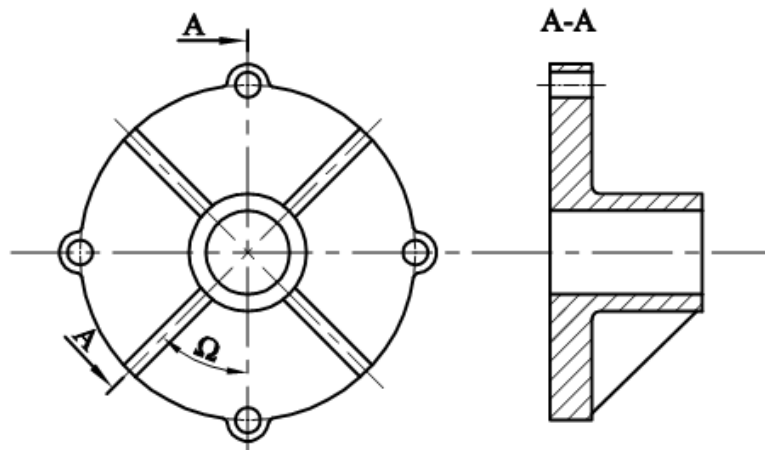


Figure 4.8 : coupe brisée à plan oblique

**IV-1-8- Règles complémentaires simplifiant la lecture du dessin**

- On ne coupe jamais les nervures lorsque le plan de coupe passe dans le plan de leur plus grande surface. Cette règle est la même avec les bras de poulie, de volant ou de roue.
- On ne coupe jamais les pièces de révolution pleines (cylindriques ou sphériques telles que les axes, arbres, billes...) les vis, les écrous, boulons, rivets, clavettes...

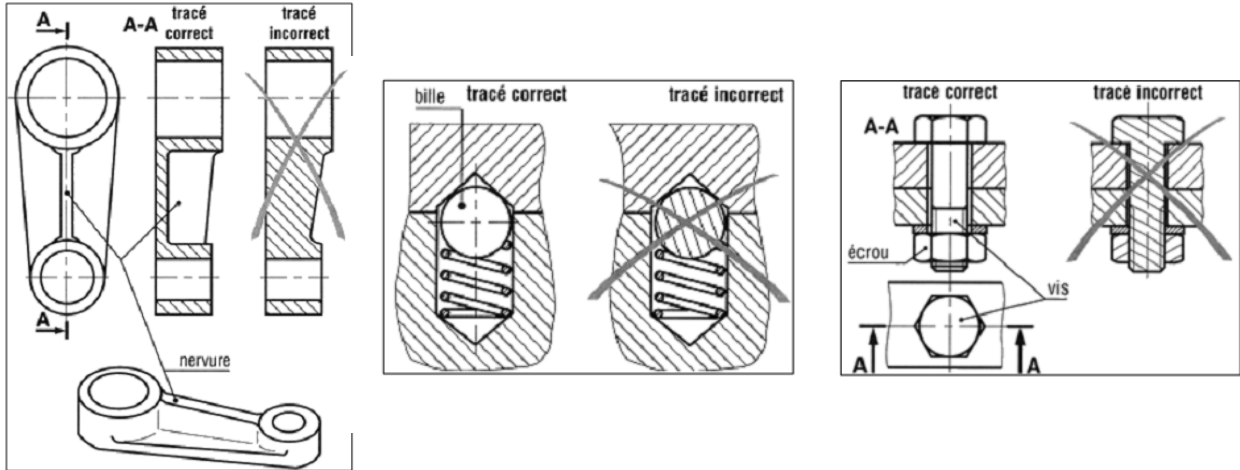


Figure 4.9 : exemple des erreurs à éviter

**IV-2- Sections**

Les sections sont des représentations particulières de la coupe. Elles sont définies de la même manière que les coupes : plan de coupe, flèches, etc.

**IV-2-1- Principe**

Dans une coupe normale toutes les parties au-delà du plan de coupe sont dessinées. Or dans une section, seule la partie coupée est dessinée, là où la matière est réellement coupée ou sciée.

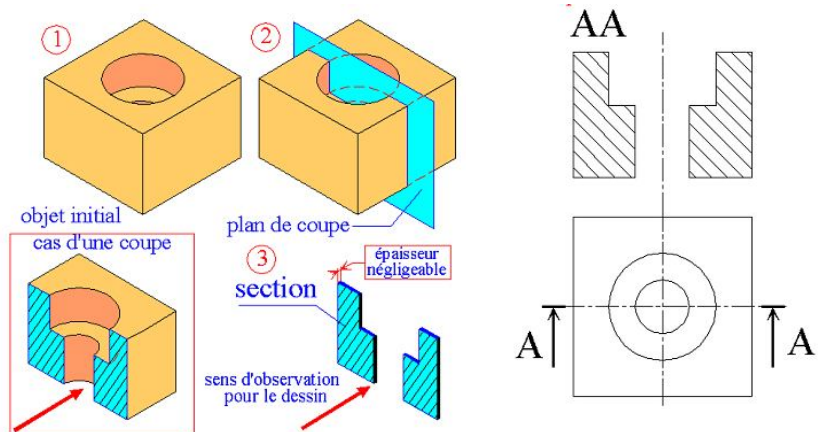


Figure 4.10 : exécution d'une section

### IV-2-2- Comparaison entre coupe, demi-coupe et section

Dans une section, seule la partie coupée est dessinée, là où la matière est réellement coupée. Dans une coupe, en plus de la partie coupée, toutes les parties visibles au-delà du plan de coupe sont dessinées. Dans une demi-coupe, seule une moitié de vue est dessinée en coupe, l'autre moitié reste en vue extérieure.

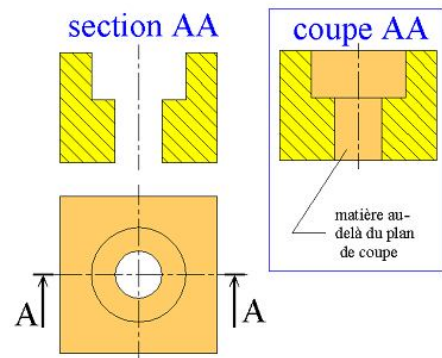


Figure 4.11: comparaison coupe et section

### IV-2-3- Sections sorties

Ce sont des sections particulières. Les contours sont dessinés en trait continu fort. Elles peuvent être placées : près de la vue et reliées à celle-ci au moyen d'un trait mixte fin (trait d'axe) ou dans une autre position avec éléments d'identification (plan de coupe, sens d'observation, lettres).

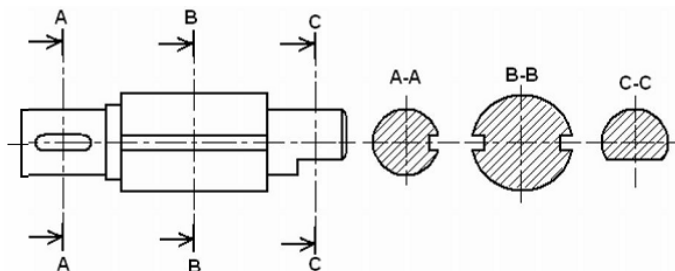


Figure 4.11: exécution sections sorties

### IV-2-4 - Sections rabattues

Ce sont des sections particulières dessinées en trait continu fin directement sur la vue choisie. Les indications (plan de coupe, sens d'observation, désignation) sont inutiles.

Pour plus de clarté, il est préférable d'éliminer ou "gommer" les formes de l'objet vues sous la section.

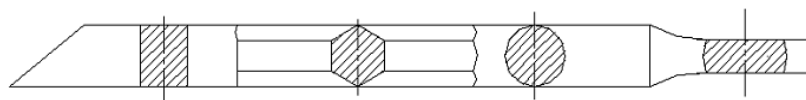
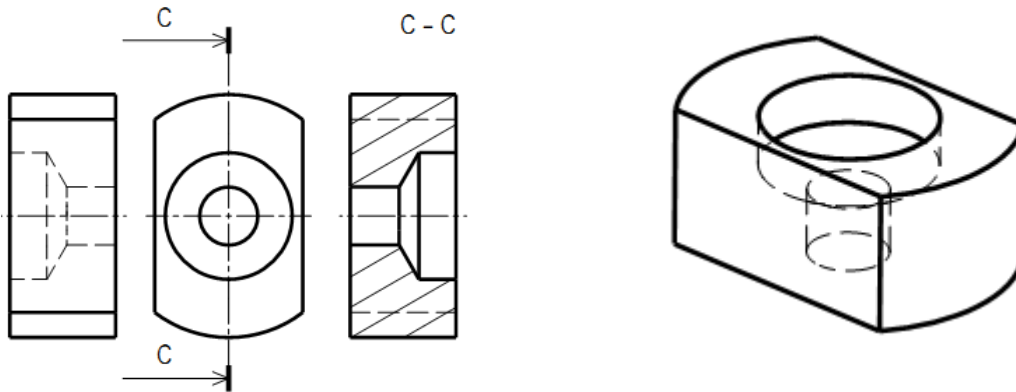


Figure 4.12: exécution sections rabattues

**IV-3- Applications**

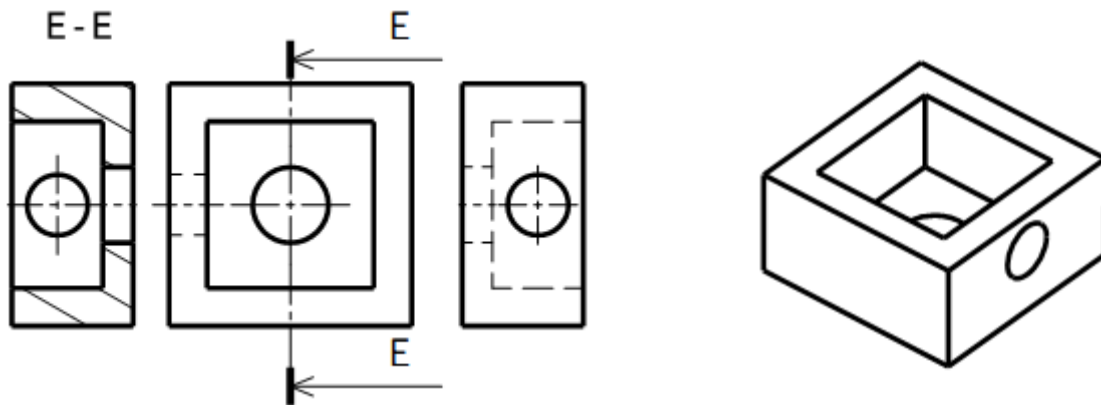
**Exercice 1**

Utiliser le plan de coupe indiqué pour tracer la vue coupée manquante.



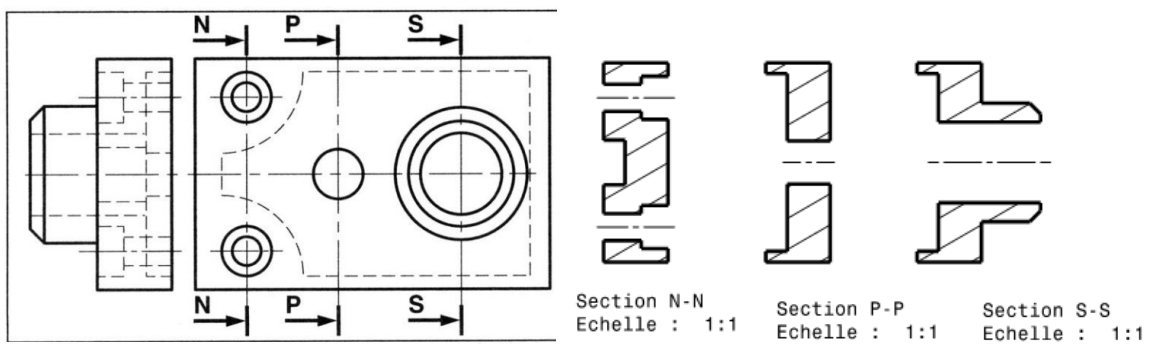
**Exercice 2**

Utiliser le plan de coupe indiqué pour tracer la vue coupée manquante.



**Exercice 3**

Utiliser les plans de coupe indiqués pour tracer les sections sorties manquantes.



## Chapitre V : VOCABULAIRE TECHNIQUE DES FORMES DE PIÈCES

Objectif spécifiques:

A la fin de ce chapitre, l'apprenant devrait être capable de :

- Maîtriser la terminologie des formes de pièces ;
- Reconnaître les formes usuelles des pièces.

**Alésage :** c'est un contenant cylindrique ou conique précis.

**Arbre :** c'est un contenu cylindrique ou conique précis.

**Arrondi :** surface à section circulaire partielle et destinée à supprimer une arête vive.

**Bossage :** Saillie prévue sur une pièce afin de limiter la surface usinée.

**Boutonnière :** Trou plus long que large terminé par deux demi-cylindres.

**Chambrage :** Evidement réalisé à l'intérieur d'un cylindre afin d'en réduire la portée.

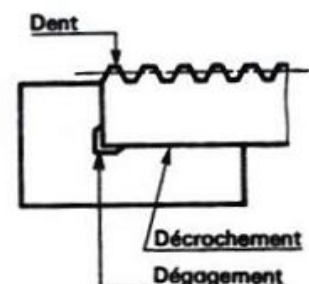
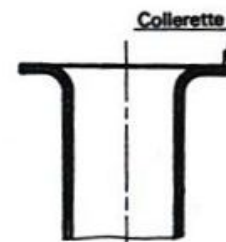
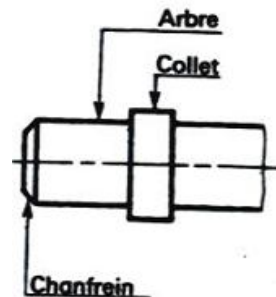
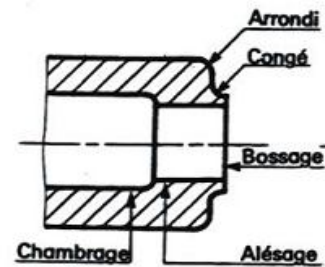
**Chanfrein :** Petite surface obtenue par suppression d'une arête sur une pièce.

**Collet :** couronne en saillie sur une pièce cylindrique.

**Collerette :** couronne à l'extrémité d'un tube.

**Congé :** section circulaire partielle destinée à raccorder deux surfaces formant un angle rentrant.

**Décrochement :** Surface en retrait d'une autre et parallèle à celle-ci.



**Dégagement :** Evidement généralement destiné à éviter le contact de deux pièces suivant une ligne, ou assurer le passage d'une pièce

**Dent :** Saillie dont la forme s'apparente à celle d'une dent.

**Embase :** Elément d'une pièce destiné à servir de base à une autre pièce.

**Embrèvement :** Forme emboutie dans une tôle et destinée à servir de logement pour une pièce ne devant pas être en saillie.

**Encoche :** Petite entaille.

**Entaille :** Enlèvement d'une partie d'une pièce par usinage.

**Epaulement :** Changement brusque de section afin d'obtenir une surface d'appui.

**Ergot :** Petit élément de pièce, généralement destiné à assurer un arrêt en rotation.

**Evidement :** Vide prévu dans une pièce pour en diminuer le poids ou pour réduire une surface d'appui.

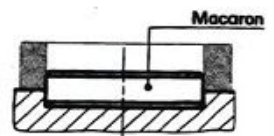
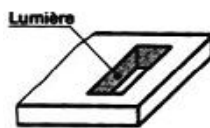
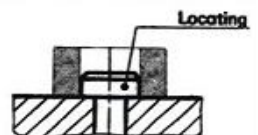
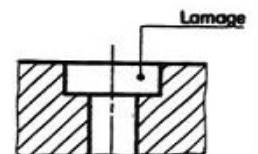
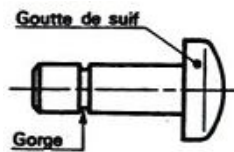
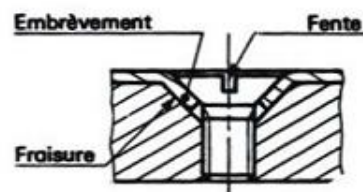
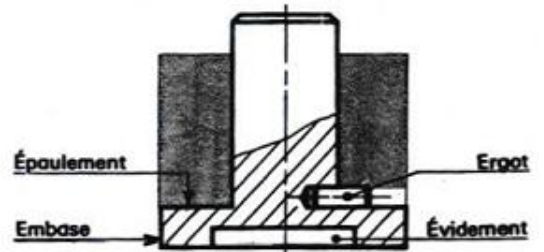
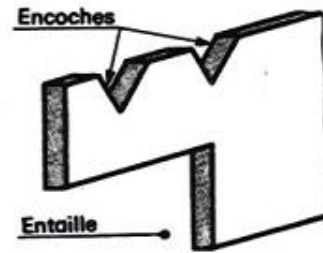
**Fente :** Petite rainure.

**Fraisure :** Evasement conique fait avec une fraise à l'orifice d'un trou.

**Gorge :** Dégagement généralement arrondi à sa partie inférieure.

**Goutte de suif :** Calotte sphérique éventuellement raccordée par une portion de tore.

**Lamage :** Logement cylindrique généralement destiné à obtenir une surface d'appui et noyer un élément de pièce.



**Locating :** Mot anglais utilisé pour nommer une pièce positionnant une autre pièce.

**Lumière :** Nom de divers petits orifices.

**Macaron :** Cylindre de diamètre relativement grand par rapport à sa hauteur, assurant en général un centrage.

**Méplat :** Surface plane sur une pièce à section circulaire.

**Mortaise :** Evidement effectué dans une pièce et recevant le tenon d'une autre pièce de manière à réaliser un assemblage.

**Nervure :** Partie d'une pièce destinée à en augmenter la résistance ou la rigidité.

**Profilé :** Métal laminé suivant une section constante.

**Queue d'aronde :** Tenon en forme de trapèze pénétrant dans une rainure de même forme et assurant une liaison glissière.

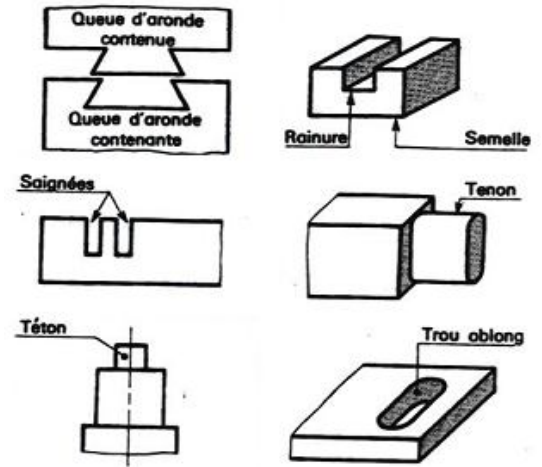
**Rainure :** Entaille longue pratiquée dans une pièce pour recevoir une languette ou un tenon.

**Saignée :** Entaille profonde et de faible largeur.

**Semelle :** Surface d'une pièce généralement plane et servant d'appui.

**Tenon :** Partie d'une pièce faisant saillie et se logant dans une rainure ou une mortaise.

**Téton :** Petite saillie de forme cylindrique.





## Chapitre VI : COTATION DIMENSIONNELLE

### Objectif spécifiques :

A la fin de ce chapitre, l'apprenant devrait être capable de :

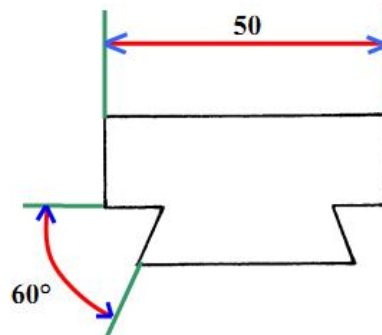
- Exécuter la cotation d'un dessin en respectant les règles générales.

### VI-1- Définition

La cotation est la technique de dessin qui permet de porter les dimensions nécessaires pour la fabrication des objets techniques.

Les éléments d'une cote sont :

- Les lignes d'attache en vert
- Les lignes de cote en rouge
- Les extrémités en bleu
- La valeur de la dimension en noir
- Eventuellement, si la place manque, une ligne de repère.

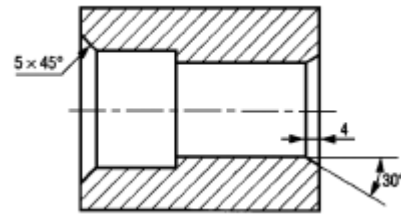
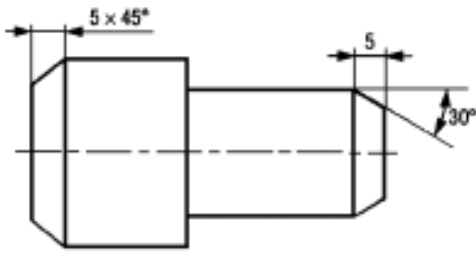


### VI-2- Règles générales

- Les lignes de cote et les lignes d'attache sont tracées en trait continu fin
- Les lignes d'attache sont parallèles entre elles
- Les lignes d'attache doivent dépasser légèrement la ligne de cote
- Pour un même dessin, utiliser le même type d'extrémité
- Si on manque de place, on peut reporter les flèches à l'extérieur des lignes d'attache.  
Egalement par des points

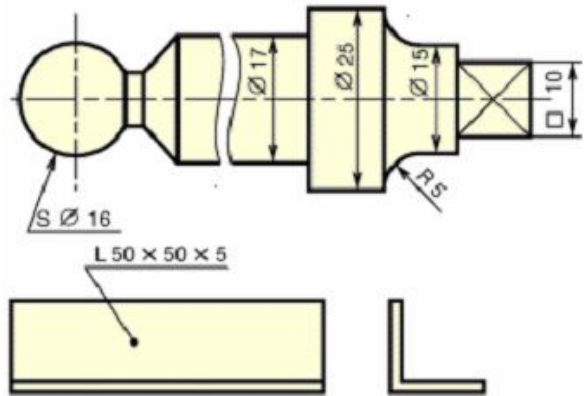
#### VI-2-1- Cotation des chanfreins

Un chanfrein ou une fraisure, est une petite surface conique dont la cotation peut être simplifiée par rapport à la cotation d'une surface conique d'assemblage ou d'étanchéité. Les différentes possibilités de cotation sont indiquées ci-dessous :



**VI-2-2- Dispositions particulières**

Eléments à coter	Symbole
Diamètre	Ø
Rayon	R
Surplat d'un carré	□
Rayon d'une sphère	SR
Diamètre de la sphère	SØ

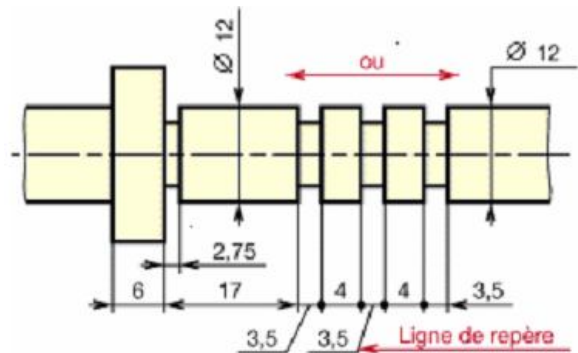


Symbole pour les profilés			
Profilé	Symbole	Profilé	Symbole
Rond	Ø	En U	U
Carré	□	En I	I
Plat	▭	En T	T
Cornière	L	En Z	Z

**VI-2-3- Cas où l'on manque de place**

Afin d'assurer la meilleure lisibilité possible de la valeur d'une cote :

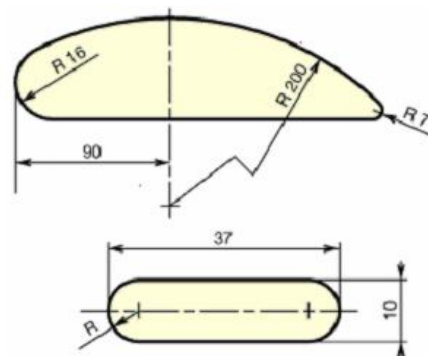
- inscrire la valeur de la cote au-dessus du prolongement de la ligne de cote et de préférence à droite,
- utiliser une ligne de repère lorsque la solution précédente n'est pas possible



**VI-2-4- Cotation des rayons**

Pour coter un rayon, on trace :

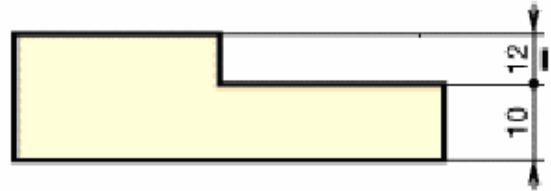
- une ligne de cote ayant pour direction un rayon de l'arc de cercle,



- Une flèche pointée du côté concave de l'arc, sauf pour les petits rayons où la flèche est tracée du côté convexe
- Si la valeur de la cote d'un rayon se déduit des valeurs d'autres cotes, mettre uniquement le symbole R.

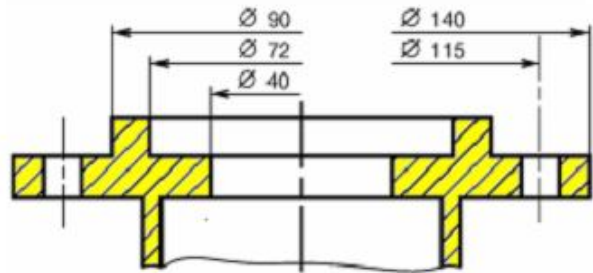
**VI-2-5- Cotes non à l'échelle**

Les dimensions qui, exceptionnellement n'auraient pas été tracées à l'échelle doivent être soulignées d'un trait continu fort.



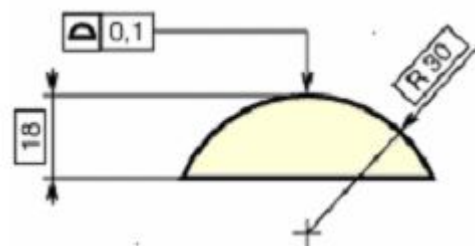
**VI-2-6- Cotation des grands diamètres**

Afin d'éviter de suivre de longues lignes de cotes, la cotation ci-contre est particulièrement recommandée. En outre, elle facilite la lecture des cotes en évitant une trop importante superposition des chiffres.



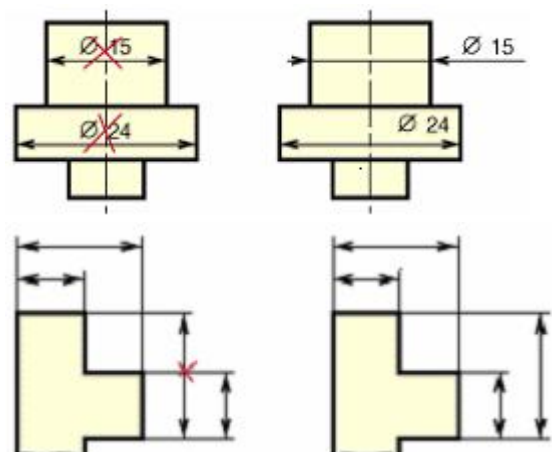
Une cote encadrée est la traduction graphique d'une « dimension de référence ».

Une dimension de référence définit exactement une position ou une grandeur d'un élément.

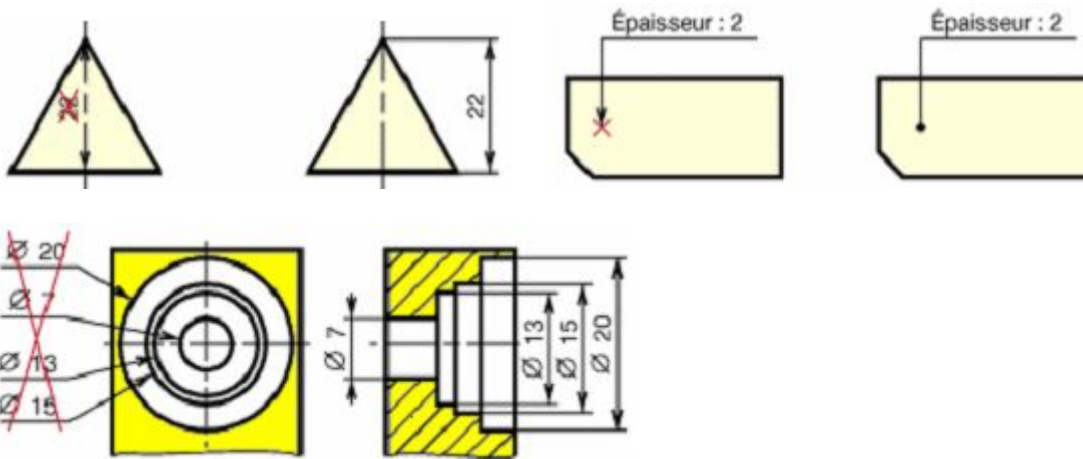
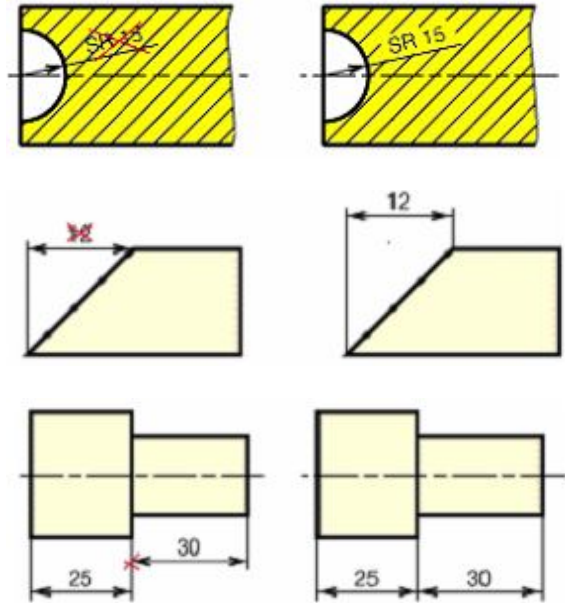


**VI-3- Fautes à éviter**

- Les cotes ne doivent jamais être coupées par une ligne (ligne de cote, trait d'axe, trait fort ...).
- Une ligne de cote ne doit pas être coupée par une autre ligne (les lignes d'attache peuvent se couper entre elles).



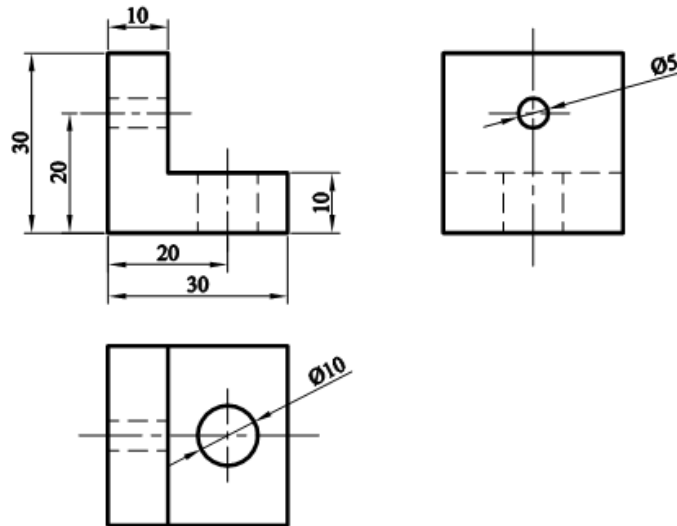
- Interrompre les hachures pour garder toute lisibilité de la valeur de la cote.
- Interrompre les hachures pour garder toute lisibilité de la valeur de la cote.
- On ne doit jamais aligner une ligne de cote et une ligne de dessin.
- Dans la mesure du possible, aligner les lignes de cotes.
- On ne doit jamais utiliser un axe comme ligne de cote.
- Lorsqu'une ligne de cote se termine à l'intérieur d'un dessin, mettre un point à son extrémité.
- Coter de préférence les cylindres dans la vue où leur projection est rectangulaire.



VI-4- Applications

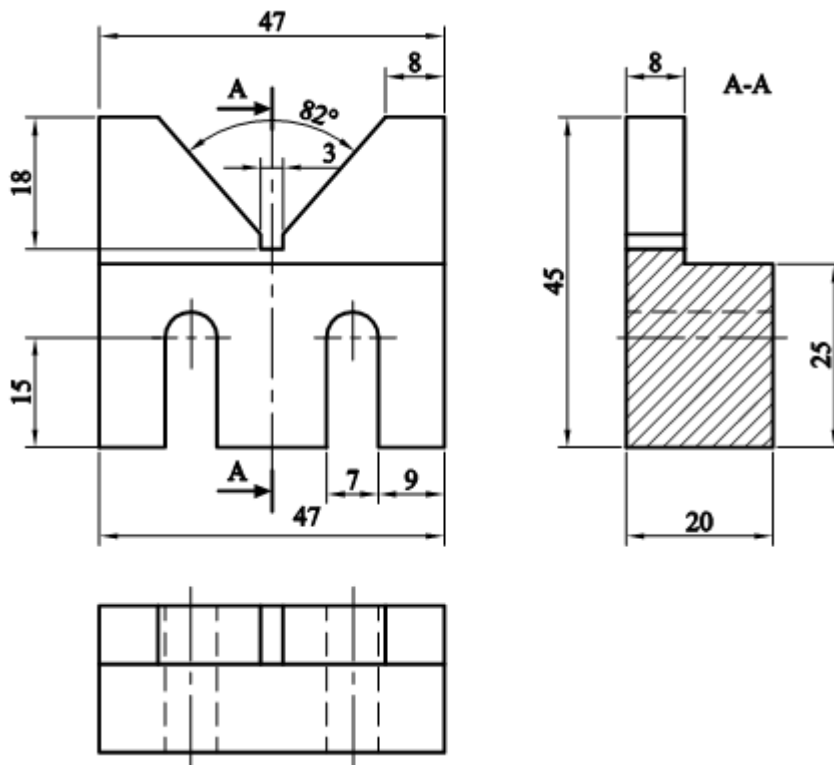
Exercice 1

Proposer une cotation complète du dessin ci-dessous, échelle : 1/1.



Exercice 2

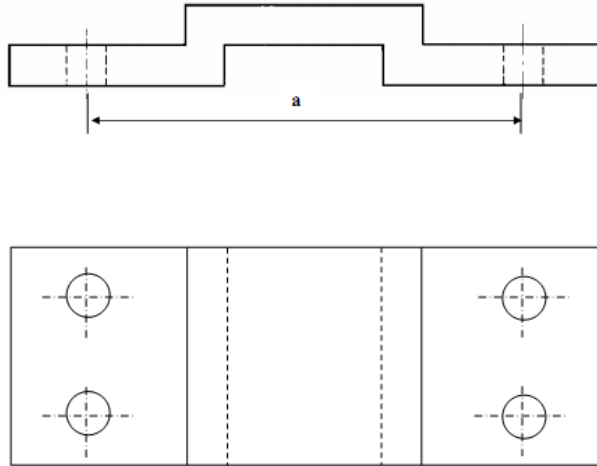
Proposer une cotation complète du dessin ci-dessous, échelle 1/2.



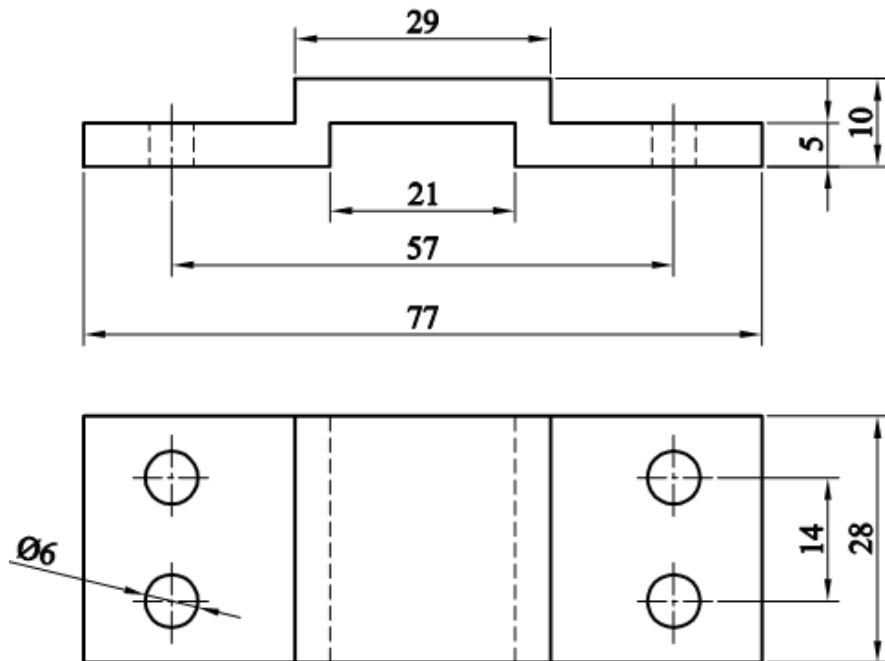
**Exercice 3**

Sachant que la cote de (a) mesure réellement 570 mm.

- a) Mesurer, calculer et indiquer l'échelle du dessin.
- b) Cotez cette pièce en vue de sa réalisation (cotation précise).



**Proposition de cotation de la pièce en vue de sa réalisation**



## Chapitre VII : COTATION TOLERANCEE ET AJUSTEMENTS

Objectif spécifiques :

A la fin de ce chapitre, l'apprenant devrait être capable de :

- Définir les notions de cotation tolérancée et ajustements ;
- Donner la normalisation des ajustements ;
- Calculer les jeux mini et maxi d'un ajustement.

### VII-1- Cote tolérancée

#### VII-1-1- Nécessité des tolérances

Lors de la fabrication d'une série de pièces identiques, il est impossible d'avoir les mêmes dimensions d'une pièce à l'autre. Ceci est dû aux imperfections des machines, à l'usure des outils, à la dureté du matériau à usiner, à la précision des appareils de mesure,...

Il est donc plus facile de réaliser une cote si elle peut varier entre deux valeurs limites: Une cote maximale (C Maxi) et une cote minimale (C mini). La différence entre ces deux cotes s'appelle intervalle de tolérance (IT), celui-ci correspond à la marge d'erreur autorisée.

#### VII-1-2- Définitions

**Cote nominale** : Dimension qui sert de référence pour l'identification et l'inscription sur les dessins.

**Ecart supérieur** : c'est la différence entre la cote maxi et la cote nominale

$$ES = C_{\max} - C_{\text{nom}}$$

**Ecart inférieur** : Egal à la différence entre la cote mini et la cote nominale

$$EI = C_{\min} - C_{\text{nom}}$$

**Tolérance ou intervalle de tolérance** : c'est la variation admissible de la cote réelle de la pièce.

$$IT = C_{\max} - C_{\min}$$

$$IT = ES - EI$$

**Notion d'arbre :** Désigne une pièce contenue (minuscule)

**Notion d'alésage :** Désigne une pièce contenante (majuscule)

**Exemple :**  $45 \begin{matrix} +0,2 \\ -0,5 \end{matrix}$   $C_{nom} = 45; ES = +0,2; EI = -0,5$

$$C_{max} = C_{nom} + ES \Rightarrow C_{max} = 45 + 0,2 \Rightarrow C_{max} = 45,2$$

$$C_{min} = C_{nom} + EI \Rightarrow C_{min} = 45 + (-0,5) \Rightarrow C_{min} = 45 - 0,5 \Rightarrow C_{min} = 44,5$$

Donc la cote usinée doit être comprise entre 44,5 et 45,2

### VII-1-3- Inscription d'une cote tolérancée sur un plan

➤ **Tolérances chiffrées**

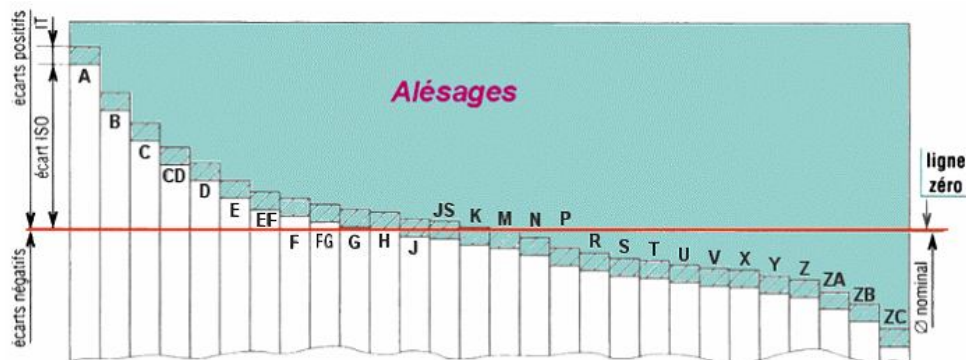
- Inscrire après la cote nominale la valeur des écarts en plaçant toujours l'écart supérieur au-dessus ;
- Les écarts ont même unité que la cote nominale: en mm ou ° ;
- Ne pas mettre de signe lorsque l'écart est nul ;
- Lorsque l'écart est réparti symétriquement par rapport à la cote nominale, ne donner qu'un écart précédé du signe ±. Exemple:  $24 \pm 0,1$

➤ **Tolérance par symbole ISO**

La tolérance est choisie à partir d'écarts normalisés.

La désignation comprend :

- La cote nominale ;
- Une lettre ou deux, désignant la position de la tolérance par rapport à la cote nominale.



*Figure 7.1 : différentes positions des alésages*



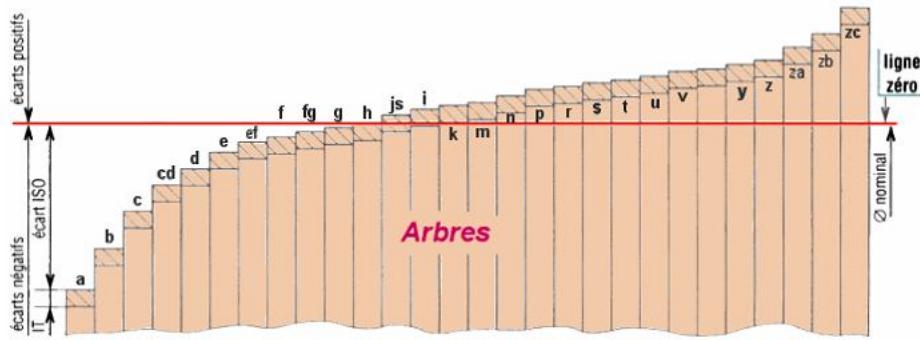


Figure 7.2 : différentes positions des arbres

- Un chiffre désignant la qualité de la tolérance ; c'est-à-dire la grandeur de l'IT. Il existe 18 qualités différentes de la meilleure à la moins bonne : 01 – 1-2-3-.....- 16.

Tableau 7.1 : qualités usuelles des principaux procédés d'usinage

Qualités usuelles indicatives des principaux procédés d'usinage																
IT (qualité)	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
oxycoupage	■															
sciage	■															
rabotage			■													
perçage			■													
fraisage			■													
perçage + alésoir				■												
alésage				■												
brochage				■												
tournage				■												
rectification									■							
rodage											■					
superfinition														■		

Usinage de qualité :                      moyenne                      précise                      Très précise

Exemple : Ø20 H7

## VII-2- Ajustements

### VII-2-1- Principe et désignation

Un ajustement est une relation résultant de la différence entre les dimensions de deux pièces devant être assemblées. Ainsi, le choix judicieux de l'ajustement permettra d'obtenir un fonctionnement idéal de l'assemblage. On dit alors que celui-ci donne les meilleurs résultats.

Il permet de spécifier à la fois la cote du contenant ou alésage, et celle du contenu ou arbre.

**Exemple de désignation :**

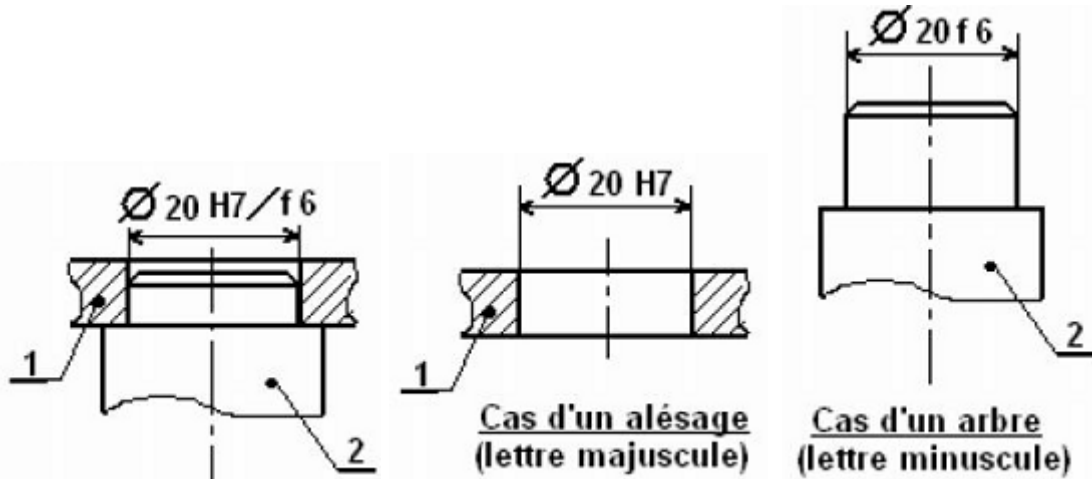
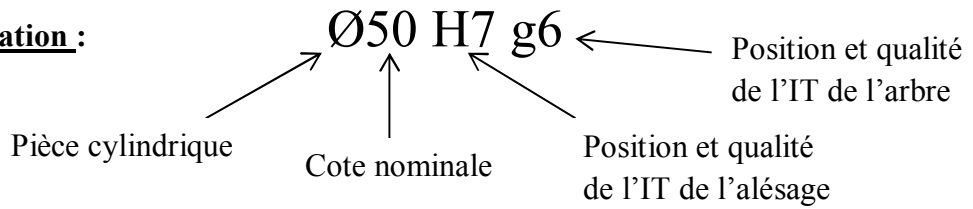


Figure 7.3 : ajustement de deux pièces

**VII-2-2- Différents types d'ajustement**

Ils sont de trois types :

- **Ajustement avec jeu :** La cote effective de l'alésage est toujours supérieure à la cote effective de l'arbre.
- **Ajustement avec serrage :** La cote effective de l'arbre est toujours supérieure à la cote effective de l'alésage.
- **Ajustement incertain :** L'ajustement obtenu sera soit avec jeu, soit avec serrage.

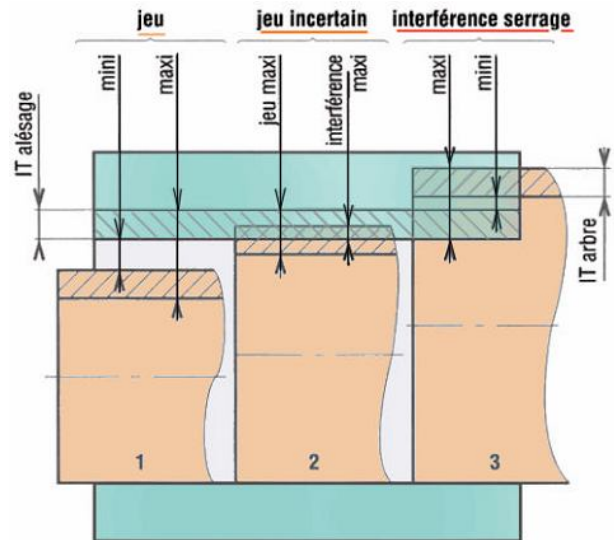


Figure 7.4 : types d'ajustements

Suivant la fonction désirée de l'assemblage, et la qualité requise, on choisit le type d'ajustement.

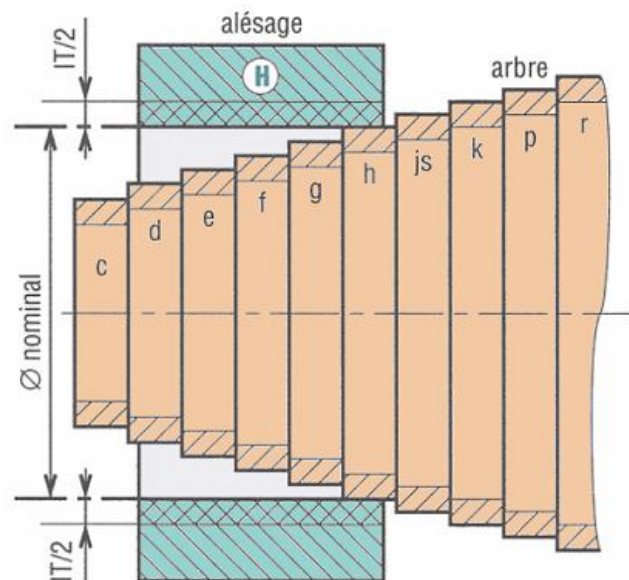
Deux systèmes permettant d'harmoniser et de réduire la quantité d'outillage nécessaire à la fabrication des pièces ont été conçus:

- **Le système de l'alésage normal** : c'est le système le plus utilisé, tous les alésages ou contenants sont H.

Choisir l'ajustement consiste alors à choisir la qualité (arbre et alésage), et à définir la position de l'intervalle de tolérance de l'arbre en fonction du but recherché.

Par exemple:

- Arbre position f ajustement avec jeu
- Arbre position k ajustement incertain
- Arbre position p ajustement serré



*Figure 7.5.: système d'alésage normal*

- **Le système d'arbre normal** : utilisé pour certains types de fabrication, tous les arbres sont h.

Beaucoup moins utilisé que le système de l'alésage normal, il est utilisé dans certaines applications comme par exemple la fabrication de platines en matière plastique moulée avec insertion d'axes en acier. Ces axes sont alors issus de barres calibrées h du commerce.

Tableau 7.2 : Ajustements usuels recommandés : Système de l'alésage normal.

		Ajustements Usuels (Système de l'alésage H)								
Type	arbre	Alésages						Observations		
		H6	H7	H8	H9	H10	H11			
Pièces mobiles	jeu élevé	c11							Cas usuels de longues portées, mauvais alignement, dilatations...	
		c10								
		c9								
	jeu moyen	d9							Cas usuels pour guidages tournants ou glissant avec jeu (bon graissage assuré)	
		d8								
		e9								
		e8								
		e7								
	jeu faible	f8							pour guidages précis	
		f7								
Pièces immobiles	ajusté	g6						assemblage possible à la main	Pour centrages et positionnement ne peut pas transmettre des efforts	pas de détérioration des pièces au démontage
		g5								
	jeu incertain	h9						assemblage possible au "marteau" (Presses recommandées)	Pour transmission des efforts	détérioration des pièces au démontage
		h7								
		h6								
	peu serré	js7						assemblage à la presse	Pour transmission des efforts	détérioration des pièces au démontage
		js6								
	serré (obstruction)	js5						assemblage à la presse lourde ou par dilatation (frettage)	Pour transmission des efforts	détérioration des pièces au démontage
		k6								
		k5								
		m7								
		m6								
	serré fort	n6						assemblage à la presse	Pour transmission des efforts	détérioration des pièces au démontage
		p6								
r6										
s7										
serré fort	s6						assemblage à la presse	Pour transmission des efforts	détérioration des pièces au démontage	
	t6									
	u6									
	x7									

■ cas les plus utilisés    ■ cas les plus utilisés (à connaître)

Tableau 7.3 : Extraits de tolérances ISO pour alésages ou contenants

Extraits de tolérances ISO pour alésages (en microns : 1 $\mu$ = 0.001 mm)													
au-delà de à (inclus)	Tolérances (en microns)												
	1	3	6	10	18	30	50	80	120	180	250	315	
H6 ES	+6	+8	+9	+11	+13	+16	+19	+22	+25	+29	+32	+36	+40
H6 EI	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
H7 ES	+10	+12	+15	+18	+21	+25	+30	+35	+40	+46	+52	+57	+63
H7 EI	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
H8 ES	+14	+18	+22	+27	+33	+39	+46	+54	+63	+72	+81	+89	+97
H8 EI	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tableau 7.3 : Extraits de tolérances ISO pour arbres ou contenus

		Extraits de tolérances ISO pour arbres (en microns : 1μ = 0.001 mm)												
au-delà de à (inclus)		1	3	6	10	18	30	50	80	120	180	250	315	400
f7	es	-6	-10	-13	-16	-20	-25	-30	-36	-43	-50	-56	-62	-68
	ei	-16	-22	-28	-34	-41	-50	-60	-71	-83	-96	-108	-119	-131
f8	es	-6	-10	-13	-16	-20	-25	-30	-36	-43	-50	-56	-62	-68
	ei	-20	-28	-35	-43	-53	-64	-76	-90	-106	-122	-137	-151	-165
g5	es	-2	-4	-5	-6	-7	-9	-10	-12	-14	-15	-17	-18	-20
	ei	-6	-9	-11	-14	-16	-20	-23	-27	-32	-35	-40	-43	-47
g6	es	-2	-4	-5	-6	-7	-9	-10	-12	-14	-15	-17	-18	-20
	ei	-8	-12	-14	-17	-20	-25	-29	-34	-39	-44	-49	-54	-60
h5	es	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	ei	-4	-5	-6	-8	-9	-11	-13	-15	-18	-20	-23	-25	-27
h6	es	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	ei	-6	-8	-9	-11	-13	-16	-19	-22	-25	-29	-32	-36	-40
h7	es	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	ei	-10	-12	-15	-18	-21	-25	-30	-35	-40	-46	-52	-57	-63
h8	es	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	ei	-14	-18	-22	-27	-33	-39	-46	-54	-63	-72	-81	-89	-97
h9	es	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	ei	-25	-30	-36	-43	-52	-62	-74	-87	-100	-115	-130	-140	-155
h10	es	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	ei	-40	-48	-58	-70	-84	-100	-120	-160	-185	-210	-230	-250	-290
h11	es	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	ei	-60	-75	-90	-110	-130	-160	-190	-220	-250	-290	-320	-360	-400
h13	es	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	ei	-140	-180	-220	-270	-330	-390	-460	-540	-630	-720	-810	-890	-970
j6	es	+4	+6	+7	+8	+9	+11	+12	+13	+14	+16	+16	+18	+20
	ei	-2	-2	-2	-3	-4	-5	-7	-9	-11	-13	-16	-18	-20
j7	es	+6	+8	+10	+12	+13	+15	+18	+20	+22	+25	+26	+29	+31
	ei	-4	-4	-5	-6	-8	-10	-12	-15	-18	-21	-26	-28	-32
js5		±2	±2.5	±3	±4	±4.5	±5.5	±6.5	±7.5	±9	±10	±11.5	±12.5	±13.5
js6		±3	±4	±4.5	±5.5	±6.5	±8	±9.5	±11	±12.5	±14.5	±16	±18	±20
js7		±5	±6	±7.5	±9	±10.5	±12.5	±15	±17.5	±20	±23	±26	±28.5	±31.5
js9		±12.5	±15	±18	±21.5	±26	±31	±37	±43.5	±50	±57.5	±65	±70	±77.5
js11		±30	±37.5	±45	±55	±65	±80	±95	±110	±125	±145	±160	±180	±200
js13		±70	±90	±110	±135	±165	±195	±230	±270	±315	±360	±405	±445	±485
k5	es	+4	+6	+7	+9	+11	+13	+15	+18	+21	+24	+27	+29	+32
	ei	0	+1	+1	+1	+2	+2	+2	+3	+3	+4	+4	+4	+5
k6	es	+6	+9	+10	+12	+15	+18	+21	+25	+28	+33	+36	+40	+45
	ei	0	+1	+1	+1	+2	+2	+2	+3	+3	+4	+4	+4	+5
m6	es	+8	+12	+15	+18	+21	+25	+30	+35	+40	+46	+52	+57	+63
	ei	+2	+4	+6	+7	+9	+9	+11	+13	+15	+17	+20	+21	+23
m7	es	+12	+16	+21	+25	+29	+34	+41	+48	+55	+63	+72	+78	+86
	ei	+2	+4	+6	+7	+8	+9	+11	+13	+15	+17	+20	+21	+23
n5	es	+8	+13	+16	+20	+24	+28	+33	+38	+45	+51	+57	+62	+67
	ei	+4	+8	+10	+12	+15	+17	+20	+23	+27	+31	+34	+37	+40
n6	es	+10	+16	+19	+23	+28	+33	+39	+45	+52	+60	+66	+73	+80
	ei	+4	+8	+10	+12	+15	+17	+20	+23	+27	+31	+34	+37	+40
p6	es	+12	+20	+24	+29	+35	+42	+51	+59	+68	+79	+88	+98	+108
	ei	+6	+12	+15	+18	+22	+26	+32	+37	+43	+50	+56	+62	+68

VII-2-3- Calcul des jeux mini et Maxi:

- Jeu mini = cote contenant mini - cote contenu Maxi.
- Jeu Maxi = cote contenant Maxi - cote contenu mini.
- IT Jeu = IT du contenant + IT du contenu = Jeu Maxi - Jeu mini

Un jeu négatif est un serrage (ou interférence).

### VII-3- Application

- **Exercice 1 :**

1) Calculez les jeux Maxi et mini de l'ajustement  $\varnothing 70$  H7/g6

D'après le tableau des tolérances ISO, on a  $\begin{matrix} +30 \\ 0 \end{matrix} H7$  et  $\begin{matrix} -10 \\ -29 \end{matrix} g6$

D'où l'alésage est  $70 \begin{matrix} +0,03 \\ 0 \end{matrix}$  et l'arbre est  $70 \begin{matrix} -0,01 \\ -0,029 \end{matrix}$

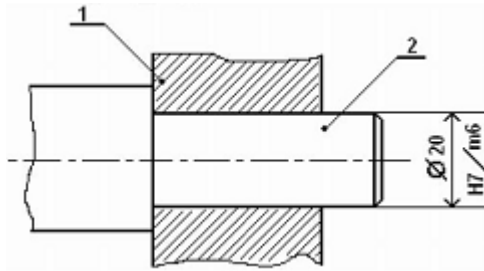
Jeu mini = cote Alésage mini – cote arbre Maxi.

$$= 70 - 69,99 \quad \Rightarrow \quad \text{Jeu mini} = 0,01 \text{ mm}$$

Jeu Maxi = cote Alésage Maxi – cote arbre mini

$$= 70,03 - 69,971 \quad \Rightarrow \quad \text{Jeu Maxi} = 0,059 \text{ mm}$$

- **Exercice 2 :**



1) **Alésage**

a) Inscrire la cote tolérancée de l'alésage :  $\varnothing 20 H7$

b) Rechercher les écarts (avec leurs signes)

Ecart supérieur :  $ES = +21$  (en micron) =  $+0,021$  (en mm).

Ecart inférieur :  $EI = 0$  (en micron) =  $0$  (en mm).

Tolérance :  $IT = 21$  (en micron) =  $0,021$  (en mm).

c) Calculer :

Alésage max =  $20,021$  mm

Alésage min =  $20$  mm

2) **Arbre**

- a) Inscrire la cote tolérancée de l'arbre :  $\text{Ø}20 \text{ m}6$   
b) Rechercher les écarts (avec leurs signes) :

Ecart supérieur :  $es = +21$  (en micron) =  $+0,021$  (en mm).

Ecart inférieur :  $ei = +9$  (en micron) =  $+0,009$  (en mm).

Tolérance :  $IT = 12$  (en micron) =  $0,012$  (en mm).

- c) Calculer :

Arbre max =  $20,021 \text{ mm}$

Arbre min =  $20,009 \text{ mm}$

3) **Ajustement :**

- a) Calculer :

$\text{Jeu Max} = A \text{ Max} - a \text{ min} = 20,021 - 20,009 = 0,012 \text{ mm}$

$\text{Jeu min} = A \text{ min} - a \text{ Max} = 20 - 20,021 = -0,021 \text{ mm}$

- b) De quel type d'ajustement s'agit-il ? (Avec jeu, avec serrage ou incertain)

Il s'agit d'un ajustement incertain

- c) Justification : parce que le jeu est négatif et positif

## Chapitre VIII : COTATION FONCTIONNELLE

Objectif spécifiques :

A la fin de ce chapitre, l'apprenant devrait être capable de :

- Définir les notions de cotes fonctionnelles, cotes condition et chaîne de cote ;
- Tracer une chaîne de cote ;
- déduire les cotes fonctionnelles.

### VIII-1- But de la cotation fonctionnelle

Pour qu'un mécanisme fonctionne, des conditions doivent être assurées (jeu, retrait, dépassement, serrage, etc...). La cotation fonctionnelle permet de rechercher les différentes cotes à respecter pour que ces conditions soient assurées.

Les cotes obtenues sont appelées : **COTES FONCTIONNELLES**, elles peuvent être:

- Un jeu (appelé jeu fonctionnel)
- Un serrage (écrasement d'un joint par exemple)
- Une course (déplacement piston...)
- Une cote (longueur d'un ressort : effort exercé)

### VIII-2- Cote condition

Une **cote condition** est une cote tolérancée qui exprime une exigence liée au fonctionnement ou à l'assemblage d'un ensemble de pièce.

Elle est représentée sur le dessin par un vecteur à double trait, orienté soit horizontalement de la gauche vers la droite, soit verticalement du bas vers le haut.

**Exemple :** Pour que l'allumette puisse être placée dans la boîte (1), il faut qu'il y' ai un jeu **Ja** entre l'allumette (2) et la boîte(1). C'est **la condition**.

Ⓐ est la cote condition à rechercher pour que l'allumette puisse être bien contenue dans sa boîte.



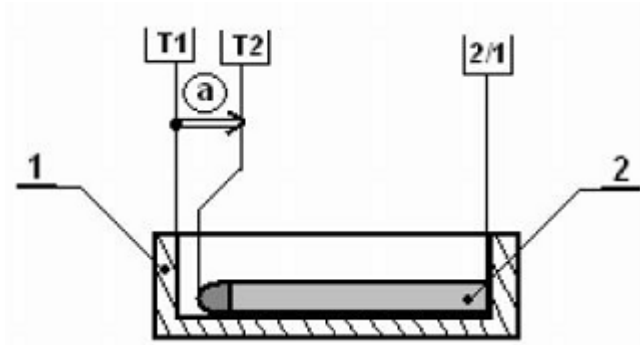


Figure 8.1 : boîte d'allumette

### VIII-3- Les différents types de surface

#### VIII-3-1- Les surfaces terminales

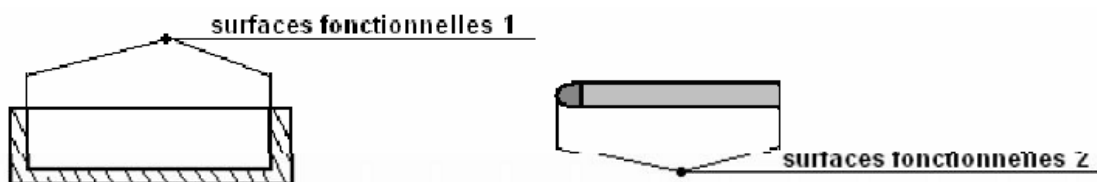
Ce sont les surfaces perpendiculaires à la cote condition et qui limitent celle-ci. Par exemple, pour le cas de l'allumette dans sa boîte, T1 et T2 sont les surfaces terminales : T1 est la surface terminale en contact avec la boîte (1) tandis que T2 est la surface terminale en contact avec l'allumette (2).

#### VIII-3-2- Les surfaces de liaison

Ce sont les surfaces de contact entre les pièces. Elles sont perpendiculaires à la direction de la cote condition. On note : 2/1 ; surface de liaison entre l'allumette et la boîte. On les appelle aussi **surfaces d'appui**.

#### VIII-3-3- Les surfaces conjuguées

Ce sont les surfaces qui appartiennent à la même pièce et représentent les surfaces fonctionnelles. Exemple : 1 et 2.



### VIII-4- Etablissement d'une chaîne de cote

Pour établir une chaîne de cote, il faut respecter la procédure suivante :

- Repérer la cote condition et la surface terminale correspondant à son origine.
- Dénumbrer le nombre de surface de liaison et remarquer que nombre de surface de liaison = nombre de cotes - 1.

- Partir de l'origine (point) de la cote condition pour coter la pièce qui touche cette origine.
- Coter cette pièce jusqu'à la prochaine surface de liaison en contact avec une autre pièce.
- Coter cette autre pièce ainsi de suite jusqu'à ce que l'extrémité de la dernière cote touche la surface terminale en contact avec l'extrémité (flèche) de la cote condition
- Repérer les cotes au fur et à mesure. Par exemple, a1 pour la pièce 1 et a2 pour la pièce 2.

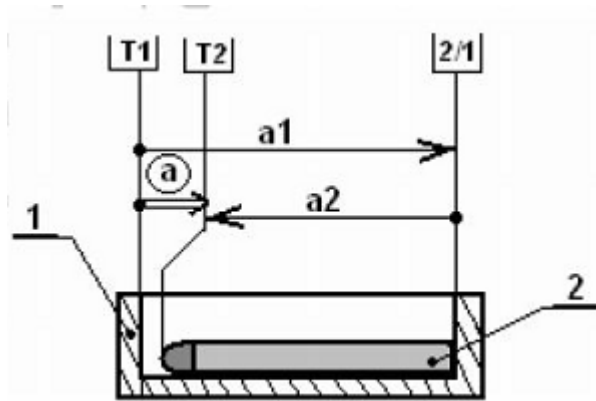


Figure 8.2 : tracé de la chaîne de cote relative au jeu a

#### VIII-5- Cotes fonctionnelles sur le dessin de définition du produit

On reporte les cotes fonctionnelles relatives aux différentes pièces qui apparaissent lors de l'établissement de la chaîne de cote pour une condition définie.

Ces cotes sont celles qu'il faut contrôler.

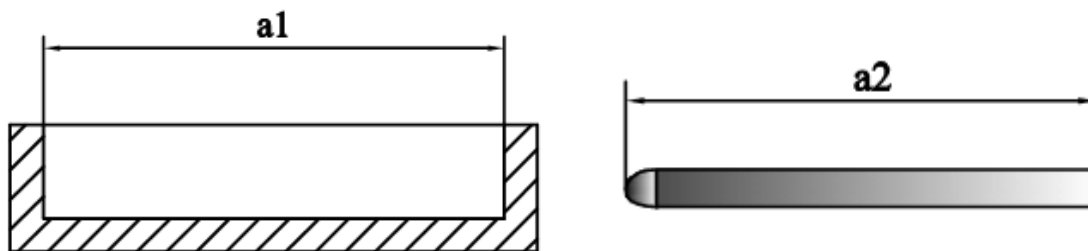
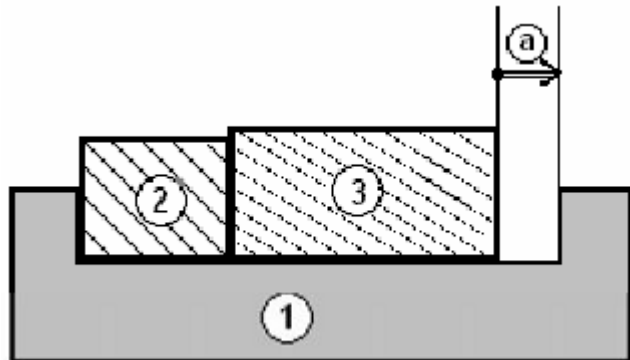


Figure 8.3 : dessin de définition des produits

VIII-6- Applications :

• **Exercice 1 :**

Soient les pièces repérées (1), (2) et (3) ci-dessous :

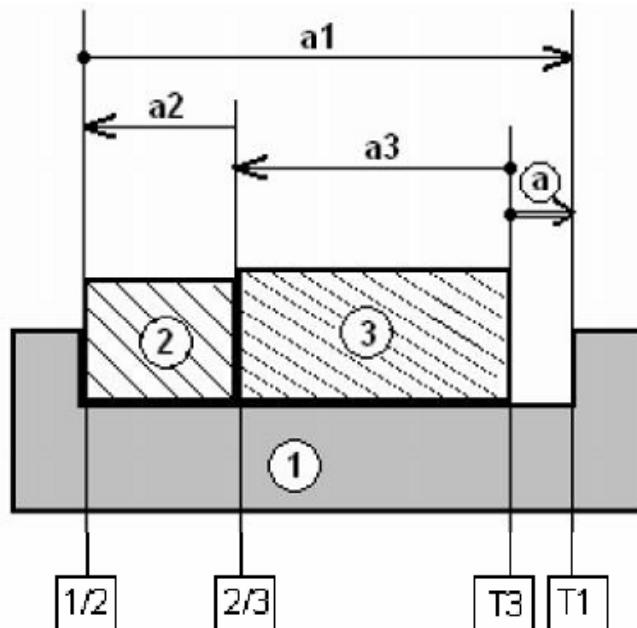


- 1) Recenser les surfaces terminales et les surfaces de liaison.
- 2) De quoi dépend la condition ? en déduire sa signification.

3). Tracer la chaîne de cote et en déduire les cotes fonctionnelles.

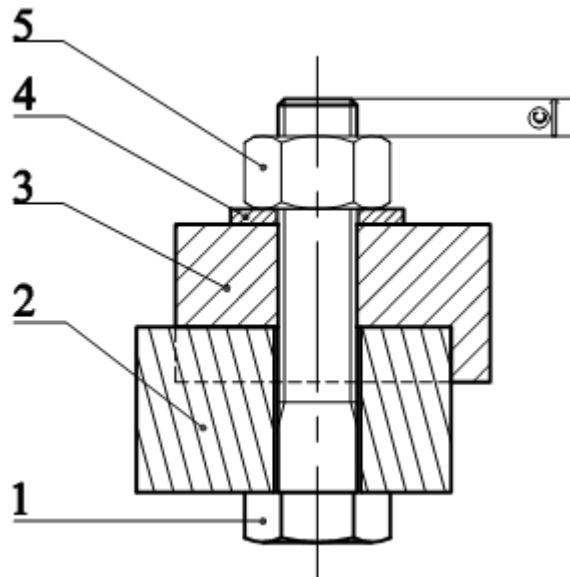
**Solution :**

- 1) Les surfaces terminales sont : T1 et T3. (Voir figure ci-dessous).  
Les surfaces de liaison sont : 1/2 et 2/3
- 2) La condition dépend de la longueur de la pièce (3), de la longueur de la pièce (2) et de la longueur de la pièce (1). Elle signifie donc que la pièce (1) doit dépasser la somme des longueurs des pièces (2) et (3) pour être sûr que ces deux pièces peuvent être bien fixées dans la pièce (1).
- 3) Tracé de la chaîne de cote.



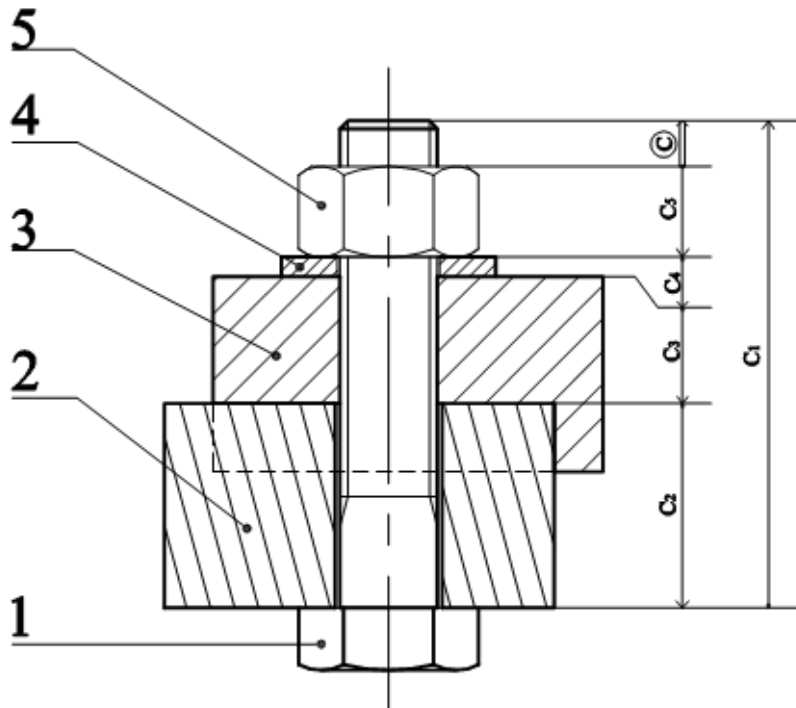
Les cotes fonctionnelles sont :  $a_1$  ;  $a_2$  et  $a_3$ .

**Exercice 2 :** Mêmes questions que précédemment avec le dispositif ci-dessous.



**Solution**

- 1) Les surfaces terminales sont  $T_5$  et  $T_1$  et surfaces de liaison sont  $5/4$ ,  $3/2$  et  $2/1$
- 2) La condition dépend de la largeur de l'écrou (5), la largeur de la rondelle (4). Elle signifie que la vis (1) doit avoir un maximum de filetage en brise pour assurer le serrage.
- 3) Tracé de la chaîne de cote.



## Chapitre IX : LES LIAISONS MECANQUES

### Objectifs spécifiques :

- Définir les différents types de liaison ;
- nommer les caractères des liaisons ;
- schématiser les liaisons entre les pièces.
- Mettre en place le schéma cinématique d'un mécanisme.

### IX-1- Définition

Dans un mécanisme, quand une pièce est en contact avec une autre, il y a entre ces deux pièces une liaison mécanique.

### IX-2- Notion de degré de liberté

La liaison entre deux pièces se caractérise par le nombre de mobilités que peut avoir l'une des pièces par rapport à l'autre. Ces mobilités (ou mouvements autorisés) sont appelés **degrés de liberté**.

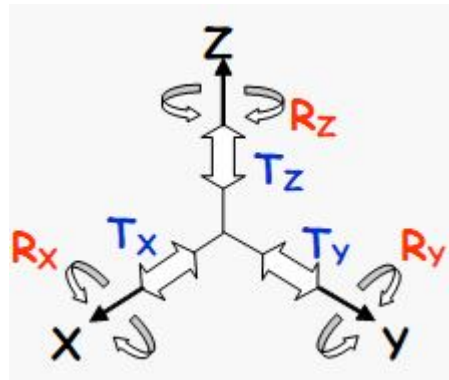
Ces degrés de liberté correspondent aux mouvements élémentaires et sont au nombre de 6 :

- trois translations ( $T_x, T_y, T_z$ )
- trois rotations ( $R_x, R_y, R_z$ )

Définir la fonction technique liaison entre deux pièces revient à préciser pour un type de liaison donné, le nombre de degrés de liberté possibles entre ces deux pièces. A un degré de liberté supprimé, correspond un degré de liaison.

Dans tous les cas, dans une liaison entre deux pièces :

$$\text{Nbre de degrés de liberté} + \text{Nbre degrés de liaison} = 6$$



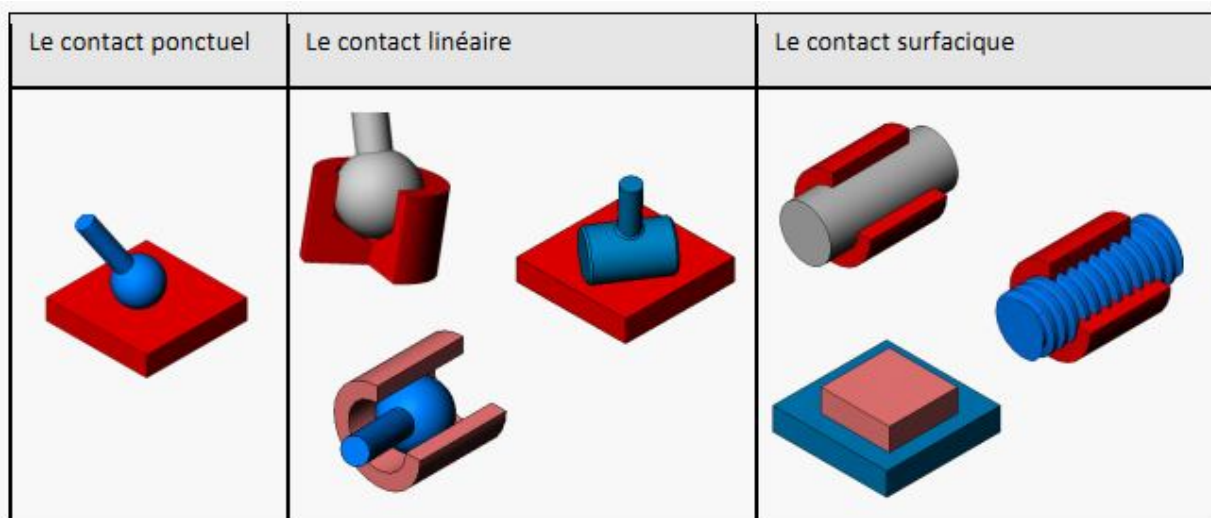
*Figure 9.1 : mouvement possible dans l'espace*

### IX-3- Natures et surfaces de contact entre solides

Une liaison entre deux solides est obtenue à partir du contact des surfaces géométriques liées aux deux solides. Ces surfaces géométriques obtenues à partir des principaux procédés d'usinage sont le plan, le cylindre et la sphère.

Le tableau ci-dessous donne les différentes combinaisons :

Nature du contact		Surfaces de contact
Ponctuel		Sphère / Plan
Linéaire	Rectiligne	Cylindre / Plan
	Circulaire	Sphère / Cylindre
Surfacique	Plan	Plan / Plan
	Cylindrique	Cylindre / Cylindre
	Sphérique	Sphère / Sphère
	Conique	Cône / Cône
	Hélicoïdal	Hélice / Hélice



On distingue :

#### IX-3-1- Liaison complète et liaison partielle

Une liaison est dite **complète (C)**, lorsqu'aucun mouvement relatif n'est possible entre les pièces liées.

Une liaison est dite **partielle** ( $\bar{C}$ ), lorsque dans une direction au moins un mouvement relatif entre les pièces liées est possible

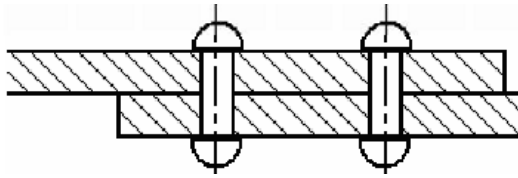


Figure 9.2 : liaison complète (pièces rivées)

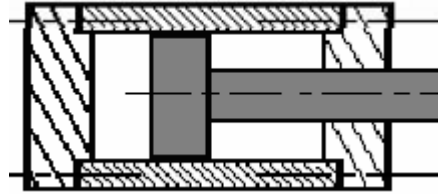


Figure 9.3 : liaison partielle (cylindre et piston)

### IX-3-2- Liaison rigide et liaison élastique

Une liaison est dite **rigide** (**r**), lorsqu'elle n'est élastique dans aucune direction.

Une liaison est dite **élastique** ( $\bar{r}$ ), lorsque dans une direction au moins, le déplacement provoque directement ou indirectement la déformation d'un élément élastique.

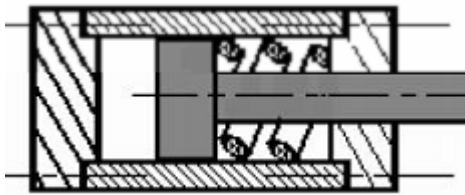


Figure 9.4 : liaison élastique (cylindre et piston avec ressort de rappel)

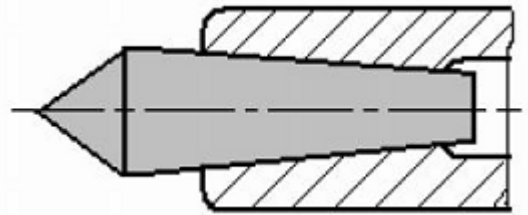


Figure 9.5 : liaison rigide (contre pointe et poupée mobile dur tour)

### IX-3-3- Liaison démontable et liaison non démontable

Une liaison est dite **démontable** (**dé**), lorsqu'il est possible de supprimer la liaison sans provoquer la détérioration des pièces liées ou des organes de liaison.

Une liaison est dite **non démontable** ( $\bar{d}\bar{e}$ ), lorsqu'il n'est pas possible de supprimer la liaison sans provoquer la détérioration des pièces liées ou des organes de liaison.

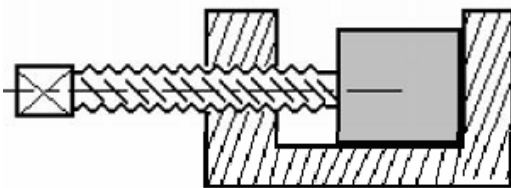


Figure 9.6 : liaison démontable (dispositif de serrage)



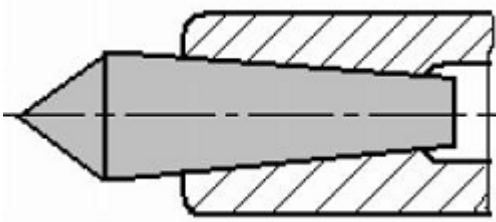
Figure 9.7 : liaison non démontable (pièces serties)

**IX-4- Modes des liaisons**

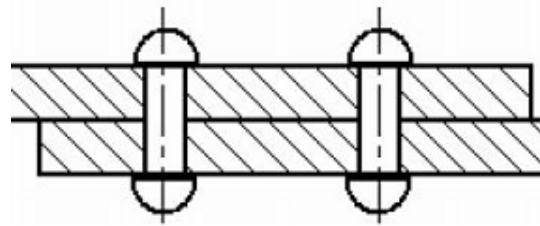
**IX-4-1- Liaison par adhérence et liaison par obstacle**

La liaison est par **adhérence (a)**, lorsqu'un phénomène d'adhérence s'oppose à la suppression de la liaison.

La liaison est par **obstacle ( $\bar{a}$ )**, lorsque la rupture d'un obstacle est nécessaire pour supprimer la liaison.



*Figure 9.8 : liaison par adhérence*

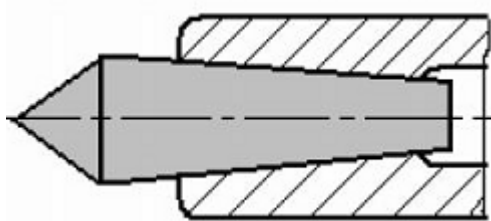


*Figure 9.9 : liaison par obstacle*

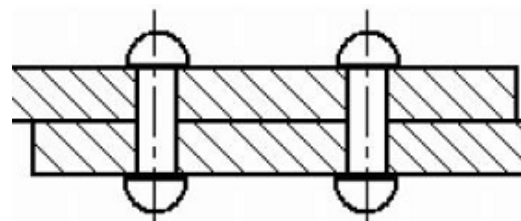
**IX-4-2- Liaison direct et liaison indirect**

La liaison par obstacle ou par adhérence est **directe (di)**, lorsque la forme des pièces liées participe directement à la liaison.

La liaison par obstacle ou par adhérence est **indirecte ( $\bar{di}$ )**, lorsqu'elle nécessite un élément ou un ensemble d'éléments intermédiaire pour assurer la liaison.



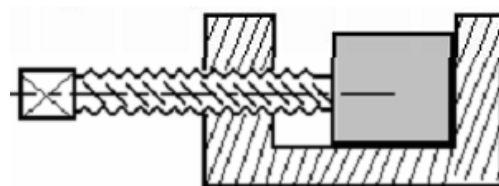
*Figure 9.10 : liaison par adhérence direct*



*Figure 9.11 : liaison par obstacle indirect*



*Figure 9.12 : liaison par obstacle direct*



*Figure 9.13 : liaison par adhérence indirect*



### IX-5- Modélisation des types de liaisons mécaniques

Pour identifier la liaison mécanique entre deux pièces d'un mécanisme, il faut dans un premier temps identifier et caractériser les différents contacts entre ces pièces puis, en déduire les degrés de liberté autorisés. Ainsi, il est facile d'en déduire la liaison.

Le tableau suivant caractérise les différentes liaisons mécaniques et leurs schématisations normalisées.

Nom de la liaison	Degrés De liberté	Mouvements relatifs	Représentation normalisée	
			Vues planes	Perspective
ENCASTREMENT	0	0 Translation		
		0 Rotation		
PIVOT	1	0 Translation		
		1 Rotation		
GLISSIERE	1	1 Translation		
		0 Rotation		
HELICOIDALE	2	1 Translation		
		1 Rotation		
PIVOT GLISSANT	2	1 Translation		
		1 Rotation		
SPHERIQUE A DOIGT	2	0 Translation		
		2 Rotation		
ROTULE ou SPHERIQUE	3	0 Translation		
		3 Rotation		
APPUI PLAN	3	2 Translation		
		1 Rotation		
LINEAIRE RECTILIGNE	4	2 Translation		
		2 Rotation		
LINEAIRE ANNULAIRE	4	1 Translation		
		3 Rotation		
PONCTUELLE	5	2 Translation		
		3 Rotation		

### IX-6- Schéma cinématique

Le **schéma cinématique d'un mécanisme** est un modèle de représentation à partir de liaisons mécaniques ne faisant intervenir que des classes d'équivalence cinématique. Il ne montre pas :

- La forme des pièces ;
- Le montage des pièces les unes par rapport aux autres ;
- Les solutions techniques employées dans la réalisation des liaisons.

Une **classe d'équivalence cinématique** est un sous-ensemble de pièces qui n'ont aucun mouvement relatif les unes par rapport aux autres.

Lors de la création des classes d'équivalences cinématiques on exclut :

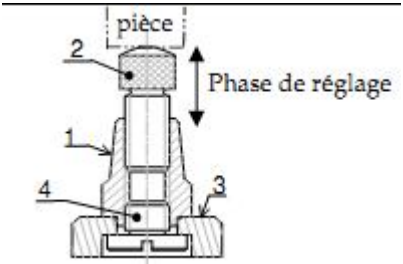
- Les vis, écrous, rondelles. (éléments d'assemblage).
- Les ressorts.
- Les joints.
- Les roulements.

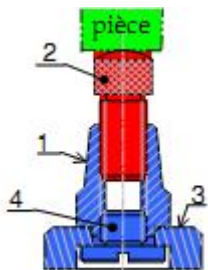
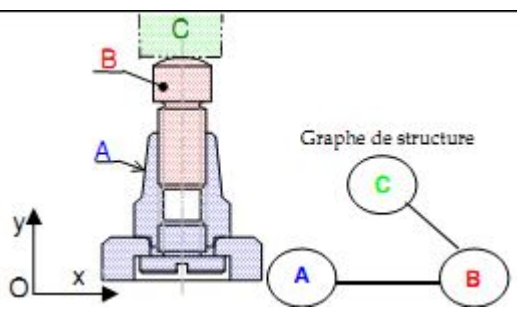
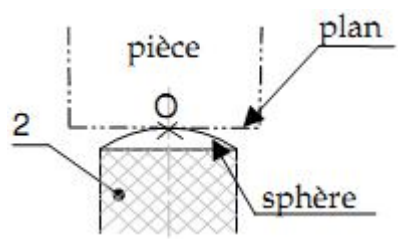
#### IX-6-1- Démarche de construction d'un schéma cinématique


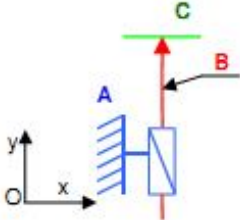
Pour la réalisation d'un schéma cinématique, on possède ainsi :

- Identification des pièces de l'ensemble ;
- Création des classes d'équivalence ;
- Identification du nombre de liaisons ;
- Modélisation de chaque liaison ;
- Création du graphe de liaison ou graphe de structure ;
- Construire le schéma cinématique.

#### IX-6-2- Exemple de construction : Butée réglable

<p style="text-align: center;">Situer la phase de fonctionnement du mécanisme.</p>	
--	--

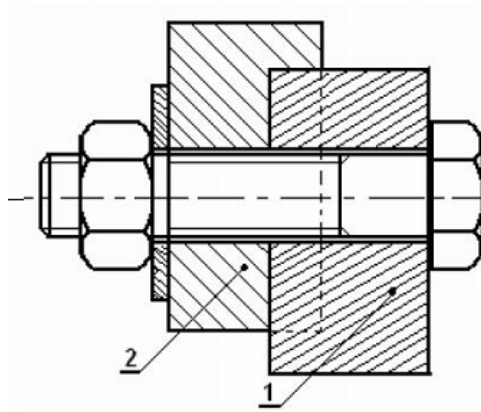
<p>Identifier les groupes de pièces ne pouvant pas avoir de mouvement relatif entre elles (classes d'équivalence cinématique).</p>	
<p>Repérer ces sous-ensembles.</p>	<p> <math>A = \{1 ; 3 ; 4\}</math>  <math>B = \{2\}</math>  <math>C = \{\text{pièce}\}</math> </p>
<p>Imposer un repère R (o, x, y, z) et annoter les contacts existants (graphe de structure).</p>	
<p>Isoler chaque contact et étudier les surfaces en appui.</p>	
<p>En déduire les mobilités possibles (degrés de liberté)</p>	<p> <math>R_x = 1</math>      <math>T_x = 1</math>  <math>R_y = 1</math>      <math>T_y = 0</math>  <math>R_z = 1</math>      <math>T_z = 1</math> </p>
<p>Modéliser les liaisons, à l'aide des 11 liaisons normalisées.</p>	<p>Liaison PONCTUELLE de centre O et de normale (Oy).</p>

<p>Placer les symboles des liaisons normalisées en respectant les contraintes géométriques (orientation, alignement, etc...)</p>	
<p>Habiller le schéma (repères, pièces,...).</p>	

### IX-7- Applications

#### Exercice 1 :

Soit le dessin d'ensemble suivant :



- a) Etablir le graphe du caractère de la liaison entre la pièce (1) et la pièce (2) dans le montage ci-dessous lorsque le boulon est serré.

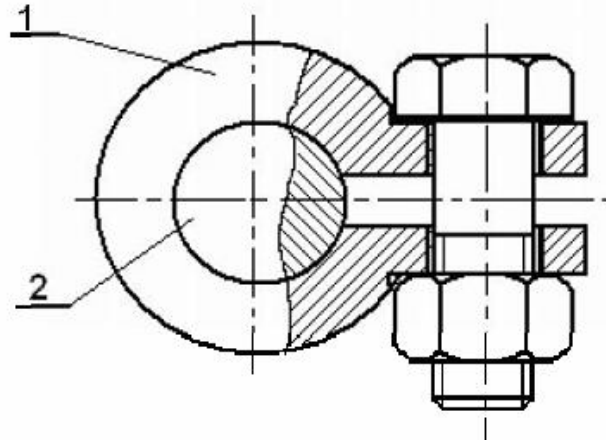
Ⓒ	Ⓘ	Ⓓé	a	Ⓓi
Ⓒ̄	Ⓘ̄	Ⓓé̄	ā	Ⓓī

b) En déduire la nature ou la fonction de cette liaison.

Il s'agit d'une liaison encastrement ou liaison fixe

**Exercice 2 :**

Soit le dessin d'ensemble suivant :



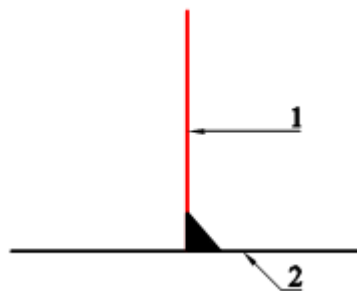
a) Etablir le graphe du caractère de la liaison entre la pièce (1) et la pièce (2) dans le montage ci-dessous lorsque le boulon est serré.

Ⓒ	Ⓡ	Ⓓé	ⓐ	Ⓓi
Ⓒ̄	Ⓡ̄	Ⓓé̄	ⓐ̄	Ⓓī

b) En déduire la nature ou la fonction de cette liaison.

Il s'agit d'une liaison encastrement

c) Faites la représentation normalisée de cette liaison.



## Chapitre X : ELEMENTS D'ASSEMBLAGE MECANIQUE

### Objectifs spécifiques

A la fin de ce chapitre, l'apprenant devrait être capable de :

- Décrire les principaux organes d'assemblage ;
- Indiquer les principales dimensions normalisées ;
- Fournir des éléments de calcul.

### **X-1- Généralités**

Indispensable dans les ensembles mécaniques, les éléments d'assemblage sont à la base des guidages et liaisons démontables obtenues entre une ou plusieurs pièces d'un même mécanisme. Dans ce chapitre, nous passerons en revue quelques-uns de ces éléments filetés ou taraudés (Vis, Ecrou, Boulon et Goujon) assurant des liaisons ou des guidages démontables.

### **X-2- Vis**

Elles peuvent être classées en deux grands groupes :

- Les vis d'assemblage ;
- Les vis de pression.

#### **X-2-1- Vis d'assemblage**

Une vis d'assemblage est un organe mécanique, constitué d'une tige filetée et d'une tête destinée à réaliser la fixation ou l'assemblage d'une ou plusieurs pièces. La fixation par vis crée une liaison complète, rigide et démontable.

#### **X-2-1-1- Types de vis d'assemblage**

Il en existe plusieurs variétés telles que répertoriées dans le tableau ci-dessous.

*Tableau 10.1 : dimensions normalisées des vis d'assemblage*

d	Pas	s	k	d	Pas	s	k	d	Pas	s	k
M3	0,5	5,5	2	M6	1	10	4	M12	1,75	18	7,5
M4	0,7	7	2,8	M8	1,25	13	5,3	M16	2	24	10
M5	0,8	8	3,5	M10	1,50	16	6,4	M20	2,5	30	12,5

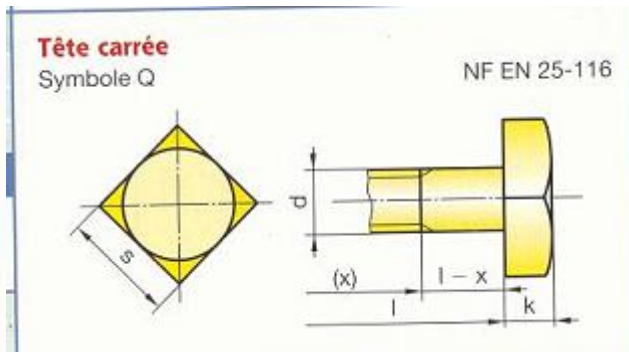
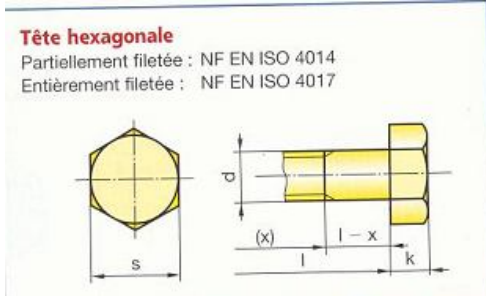


Figure 10.1 : vis à tête hexagonale

Figure 10.2 : vis à tête carrée

Tableau 10.2 : longueur filetée des vis H et Q

Longueurs  $l^*$  et longueurs filetées  $x^{**}$

d	Longueurs l																											
	6	8	10	12	16	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	180	200	
3						12	12	12																				
4							14	14	14	14																		
5							16	16	16	16	16																	
6								18	18	18	18	18	18															
8									22	22	22	22	22	22	22													
10										26	26	26	26	26	26	26	26											
12											30	30	30	30	30	30	30	30										
(14)												34	34	34	34	34	34	34	34	34								
16													38	38	38	38	38	38	38	38	38							
20														46	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46

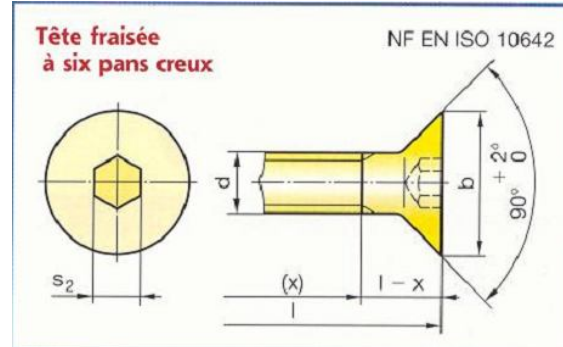
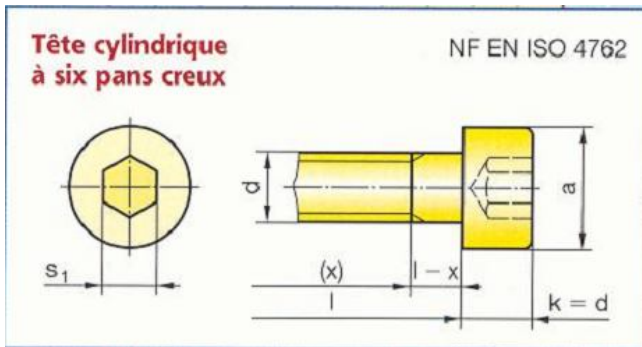


Figure 10.3 : vis à tête cylindrique à six pans creux

Figure 10.4 : vis à tête fraisée à six pans creux

Tableau 10.3 : longueur filetée des vis CHc et F/90

Longueurs l* et longueurs filetées x**	
d	Longueurs l
	2,5 3 4 5 6 8 10 12 16 20 25 30 35 40 45 50 55 60 65 70 80 90 100 110 120 130 140
1,6	
2	16
2,5	17
3	18 18
4	20 20 20
5	22 22 22 22 22
6	24 24 24 24 24
8	28 28 28 28 28 28 28
10	32 32 32 32 32 32 32 32
12	36 36 36 36 36 36 36 36
(14)	40 40 40 40 40 40 40 40
16	44 44 44 44 44 44 44 44
20	52 52 52 52 52 52 52 52

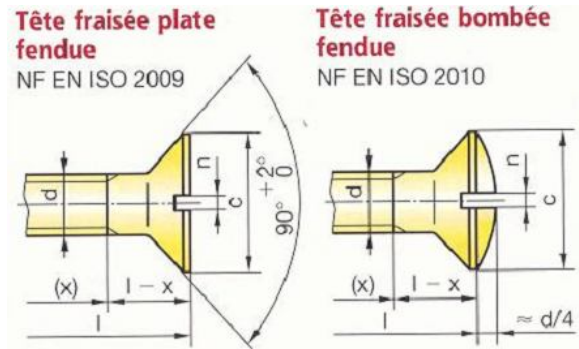
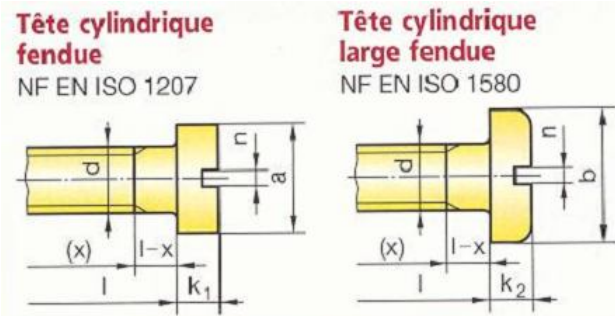


Figure 10.5 : vis à tête cylindrique fendue

Figure 10.6 : vis à tête cylindrique bombée

Tableau 10.4 : longueur filetée des vis CS et FBS

Longueurs l* et longueurs filetées x**	
d	Longueurs l
	2,5 3 4 5 6 8 10 12 16 20 25 30 35 40 45 50 (55) 60 65 70 80
1,6	
2	
2,5	
3	
4	
5	
6	38
8	38 38 38 38
10	38 38 38 38 38 38



### X-2-1-2- Désignation normalisée des vis d'assemblage.

Une vis d'assemblage est essentiellement caractérisée par sa forme de tête, son diamètre nominal, sa longueur sous tête. Ainsi, pour sa désignation normalisée, il faudra suivre cet ordre.

- Le terme « Vis »
- Symbole de forme de la tête
- Symbole de filetage métrique
- Diamètre nominal « d »
- Longueur sous tête « L »
- Longueur filetée « b »
- Classe de qualité

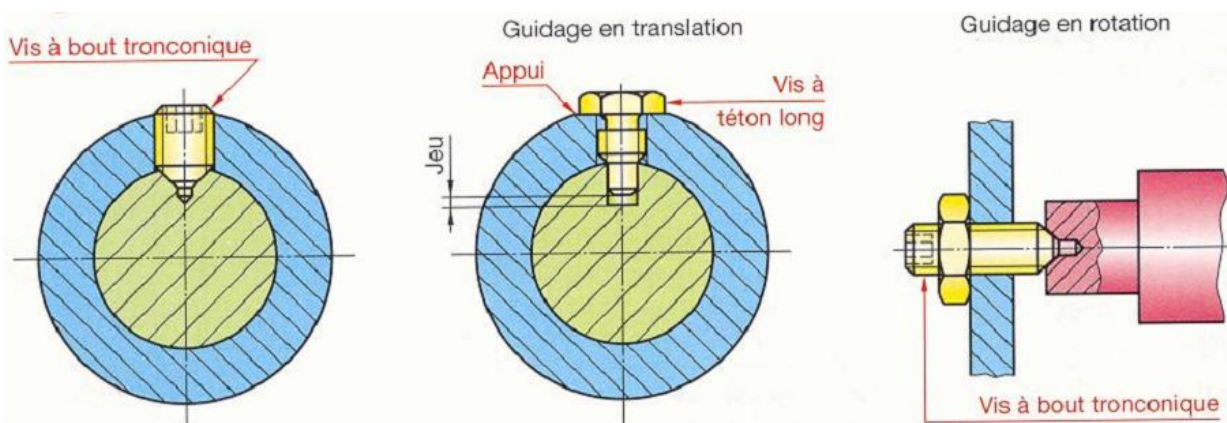
**Exemple de désignation : Vis H M20-100-80, 8-8**

### X-2-2- Vis de pression

Les vis de pressions sont utilisées pour réaliser un guidage, un réglage ou un arrêt.



*Figure 10.7 : Vis sans tête à six pans creux, à téton long*



*Figure 10.8 : exemple d'utilisation*

Tableau 10.4 : dimensions normalisées des extrémités des vis de pression

Extrémités fixes						
d	d <sub>1</sub>	d <sub>2</sub>	d <sub>3</sub>	z <sub>1</sub>	z <sub>2</sub>	u
M1,6	0,8	-	0,8	0,4	0,8	Longueur de filetage incomplet = 2 pas max.
M2	1	-	1	0,5	1	
M2,5	1,5	-	1,2	0,63	1,25	
M3	2	-	1,4	0,75	1,5	
M4	2,5	-	2	1	2	
M5	3,5	-	2,5	1,25	2,5	
M6	4	1,5	3	1,5	3	
M8	5,5	2	5	2	4	
M10	7	2,5	6	2,5	5	
M12	8,5	3	7	3	6	
M16	12	4	10	4	8	
M20	15	5	13	5	10	
Classe de qualité	14H*		22H*		33H* 45H*	

**Bout bombé**

**Bout plat**

**Téton court**

**Téton long**

**Bout tronconique**

**Bout cuvette**

Tableau 10.5 : dimensions normalisées des têtes des vis de pression

d	M1,6	M2	M2,5	M3	M4	M5	M6	M8	M10	M12	M16
a	-	-	-	(1)	(1,4)	(1,6)	(2)	(2,5)	(3)	5,25	6
k <sub>1</sub>	-	-	-	-	-	-	(4)	(5,5)	(7)	9	11
k <sub>2</sub>	-	-	-	(3)	(4)	(5)	(6)	(8)	(10)	12	16
s <sub>1</sub>	-	-	-	-	-	-	(8)	(11)	(13)	16	18
s <sub>2</sub>	-	-	-	(3,2)	(4)	(5)	(6)	(8)	(10)	13	16
s <sub>3</sub>	0,7	0,9	1,3	1,5	2	2,5	3	4	5	6	8
d	l*										
1,6	2 - 2,5 - 3 - 4 - 5 - 6 - 8										
2	2 - 2,5 - 3 - 4 - 5 - 6 - 8 - 10										
2,5	2,5 - 3 - 4 - 5 - 6 - 8 - 10 - 12										
3	3 - 4 - 5 - 6 - 8 - 10 - 12 - 16										
4	4 - 5 - 6 - 8 - 10 - 12 - 16 - 20										
5	5 - 6 - 8 - 10 - 12 - 16 - 20 - 25										
6	6 - 8 - 10 - 12 - 16 - 20 - 25 - 30										
8	8 - 10 - 12 - 16 - 20 - 25 - 30 - 35 - 40										
10	10 - 12 - 16 - 20 - 25 - 30 - 35 - 40 - 45 - 50										
12	12 - 16 - 20 - 25 - 30 - 35 - 40 - 45 - 50 - 55 - 60										
16	16 - 20 - 25 - 30 - 35 - 40 - 45 - 50 - 55 - 60										

**Tête hexagonale réduite** NF E 25-133

Extrémité normale : TL

**Tête carrée réduite** NF E 25-134

Extrémité normale : TC

**Sans tête à six pans creux** NF EN ISO 4026 à 4029\*\*

### X-2-3- Désignation normalisée des vis de pression

Une vis de pression de guidage ou d'arrêt est essentiellement caractérisée par sa forme de tête, son diamètre nominal, sa longueur sous tête.

Pour la désignation normalisée inscrire dans l'ordre :

- Le terme « Vis »
- Le symbole de la tête ou son nom
- La désignation de l'extrémité
- Le diamètre nominal (d)
- La longueur (L) de la vis
- La classe de qualité

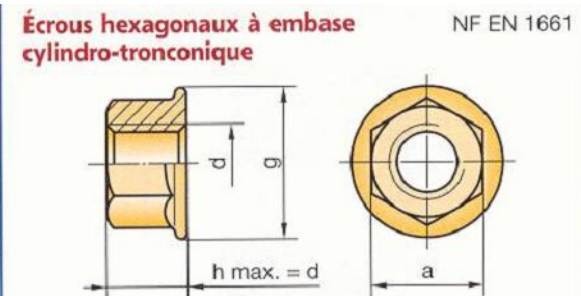
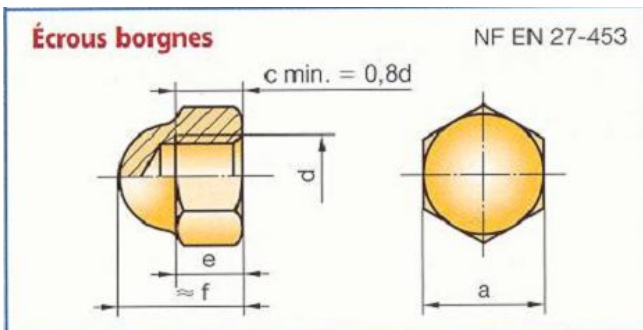
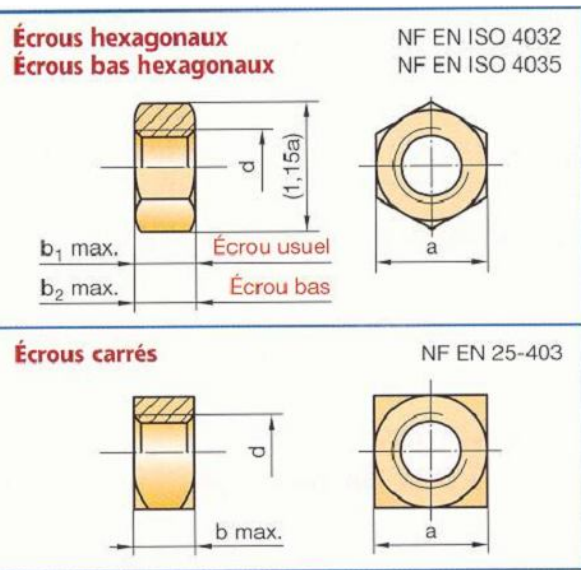
Exemple : Vis sans tête Hc à cuvette, M12-55

### X-3- Les écrous

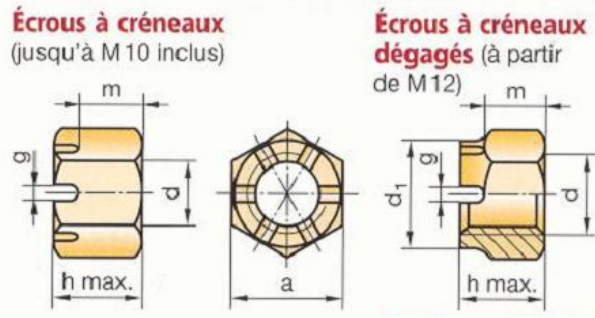
Un écrou est une pièce taraudée munie d'un dispositif de manœuvre pour en permettre le serrage

#### X-3-1- Types d'écrous

d	a	b <sub>1</sub>	b <sub>2</sub>	e	f	g	i	j	k	R	u
M1,6	3,2	1,3	1	-	-	-	-	-	-	-	-
M2	4	1,6	1,2	-	-	-	-	-	-	-	-
M2,5	5	2	1,6	-	-	-	-	-	-	-	-
M3	5,5	2,4	1,8	2,4	5,1	-	-	-	-	-	-
M4	7	3,2	2,2	3,2	6,7	-	-	-	-	-	-
M5	8	4,7	2,7	4	8	11,8	5	15	9,25	7	2,5
M6	10	5,2	3,2	5	10	14,2	8	17	11	14	4
M8	13	6,8	4	6,5	13	17,9	11	23	24,5	14	5
M10	16	8,4	5	8	16,5	21,8	13	28	18,5	22	5
M12	18	10,8	6	10	19,5	26	15	35	20	22	6
M16	24	14,8	8	13	25	34,5	21	45	26	30	7
M20	30	18	10	16	31	42,8	25	50	31	44	8
M24	36	21,5	12	19	37	-	29	60	37	44	10
M30	46	25,6	15	24	47	-	35	68	48	66	10



Écrous à créneaux						NF E 27-414					
d	a	h	g	m	d <sub>1</sub>	d	a	h	g	m	d <sub>1</sub>
M4	7	5,6	1,2	3,2	-	M20	30	23,2	4,5	16	28
M5	8	6,6	1,4	4	-	M24	36	28,2	5,5	19	34
M6	10	8,1	2	5	-	M30	46	34,2	7	24	42
M8	13	10,3	2,5	6,5	-	M36	55	39,4	7	29	50
M10	16	12,8	2,8	8	-	M42	65	47,4	9	34	58
M12	18	16	3,5	10	17	M48	75	51,4	9	38	65
M16	24	20	4,5	13	22	-	-	-	-	-	-



### X-3-2- Désignation normalisée

Pour la désignation normalisée, inscrire dans l'ordre :

- Le terme « Ecou »
- Le symbole ou le nom de l'écrou
- Le diamètre nominal
- La classe de qualité

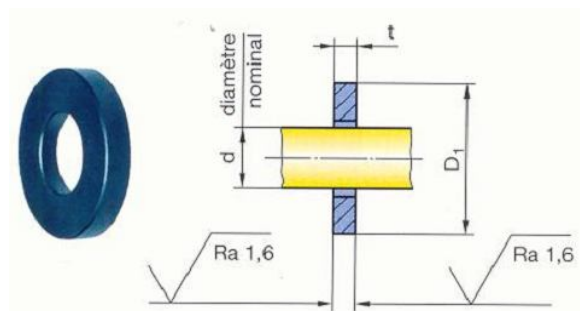
Exemple : Écrou H, M10, 8

### X-4- Les rondelles

Placée entre la tête de vis ou l'écrou et la pièce à serrer, une rondelle d'appui permet :

- Augmenter la surface d'appui de l'écrou ou de la vis
- Protéger la surface de la pièce des marques de l'écrou ou de la tête de vis

Type	S		N		L	
d	t	D	t	D	t	D
1,6	0,5	3,5	0,5	5	0,5	6
2	0,6	4,5	0,6	5	0,6	6
2,5	0,6	5	0,6	6	0,6	8
3	0,6	6	0,6	7	0,8	9
4	0,8	8	0,8	9	1	12
5	1	9	1	10	1	15
6	1,6	11	1,6	12	1,6	18
8	1,6	15	1,6	16	2	24
10	2	18	2	20	2,5	30
12	2	20	2,5	24	3	37
16	3	30	3	32	3	40
20	3	36	3	40	3	50
24	4	45	4	50	4	60
30	4	52	4	60	4	70
36	-	-	5	70	5	80

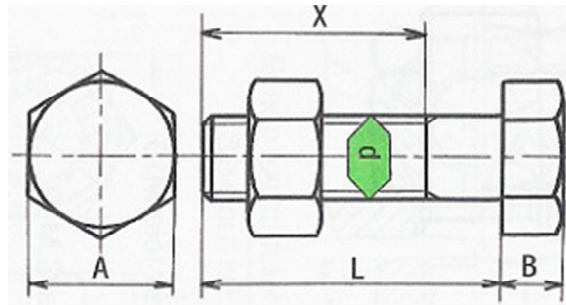


Série	Étroite	Normale	Large
Type	S	N	L

**X-5- Les boulons**

On appelle boulon, l'ensemble vis - écrou de même diamètre nominal. L'écrou couramment utilisé est l'écrou Hexagonal (H).

Les pièces à réunir sont simplement percées des trous lisses. On obtient ainsi un assemblage économique de plusieurs pièces par pression des unes sur les autres.



*Figure 10.9 : Boulon H*

Sa désignation est inscrite dans l'ordre suivant :

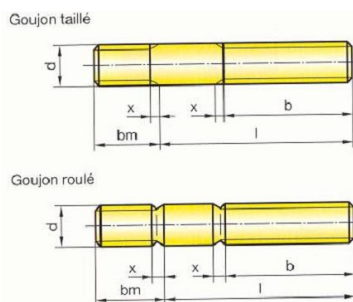
- Le terme « boulon »
- Le symbole de la tête de la vis
- Le diamètre nominal
- La longueur sous tête
- La classe de qualité
- La désignation de l'écrou

**Exemple : Boulon FE/90, M 10-65 5.8, Ecrou H**

**X-6- Les goujons**

Les goujons sont composés d'une tige filetée à ses deux extrémités et d'un écrou de même diamètre nominal. Ils sont utilisés en remplacement des vis lorsque le métal de la pièce est peu résistant ou lorsqu'il est nécessaire de faire des démontages fréquents.

d	M5	M6	M8	M10	M12	(M14)	M16	M20	M24
b	17,5	20	24,5	29	33,5	38	42	51	60
x	2	2,5	3,2	3,8	4,4	5	5	6,3	7,5
l	30	30	35	40	45	50	55	70	80
	35	35	40	45	50	55	60	80	90
	40	40	45	50	55	60	70	90	100
	45	45	50	55	60	70	80	100	120
	50	50	55	60	70	80	90	120	140
	-	55	60	70	80	90	100	140	-
	-	60	70	80	90	100	120	-	-
	-	-	80	90	100	120	140	-	-
-	-	-	100	120	140	-	-	-	



Sa désignation est inscrite dans l'ordre suivant :

- Le terme « goujon »
- Le diamètre nominal (d)
- La longueur libre (l)
- L'implantation (bm)
- Le symbole (RL), si le filet est roulé
- la classe de qualité.

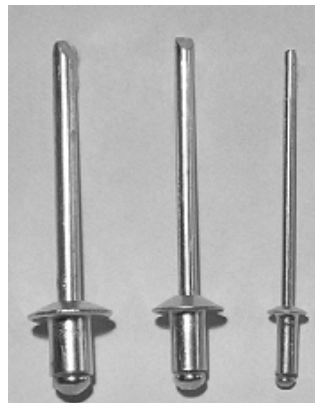
**Exemple : Goujon M8.40, J12, RL, 8.8**

**X-7- Les rivets**

Le rivetage est un assemblage de pièces à l'aide de rivets. C'est un assemblage définitif, c'est-à-dire non démontable sans destruction de l'attache.



*Figure 10.10 : Riveteuse*



*Figure 10.11 : Rivets*

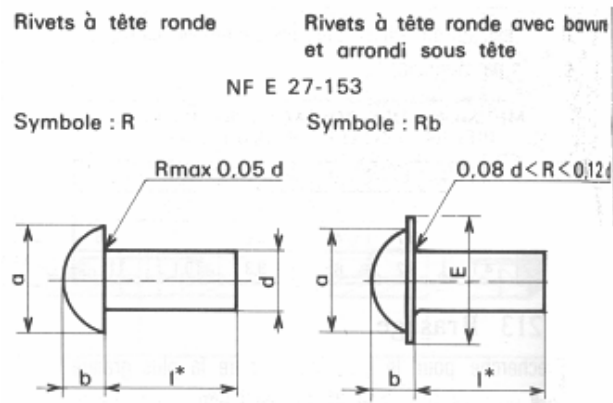
**X-7-1- Les principaux types de rivets**

**X-7-1-1- Rivets à tête ronde**

PRINCIPALES DIMENSIONS												
d	2	3	4	5	6	8	10	12	14	16	18	20
a	3,5	5,5	7	9	11	14	17	21	24	28	31	34
b	1,5	2,5	3	4	4,5	5,5	7	8	10	11	12	14
E	-	-	-	-	-	-	-	28	30	34	38	42

**Désignation : Rivet R 8-25**

Avec : d = 8 et l = 25

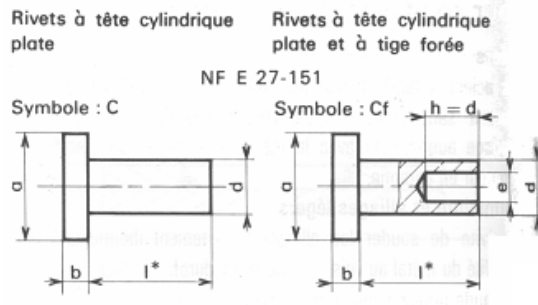


**X-7-1-2- Rivets à tête cylindrique plate.**

PRINCIPALES DIMENSIONS								
d	2	2,5	3	4	5	6	8	10
a	4	5	6	8	10	12	16	20
b	1	1,25	1,5	2	2,5	3	4	5
e	-	-	1,8	2,4	3	3,6	4,8	6

**Désignation : Rivet C 8-25**

Avec : d = 8 et l = 25



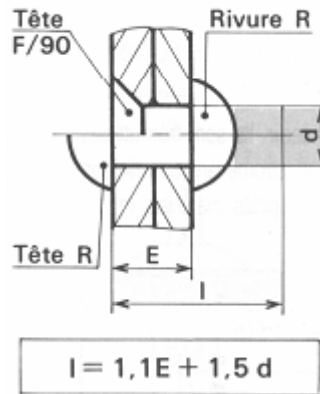
**X-7-1-3- Longueur « L » des rivets**

La longueur « l » est fonction de l'épaisseur des pièces à serrer et de la forme de la rivure. Il est préférable de choisir une longueur dans le tableau ci-dessous :

LONGUEUR DE TIGE l									
3	7	11	(18)	(28)	38	55	75	100	
4	8	12	20	30	40	60	80	110	
5	9	14	(22)	32	45	65	85	120	
6	10	16	25	35	50	70	90	130	

Éviter l'emploi des longueurs entre parenthèses.

**RIVURE RONDE**



**X-7-2- Recommandation**

**X-7-2-1- Diamètre minimal d'un rivet**

La fabrication du trou de passage d'un rivet (poinçonnage ou poinçonnage-alesage) impose un diamètre minimal d min respectant la relation ci-dessous.

$$d \geq 1,6 e$$

e = épaisseur de la tôle la plus épaisse

**X-7-2-2- Diamètre du trou de passage**

Le diamètre d<sub>1</sub> du trou de passage pour un rivet est donné par les relations ci-contre :

$$d_1 = 1,1d$$

**X-7-2-3- Ecartement des rivets**

La distance **a** entre deux rivets doit permettre de placer la bouterolle et la contre – bouterolle. On prend habituellement :

$$a \geq 2,5 d$$

La distance **p** entre deux rivets consécutifs d'une même ligne est appelée « pas ».

Assemblage de résistance :

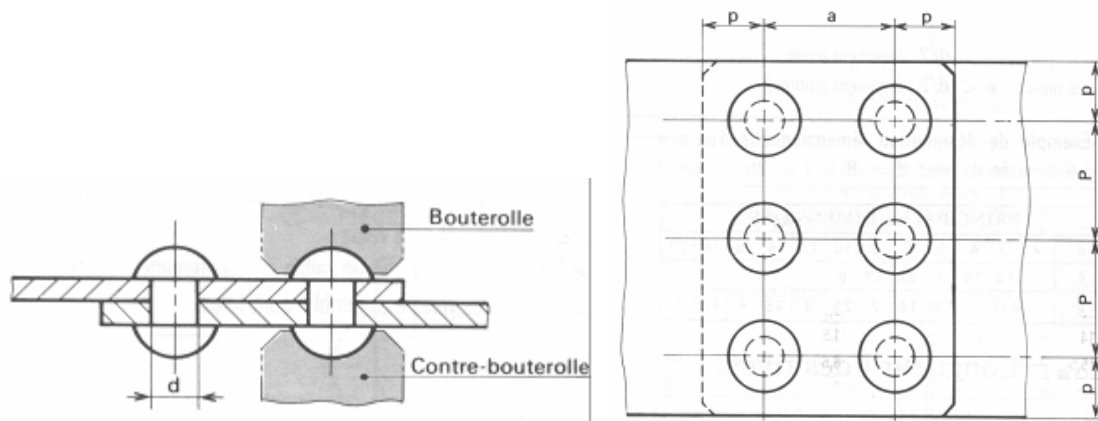
$$3d < p < 7d$$

Assemblage d'étanchéité et de résistance :

$$2,5 d < p < 3,5 d$$

La distance **p** entre les rivets et le bord de la tôle est

$$P = p/2$$



*Figure 10.12 : écartement entre rivets*

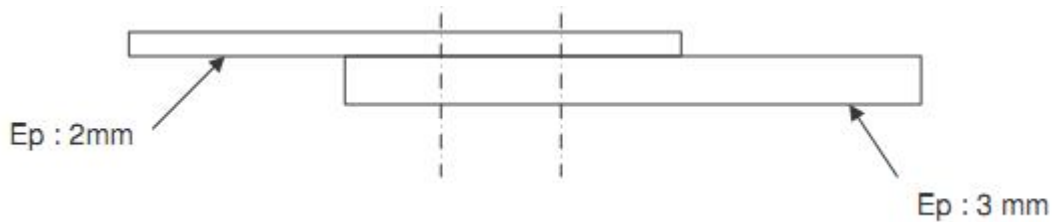


**IX-3- Applications**

**Exercice 1 :**

Donner la désignation normalisée de chaque vis, de classe de qualité 8.8 pour les vis d'assemblage et 45 H pour les vis de pression (échelle 1:1).


**Exercice 2 :**



On souhaite assembler ces 2 tôles à l'aide de rivets à têtes cylindriques.

- Quel est le diamètre minimal des rivets ?

$d \geq 1,6 e$

On a  $\Rightarrow d \geq 1,6 \times 3 \Rightarrow \underline{\underline{d = 5 \text{ mm}}}$

- Quelle est la longueur des rivets ?

On sait que  $L = 1,1 E + 1,5$   $\Rightarrow L = 1,1 \times 5 + 1,5 \times 5 \Rightarrow \underline{\underline{L = 12 \text{ mm}}}$

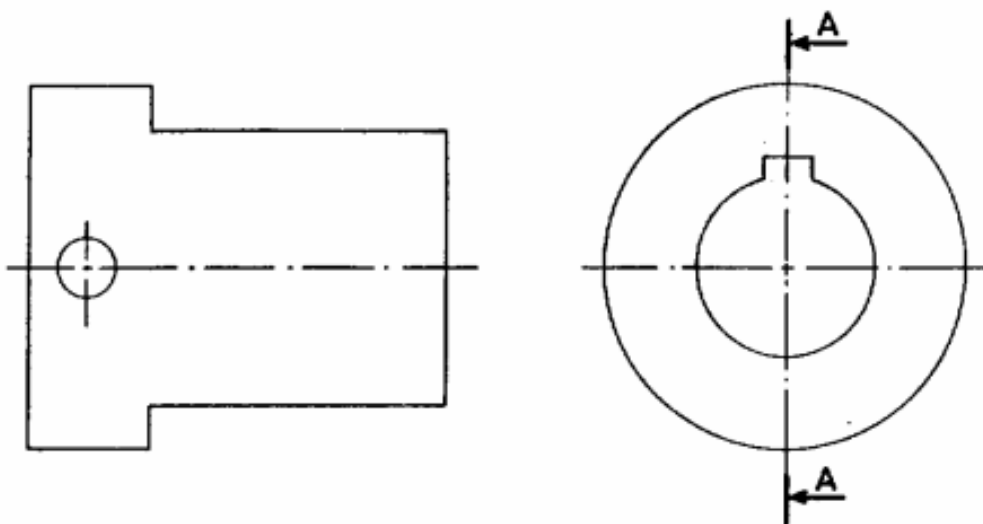
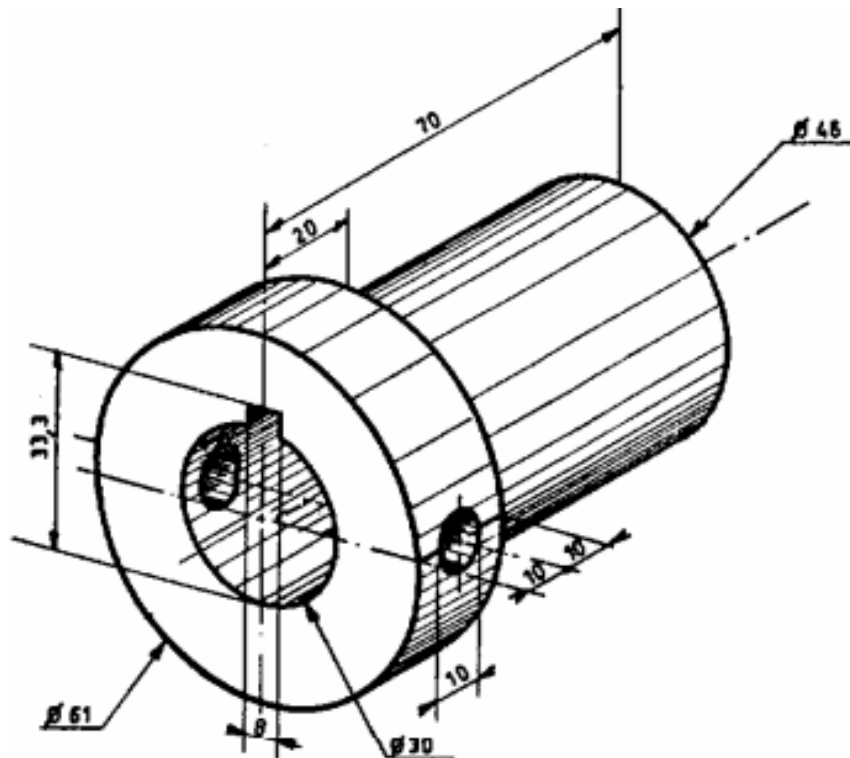
- Donnez la désignation normalisée des rivets?

**Rivet C 5-12**

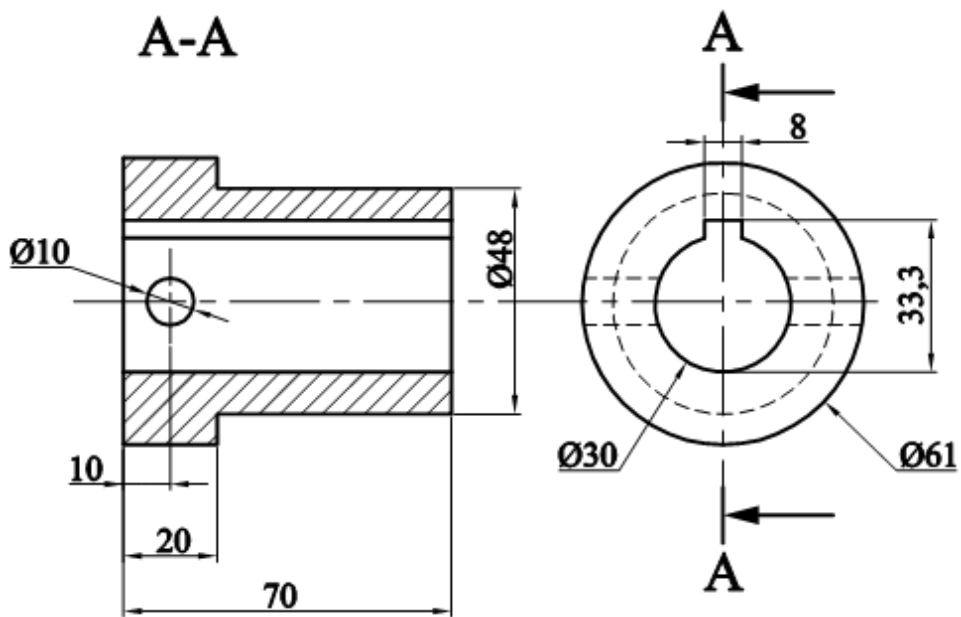
TRAVAUX PRATIQUES

THEME1

Complétez le dessin et faire la cotation.



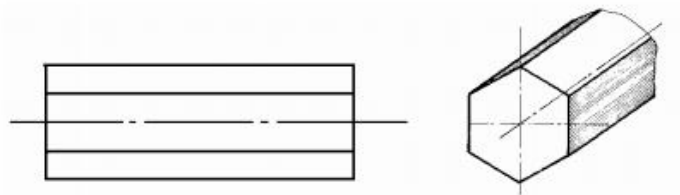
SOLUTION THEME 1



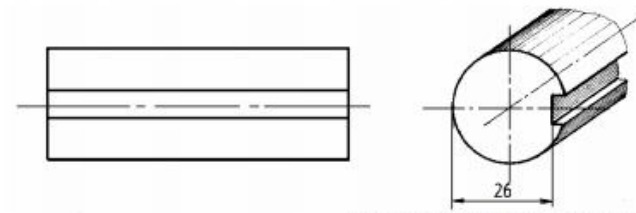
## THEME 2

Travail demandé :

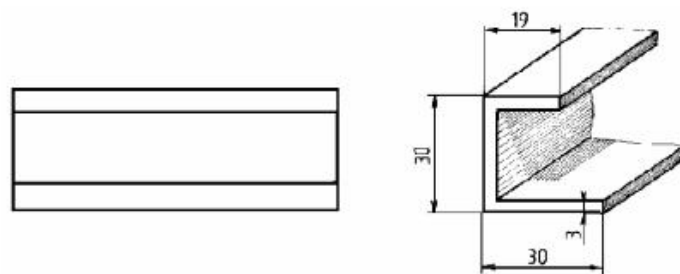
Dessiner une section rabattue.



Dessiner une section rabattue

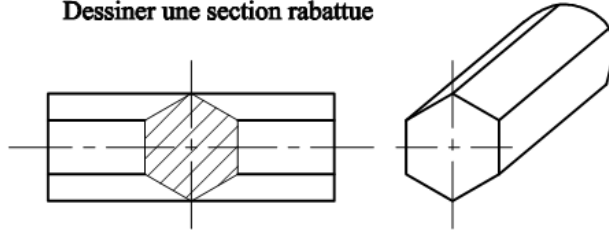


Dessiner et désigner une section sortie

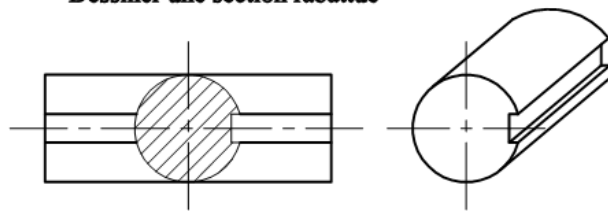


**SOULUTION THEME 2**

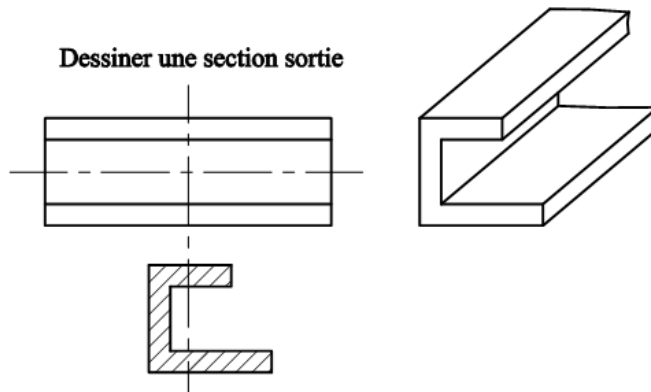
Dessiner une section rabattue



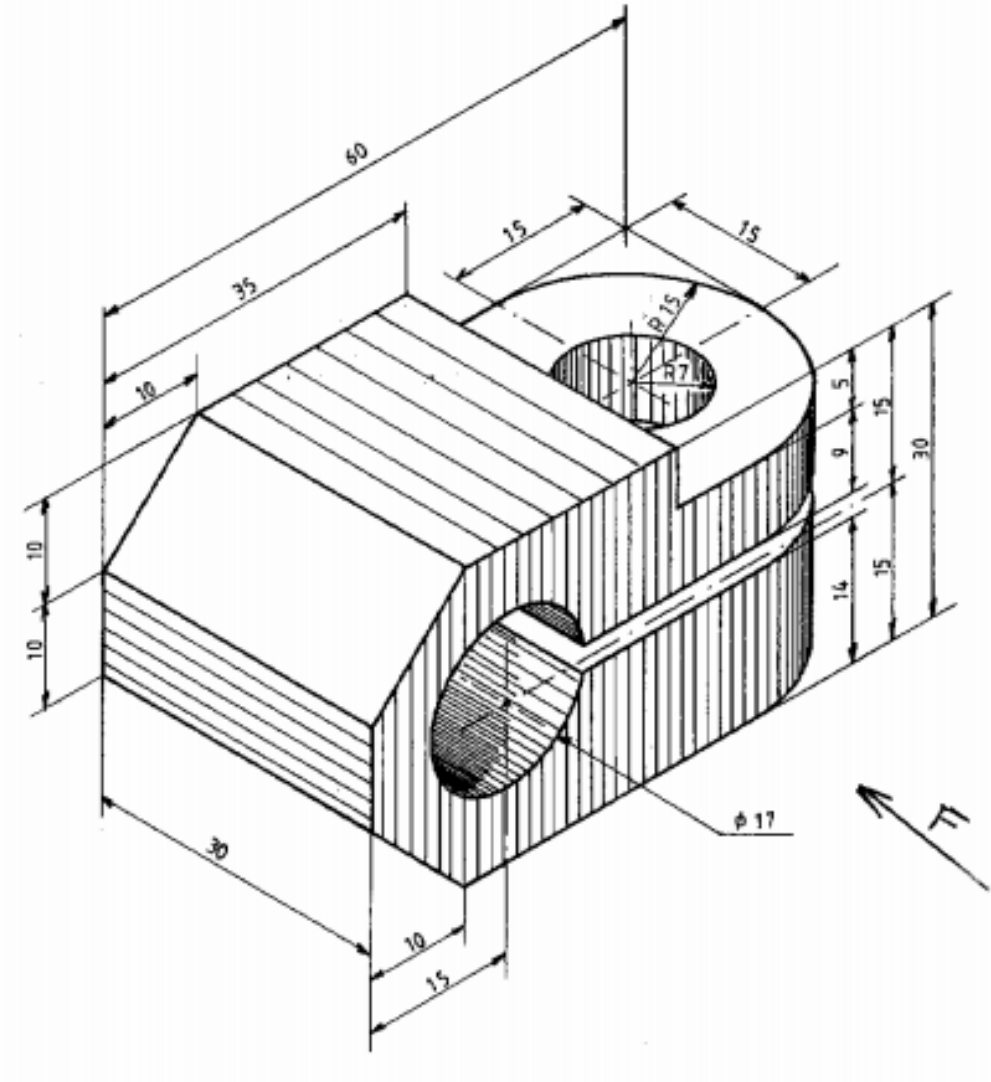
Dessiner une section rabattue



Dessiner une section sortie



### THEME 3 : NOIX DE SERRAGE

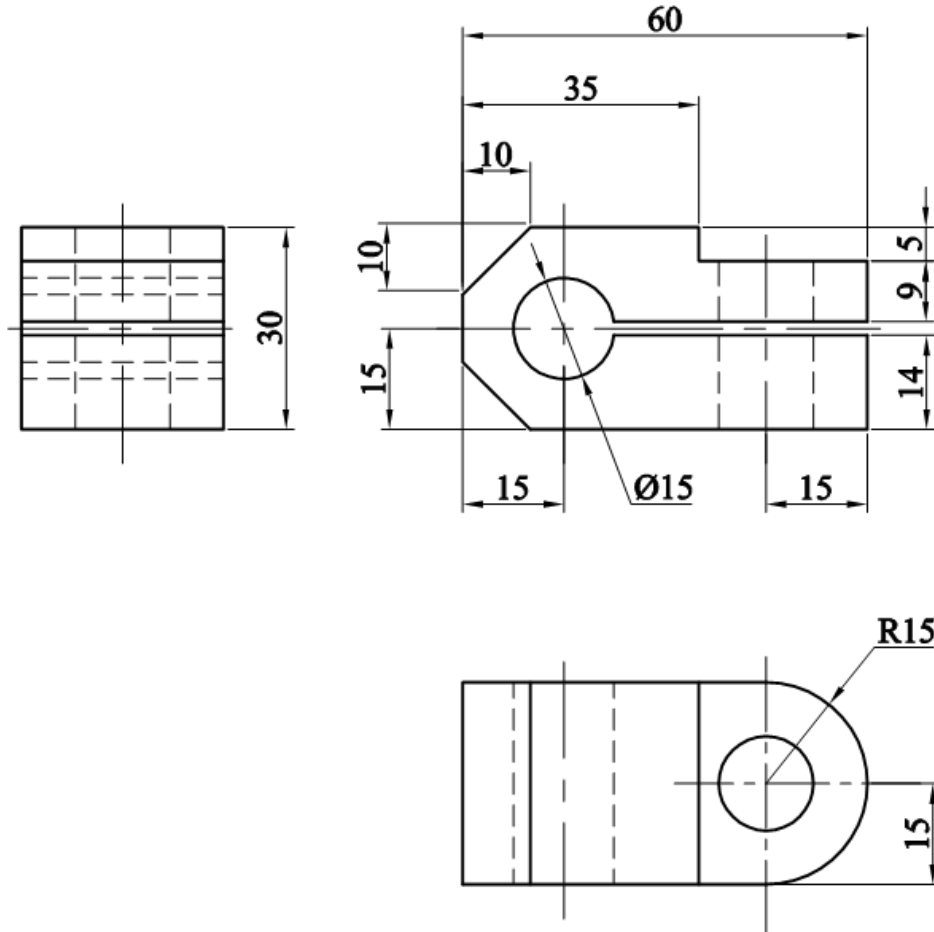


#### Travail demandé :

Dessiner à l'échelle 2, sur format A3 H.

- la vue de face suivant la flèche F
- la vue de dessus
- la vue de droite
- coter la pièce en vue de sa réalisation aux ateliers.

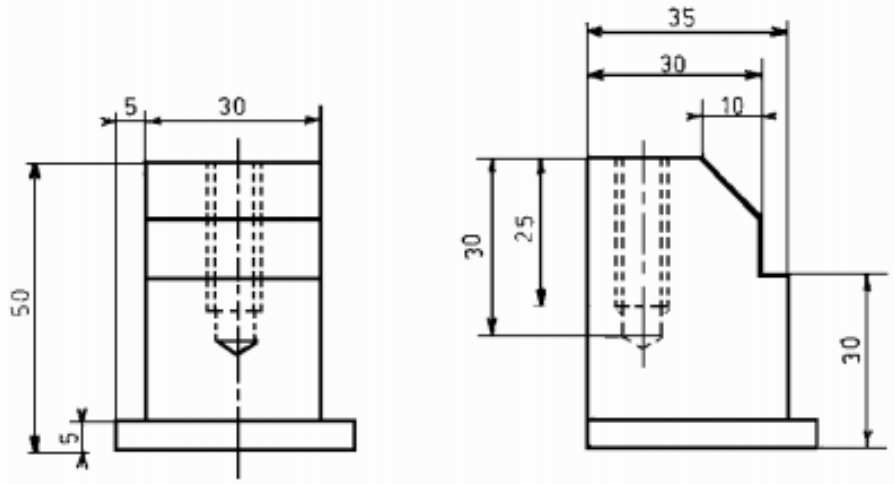
**SOLUTION THEME 3 : NOIX DE SERRAGE**





## THEME 4 : VIS D'EXTRACTEUR

Soit la vis d'extracteur représenté Par la vue de face et la vue de droite ci-dessous.

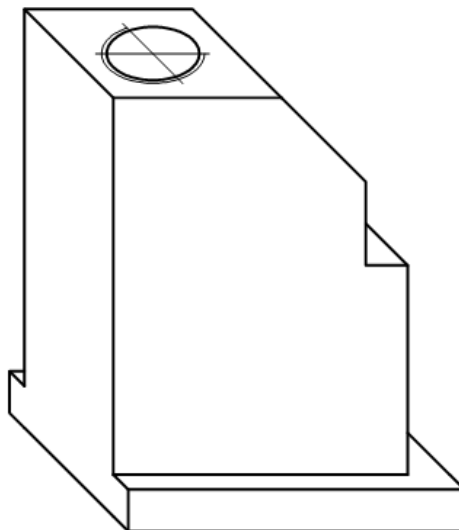


### Travail demandé :

Sur papier format A. 4V, échelle : 1, au crayon et aux instruments, représenter le support en perspective cavalière d'après les caractéristiques suivante :

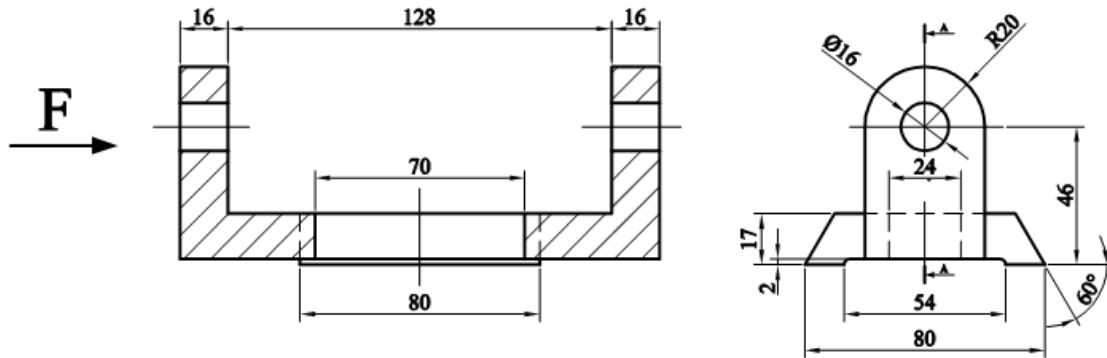
- face de départ : vue de face
- inclinaison des fuyantes :  $45^\circ$
- direction et sens des fuyantes : de la droite vers le haut
- rapport de réduction : 0,5

## SOLUTION THEME 4 : VIS D'EXTRACTEUR



## THEME 5 : SUPPORT A POINTES

Le dessin ci-dessous représente Par la vue de face coupe A-A. Et vue de gauche un support à pointes utilisé pour le contrôle de pièces lisses.



### Travail demandé :

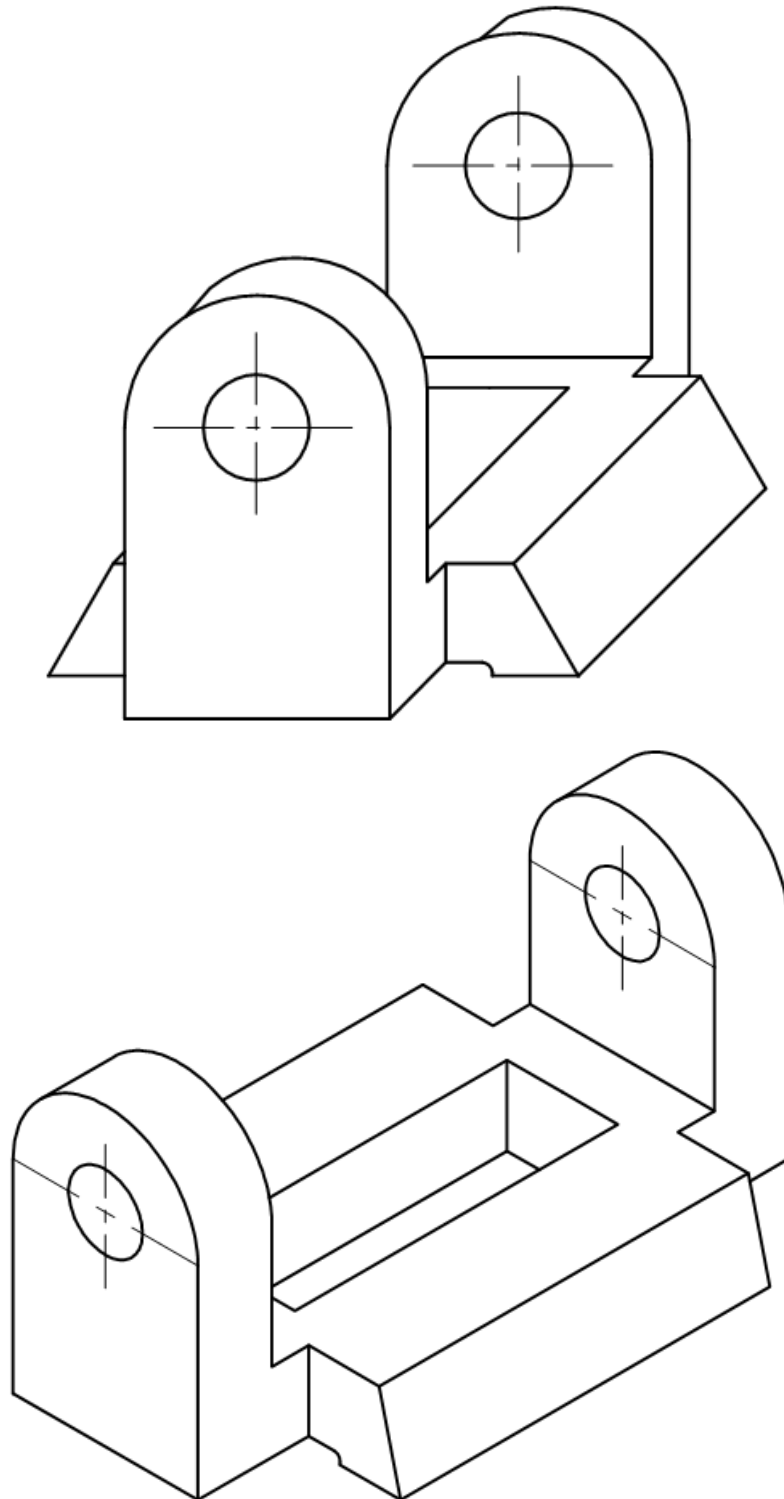
1) Sur papier format A. 4V, échelle : 1, au crayon et aux instruments, représenter le support en perspective cavalière d'après les caractéristiques suivante :

- face de départ : face F
- inclinaison des fuyantes :  $45^\circ$
- sens des fuyantes de la droite vers le haut
- rapport de réduction : 0,5

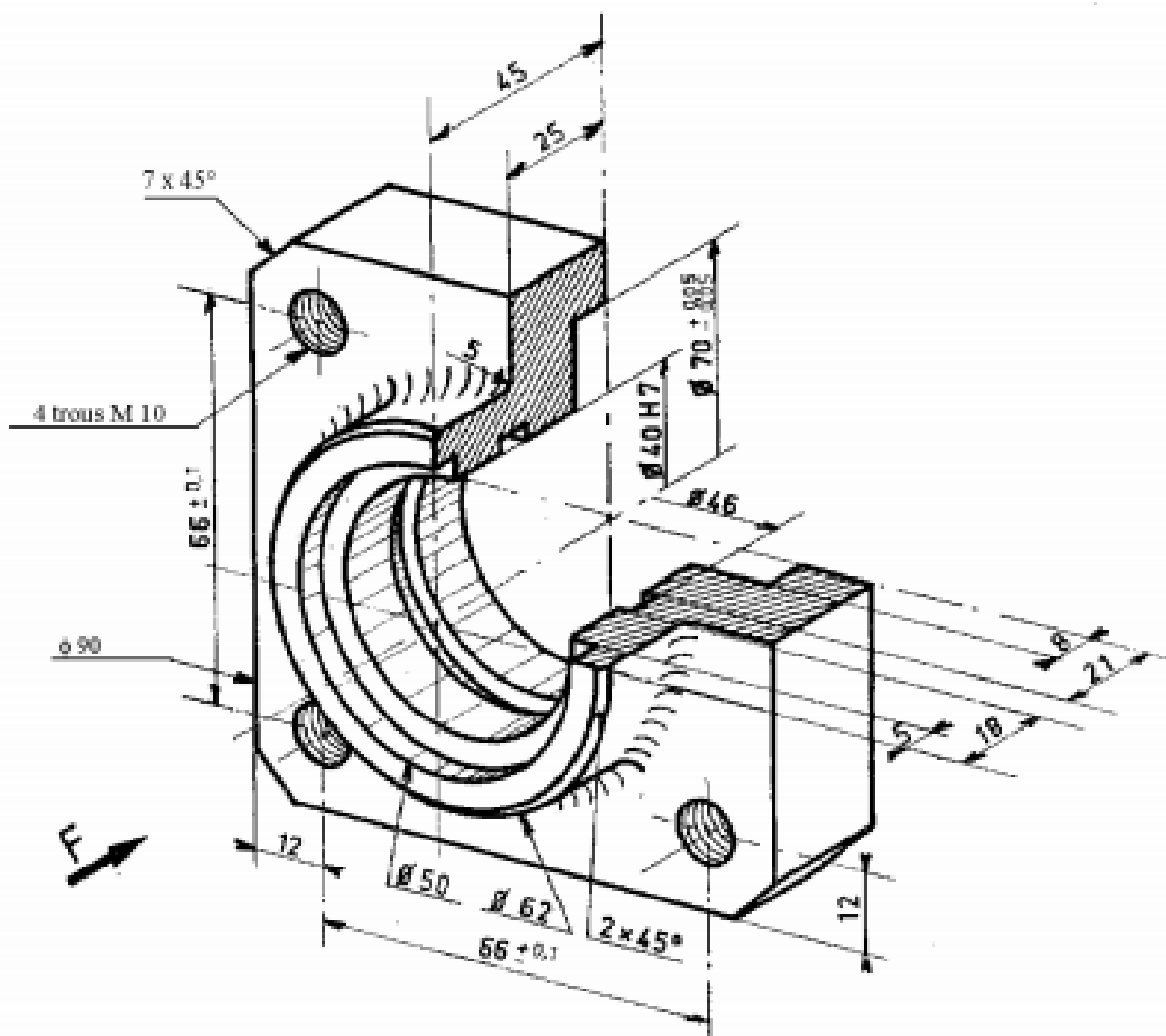
2) Sur papier format A4V, échelle : 1, au crayon et aux instruments, représenter le support en perspective isométrique d'après les caractéristiques suivante :

- face de départ : face F
- sens des fuyantes de la droite vers le haut
- rapport de réduction : 0,82

**SOLUTION THEME 5: SUPPORT A POINTES**



## THEME 6 : CULASSE DE VERIN

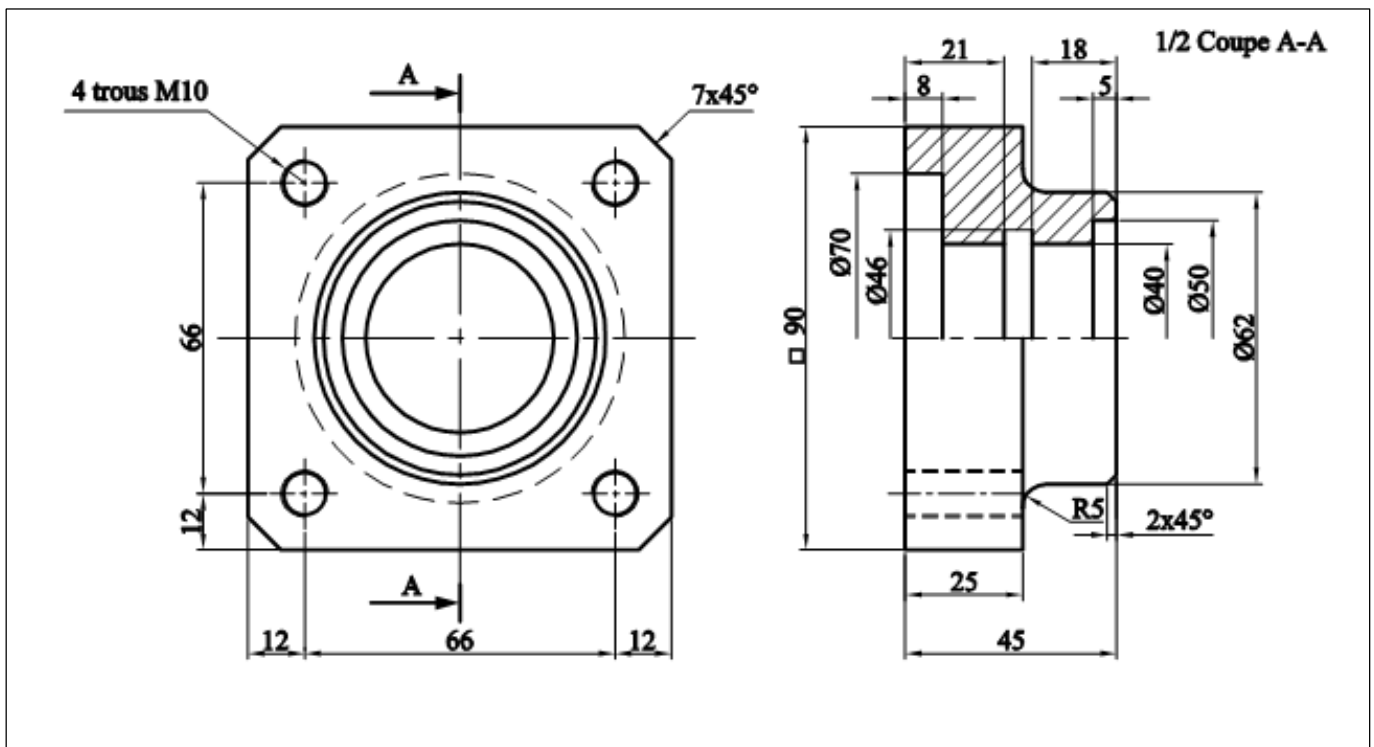


### Travail demandé :

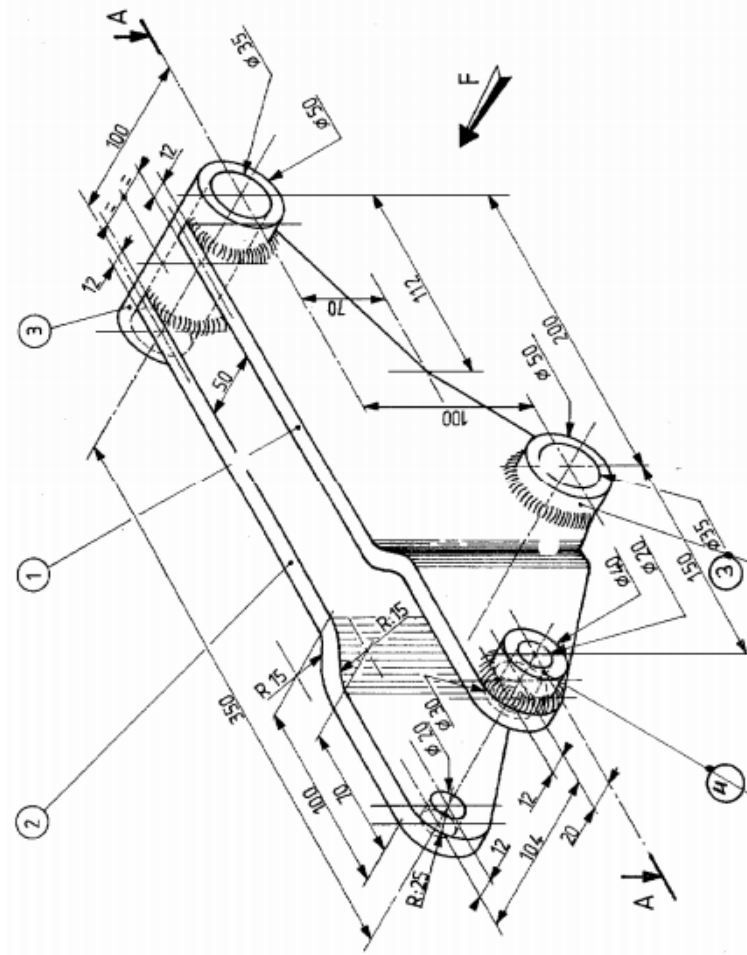
Dessiner à l'échelle 1

- la vue de face suivant la flèche F
- la vue de gauche en  $\frac{1}{2}$  coupe
- coter la pièce en vue de sa réalisation aux ateliers.

**SOLUTION THEME 6 : CULASSE DE VERIN**



**THEME 7 : BIELLE**



**Travail demandé :**

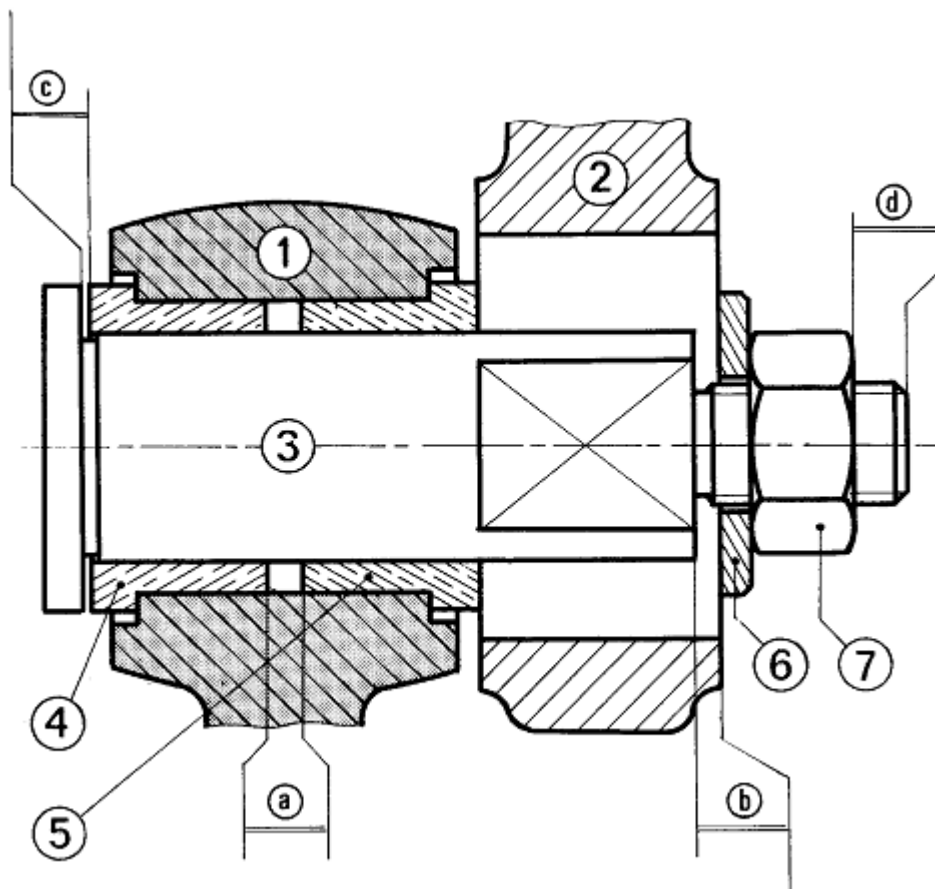
Dessiner à l'échelle 1 sur format A3 H.

- la vue de face suivant la flèche F
- la vue de dessus en coupe A-A
- coter.



**THEME 8**

Le dessin ci-dessous représente une solution technique de liaison pivot entre les leviers 1 et 2.



Légende :

1 : Levier 1	4 : coussinet à collerette	7 : écrou H
2 : Levier 2	5 : coussinet à collerette	
3 : axe	6 : rondelle plate	

1) Précisez les repères des pièces contenues dans les classes d'équivalence cinématique.

Levier 1 : (.....)
Levier 2 : (.....)

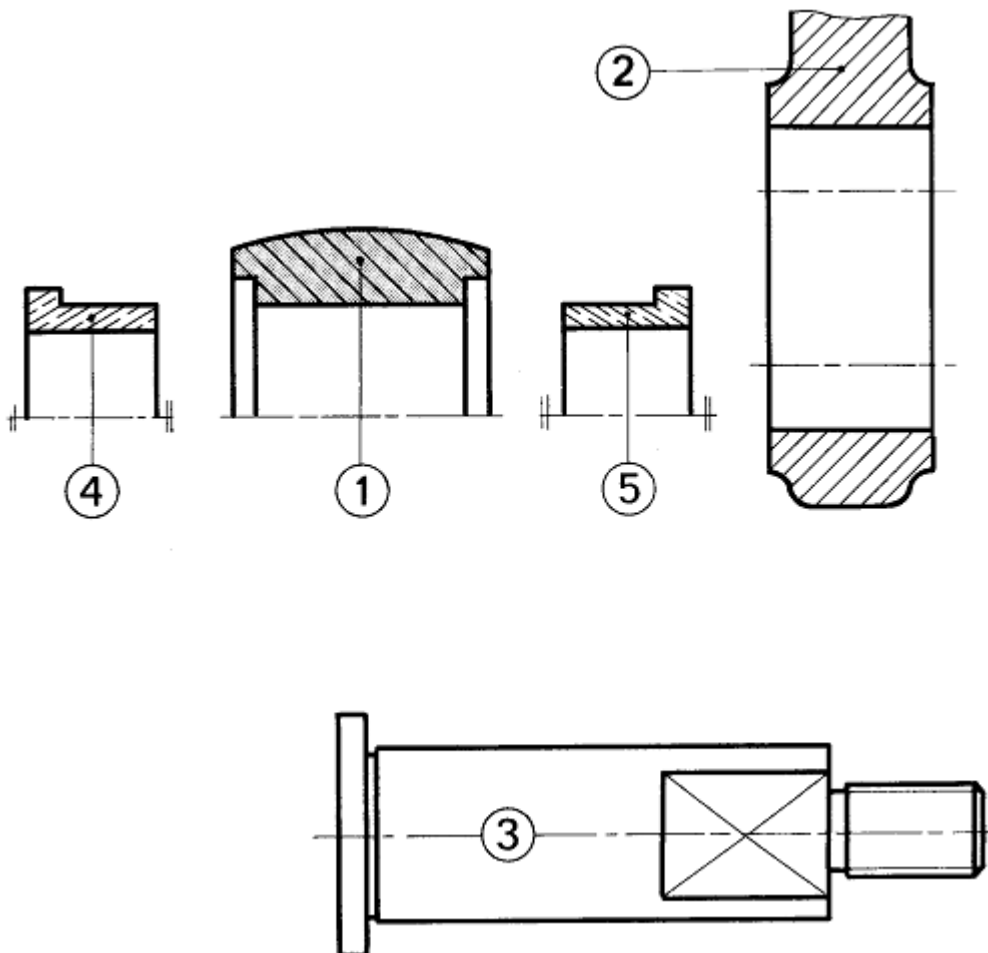


2) Exprimez les conditions a, b, c et d.

condition	Expression de la condition
a	
b	
c	
d	

3) Établir sur le dessin d'ensemble ci-dessus les chaînes de cotes relatives aux conditions a, b, c et d.

4) Reporter les cotes fonctionnelles obtenues sur le dessin des pièces séparées (dessins de définition).





**SOLUTION THEME 8 :**

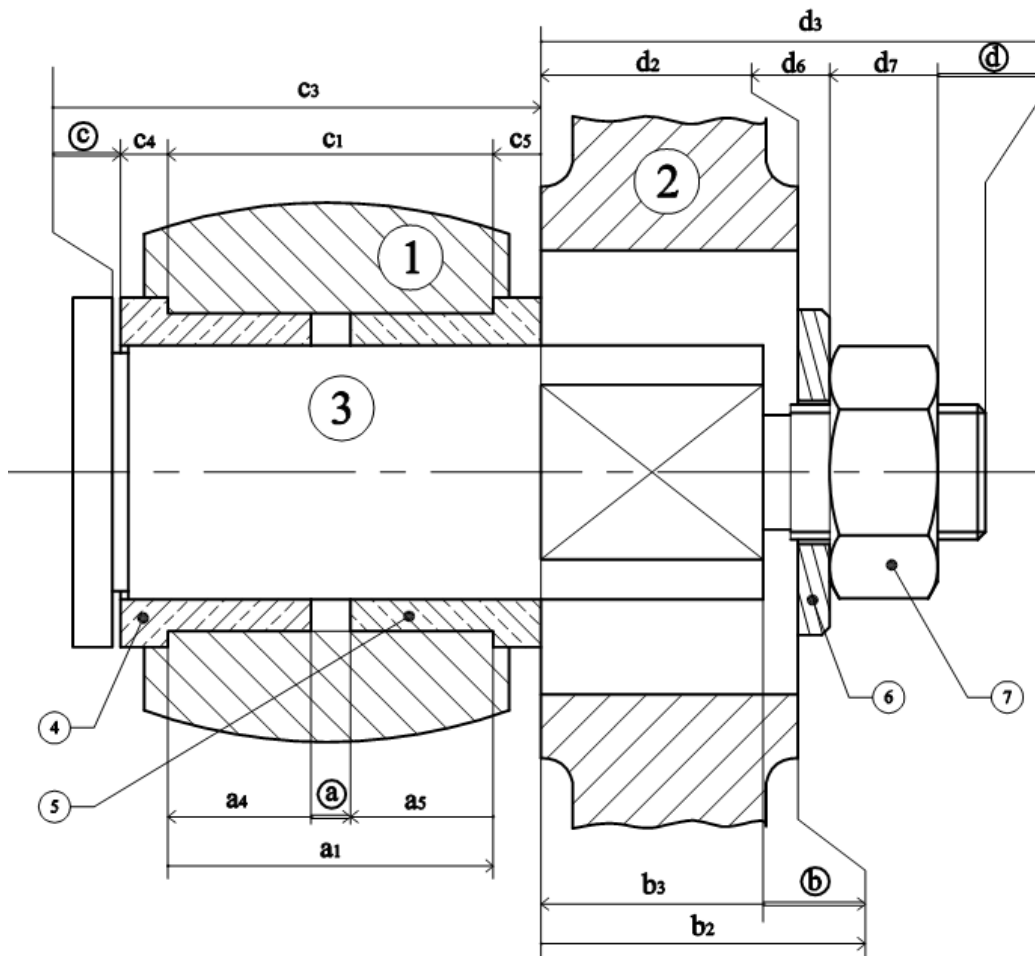
1) Précisez les repères des pièces contenues dans les classes d'équivalence cinématique.

Levier 1 : (1, 4, 5).  
 Levier 2 : (2, 3, 6, 7).

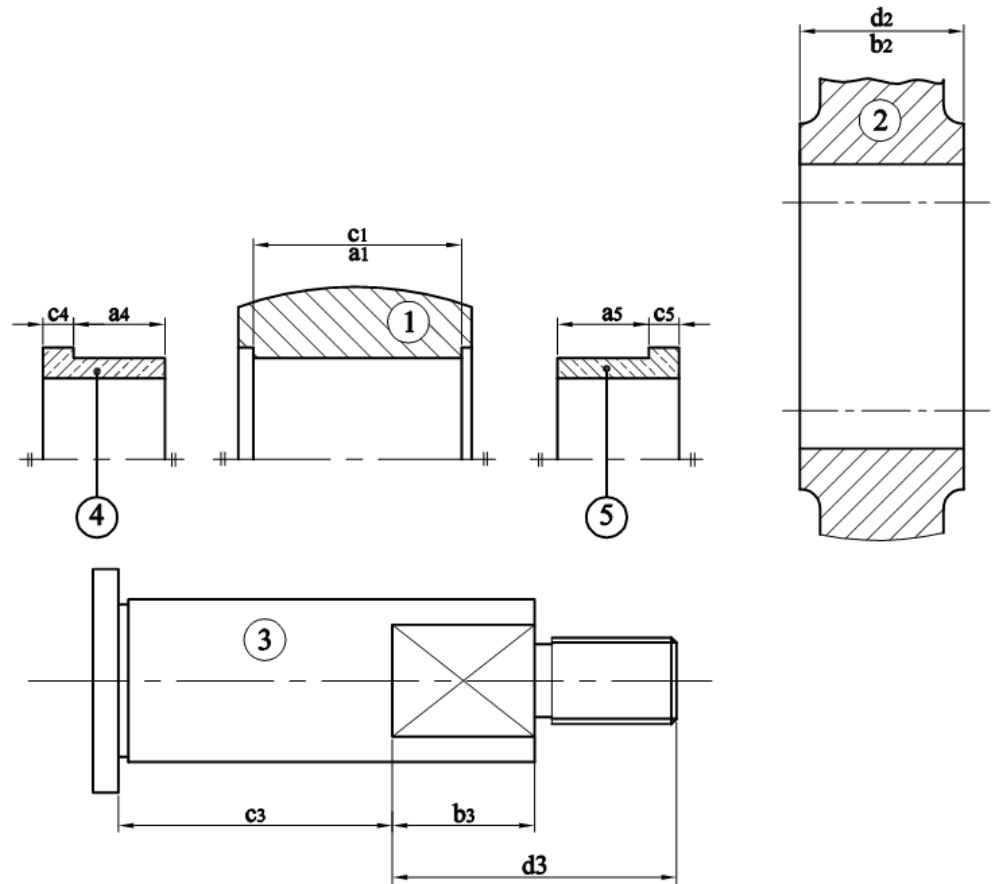
2) Exprimez les conditions a, b, c et d.

condition	Expression de la condition
a	Jeu nécessaire au montage des coussinets sur le levier
b	
c	
d	exprime le maximum de filetage en brise pour le serrage de l'écrou 7

3) Établir sur le dessin d'ensemble ci-dessus les chaînes de cotes relatives aux conditions a, b, c et d.



- 2) Reporter les cotes fonctionnelles obtenues sur le dessin des pièces séparées (dessins de définition)



- 3) Ecrire les équations donnant la condition Max et la condition min pour les conditions a et b.

$$a_{\max} = a_{1\max} - (a_{4\min} + a_{5\min})$$

$$a_{\min} = a_{1\min} - (a_{4\max} + a_{5\max})$$

$$b_{\max} = b_{2\max} - b_{3\min}$$

$$b_{\min} = b_{2\min} - b_{3\max}$$

- 4) Sachant que :  $4 \leq a \leq 6$  ;  $a_1 = ?$  ;  $a_4 = a_5 = 16,5 \pm 0,25$

Calculez la cote  $a_1$  (cotes nominales et écarts).

$$\text{On a } a_{\max} = a_{1\max} - (a_{4\min} + a_{5\min}) \Rightarrow a_{1\max} = a_{\max} + (a_{4\min} + a_{5\min})$$

$$\Rightarrow a_{1\max} = 6 + (16,25 + 16,25) \Rightarrow a_{1\max} = 38,5 \text{ mm}$$

$$\text{On a } a_{\min} = a_{1\min} - (a_{4\max} + a_{5\max}) \Rightarrow a_{1\min} = a_{\min} + (a_{4\max} + a_{5\max})$$

$$\Rightarrow a_{1\min} = 4 + (16,75 + 16,75) \Rightarrow a_{1\min} = 37,5 \text{ mm}$$

D'où  $a_1 = 38 \pm 0,5$

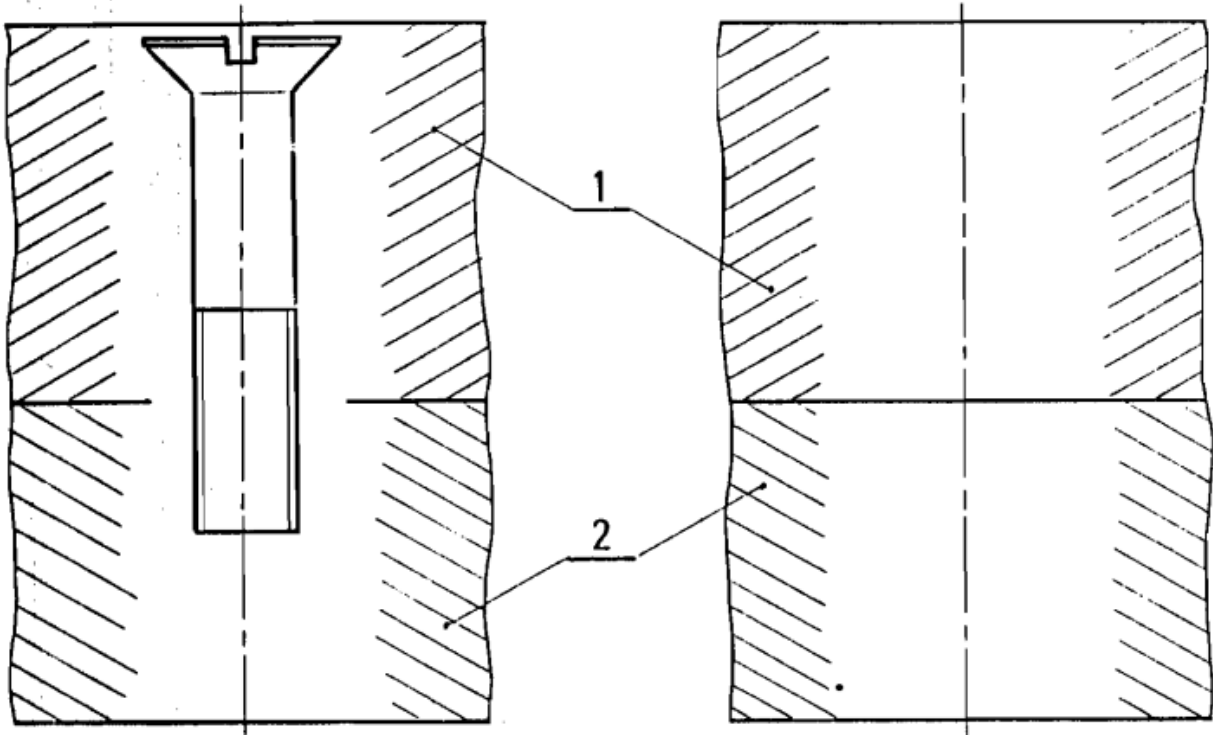
**THEME 9 :**

**Exercice 1 :**

Sur la fig.1, terminer la représentation de la vis implantée dans pièce 2. Le trou taraudé est débouchant. Désigner la vis. Sur la fig. 2 représenter les pièces 1 et 2 seules avec les usinages nécessaires au montage de la vis. Prendre les cotes sur le dessin de la fig. 1.

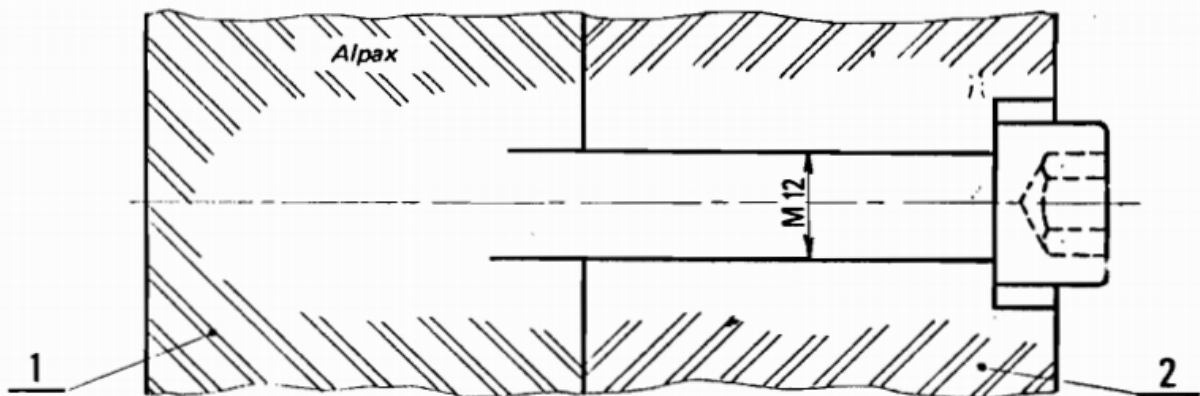
FIG. 1

FIG. 2



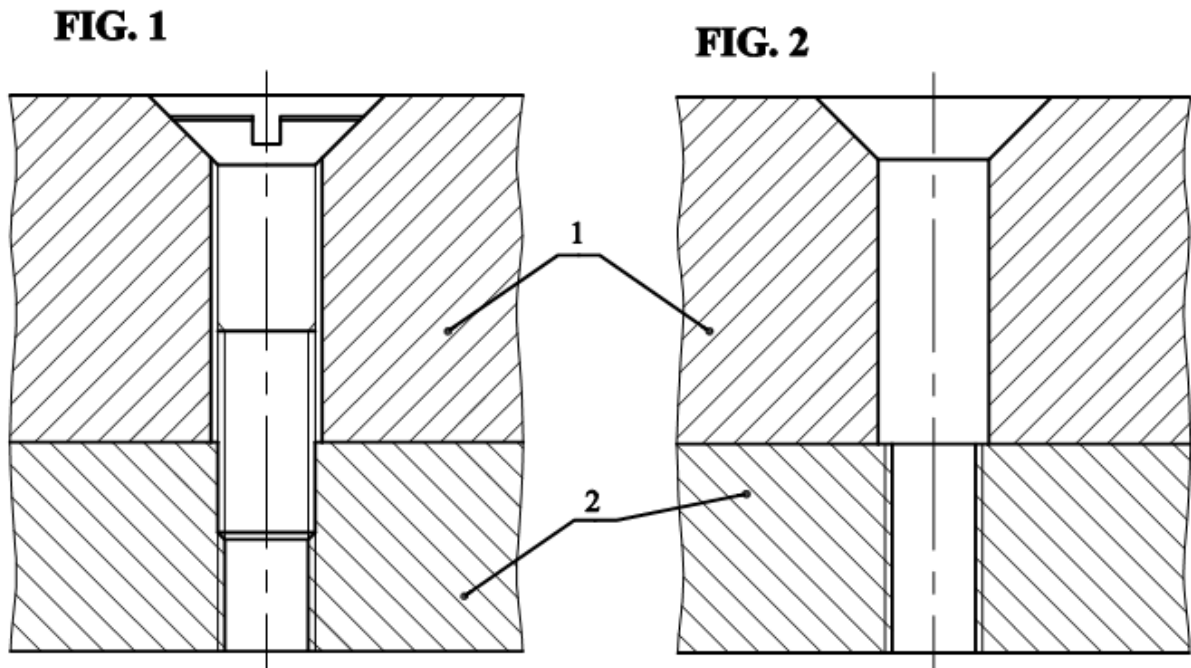
**Exercice 2**

Déterminer les cotes caractéristiques de la vis et terminer le dessin du montage. La pièce 1 est en ALPAX. Le trou taraudé est borgne. Designer cette vis.



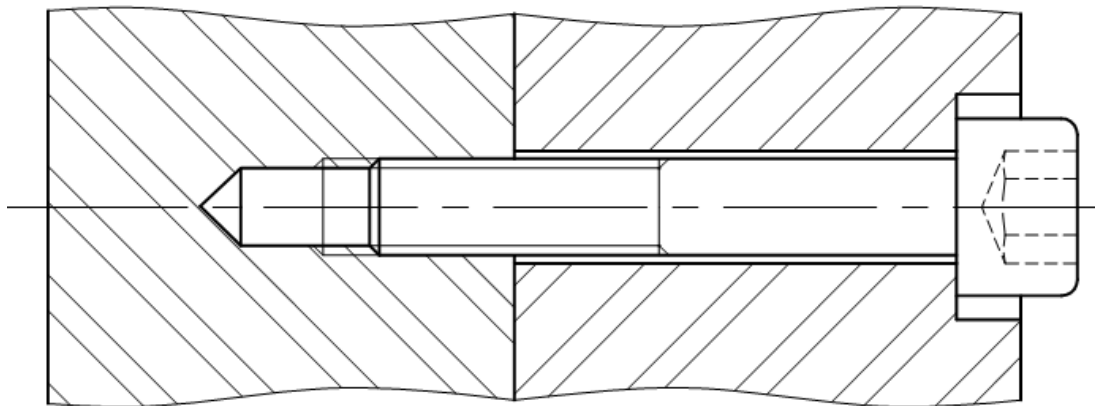
**SOLUTION THEME 9 :**

**Exercice 1 :**



Désignation de la vis : Vis FS M14-55-30

**Exercice 1 :**



Désignation de la vis : Vis CHc M12-70-36

**THEME 10 : COSSE**

**I- DESCRIPTION**

Le dessin représenté ci-dessous est une cosse destinée à relier la borne d'un transformateur **T** au câble **K** d'une canalisation.

Le câble **K** est maintenu serré sur le corps par l'action de deux vis **7** sur le couvercle **5**.

**II- ETUDE TECHNOLOGIQUE**

**A. Etude générale**

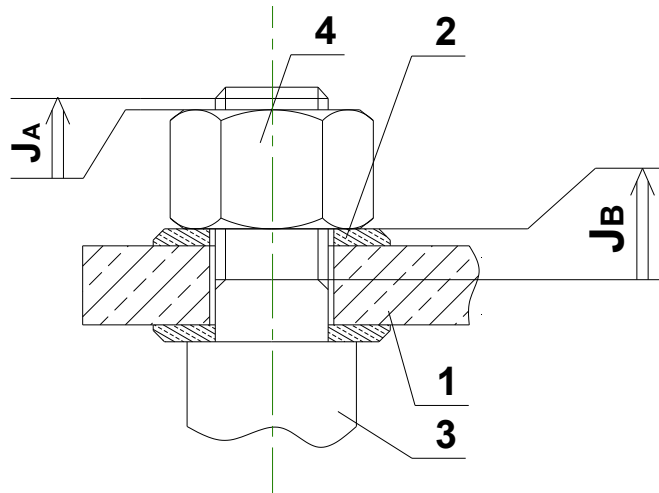
- 1) Désignation normalisé de **4** : .....
- 2) Rôle de **6** : .....
- 3) Trois caractères de la liaison **1-7** : .....
- 4) Nature de cette liaison : .....

**B. Cotation fonctionnelle**

- 1) Soit l'ajustement **Ø20H7/m6**
  - a) Signification de **Ø20H7** : .....
  - b) Signification de **Ø20m6** : .....
- 2) Calcul des jeux maxi et mini de **Ø20H7/m6** .....

**Conclusion** : .....

3) Tracé de la chaîne minimale de cotes



### III- ETUDE GRAPHIQUE

Sur le dessin de définition du corps 1, complétez les différentes vues au crayon et aux instruments.

- Vue de face (coupe A-A)
- Vue de dessus.





**SOLUTION THEME 10 : COSSE**

**II- ETUDE TECHNOLOGIQUE**

**A- Etude générale**

- 1) Désignation normalisé de (4) : **Ecrou H M12**
- 2) Rôle de (6) : **Offrir un bon état de surface à l'appui de la tête de la vis (7) et empêche le matage de la pièce (5) par la vis (7)**
- 3) Trois caractères de la liaison (1)-(7) :
  - **Rigide**
  - **Démontable**
  - **Directe**
- 4) Nature de cette liaison : **Liaison hélicoïdale**

**B- Cotation fonctionnelle**

- 1) Soit l'ajustement **Ø20H7/m6**

- a) Signification de **Ø20H7** :

Contenant (Alésage) de diamètre 20mm avec une tolérance de qualité H7

- b) Signification de **Ø20m6** :

Contenu (arbre) de diamètre 20mm avec une tolérance de qualité m6

- 2) Calcul des jeux maxi et mini de **Ø20H7/m6**

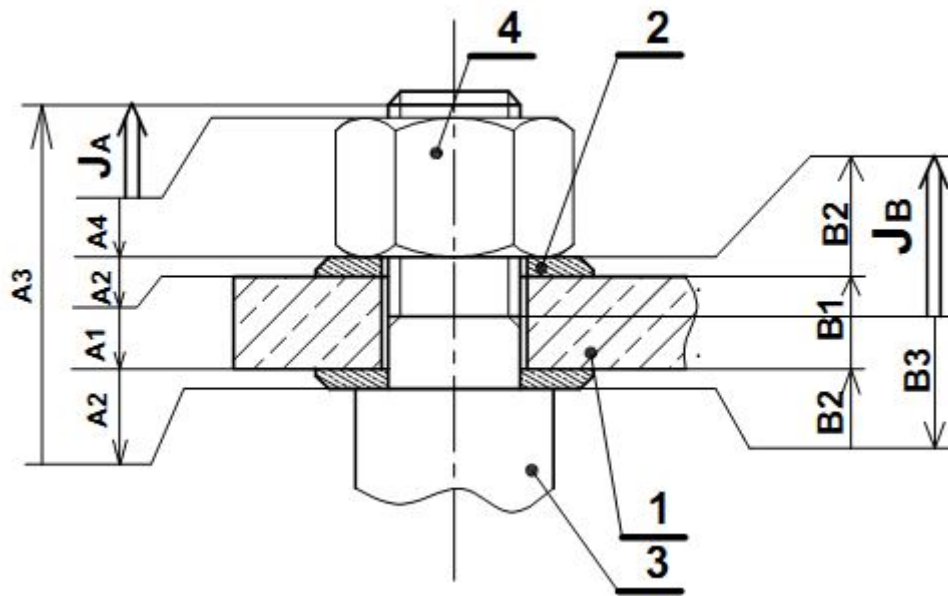
$$\mathbf{\text{Ø}20H7} \Leftrightarrow \begin{cases} ES = +21 \\ EI = 0 \end{cases} \quad \mathbf{\text{et } \text{Ø}20m6} \Leftrightarrow \begin{cases} es = +21 \\ ei = +9 \end{cases}$$

$$J_{\max i} = ES - ei = 21 - 9 = 12 \quad \mathbf{\text{et}} \quad J_{\min i} = EI - es = 0 - 21 = -21$$

$$J_{\max i} = 12 \quad \mathbf{\text{et}} \quad J_{\min i} = -21$$

**Conclusion :**  $J_{\max i} > 0$  **et**  $J_{\min i} < 0 \Rightarrow$  **ajustement incertain**

2) Tracé de la chaîne minimale de cotes



### III- ETUDE GRAPHIQUE

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

1. Le NORMAND et TINEL, Mémento dessin industriel, TOME 2, Edition FOURCHER 1994.
2. CLAUDE HAZARD, ANDRE RICORDEAU et CLAUDE CORBET : Méthode active du dessin technique, Editions André Castilla, rue Monge, 75005 Paris 2003.
3. A CHEVALIER, Guide du dessinateur industriel, Editions HACHETTE 2004.
4. JEAN LOUIS FANCHON, Guide des sciences et technologies industrielles, Editions Nathan, paris- la défense 2001.
5. GUILLAUME SABATIER, FRANCOIS RAGUSA et HUBERT ANTZ : Manuel de technologie mécanique, Editions Dunod, Paris 2006.