



ROYAUME DU MAROC

مكتب التكوين المهني وإنعاش الشغل

Office de la Formation Professionnelle et de la Promotion du Travail
Direction Recherche et Ingénierie de la Formation

RÉSUMÉ THÉORIQUE & GUIDE DE TRAVAUX PRATIQUES

**MODULE 6 : Lecture et interprétation des
documents de fabrication**

Secteur : FABRICATION MÉCANIQUE

Spécialité : M.G.P.

Niveau : Qualification

PORTAIL DE LA FORMATION PROFESSIONNELLE AU MAROC

Télécharger tous les modules de toutes les filières de l'OFPPT sur le site dédié à la formation professionnelle au Maroc : www.marocetude.com

Pour cela visiter notre site www.marocetude.com et choisissez la rubrique :

[MODULES ISTA](#)



The screenshot shows the website interface for Maroc Etude.Com. At the top, a navigation bar contains the following links: HOME, LIVRES, **MODULES ISTA**, ANNUAIRE ECOLES, DOCTORAT, LETTRE DE MOTIVATION, NOUS CONTACTER, and SE CONNECTER. Below the navigation bar is the site's logo, "Maroc Etude.Com", and the tagline "Connaissance - Métier - Technique". A secondary navigation bar includes links for "Annonces Google", "Emploi Maroc", "Messagerie", "Telecharger Un Jeu", and "Maroc Annonces". A search bar is located on the right side of the page.

The main content area features a central advertisement for MacKeeper, which includes a "-20%" discount badge and the text: "Complete your Purchase Now and save 20% Guaranteed with this Coupon Code". Below the ad is a button that says "Apply Discount Automatically" and a quote: "On ne jouit bien que de ce qu'on partage" [Madame de Genlis].

On the left side, there is a login section titled "Connexion" with fields for "Identifiant" (containing "sniper") and "Mot de passe", and a "Connexion" button. Below the login section are links for "Mot de passe oublié ?" and "Identifiant oublié ?".

On the right side, there is a sidebar with a search bar and a list of links under the heading "Annonces Google": "Jeu De Jeux", "Jeux Sur Internet", "Ecole Ingénieur", "Dépanner et configurer votre réseau à domicile", "(Outil de Diagnostic)", "Wi-Fi / Ethernet", "Console de jeu", "Imprimante", and "Messagerie".

Document élaboré par :

Nom et prénom
FLOREA FLORIAN

CDC GM

DRIF

Révision linguistique

-
-
-

Validation

- ETTAIB Chouaïb
-
-

SOMMAIRE

	<u>Page</u>
<i>Présentation du module</i>	7
<i>Résumé de théorie</i>	
I. <i>Principaux types de dessins</i>	8
8. <i>Les dessins en perspective</i>	11
9. <i>Le dessin d'ensemble</i>	15
10. <i>Désignation des matériaux</i>	21
11. <i>Le dessin de définition</i>	25
12. <i>Cotation</i>	33
13. <i>Tolérances dimensionnelles</i>	35
14. <i>Tolérances géométriques</i>	39
15. <i>Etats de surface</i>	47
16. <i>Vocabulaire technique</i>	49
17. <i>Intersections</i>	50
18. <i>Engrenages</i>	53
19. <i>Roulements</i>	59
20. <i>Montage des roulements</i>	67
21. <i>Analyse fonctionnelle</i>	71
II. <i>Travaux pratiques</i>	72
III. <i>Bibliographie</i>	80

MODULE 6 : LECTURE ET INTERPRÉTATION DES DOCUMENTS DE FABRICATION

Code :

Durée : 45 heures

Responsabilité : D'établissement

Théorie : 30 %

Travaux pratiques : 66 %

Évaluation : 4 %

**OBJECTIF OPÉRATIONNEL DE PREMIER NIVEAU
DE COMPORTEMENT**

COMPÉTENCE • Lire et interpréter des documents de fabrication

PRÉSENTATION

Ce module de compétence générale se situe dans le premier semestre du programme et devait être enseigné en parallèle avec le module 11 sur le dessin technique.

DESCRIPTION

L'objectif de module est de faire acquérir les connaissances relatives aux différents types de dessins, aux différents genres de coupes, à la reconnaissance des symboles, au repérage des dimensions des éléments, aux jeux de tolérances, ainsi qu'à la séquence de montage et de démontage d'éléments mécaniques. Il vise donc à rendre le stagiaire apte à interpréter et analyser adéquatement des documents techniques et à dégager les objectifs de fabrication à atteindre.

CONTEXTE D'ENSEIGNEMENT

- Bien que la partie théorique de ce module puisse se donner en classe, il serait opportun d'associer des exercices avec les plans de pièces mécaniques accompagnés de documents de type : devis, notes, ordre de fabrication....
- La documentation est disponible et il est important de faire le lien entre les plans et l'équipement disponible.

CONDITIONS D'ÉVALUATION

- Travail individuel et de groupe
- A partir
 - D'un plan d'ensemble
 - D'un plan de définition
 - D'un plan de fabrication
 - De vues éclatées
 - De documents et revues techniques
 - De devis et de documents de production
 - De situations relatives aux compétences particulières

- À l'aide :
 - D'une banque de données techniques
 - D'une banque de données personnelles
 - De normes

OBJECTIFS	ÉLÉMENTS DE CONTENU
1. Maîtriser les règles de la représentation en dessin technique	- Référence au module 11
2. Reconnaître la structure d'un dossier de fabrication	<ul style="list-style-type: none"> - Dessins de définition - Dessin d'ensemble - Gamme d'usinage - Contrat de phase - Fiche suiveuse - Ordre de fabrication
A. Interpréter des dessins, des plans, et des documents comprenant :	<ul style="list-style-type: none"> - Source de documents - Traçabilité - Date et validation des documents - Qualité de la transmission de l'information - Repérage des éléments d'information. - Des matériaux - Des symboles : d'usinage, de montage et de technologie générale - Des éléments normalisés et standardisés
3. Maîtriser la symbolique et la normalisation	<ul style="list-style-type: none"> - Symboles des éléments de machines - Symbole des matériaux dans les vues de coupes - Dimensionnement et jeux fonctionnels d'un ensemble
B. Repérer sur un dessin, des plans, et des documents les éléments suivants : <ul style="list-style-type: none"> • Les dimensions • Les jeux et tolérances • Les objectifs visés • Les qualités demandées 	<ul style="list-style-type: none"> - Chaîne de cotes et Cotation fonctionnelle - Ajustement et Interchangeabilité - Dessin : <ul style="list-style-type: none"> • d'ensemble • de détails (de définition) • de coupe • éclaté - Eléments. <ul style="list-style-type: none"> • quantité. • description détaillée. • référence au plan de détail, etc. - Méthode et technique de recherche : <ul style="list-style-type: none"> • index ; • table de matières ; • notes de bas de page ; • annexes ; • bibliographie ; • tableaux.
4. Savoir lire des documents techniques en arabe et en français	<ul style="list-style-type: none"> - Rappels sur le vocabulaire et la grammaire - Lecture des textes écrits en arabe et en français

C. Lire et interpréter des documents techniques en français et en arabe.

5. Savoir lire, écrire et comprendre le français courant
6. Savoir lire, écrire et comprendre l'arabe courant

D. Connaître la terminologie en français :

- **Technique**
- **Appropriée aux documents industriels**
- **Spécifique au métier**

- Types et structures des documents techniques
- Méthodes de lecture des documents

- Conversation et dialogue en français et en arabe

- Lecture des documents relationnels interne en entreprise
- Lecture des documents relationnels entre entreprise
- Vocabulaire et termes techniques
- Traduction des termes techniques

PRESENTATION DU MODULE

Le module donne une méthode pour lire et interpréter un dessin technique.

A partir d'un dessin de définition et d'ensemble, il fait un rappel de connaissances :

- Des projections orthogonales
- Des vues auxiliaires
- Des coupes
- Des projections isométriques
- Des annotations, des notices
- Des cartouches
- Des échelles
- De la cotation fonctionnelle
- Des notes et observations
- Des matériaux
- Des symboles : d'usinage, de montage et de technologie générale
- Des éléments normalisés et standardisés
- Des fonctionnalités et des mouvements

et fait une analyse des tolérances géométriques, analyse fonctionnel, état de surface, montage des roulements etc.

Le dessin technique est le moyen d'expression indispensable et universel de tous les techniciens. C'est lui qui permet de transmettre, à tous les services de production, la pensée technique et les impératifs de fabrication qui lui sont liés. C'est pourquoi ce langage conventionnel est soumis à des règles ne permettant aucune erreur d'interprétation, définies par la normalisation (ISO : International Standard Organisation). Il est ainsi possible de représenter, de construire et d'étudier tout matériel technique. Il peut se présenter sous diverses formes.

La normalisation consiste à unifier la présentation générale des documents techniques (dessins, notices, schémas, etc.) pour faciliter la consultation, le classement et l'expédition. Elle contribue ainsi à l'abaissement du prix de revient.

Généralités sur les normes (Normalisation Française)

Classement des normes par secteur d'activité :

- A – Métallurgie
 - B – Carrières. Céramique. Verre. Réfractaires. Bois. Liège.
 - C – Électricité.
 - D – Économie domestique. Hôtellerie. Ameublement. Aménagement.
 - E – Mécanique.
 - F - Chemin de fer.
- Etc.

Exemple :

Dessins techniques - principes généraux : NF E 04 – 520 Décembre 1984

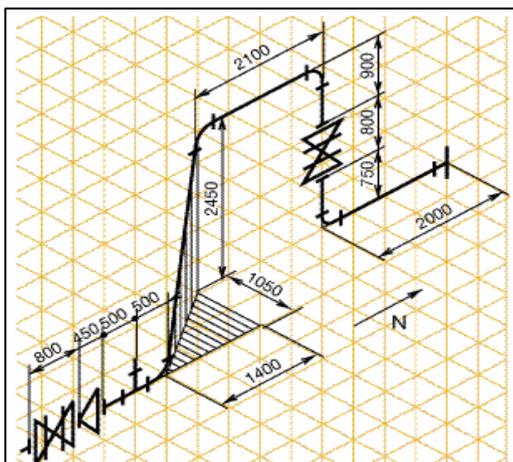
NF - Normalisation Française ; E - Indice de la classe (Mécanique) ; 04 – indice de la sous-classe (Dessins techniques) ; 520 - numéro d'ordre (principes généraux) ; Mois et année de publication.

La normalisation française est en concordance technique avec la normalisation ISO, mais elle présente une organisation différente des chapitres.

Pour interpréter les dessins techniques il faut connaître d'abord les types de dessins.

Principaux types de dessins :

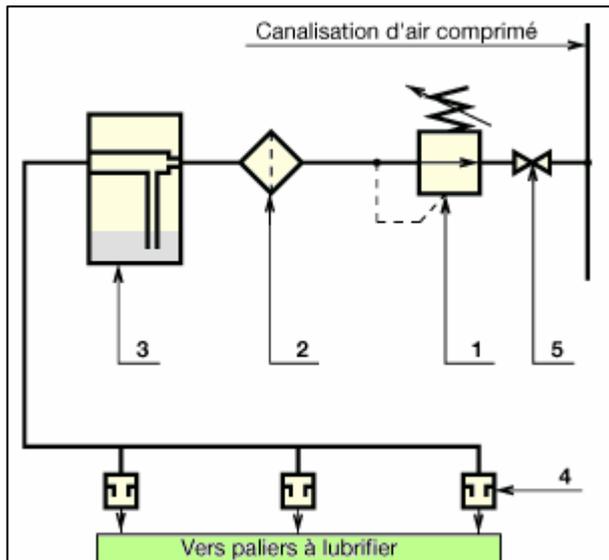
1. LE CROQUIS



Dessin établi, en majeure partie, à main levée sans respecter nécessairement une échelle rigoureuse.

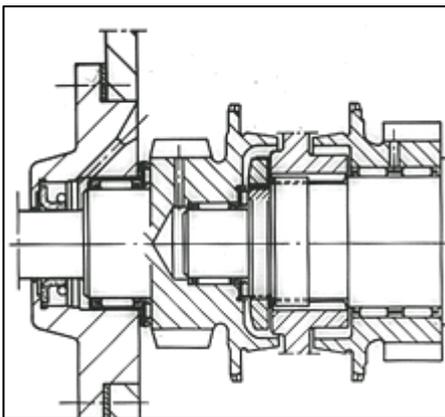
Nécessaire à la recherche, le croquis permet d'aller à l'essentiel de la pensée technique et peut être coté.

2. LE SCHEMA



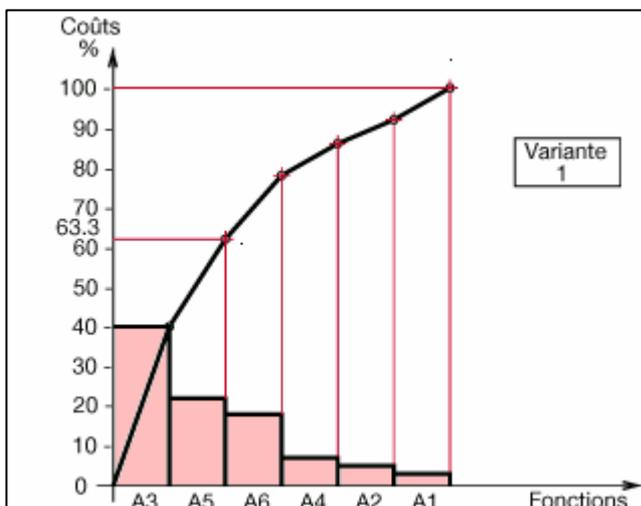
Dessin dans lequel des graphiques sont utilisés pour indiquer les fonctions des composants d'un système et leurs relations.

3. L'ESQUISSE



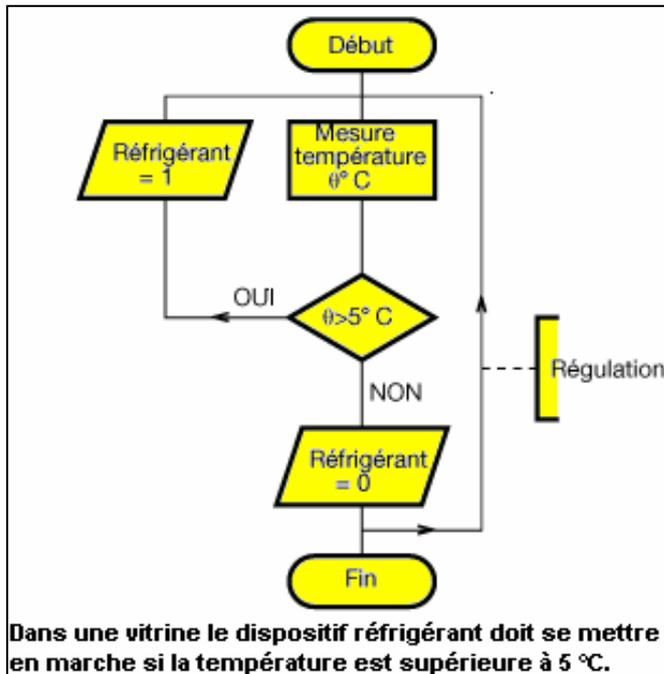
Dessin réalisé en trait fin au crayon à partir de l'analyse des surfaces fonctionnelles. Elle précède obligatoirement le dessin de définition.

4. LE DIAGRAMME



C'est le tracé géométrique destiné à représenter les variations d'un phénomène défini à partir d'une relation entre deux paramètres.

5. L'ORGANIGRAMME



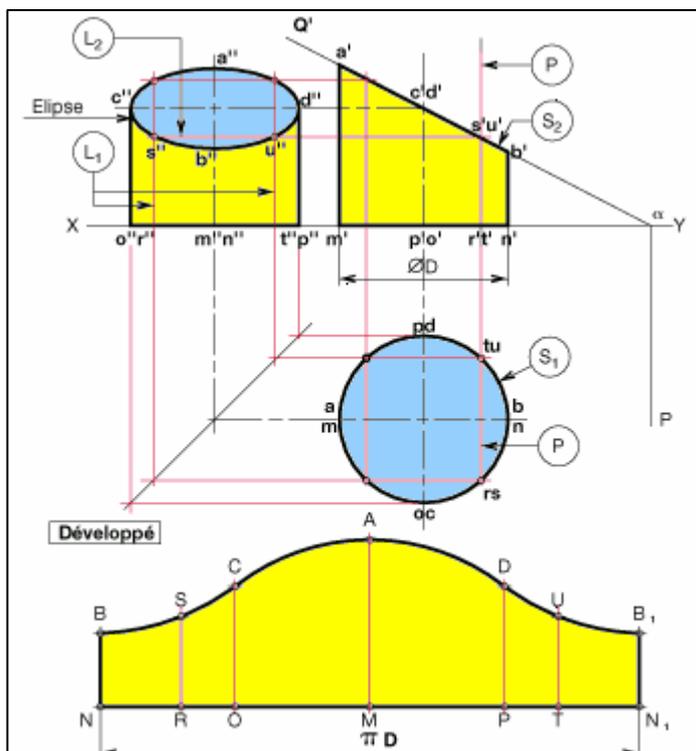
Un organigramme est une représentation graphique ordonnée des différentes opérations de traitement d'un problème et de leurs interdépendances logiques.

Les organigrammes sont constitués de symboles accompagnés du texte approprié et de lignes reliant ces systèmes.

En principe, la sortie verticale d'un organigramme est lue jusqu'à la fin du traitement ; on s'intéresse ensuite aux autres sorties.

Il y a des organigrammes :
de programmation ;
de données et de configuration.

6. L'ÉPURE



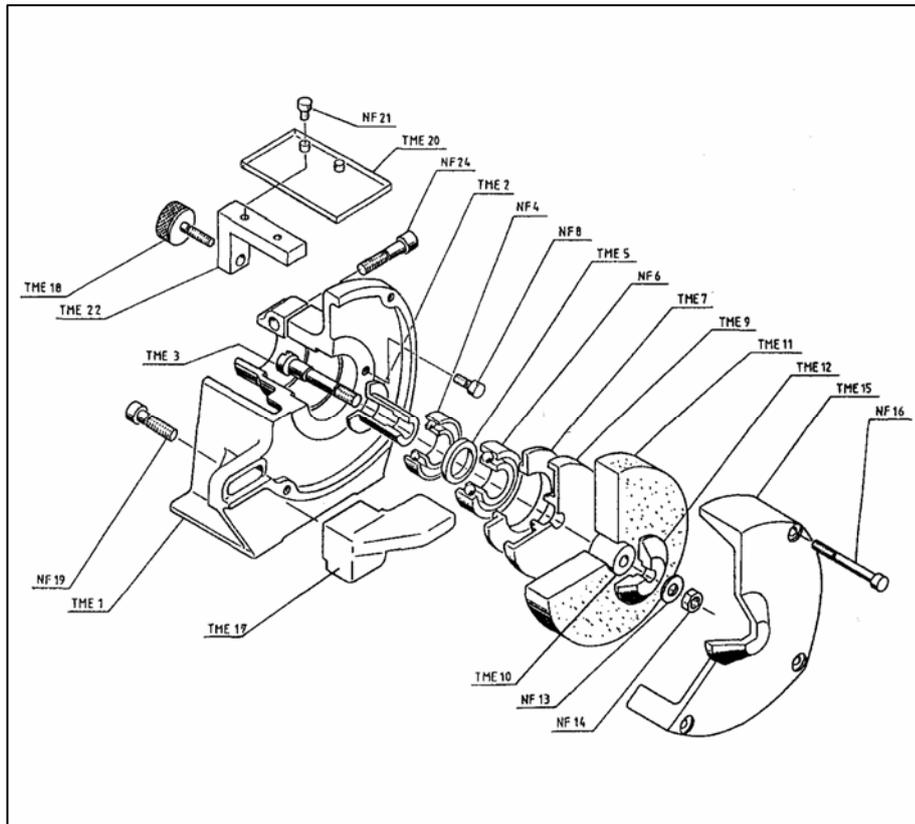
L'épure est une construction géométrique .Elle permet d'obtenir :

- la définition des intersections de surfaces,
- la vraie grandeur des détails de forme de l'objet.
- le développement des surfaces

La Géométrie descriptive est l'outil mathématique graphique qui permet de tracer l'épure. La D.A.O. est précieuse dans ce domaine.

La géométrie descriptive permet la représentation exacte des objets par la méthode de projections.

7. LA REPRÉSENTATION ÉCLATÉE



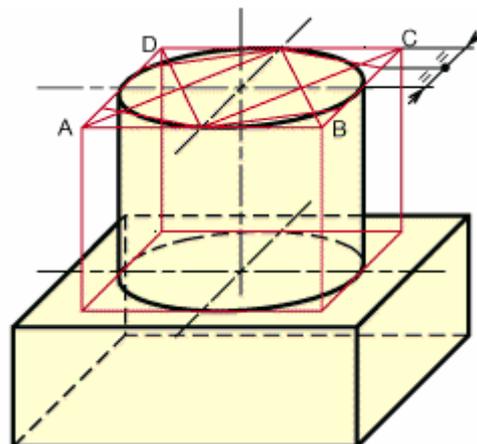
Cette représentation non normalisée est très utilisée pour les dessins de catalogue, de guides d'entretien, de guides de montage et démontage, de réparations. Les formes et la position de montage doivent rendre la pièce reconnaissable. Habituellement dessinée en projection axonométrique trimétrique, elle comporte très souvent des repères et une légende.

8. LES DESSINS EN PERSPECTIVE - (NF E 04 – 108)

Les représentations en perspective offrent la possibilité de restituer la dimension spatiale de l'objet. Elles le montrent tel que l'œil pourrait l'apercevoir. Elles facilitent également la compréhension des formes ou du fonctionnement de l'objet.

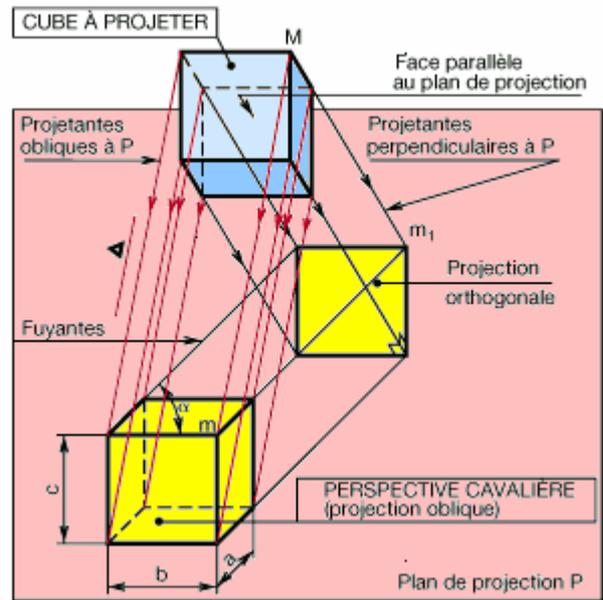
8.1. LA PERSPECTIVE CAVALIÈRE

Cette perspective est facile et rapide à construire, mais elle déforme l'objet représenté.

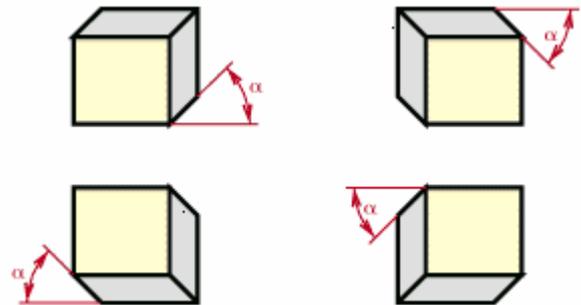


La perspective cavalière est une **PROJECTION OBLIQUE** de l'objet sur un plan parallèle à sa face principale.

Les projetantes sont toutes parallèles à une direction donnée Δ , oblique par rapport au plan de projection.



α = angle de fuite
 $\alpha = 45^\circ$ (orientation quelconque, voir figure)
 $a =$ dimension $\times 0.5$
 $b = c =$ dimension en vraie grandeur

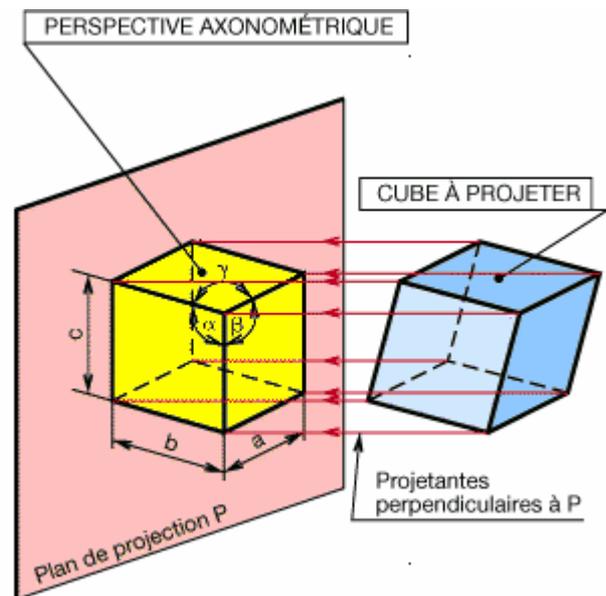


8.2. LA PERSPECTIVE AXONOMÉTRIQUE

La perspective axonométrique est une **PROJECTION ORTHOGONALE** de l'objet sur un plan oblique par rapport aux faces principales de l'objet. La projection de ces faces n'est donc pas en vraie grandeur.

REMARQUES :

- ▷ Si les angles α, β, γ sont égaux, la perspective est dite «**isométrique**».
- ▷ Si les angles α, β, γ sont différents entre eux, la perspective est dite «**trimétrique**».
- ▷ Si deux quelconques des angles α, β, γ sont égaux entre eux, la perspective est dite «**dimétrique**».



8.2.1. Perspective isométrique :

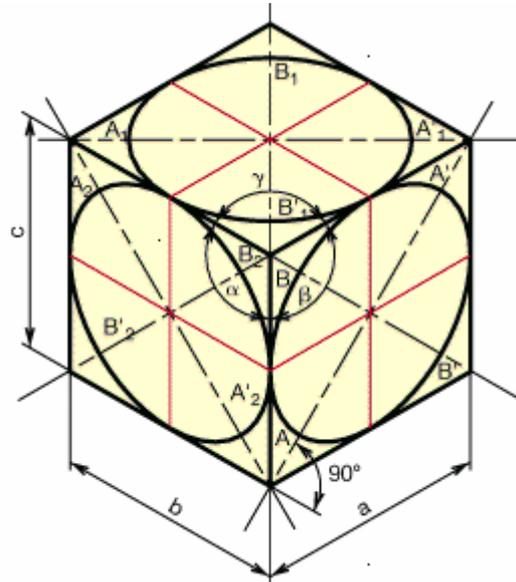
Elle est d'exécution simple. La perspective isométrique d'un cube s'obtient à partir d'un hexagone régulier de côté :

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

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

TRACÉ DES ELLIPSES :

Les faces du cube ne sont pas parallèles au plan de projection. Tout cercle appartenant à une face du cube se projette donc suivant une ellipse. Il est possible de construire une ellipse lorsque l'on connaît son grand axe AA' et son petit axe BB' .



Les grands axes des ellipses sont respectivement perpendiculaires aux arêtes a , b et c (par exemple l'axe AA' est perpendiculaire à l'arête b).

Grand axe AA' = diamètre en vraie grandeur.

Petit axe BB' = diamètre $\times 0,58$.

8.2.2. Perspective dimétrique usuelle :

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

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

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

$$\alpha = \beta = 131^\circ 30'$$

$$\gamma = 97^\circ$$

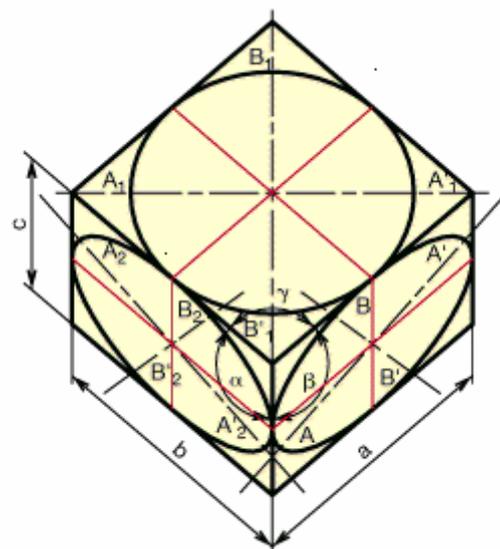
TRACÉ DES ELLIPSES :

Grand axe des ellipses =
diamètre en vraie grandeur

Petit axe BB = diamètre $\times 0,33$

$B_1B'_1$ = diamètre $\times 0,88$

$B_2B'_2$ = diamètre $\times 0,33$



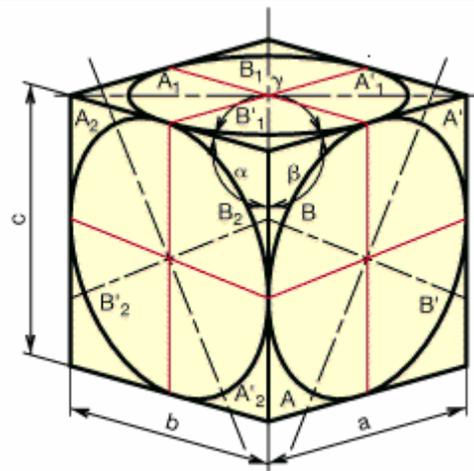
8.2.3. Perspective dimétrique redressée :

Elle est utilisée pour la représentation de pièces longues.

$$\begin{aligned} a &= b = \text{dimension} \times 0,73 & \alpha &= \beta = 105^\circ \\ c &= \text{dimension} \times 0,96 & \gamma &= 150^\circ \end{aligned}$$

TRACÉ DES ELLIPSES :

Grand axe des ellipses =
diamètre en vraie grandeur
Petit axe BB' = diamètre $\times 0,68$
 $B_1B'_1$ = diamètre $\times 0,27$
 $B_2B'_2$ = diamètre $\times 0,68$



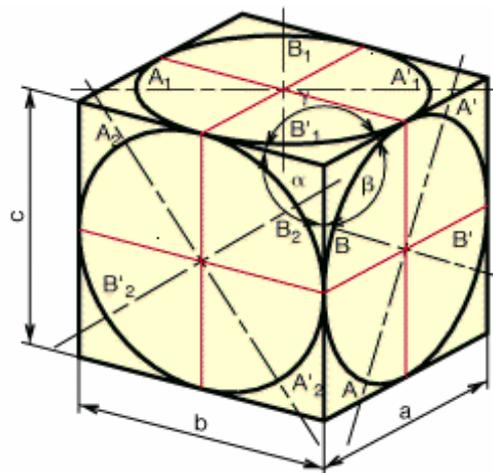
8.2.4. Perspective trimétrique :

Son exécution est assez longue, mais la perspective est très claire : les projections des arêtes sont séparées au maximum.

$$\begin{aligned} a &= \text{dimension} \times 0,65 & \alpha &= 105^\circ \\ b &= \text{dimension} \times 0,86 & \beta &= 120^\circ \\ c &= \text{dimension} \times 0,92 & \gamma &= 135^\circ \end{aligned}$$

TRACÉ DES ELLIPSES :

Grand axe des ellipses =
diamètre en vraie grandeur
Petit axe BB' = diamètre $\times 0,52$
 $B_1B'_1$ = diamètre $\times 0,40$
 $B_2B'_2$ = diamètre $\times 0,76$



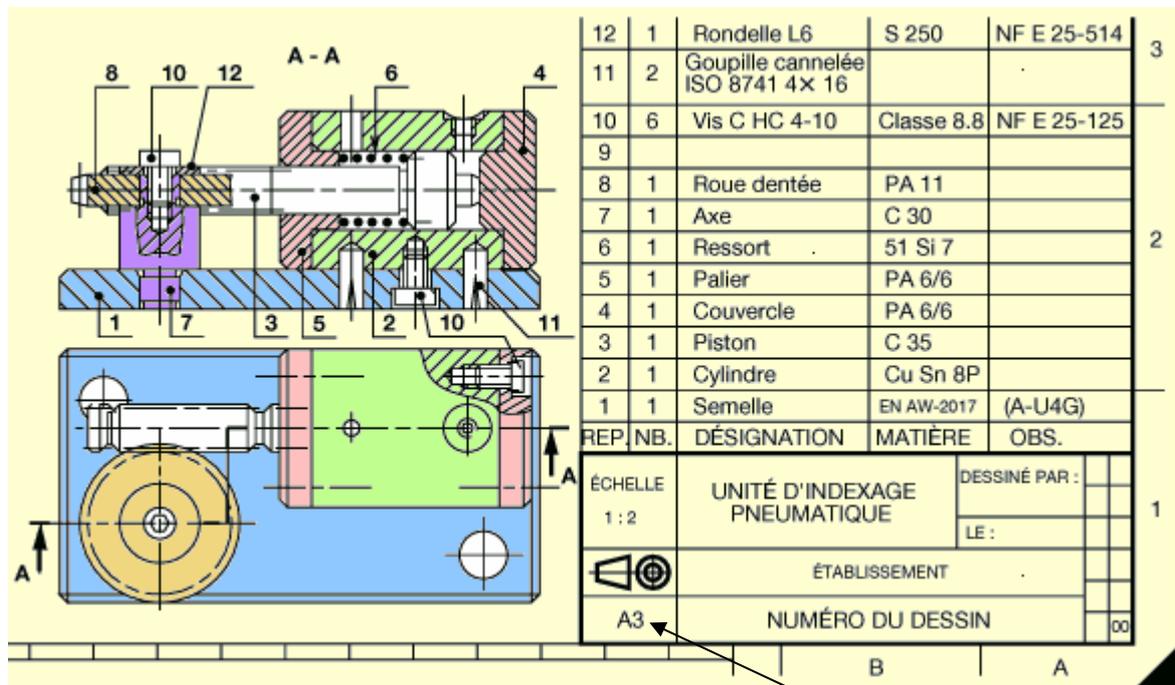
9. LE DESSIN D'ENSEMBLE

Dessin représentant la disposition relative et la forme d'un groupe de niveau supérieur d'éléments assemblés. Il donne, de façon plus ou moins détaillée, la représentation de tout ou partie (sous-ensemble) d'un système, d'un objet technique ou d'une installation.

Le dessin d'ensemble peut, selon sa finalité, être réalisé en :

- dessin d'avant –projet (ou de conception); la représentation est alors limitée aux grandes lignes d'une des solutions viables permettant d'orienter le choix du client;
- dessin de projet où tous les détails nécessaires de la solution choisie sont représentés sur la base de calculs ou d'enquêtes précises.

A partir d'un plan d'ensemble il faut apprendre à interpréter les dessins et repérer les symboles, les éléments normalisés et standardisés, les matériaux, etc.

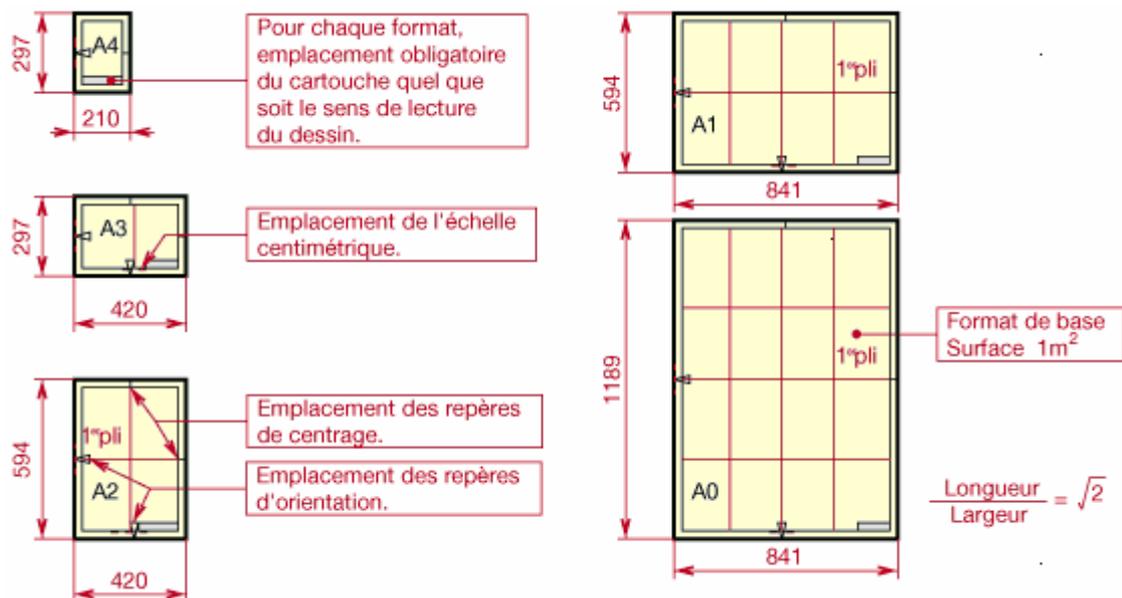


L'ensemble ci-dessus est dessiné sur papier à dessin et le symbole « A3 » nous indique que le format est A3. Les dessins sont faits d'habitude sur papier calque qui permet la multiplication en sauvegardant l'original ou imprimés sur support transparent pour projection avec le rétroprojecteur.

9.1. Les formats de dessin – NF E 04- 502

▷ Les formats se déduisent les uns des autres à partir du format A0 (lire A zéro) de surface 1 m², en subdivisant chaque fois par moitié le côté le plus grand.

▷ Les formats s'emploient indifféremment en longueur ou en largeur.
▷ Il faut choisir le format le plus petit compatible avec la lisibilité optimale du document.

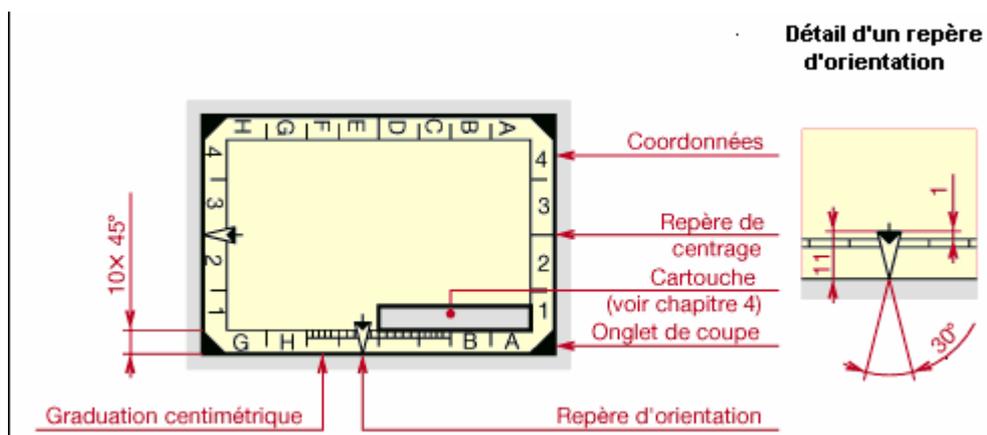


Formats allongés spéciaux : A3x3 : (420x891) ; A3 x 4 : (420 x1189) ;
A 4 x 3 : (297 x 630) ; A4 x 4 : (297x 841); A4 x 5 : (297 x 1051)

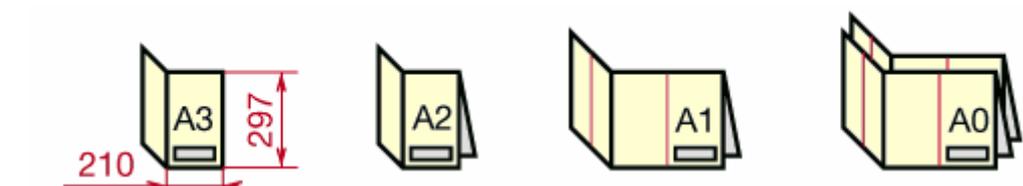
9.2. Éléments graphiques permanents :

▷ Ces éléments sont destinés à faciliter la microcopie, la reproduction (graduation centimétrique, repères d'orientation, de centrage), ou la localisation d'un détail du dessin (coordonnées A1, B1, etc.).

▷ Lors de l'exécution du dessin l'un des deux repères d'orientation est dirigé vers le dessinateur ; l'autre doit être supprimé.



9.3. Le pliage de formats - NF E 04-507



9.4. Le cartouche d'inscription - NF E 04 – 503

Le cartouche reçoit les inscriptions nécessaires et suffisantes pour l'identification et l'exploitation du document. Il est placé dans l'angle inférieur droit du dessin si ce dernier est examiné en hauteur pour les formats pairs (A0, A2, A4) et en largeur pour les formats impairs (A1, A3). Cette position est invariable quel que soit le sens de lecture du dessin. Dans l'industrie, il suffit généralement de compléter des cartouches préparés à l'avance.

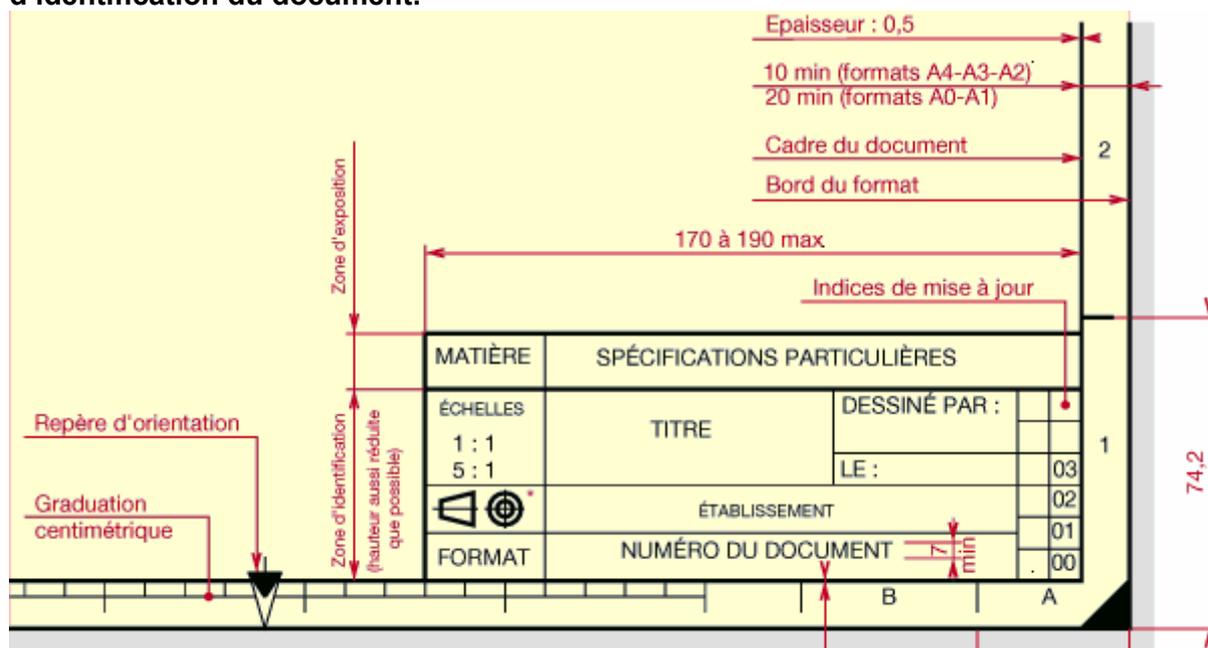
Dans les cartouches et en générale dans les dessins techniques, on utilise des caractères et des signes dont les formes, les dimensions et la disposition doivent être conforme à la normalisation (L'écriture – NF E 04- 505).

L'écriture doit satisfaire à trois contraintes essentielles :

- la lisibilité ;
- l'homogénéité des caractères et des signes;
- l'aptitude à la reproduction et à la microcopie.

Existe écriture type B droite et écriture type B penché (à 15°).

Dans l'image ci-dessous vous avez le cartouche avec les dimensions et les zones d'identification du document.



- **ÉCHELLES – (NF E 04- 506)**

L'échelle d'un plan indique la valeur du rapport entre les dimensions dessinées et les dimensions réelle d'une pièce ou d'un mécanisme.

On se limitera (sauf en cas de besoin absolument justifié) aux échelles suivantes :

- Grandeur d'exécution ou « vraie grandeur » : **échelle 1:1** à utiliser de préférence pour les dessins de conception et de définition.
- Réduction - échelles 1:2, 1:5, 1:10, 1:20, 1:50, 1:100, 1:200, etc.
- Agrandissement – échelles 2:1, 5:1, 10:1, 50:1, etc.

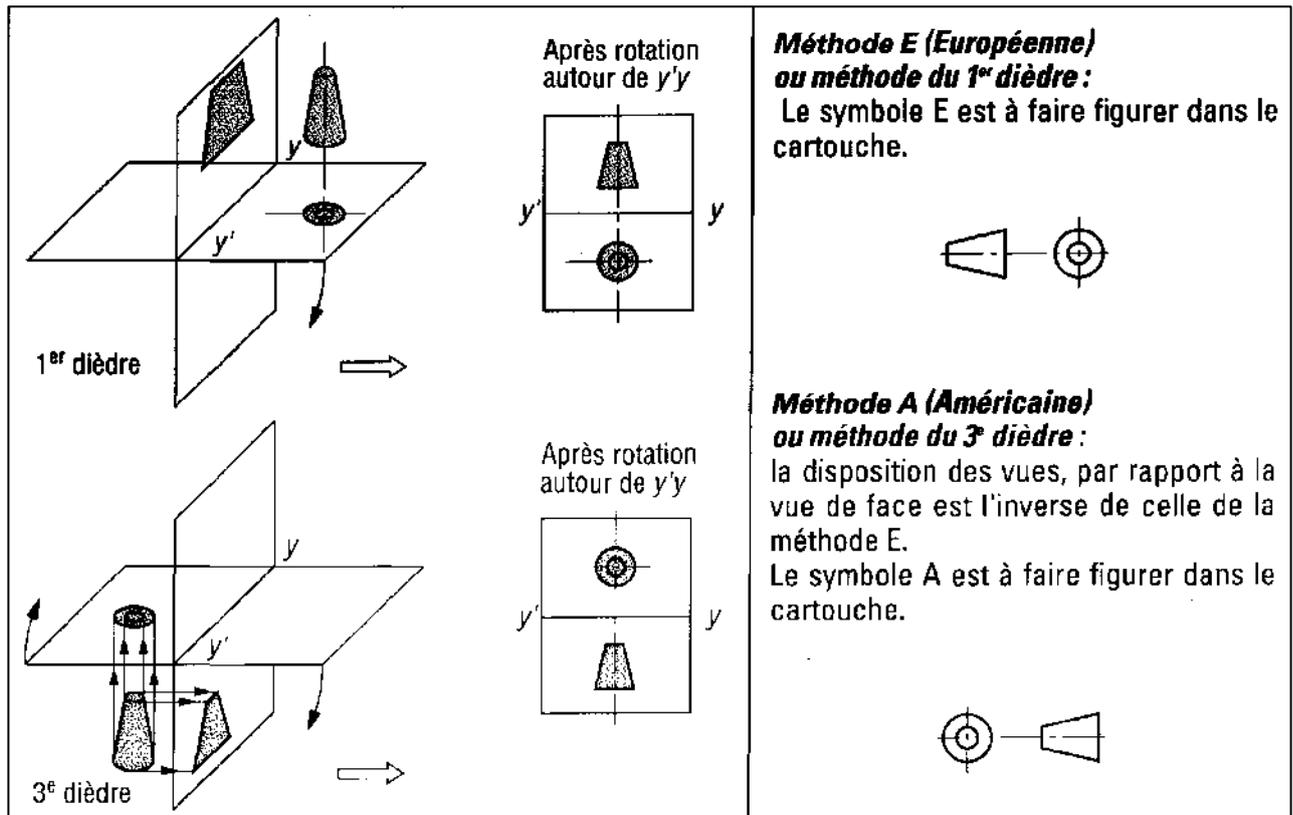
Remarques :

Si certains détails sont à une échelle différente de celle de l'ensemble, les encadrer et indiquer la nouvelle échelle.

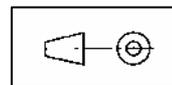
Si dans un dessin on trouve une cote soulignée par un trait fort (exemple : **50**), ça explique que la dimension n'a pas été tracée à l'échelle.

Donc l'échelle d'ensemble (page 15) est une échelle de réduction 1:2.

- **SYMBOLISATION DE DISPOSITION DES VUES**
Suivant norme NF E 04- 520



Dans l'ensemble présenté figure le symbole E



, donc le système de projection utilisé est européen.

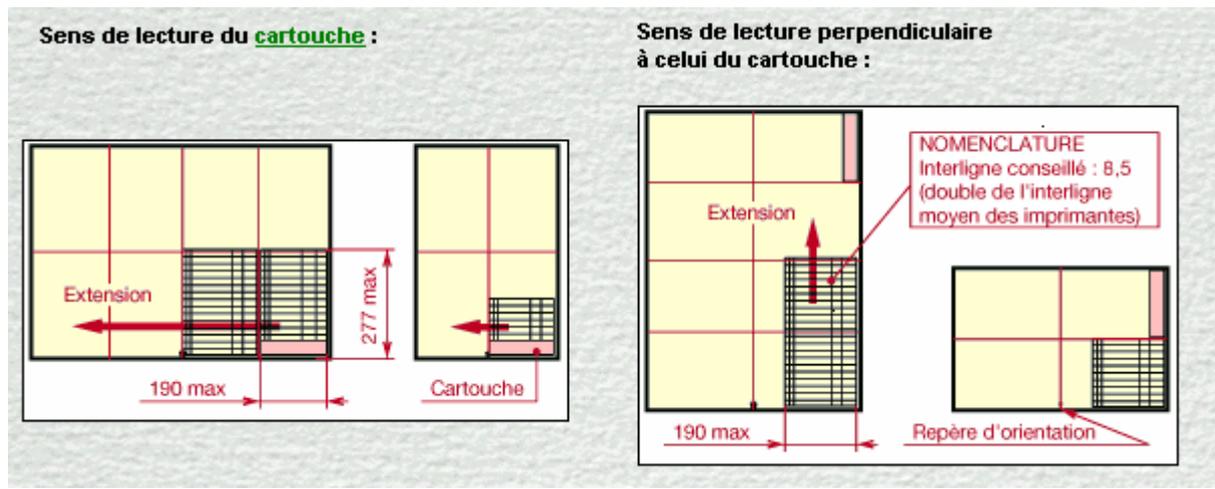
- **TITRE** - exemple : « Unité d'indexage pneumatique »
Pour un sous-ensemble il faut écrire le nom d'ensemble et celui de sous-ensemble.
Exemple : « Unité d'indexage pneumatique - Semelle »
- **ETABLISSEMENT** – ex. Lycée Technique ; C.D.C. Génie Mécanique ; etc.
- **NUMERO DU DOCUMENT** :
- **INDICES DE MISE À JOUR** – Composée de chiffres ou exceptionnellement de lettres majuscules; « 00 » c'est le dessin initial. En cas de modification d'une pièce, le plan et la pièce changent toujours d'indice. Par exemple 01 ; 02 etc.

9.5. LA NOMENCLATURE – (NF E 04- 504)

La nomenclature fournit avec précision la liste complète des éléments fonctionnels faisant partie de l'ensemble ou du sous – ensemble de l'objet dessiné. Son emplacement est celui qui permet la lecture du dessin.

- Elle peut contenir autant de renseignements qu'il est jugé utile d'y porter.

- Elle peut être disposée sur une feuille indépendante ou sur le dessin lui-même.



- Sa liaison avec le dessin est assurée par des repères.

Numéro repère - Chaque pièce est repérée par un numéro. L'ordre de ces numéros est croissant et il indique approximativement l'ordre du montage des pièces, à l'exception de certaines d'entre elles (axes, goupilles, ressorts, pièces normalisées) que l'on groupe généralement par catégories.

Nombre de pièces - similaires à l'élément repéré dans l'ensemble.

Désignation - nom de l'élément.

Matière - désignations des matériaux normalisés.

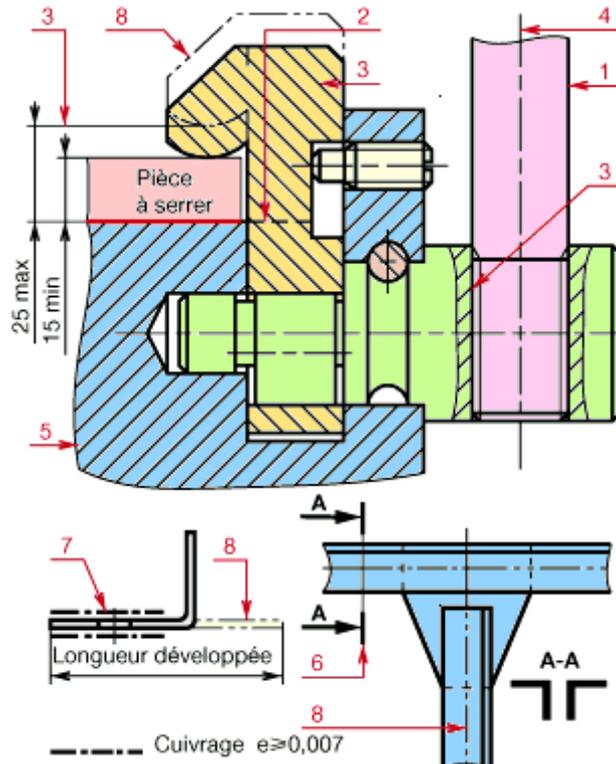
Observations - traitement thermique, peinture, norme, etc.

12	1	Rondelle L6	S 250	NF E 25-514	3
11	2	Goupille cannelée ISO 8741 4x 16			
10	6	Vis C HC 4-10	Classe 8.8	NF E 25-125	
9					2
8	1	Roue dentée	PA 11		
7	1	Axe	C 30		
6	1	Ressort	51 Si 7		
5	1	Palier	PA 6/6		
4	1	Couvercle	PA 6/6		1
3	1	Piston	C 35		
2	1	Cylindre	Cu Sn 8P		
1	1	Semelle	EN AW-2017	(A-U4G)	
REP. NB.		DÉSIGNATION	MATIÈRE	OBS.	
ÉCHELLE 1:2	UNITÉ D'INDEXAGE PNEUMATIQUE		DESSINÉ PAR :		1
			LE :		
	ÉTABLISSEMENT				
A3	NUMÉRO DU DESSIN				
		B	A		00

9.6. LES TRAITS - (NF E 04- 520)

Les dessin techniques se composent d'un ensemble de traits conformes aux normes et dont chacun possède une signification conventionnelle. La largeur des traits :
-deux largeurs de traits, fort et fin sont utilisées. Le rapport entre ces largeurs doit être supérieur ou égal à 2.

-gamme de traits : 0.18 - 0.25 - 0.35 - 0.5 - 0.7 – 1 - 1.4 - 2 mm



Le dessin ci-dessus est une application des différents types de traits :

- | | | | |
|-----|--|--|---|
| 1-A | | Continu fort | - contours vus, angles vus. |
| 3-B | | Continu fin | - arêtes fictives vues ; lignes de cote ; lignes d'attache ; lignes de repère ; hachures ; axes courts. |
| 5-C | | Continu fin à main levée | - limites de vues ou coupes. |
| D | | Continu fin avec zigzags (instruments) | -limites de vues, coupes. |
| 2-E | | Interrompu fort | - contours cachés, arêtes cachés |
| F | | Interrompu fin | - contours cachés, arêtes cachés |
| 4-G | | Mixte fin | - axes de révolution, traces de plans de symétrie, trajectoires. |
| 6-H | | Mixte fin terminée par deux traits forts | - traces de plans de coupe. |
| 7-J | | Mixte fort | - indications de surfaces ; traitement de surface, (ici cuivrage) |
| 8-K | | Mixte fin à deux tirets | - contours de pièces voisines, positions intermédiaires, développement, lignes de centres de gravité. |

10. DÉSIGNATION DES MATÉRIAUX

Pour pouvoir lire un plan, il faut connaître aussi la désignation des matériaux.

Le matériau est inscrit dans la casse (Matière) au dessus du cartouche (comme dans l'exemple antérieur).

Les principaux matériaux utilisés en fabrication mécanique sont :

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

LES ACIERS

Aciers d'usage général

La désignation commence par la lettre **S** pour les aciers d'usage général et par la lettre **E** pour les aciers de construction mécanique.

Le nombre qui suit indique la valeur minimale de la limite d'élasticité en mégapascals*.

Exemple : **S 235**.

S'il s'agit d'un acier moulé, la désignation est précédée de la lettre **G**.

Exemple : **GE 295**.

$$1\text{Mpa}=1\text{N/mm}^2$$

Aciers non alliés

Teneur en manganèse < 1 %.

La désignation se compose de la lettre **C** suivie du pourcentage de la teneur moyenne en carbone multipliée par 100.

Exemple : **C 40**.

40 : 0,40 % de carbone.

S'il s'agit d'un acier moulé, la désignation est précédée de la lettre **G**.

Exemple : **GC 25**.

Nuance*	R min	Re min	Emplois
S 185 (A 33)	290	185	Constructions mécaniques et métalliques générales assemblées ou soudées.
S 235 (E 24)	340	235	
S 275 (E 28)	410	275	
S 355 (E 36)	490	355	
E 295 (A 50)	470	295	Les aciers ne conviennent pas aux traitements thermiques.
E 335 (A 60)	570	335	
E 360 (A 70)	670	360	
MOULAGE	GS 235 - GS 275 - GS 355 GE 595 - GE 335 - GE 360		
R min = résistance minimale à la rupture par extension (MPa). Re min = limite minimale apparente d'élasticité (MPa).			
* Entre parenthèses correspondance approximative avec l'ancienne symbolisation.			

Nuance*	R min	Re min	Emplois
C 22 (XC 18)	410	255	Constructions mécaniques.
C 25 (XC 25)	460	285	
C 30 (XC 32)	510	315	
C 35 (XC 38)	570	335	
C 40 (XC 42)	620	355	
C 45 (XC 48)	660	375	
C 50 (XC 50)	700	395	Ces aciers conviennent aux traitements thermiques et au forgeage.
C 55 (XC 54)	730	420	
C 60 (XC 60)	HRC \geq 57		
Cette symbolisation ne s'applique pas aux aciers de décolletage.			
* Entre parenthèses correspondance approximative avec l'ancienne symbolisation.			

Aciers faiblement alliés

Teneur en manganèse > 1 %.

Teneur de chaque élément d'alliage < 5 %.

La désignation comprend dans l'ordre :

▷ un nombre entier, égal à cent fois le pourcentage de la teneur moyenne en carbone,

n un, ou plusieurs groupes de lettres, qui sont les symboles chimiques des éléments d'addition rangés dans l'ordre des teneurs décroissantes,

▷ une suite de nombres, rangés dans le même ordre que les éléments d'alliage, et indiquant le pourcentage de la teneur moyenne de chaque élément.

Ces teneurs sont multipliées, par un *facteur variable*, en fonction des éléments d'alliage.

Exemple : **55 Cr 3** (0,55 % de carbone, 0,75 % de chrome).

Facteur variable :

Élément 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	1 000

Entre parenthèses, correspondance avec l'ancienne symbolisation.

Nuance*		référence	
		R min	Re min
38 Cr 2	(38 C 2)	800	650
34 Cr 4	(32 C 4)	880	660
37 Cr 4	(38 C 4)	930	700
41 Cr 4	(42 C 4)	980	740
55 Cr 3	(55 C 3)	1 100	900
100 Cr 6	(100 C 6)	HRC ≥ 62	
25 Cr Mo 4	(25 CD 4)	880	700
35 Cr Mo 4	(34 CD 4)	980	770
42 Cr Mo 4	(42 CD 4)	1 080	850
16 Cr Ni 6	(16 NC 6)	800	650
17 Cr Ni Mo 6	(18 NCD 6)	1 130	880
30 Cr Ni Mo 8	(30 CND 8)	1 030	850
51 Cr V 4	(50 CV 4)	1 180	1 080
16 Mn Cr 5	(16 MC 5)	1 080	835
20 Mn Cr 5	(20 MC 5)	1 230	980
36 Ni Cr Mo 16	(35 NCD 16)	1 710	1 275
51 Si 7	(51 S 7)	1 000	830
60 Si Cr 7	(60 SC 7)	1 130	930

R min = résistance minimale à la rupture par extension (MPa).

Re min = limite minimale apparente d'élasticité (MPa).

1 MPa = 1 N/mm².

Aciers fortement alliés

Teneur d'au moins un élément d'alliage > 5 %.

La désignation commence par la lettre **X** suivie de la même désignation que celle des aciers faiblement alliés, à l'exception des valeurs des teneurs qui sont des pourcentages réels.

Exemple : **X 30 Cr 13** (0,30 % de carbone - 13 % de chrome).

R min = résistance minimale à la rupture par extension (MPa).

Re min = limite minimale apparente d'élasticité (MPa).

Nuances des aciers alliés.

Nuance*		Traitement de référence	
		R min	Re min
X 4 Cr Mo S 18	(Z8 CF 17)	440	275
X 30 Cr 13	(Z30 C 13)	HRC \cong 51	
X 2 Cr Ni 19-11	(Z3 CN 19-11)	460	175
X 5 Cr Ni 18-10	(Z6 CN 18-09)	510	195
X 5 Cr Ni Mo 17-12	(Z7 CHD 17-12)	510	205
X 6 Cr Ni Ti 18-10	(Z6 CNT 18-11)	490	195
X 6 Cr Ni Mo Ti 17-12	(Z6 CHDT 17-12)	540	215

LES FONTES

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 de la résistance minimale à la rupture par extension.

Exemple : EN – GJL-100 (l'ancienne FGL 100)

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 de la résistance minimale à la rupture par extension et du pourcentage de l'allongement après rupture.

Exemple : EN – GJS-400-18 (l'ancienne FGS 400-18)

Fontes malléables : Exemple : EN – GJMB-450-6 (l'ancienne MB 450-6)

ALUMINIUM et alliages d'aluminium.

La désignation est composée des éléments suivants:

le préfixe **EN** ;

la lettre **A**, pour codifier l'aluminium;

la lettre **W**, pour codifier la composition chimique.

quatre chiffres pour codifier la composition chimique

Exemple : **EN AW - 2017**.

On peut aussi utiliser les symboles chimiques.

Normalement cette désignation est placée entre crochets à la suite de la désignation numérique.

Elle utilise les symboles chimiques des éléments suivi de nombres indiquant la pureté de l'aluminium ou la teneur nominale de l'élément considéré.

Exemples:

ENAW-2017 [Al Cu4 Mg Si]

EN AW - 1350 [E Al 99,5]*

* Pour les applications électriques le symbole Al est précédé de la lettre E.

CUIVRE et alliages de cuivre

La désignation du cuivre et de ses alliages comporte le symbole chimique du métal de base (Cu), éventuellement 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 les teneurs nominales de ces éléments.

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

Nuances usuelles	État	R min	Re min	Emplois
Cu Pb 1	Écroui	350	300	Utilisé en décolletage. Très haute conductibilité électrique et thermique.
Cu Sn 8 P (bronze)	4/4 dur	490	390	Matériau de frottement pour bagues, douilles, chemises, segments.
Cu Sn Pb Zn	Moulé	—	—	Pièces moulées sans caractéristiques particulières.
Cu Sn 7 Zn 5 Pb 4	Moulé	210	—	Robinetterie courante.
Cu Sn 12 Zn 1 P	Moulé	200	—	Construction mécanique. Robinetterie sous pression.
	Écroui	290	160	Pièces d'usure : pignons et roues d'engrenages, écrous.
Cu Be 2 (cuivre au béryllium)	Trempe-revenu	1 400	1350	Ressorts (matériels électriques, matériels résistant à la corrosion). Connecteurs.
Cu Zn 15 (laiton)	3/4 dur	400	—	Alliage de forgeage à froid, se polit bien et convient aux revêtements électrolytiques.

LES PLASTIQUES

Pour l'utilisateur, les plastiques se classent en deux grandes catégories :

les thermoplastiques : soumis à l'action de la chaleur, ils arrivent à une phase pâteuse (ou une fusion); lors de la solidification, le matériau retrouve son état initial (comportement thermique comparable aux métaux) ;

les thermodurcissables : soumis à l'action de la chaleur, ils arrivent à une phase pâteuse (température d'injection dans le moule), puis ils subissent une transformation chimique interne irréversible qui durcit définitivement la matière (comportement thermique comparable à l'argile qui durcit sous l'action de la chaleur).

Principaux plastiques :
Les thermoplastiques :

PA 11	Polgamide type 11
PC	Polycarbonate
PE hd	Poléthylène haute densité
PE bd	Poléthylène basse densité
PTFE	Polytétrafluoréthylène
POM	Polyoxyéthylène
PP	Polpropylène
PS	Polystyrène
PSB	Polystyrène résistant aux chocs
SAN	Polystyrène acrylonitrile
PVC U	Polychlorure de vinyle

Les thermodurcissables :

PF 21	Phénoplaste (Bakélite)
EP	Époxyde (Araldite)
UP	Polgester
PUR	Poluréthane

11. LE DESSIN DE DEFINITION

Le dessin de définition définit complètement et sans ambiguïté les exigences auxquelles doit satisfaire le produit dans l'état de définition perçu. Il est destiné à faire foi lors du contrôle de réception du produit.

Ce dessin a valeur de contrat dans les relations entre les parties.

A partir du dessin de définition, les détails nécessaires peuvent être apportés en vue de la réalisation d'un produit. Selon le genre d'exécution il s'appelle :

- dessin de fabrication,
- dessin d'assemblage ou de montage,
- dessin d'installation,
- dessin d'implantation.

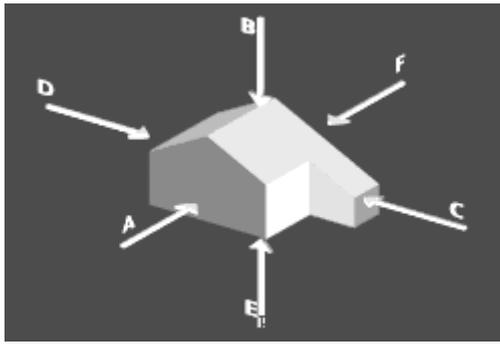
Pour lire un dessin de définition, il faut connaître d'abord la disposition des vues.

La définition complète des formes de l'objet technique est réalisée à partir de l'observation des différentes directions.

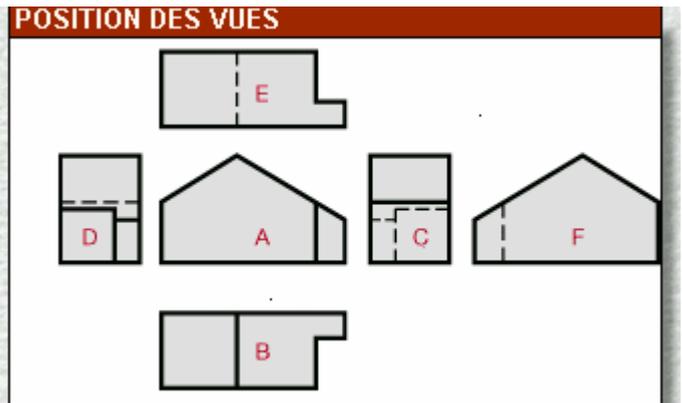
La vue principale est la vue de face. C'est celle qui donne le maximum de renseignements sur l'objet. Les autres directions usuelles d'observations forment avec celle-ci et entre elles des angles de 90° ou multiples de 90°

La position des vues de la pièce étudiée correspond à la méthode de projection du premier dièdre. Elle est repérée par le symbole  placé dans le cartouche.

Exemple de disposition des vues :

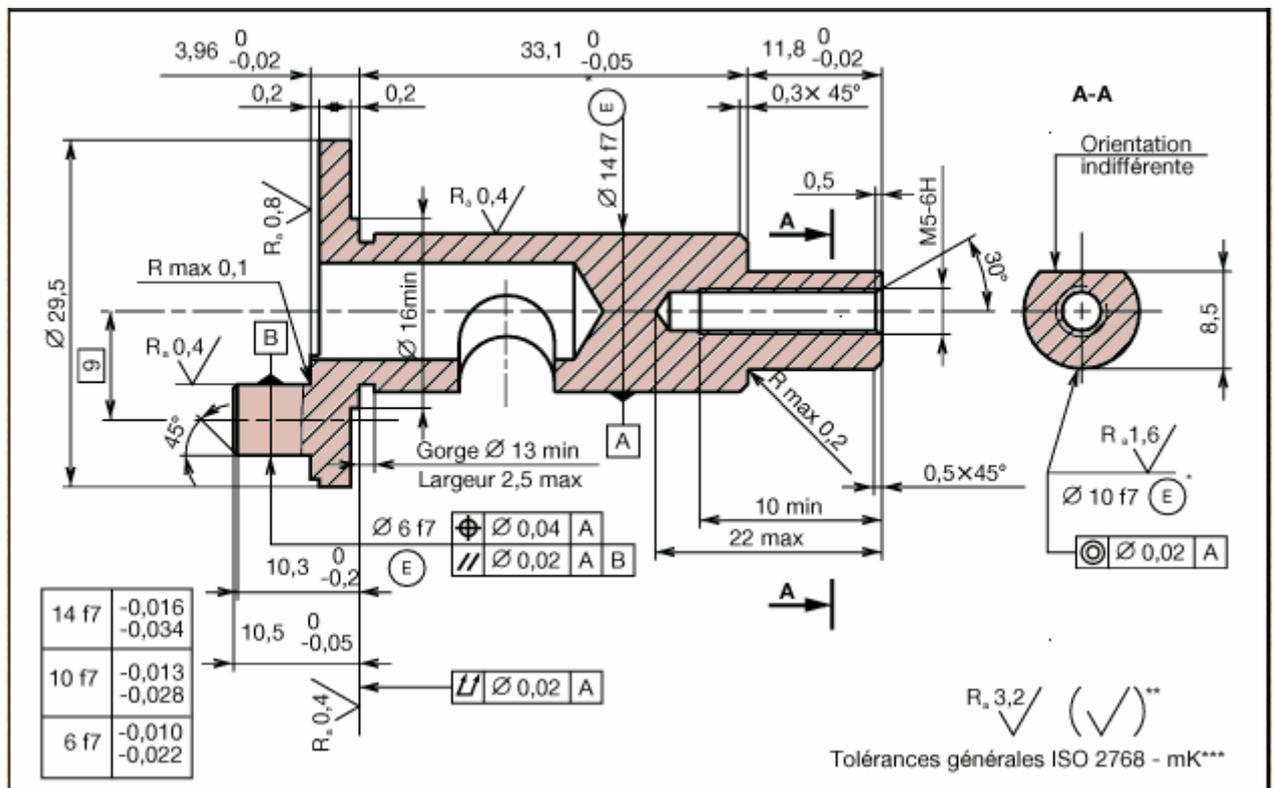


- A : vue de face
- B : vue de dessus
- C : vue de gauche
- D : vue de droite
- E : vue de dessous
- F : vue d'arrière*



En pratique, une pièce doit être défini complètement et sans ambiguïté par un nombre minimal des vues. On choisit les vues les plus représentatives et qui comportent le moins de parties cachées.

Exemple de dessin de définition :



Vues particulières :

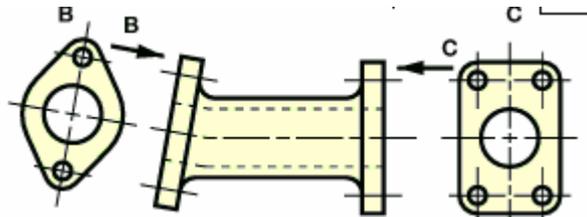
Les représentations particulières permettent de simplifier les représentations en supprimant des tracés inutiles.

a) Méthode des flèches repérées

Pour des raisons d'encombrement ou de simplification, on peut exceptionnellement ne pas donner à une vue sa place normale.

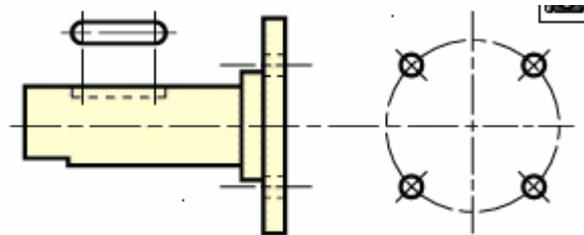
Dans ce cas, la direction d'observation et la vue déplacée sont repérées par une même lettre majuscule.

La position de cette vue est libre.



b) Vues locales

S'il n'y a pas d'ambiguïté, on peut effectuer une vue locale à la place d'une vue complète. Elle doit être reliée à la vue correspondante par un trait mixte fin.



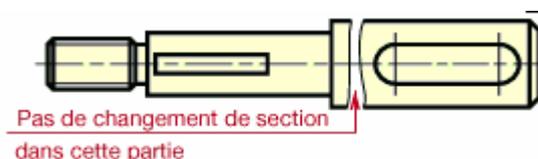
c) Vues partielles

Pour des pièces très longues et de section uniforme, on peut se borner à une représentation des parties essentielles, permettant de définir à elles seules la forme complète de la pièce. Les parties conservées sont rapprochées les unes des autres et limitées comme les vues partielles.



d) Vues interrompues

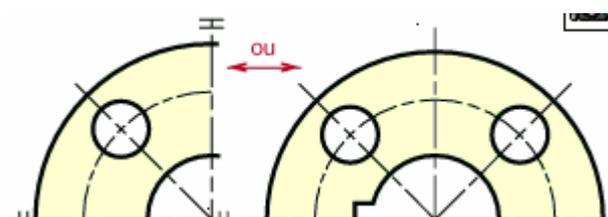
Pour des pièces très longues et de section uniforme, on peut se borner à une représentation des parties essentielles, permettant de définir à elles seules la forme complète de la pièce. Les parties conservées sont rapprochées les unes des autres et limitées comme les vues partielles.



e) Pièces symétriques

Par souci de simplification, une vue comportant des axes de symétrie peut n'être représentée que par une fraction de vue.

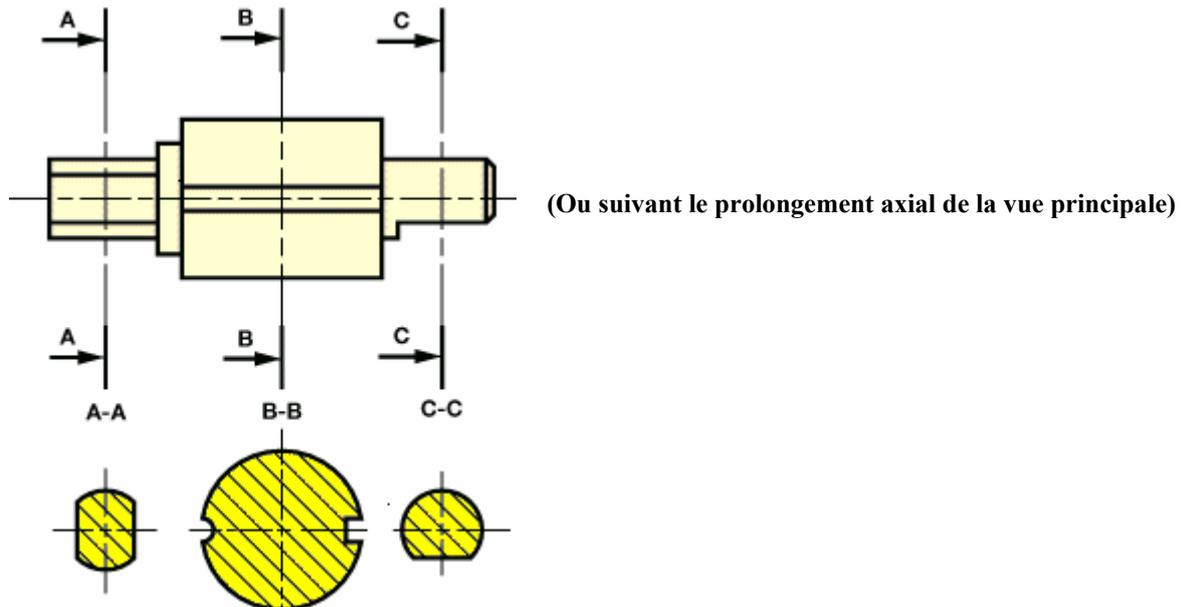
Dans ce cas, repérer les extrémités des axes de symétrie par deux petits traits perpendiculaires à ces axes ou prolonger le tracé au-delà de l'axe de symétrie.



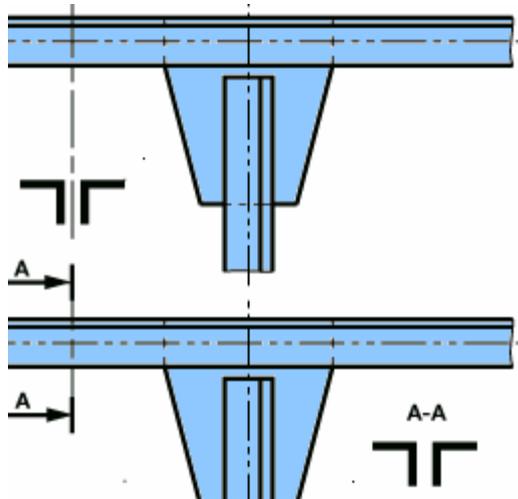
SECTIONS

Définition : Une **SECTION** est la partie de la pièce située dans le plan sécant.
On distingue les **SECTIONS SORTIES** dessinées à l'extérieur de la pièce et
les **SECTIONS RABATTUES** dessinées en surcharge sur les vues.

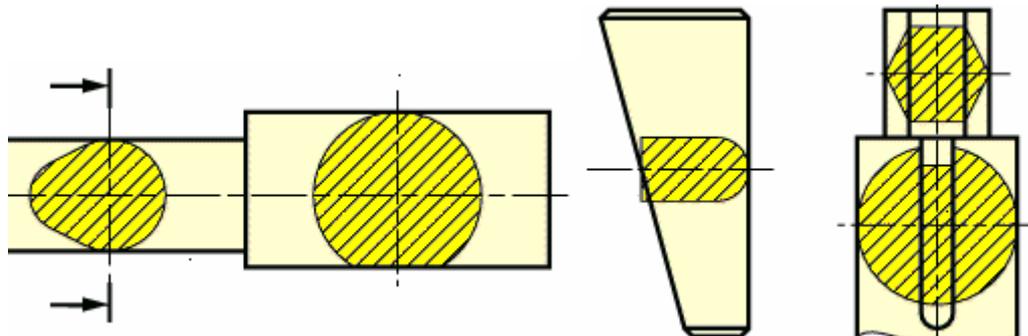
SECTIONS SORTIES successives :



SECTIONS SORTIES isolées :

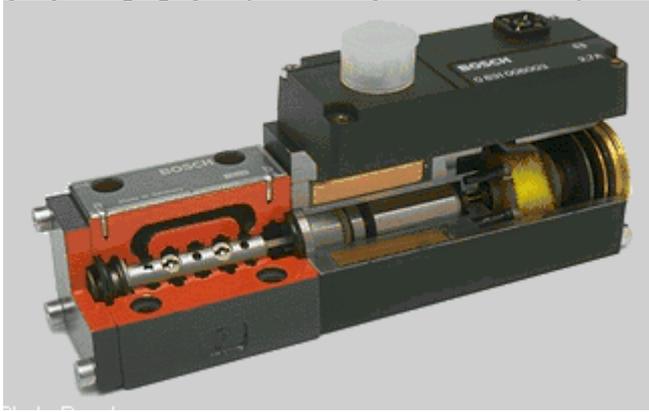


SECTIONS RABATTUES :

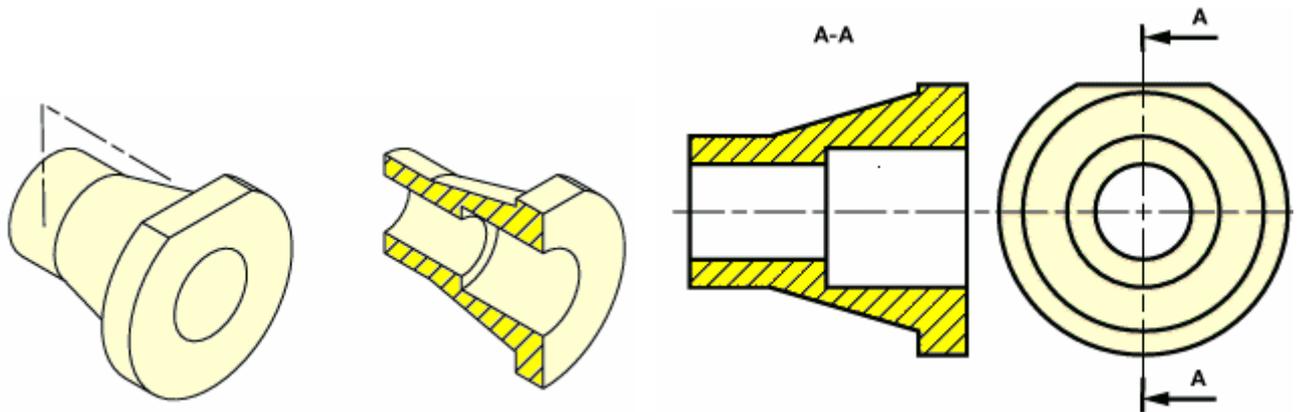


COUPES :

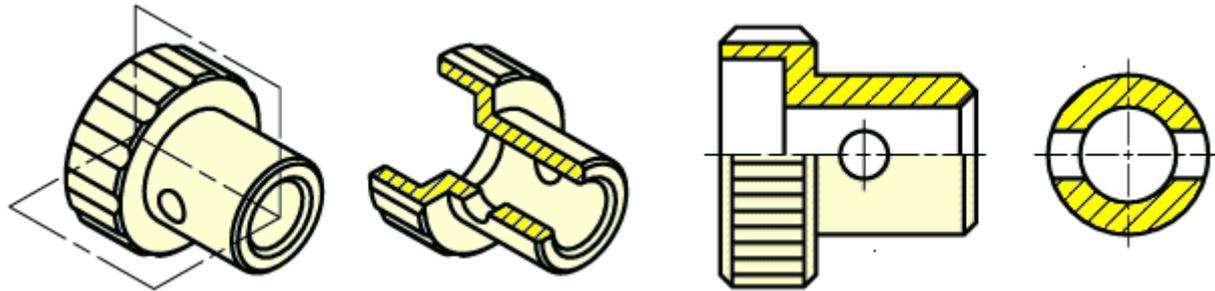
Coupe pédagogique (un exemple ci-dessous)



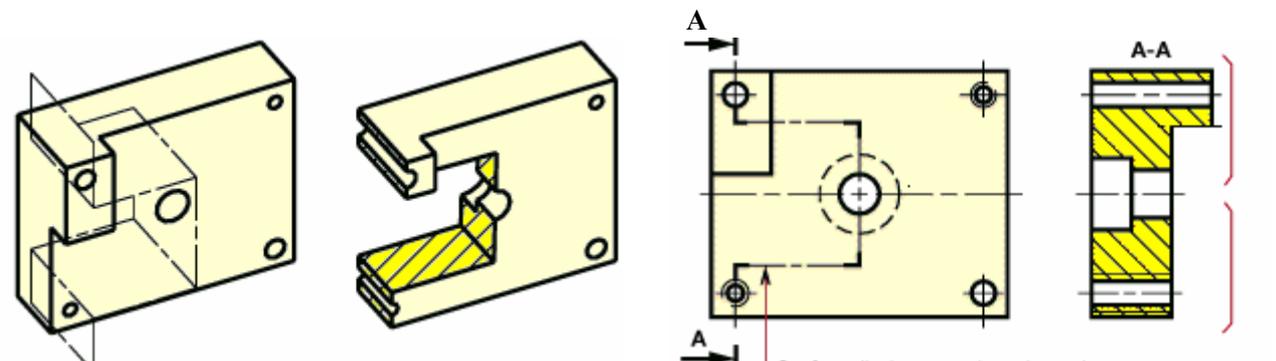
Définition : Une coupe est la section et la fraction de pièce située an arrière du plan sécant.



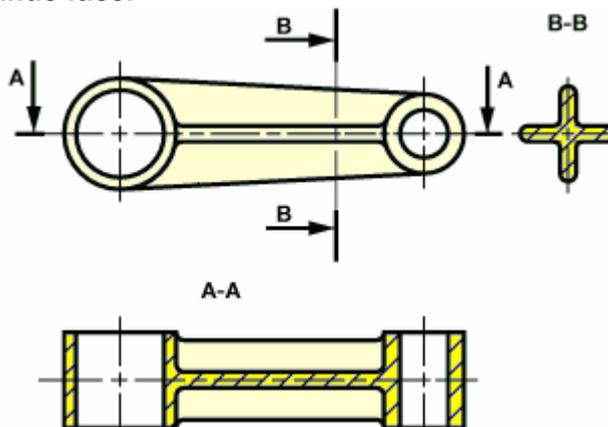
Demi-coupe :



Coupe brisée à plans parallèles :



Coupes des nervures : On ne coupe jamais une nervure par un plan parallèle à sa plus grande face.



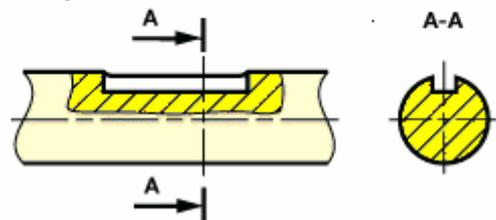
Coupe locale :

Elle est utilisée pour montrer en trait fort un détail intéressant.

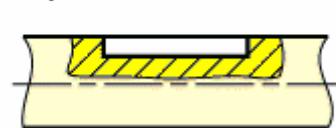
En général, l'indication du plan de coupe est inutile.

La zone coupée est limitée par un trait continu fin, tracé à main levée ou à la règle avec zigzag.

Tracé théorique



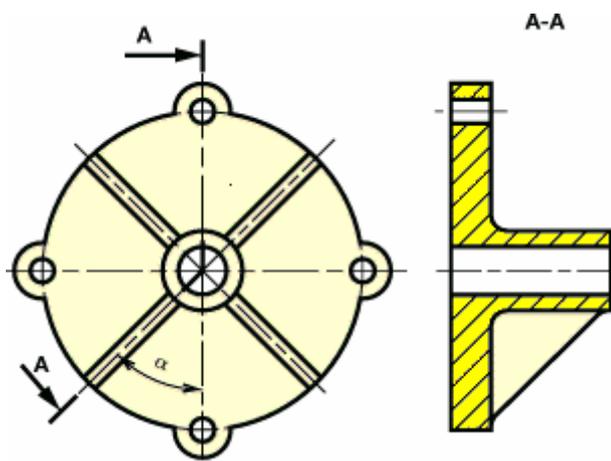
Tracé pratique



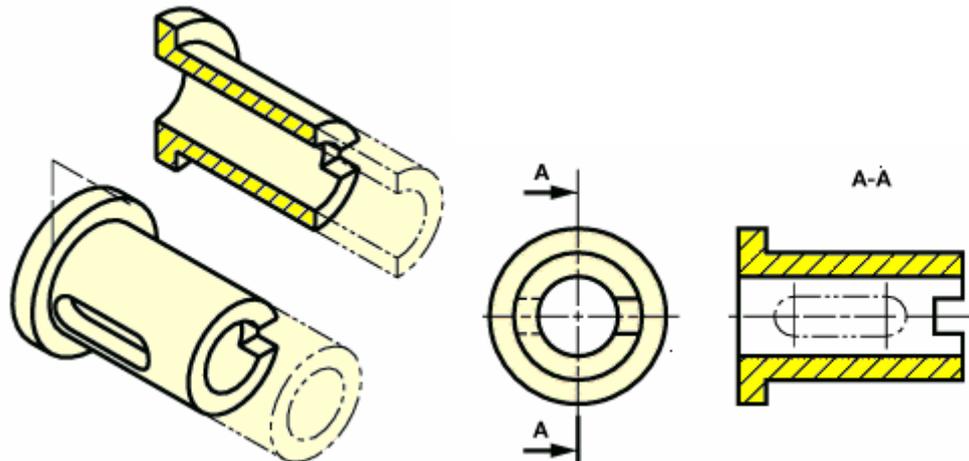
Coupe brisée à plans sécants :

Le plan de coupe oblique est amené par une rotation d'angle α 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.

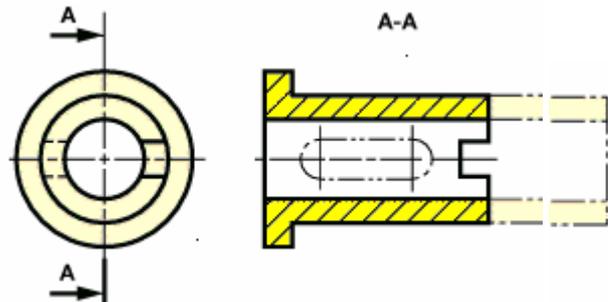


Éléments se trouvant en avant du plan de coupe :



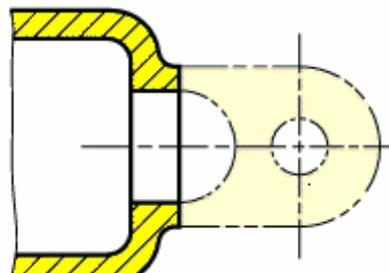
Pièces voisines :

Une pièce voisine est dessinée en trait mixte fin à deux tirets. Dans une coupe, une pièce voisine ne doit pas être hachurée.



Demi rabattement :

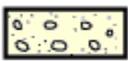
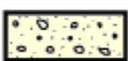
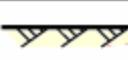
Pour définir la forme des éléments d'extrémité d'une pièce, on peut éviter de tracer une vue supplémentaire en effectuant un demi-rabattement dessiné en trait mixte fin à deux tirets.



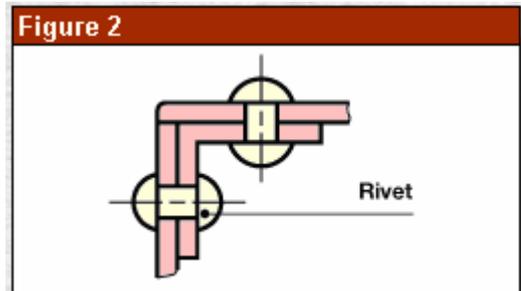
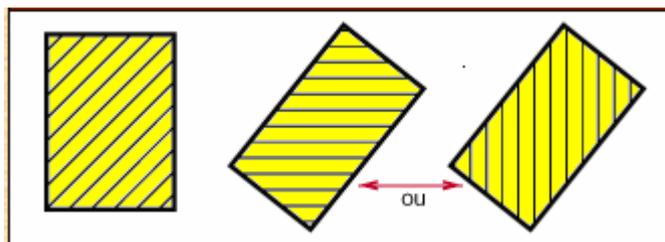
HACHURES (NF E 04-520)

Les hachures sont utilisées pour mettre en évidence la section d'une pièce.
Elles sont tracées en traits fins régulièrement espacés.

Types d'hachures :

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.	

Les hachures doivent être inclinées de préférence à 45° par rapport aux lignes principales du contour d'une pièce

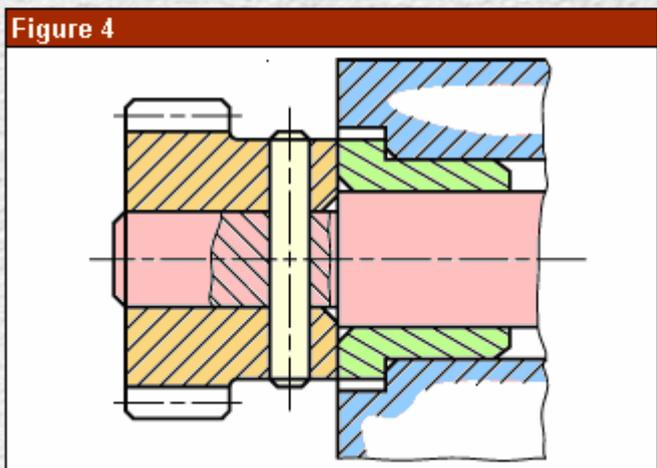
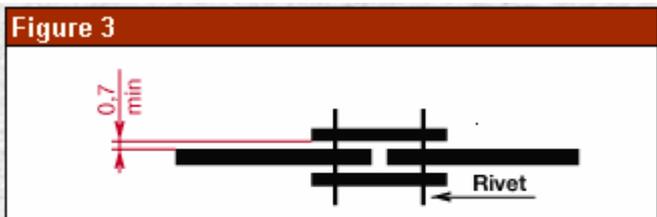


Les différentes parties de la section d'une même pièce sont hachurées d'une même manière.

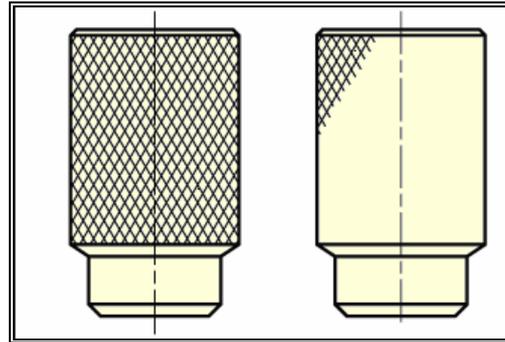
Des pièces différentes juxtaposées sont distinguées par une inclinaison différente des hachures (on peut être amené à les incliner à 30° ou 60° pour augmenter la lisibilité, voir figure 4).

Pratiquement, si l'épaisseur de la pièce est faible, on peut teinter ou tramer la section (fig. 2).

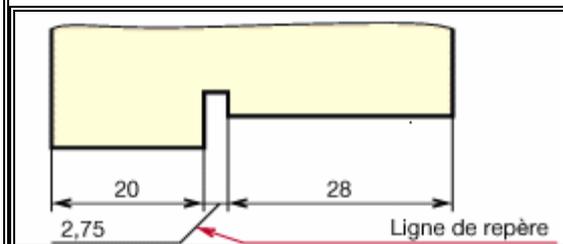
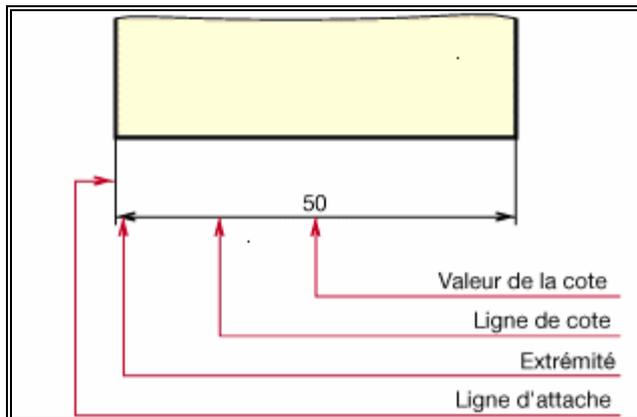
Les pièces de très faible épaisseur sont noircies. Dans ce cas, ménager un léger espace blanc entre deux sections noircies contiguës (fig. 3). Pour les grandes surfaces, les hachures sont réduites à un simple liseré (fig. 4).



Le tracé complet d'une grande surface moletée est inutile. On ne doit en représenter qu'une partie.



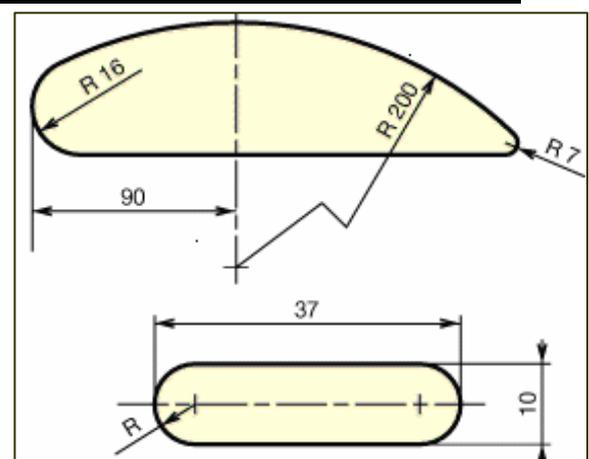
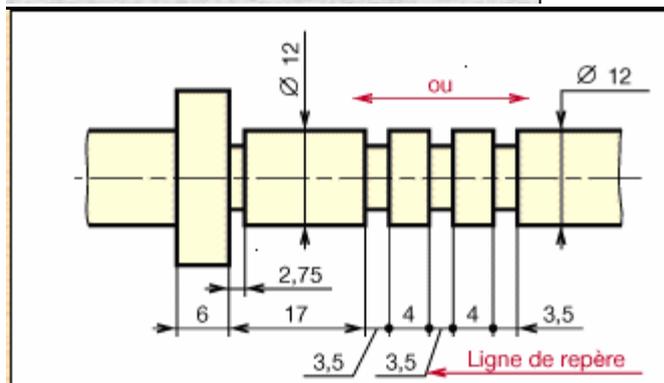
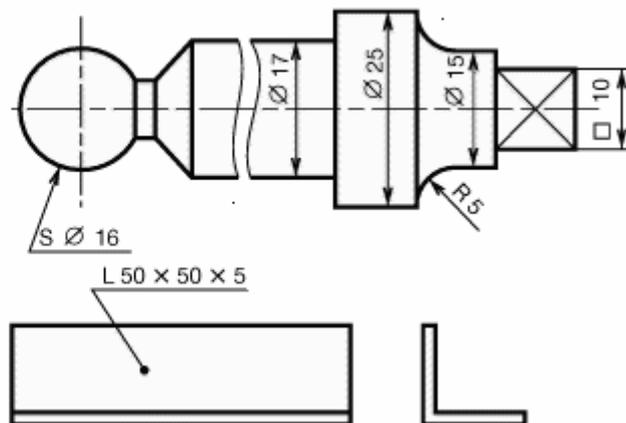
12. COTATION (NF E 04-521)



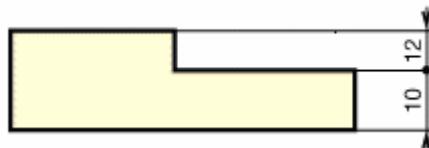
ÉLÉMENTS À COTER	SYMBOLE
Diamètre	\varnothing
Rayon	R
Surplat d'un carré	\square
Rayon de sphère	SR
Diamètre de sphère	S \varnothing

SYMBÔLES POUR LES PROFILÉS			
Profilé	Symbole	Profilé	Symbole
Rond	\varnothing	en U	
Carré	\square	en I	
Plat		en T	
Cornière		en Z	

EMPLOI DE SYMBÔLES NORMALISÉS

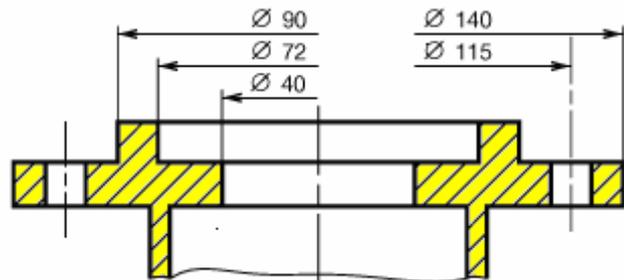


Les cotes qui ne sont pas à l'échelle doivent être soulignées d'un trait continu fort.

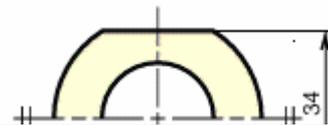


Afin d'éviter de suivre de longues lignes de cotes, la cotation ci-contre est particulièrement recommandée.

En outre, elle facilite la lecture des cotes en évitant une trop importante superposition des chiffres.



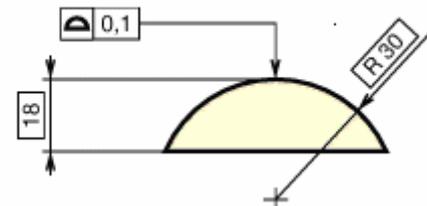
Cotation d'une demi-vue :



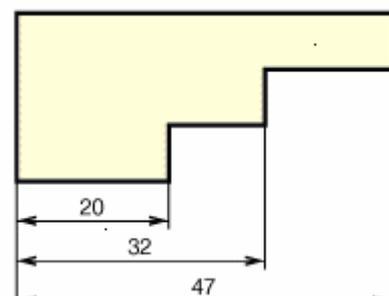
Cotes encadrée

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.



Cotation en parallèle

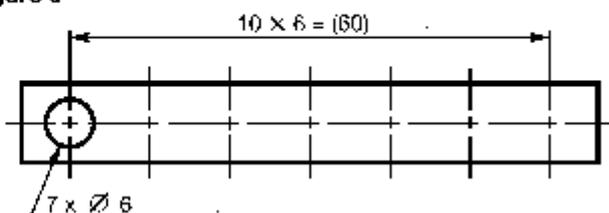


Cotation d'éléments équidistants

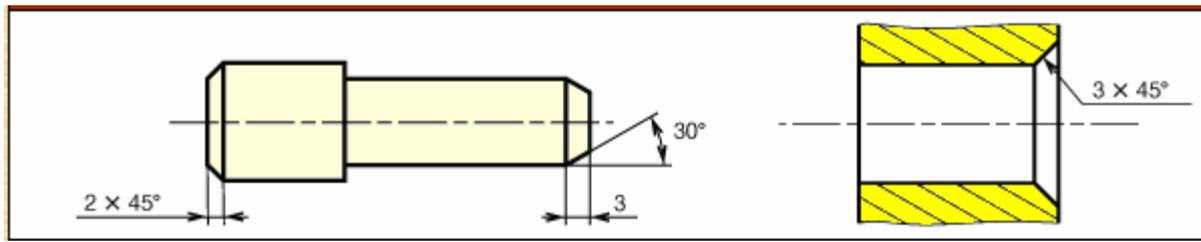
Ce cas permet de simplifier l'exécution matérielle de la cotation. Par exemple, pour la cotation des sept trous équidistants de la réglette ci-contre, on peut adopter, si les conditions fonctionnelles le permettent, la cotation figure a.

ÉLÉMENTS ÉQUIDISTANTS

figure a

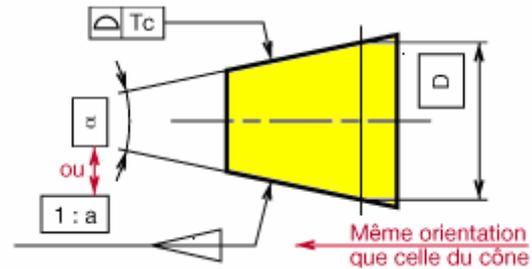


Cotation des chanfreins :



Cotation d'une surface conique :

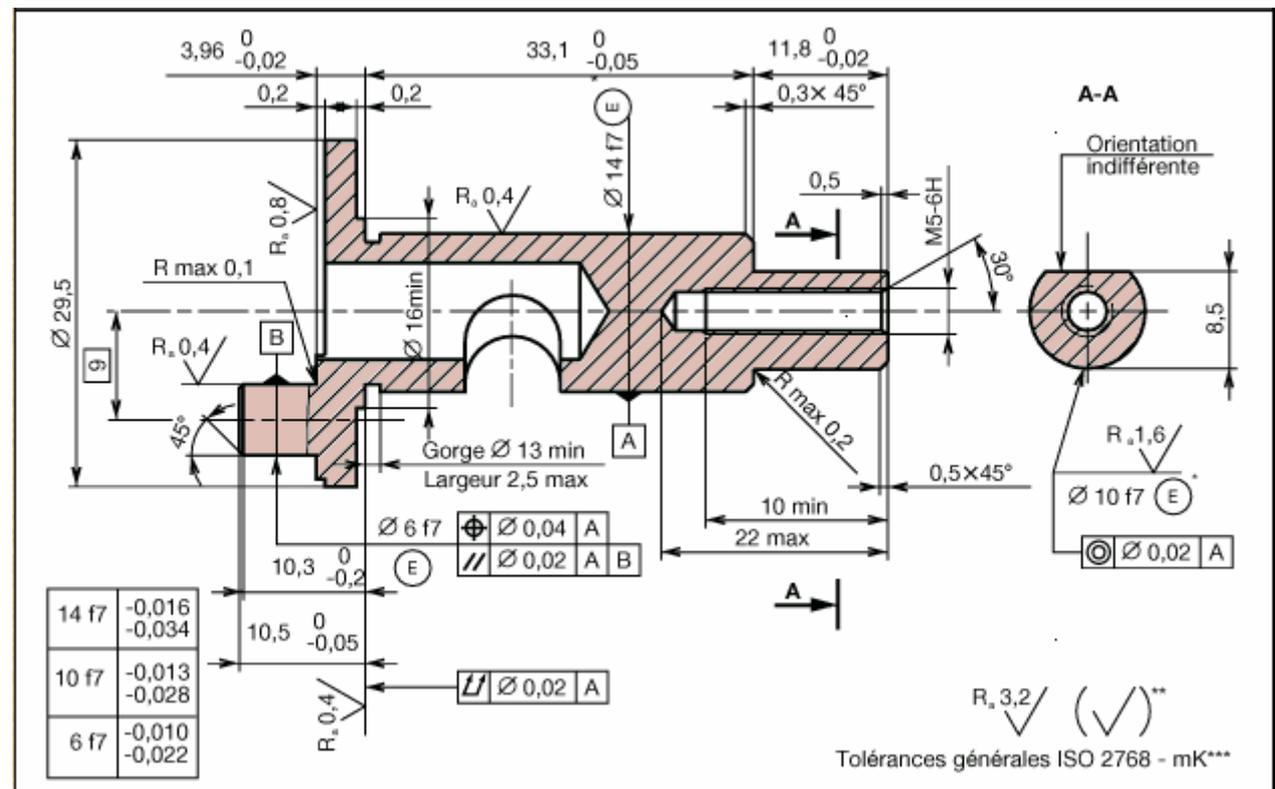
Il est préconisé de définir une surface conique par :
son ouverture, spécifiée par l'angle de cône α ou par la conicité 1:a,
le diamètre de la section droite relative au plan de jauge D,
une zone de tolérance de forme



Représentation et désignation des centres d'usinage

Centre exigé	Centre admissible	Pas de trace de centre
<p>Centre A d/D₁</p>	<p>Centre B d/D₂</p>	<p>Centre R d/D₁</p>

13. TOLERANCES DIMENSIONNELLES



Dans le dessin de définition l'utilisation des tolérances générales a pour but de permettre le tolérancement complet d'une pièce sans inscrire un nombre trop grand de spécifications.

*** Tolérances générales ISO 2768 – mK , nous indique :
m (moyen)-classe de précision pour les dimensions linéaires , et
K (moyen)-classe de précision pour les tolérances géométriques.

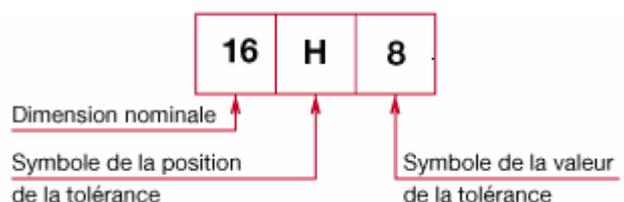
Classe de précision	DIMENSIONS LINÉAIRES					ANGLES CASSÉS Rayons - chanfreins			DIMENSIONS ANGULAIRES Dimension du côté le plus court			
	0,5 à 3 inclus	3 à 6	6 à 30	30 à 120	120 à 400	0,5 à 3 inclus	3 à 6	> 6	Jusqu'à 10	10 à 50 inclus	50 à 120	120 à 400
f (fin)	± 0,05	± 0,05	± 0,1	± 0,15	± 0,2	± 0,2	± 0,5	± 1	± 1°	± 30'	± 20'	± 10'
m (moyen)	± 0,1	± 0,1	± 0,2	± 0,3	± 0,5	± 0,2	± 0,5	± 1				
c (large)	± 0,2	± 0,3	± 0,5	± 0,8	± 1,2	± 0,4	± 1	± 2	± 1°30'	± 1°	± 30'	± 15'
v (très large)	2	± 0,5	± 1	± 1,5	± 2,5	± 0,4	± 1	± 2	± 3°	± 2°	± 1°	± 30'

Pour les tolérances géométriques.

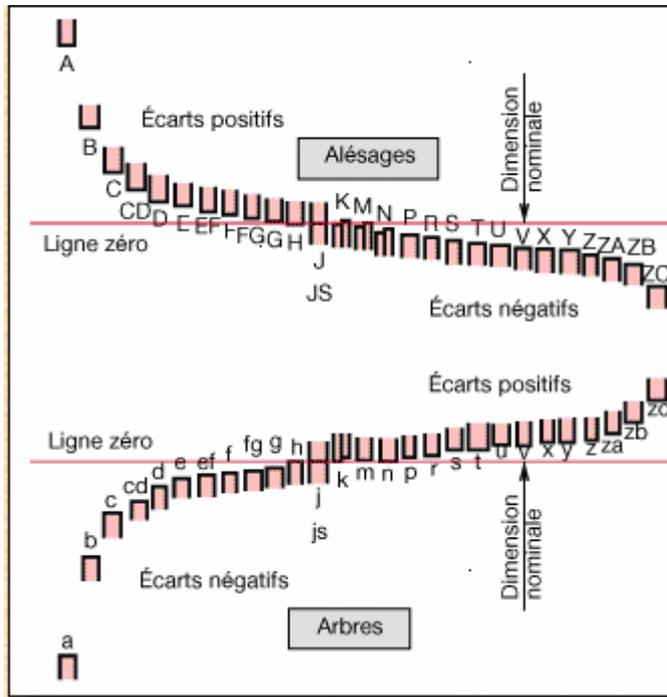
Tolérances													
Classe de précision	Jusqu'à 10	10 à 30 inclus	30 à 100	100 à 300	300 à 1000	Jusqu'à 100	100 à 300	300 à 1000	Jusqu'à 100	100 à 300	300 à 1000	Toutes dimensions	
H (fin)	0,02	0,1	0,1	0,2	0,3	0,2	0,3	0,4	0,5	0,5	0,5	0,1	
K (moyen)	0,05	0,1	0,2	0,4	0,6	0,4	0,6	0,8	0,6	0,6	0,8	0,2	
L (large)	0,1	0,2	0,4	0,8	1,2	0,6	1	1,5	0,6	1	1,5	0,5	
	Même valeur que la tolérance dimensionnelle ou de rectitude ou de planéité si elles sont supérieures.					Même valeur que la tolérance diamétrale mais à condition de rester inférieure à la tolérance de battement.			Les écarts de coaxialité sont limités par les tolérances de battement.				

Les tolérances plus petites que les tolérances générales sont indiquées individuellement.

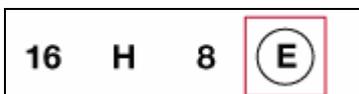
Pour chaque dimension nominale, il est prévu toute une gamme de tolérances. La valeur de ces tolérances est symbolisée par un numéro dit « qualité ».



La figure ci-dessous schématise les différentes positions possibles pour les tolérances.



Principe de l'enveloppe :



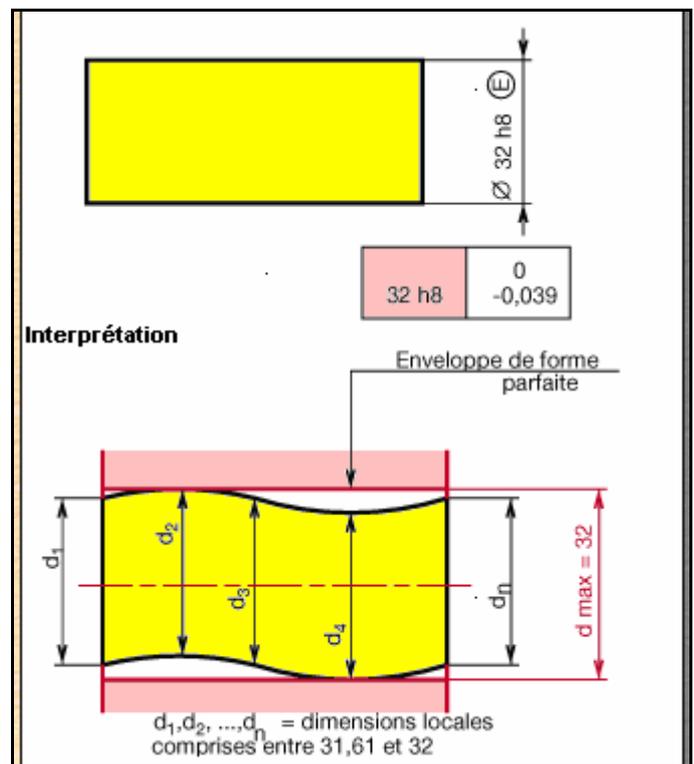
L'exigence de l'enveloppe est indiquée par le symbole $\textcircled{\text{E}}$ à la suite d'une tolérance linéaire.

Cette exigence ne concerne qu'un élément isolé, soit un cylindre de révolution, soit des surfaces établies par deux plans parallèles («élément de dimension»).

Elle impose :

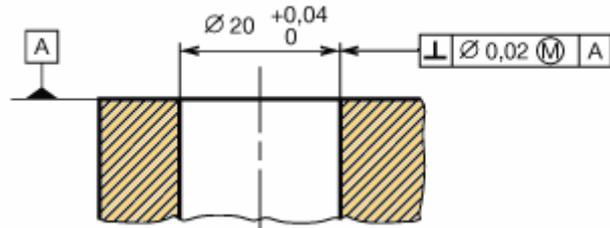
que l'élément réel ne dépasse pas l'enveloppe de forme parfaite à la dimension au maximum de matière,

que les dimensions locales de l'élément ne soient pas inférieures à la valeur minimale admissible.



Principe de maximum de matière :

Ce mode de tolérancement concerne les éléments devant respecter au moins deux tolérances :
une tolérance dimensionnelle,
une tolérance géométrique.



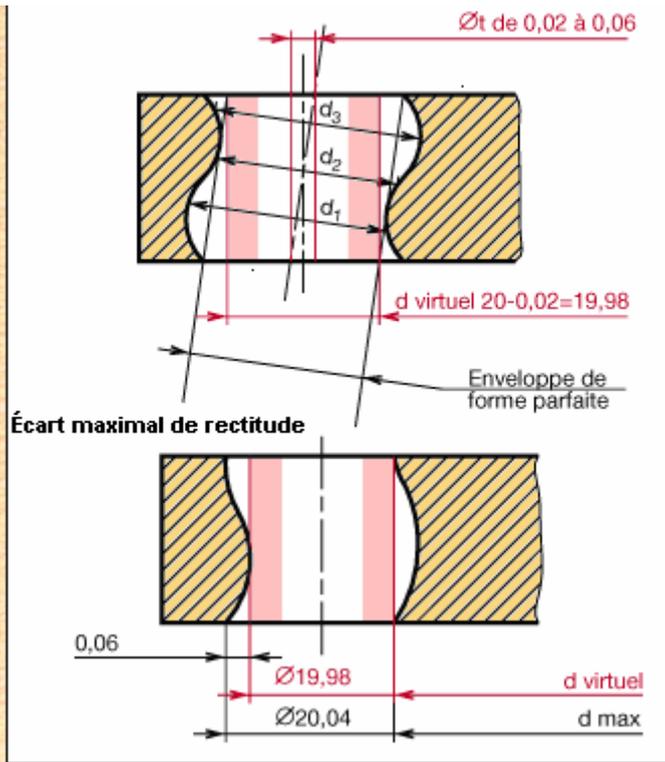
C'est l'enveloppe limite de la forme parfaite permise par les données du dessin et qu'aucun point de l'élément ne peut dépasser. Il est défini par l'effet combiné de la dimension au maximum de matière et de la tolérance géométrique d'orientation ou de position.

Pour un alésage :

d virtuel = d minimal - tolérance géométrique.

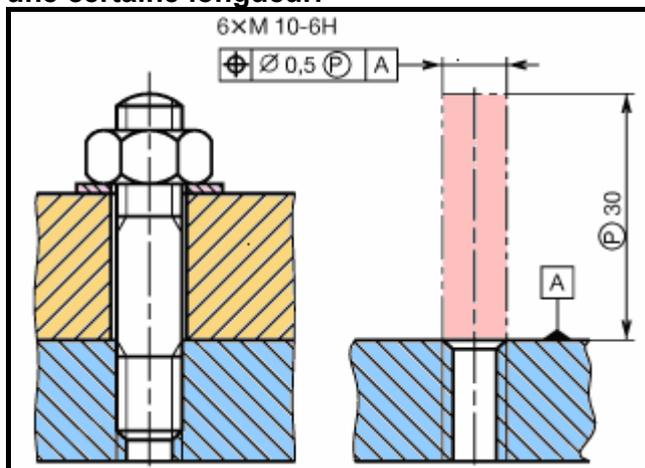
Pour un arbre :

d virtuel = d maximal + tolérance géométrique.



Zone de tolérance projetée.

Dans certains cas, lorsque deux pièces sont liées par un encastrement, la tolérance géométrique ne s'applique pas à lui-même, mais à son prolongement hors de la pièce sur une certaine longueur.

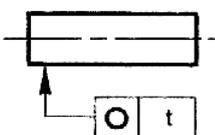
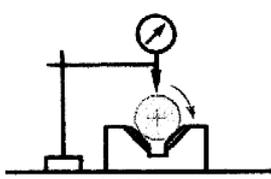
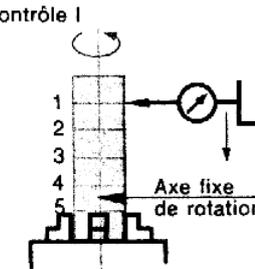
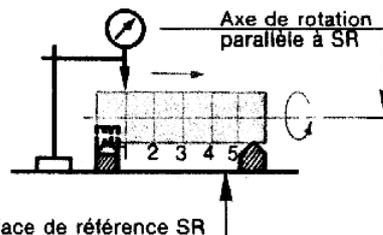
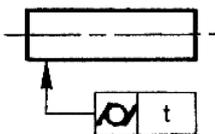
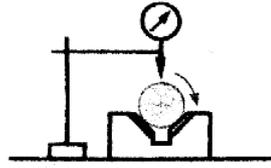
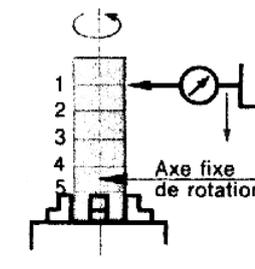
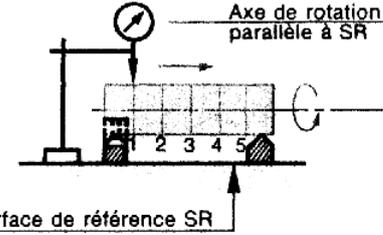
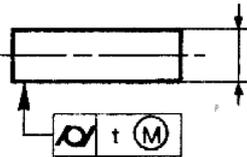
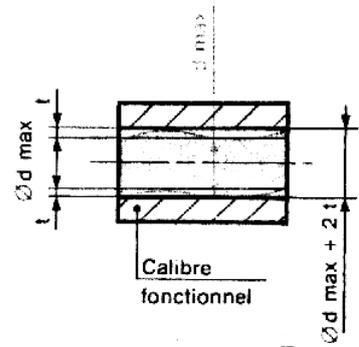


14. Tolérances géométriques (interprétation et contrôle)

Sur un dessin de définition, les tolérances géométriques nous donnent les exigences d'une pièce et dans le même temps des suggestions pour les méthodes d'usinage et indications de contrôle. Dans les tableaux ci-dessous il y a les interprétations et les méthodes de contrôle pour chaque tolérance.

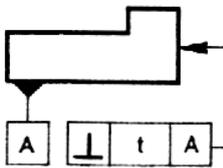
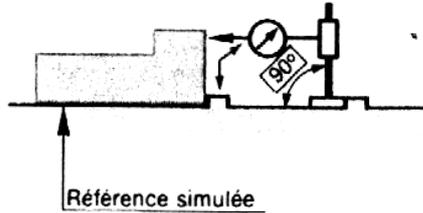
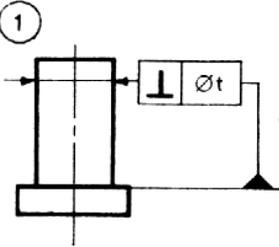
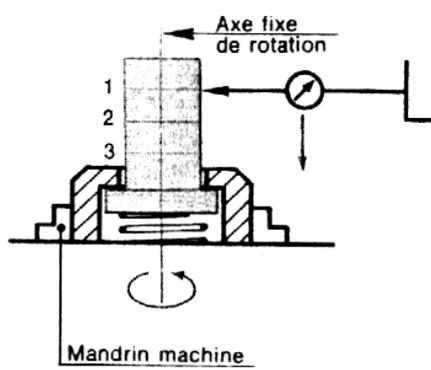
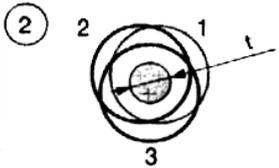
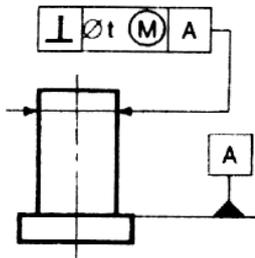
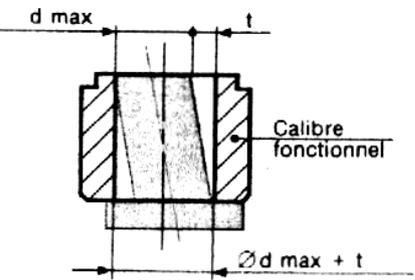
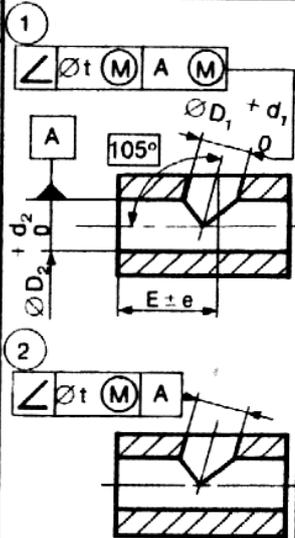
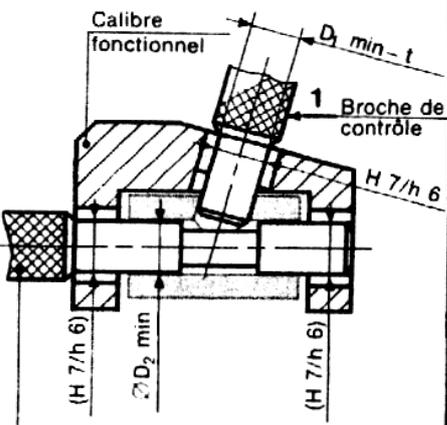
A) Tolérances de forme

RECTITUDE		
Tolérance		
Une génératrice doit rester comprise entre deux droites distantes de t .		
Contrôle		
Déplacer le comparateur le long de la génératrice. Écart maximal toléré : t . Répéter la mesure sur n génératrices (minimum 3).		
Tolérance		
La tolérance de rectitude a été calculée en supposant la pièce dans son état maximal de matière avec le défaut de rectitude le plus grand (volume $\varnothing d \max + t$). Si la pièce n'est pas dans cet état, elle doit rester inscrite dans le même volume.		
Contrôle		
La pièce doit passer dans le calibre fonctionnel.		
Tolérance		
La tolérance de rectitude a été calculée en supposant la pièce dans son état maximal de matière avec le défaut de rectitude le plus grand (volume $\varnothing D \min - t$). Si la pièce n'est pas dans cet état, elle doit rester circonscrite au même volume.		
Contrôle		
Le calibre fonctionnel doit passer dans la pièce.		
PLANÉITÉ		
Tolérance		
La surface doit être comprise entre deux plans distants de t .		
Contrôle		
Déplacer le comparateur sur toute la surface. Écart maximal toléré : t .		

CIRCULARITÉ		
<p>Tolérance</p> <p>Le profil de chaque section droite doit être compris entre deux circonférences concentriques dont les rayons diffèrent de t. La circonférence extérieure est la plus petite circonférence circonscrite.</p>		<p>Contrôle II</p> 
<p>Contrôle I</p> <p>Appareil de mesure de la variation d'un rayon autour d'un centre fixe. Écart maximal toléré : t.</p>	<p>Contrôle I</p>  <p style="text-align: center;">Machine à contrôler*</p>	 <p style="text-align: center;">Surface de référence SR</p>
<p>Contrôle II</p> <p>La pièce effectue une rotation complète. Écart maximal par section : $2t$. Afin de réduire l'influence des défauts de forme, il est conseillé d'effectuer deux fois cette mesure : l'une avec un vé à 90°, l'autre avec un vé à 120°.</p>		
CYLINDRICITÉ		
<p>Tolérance</p> <p>La surface doit être comprise entre deux cylindres coaxiaux dont les rayons diffèrent de t.</p>		<p>Contrôle II</p> 
<p>Contrôle I</p> <p>Appareil de mesure de la variation d'un rayon autour d'un axe fixe. Écart maximal toléré : t.</p>	<p>Contrôle I</p>  <p style="text-align: center;">Machine à contrôler*</p>	 <p style="text-align: center;">Surface de référence SR</p>
<p>Contrôle II</p> <p>Relever les déviations pendant une rotation complète sur n sections. Écart maximal entre tous les points des sections : $2t$. Il est conseillé d'effectuer deux fois cette mesure : l'une avec un vé à 90°, l'autre avec un vé à 120°.</p>		
<p>Tolérance</p> <p>La tolérance de cylindricité a été calculée en supposant la pièce dans son état maximal de matière avec le défaut de cylindricité le plus grand (volume $\varnothing d_{max} + 2t$). Si la pièce n'est pas dans cet état, elle doit rester inscrite dans le même volume.</p>		 <p style="text-align: center;">Calibre fonctionnel</p>
<p>Contrôle</p> <p>La pièce doit passer dans le calibre fonctionnel.</p>		

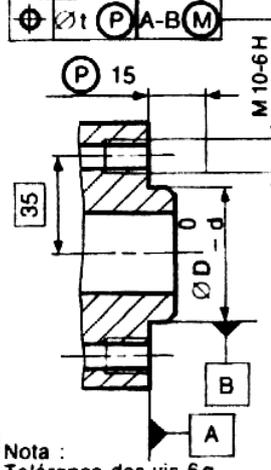
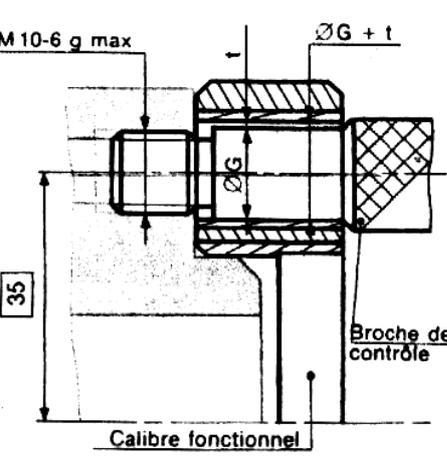
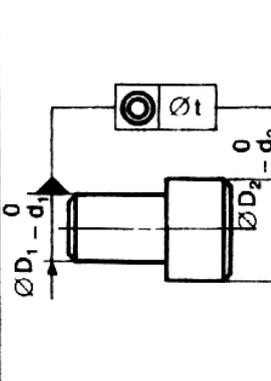
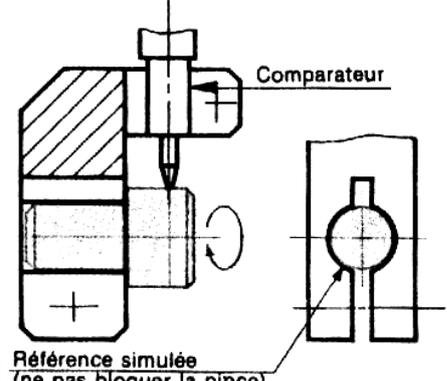
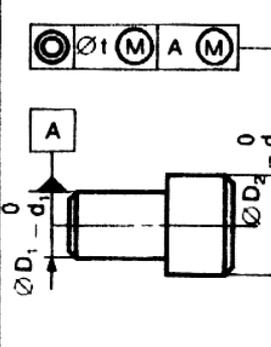
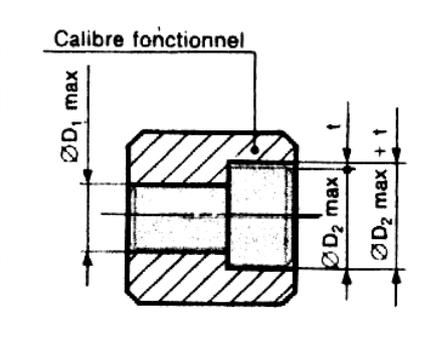
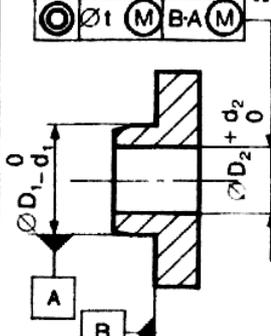
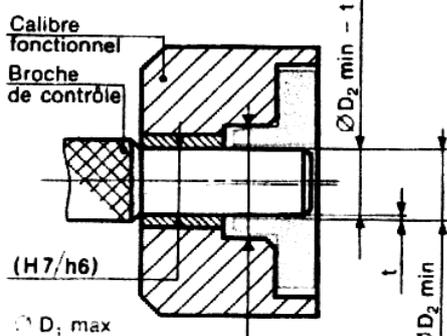
B) Tolérances d'orientation

PARALLÉLISME		
<p>Tolérance (fig. 1)</p> <p>En prenant chaque surface, à tour de rôle, comme référence, la surface contrôlée doit être comprise entre deux plans parallèles distants de t et parallèles à la surface choisie comme référence.</p>	<p>① 2 contrôles</p>	<p>Pièce figure 1</p> <p>1^{er} contrôle</p> <p>2^e contrôle</p>
<p>Contrôle</p> <p>Pour chaque contrôle, déplacer le comparateur sur toute la surface. Écart maximal toléré : t.</p> <p>REMARQUE : Si une surface de référence est indiquée, un seul contrôle est effectué (pièce fig. 2).</p>	<p>② 1 contrôle</p>	<p>Ne pas « bloquer »</p> <p>Broche de contrôle</p> <p>Référence simulée (expansible § 24.4)</p> <p>Calibre fonctionnel</p> <p>Pièce coulissante</p>
<p>Tolérance</p> <p>La tolérance de parallélisme a été calculée en supposant la pièce dans son état maximal de matière avec le défaut de parallélisme le plus grand. Si la pièce n'est pas dans cet état, la tolérance t peut être dépassée en fonction du diamètre réel D_2.</p>		<p>Ne pas « bloquer »</p> <p>Broche de contrôle</p> <p>Référence simulée (expansible § 24.4)</p> <p>Calibre fonctionnel</p>
<p>Contrôle</p> <p>La broche doit se monter dans le calibre fonctionnel.</p>	<p>La broche doit se monter dans le calibre fonctionnel.</p>	<p>La broche doit se monter dans le calibre fonctionnel.</p>
<p>Tolérance</p> <p>La tolérance de parallélisme a été calculée en supposant la pièce dans son état maximal de matière avec le défaut de parallélisme le plus grand. Si la pièce n'est pas dans cet état, la tolérance t peut être dépassée en fonction des diamètres réels D_2 et D_1.</p>		<p>Ne pas « bloquer »</p> <p>Broche de contrôle</p> <p>Référence simulée (expansible § 24.4)</p> <p>Calibre fonctionnel</p>
<p>Contrôle</p> <p>La broche doit se monter dans le calibre fonctionnel.</p>	<p>La broche doit se monter dans le calibre fonctionnel.</p>	<p>La broche doit se monter dans le calibre fonctionnel.</p>
<p>Tolérance</p> <p>La tolérance de parallélisme a été calculée en supposant la pièce dans son état maximal de matière avec le défaut de parallélisme le plus grand. Si la pièce n'est pas dans cet état, la tolérance peut être dépassée en fonction des diamètres réels D_2 et D_1.</p>		<p>Ne pas « bloquer »</p> <p>Broche de contrôle</p> <p>Référence simulée (expansible § 24.4)</p> <p>Calibre fonctionnel</p>
<p>Contrôle</p> <p>La broche doit se monter dans le calibre fonctionnel.</p>	<p>La broche doit se monter dans le calibre fonctionnel.</p>	<p>La broche doit se monter dans le calibre fonctionnel.</p>

PERPENDICULARITÉ ET INCLINAISON		
<p>Tolérance</p> <p>La surface tolérancée doit être comprise entre deux plans parallèles distants de t et perpendiculaires à la surface de référence A.</p>		 <p>Référence simulée</p>
<p>Contrôle</p> <p>Déplacer le comparateur sur toute la surface. Ecart maximal toléré : t.</p>		
<p>Tolérance</p> <p>L'axe du cylindre tolérancé doit être compris dans une zone cylindrique de $\varnothing t$ perpendiculaire à la surface de référence.</p>		 <p>Axe fixe de rotation</p> <p>Mandrin machine</p>
<p>Contrôle</p> <p>Relever en position, sur un même document, les écarts pendant une rotation complète sur n sections. Les centres de toutes les sections doivent être à l'intérieur d'un cercle de $\varnothing t$ (fig. 2).</p>		<p>Machine à mesurer</p>
<p>Tolérance</p> <p>La tolérance de perpendicularité a été calculée en supposant la pièce dans son état maximal de matière avec le défaut de perpendicularité le plus grand (volume $d_{max} + t$). Si la pièce n'est pas dans cet état, elle doit rester inscrite dans le même volume.</p>		 <p>Calibre fonctionnel</p> <p>$\varnothing d_{max} + t$</p>
<p>Contrôle</p> <p>La pièce doit pouvoir être en appui sur A.</p>		
<p>Tolérance (fig. 1)</p> <p>La tolérance de perpendicularité a été calculée en supposant la pièce dans son état maximal de matière avec le défaut de perpendicularité le plus grand (volume $d_{max} + t$). Si la pièce n'est pas dans son état, la tolérance t peut être dépassée en fonction des diamètres réels D_1 et D_2.</p>		 <p>Calibre fonctionnel</p> <p>$D_1 \text{ min} - t$</p> <p>1 Broche de contrôle</p> <p>H 7/h 6</p> <p>$\varnothing D_2 \text{ min}$</p> <p>(H 7/h 6)</p>
<p>Contrôle</p> <p>La broche de contrôle doit passer dans la pièce.</p> <p>REMARQUE : Si l'indication de la tolérance de perpendicularité est celle de la figure 2, il faut remplacer la broche 2 par un expansible (la pièce doit rester coulissante, ne pas bloquer).</p>		<p>2 Pièce fig. 1 : Broche $\varnothing D_2 \text{ min}$. Pièce fig. 2 : Expansible (référence simulée).</p>

C) Tolérances de position

LOCALISATION		
<p>Tolérance</p> <p>L'axe du trou doit être compris dans une zone cylindrique de $\varnothing t$ dont l'axe est dans la position théorique spécifiée.</p>		<p>Tournant autour d'un axe de rotation fixe</p> <p>Références simulées</p>
<p>Contrôle</p> <p>L'appareil une fois réglé sur un étalon, faire effectuer une rotation complète au comparateur (on peut mesurer plusieurs sections). Écart maximal toléré : t.</p>		<p>Tolérance</p> <p>La tolérance de localisation a été calculée en supposant la pièce dans son état maximal de matière avec le défaut de localisation le plus grand. Si la pièce n'est pas dans cet état, la tolérance t peut être dépassée en fonction du diamètre réel D'.</p>
<p>Contrôle</p> <p>La broche doit passer dans la pièce.</p>		<p>Force de maintien</p> <p>Calibre fonctionnel</p> <p>(H7/h6)</p> <p>$\varnothing D_{\min} - t$</p> <p>(H7/h6)</p>
<p>Tolérance</p> <p>La tolérance de localisation a été calculée en supposant la pièce dans son état maximal de matière avec le défaut de localisation le plus grand. Si la pièce n'est pas dans cet état, la tolérance t peut être dépassée en fonction des diamètres réels D.</p>		<p>Calibre fonctionnel</p> <p>Force de maintien</p> <p>Broche de contrôle</p> <p>(H7/h6)</p> <p>$\varnothing D_{\min} - t$</p>
<p>Contrôle</p> <p>Les broches doivent passer dans la pièce.</p>	<p>Tolérance</p> <p>La tolérance de localisation a été calculée en supposant la pièce dans son état maximal de matière avec le défaut de localisation le plus grand. Si la pièce n'est pas dans cet état, la tolérance t peut être dépassée en fonction des diamètres réels D₁ et D₂.</p>	<p>Broche de contrôle</p> <p>(H7/h6)</p> <p>$\varnothing D_2_{\min} - t$</p> <p>$\varnothing D_1_{\min}$</p>
<p>Contrôle</p> <p>Les 4 broches doivent passer dans la pièce.</p> <p>REMARQUE : Les spécifications apparemment compliquées impliquent souvent les contrôles les plus simples. Système de références : voir G.D. 17.3.</p>		

<p>Tolérance</p> <p>La zone de tolérance est exprimée directement en utilisant la zone de tolérance projetée, symbole P*.</p> <p>La tolérance de localisation a été calculée en supposant la pièce dans son état maximal de matière avec le défaut de localisation le plus grand. Si la pièce n'est pas dans cet état, la tolérance t peut être dépassée en fonction du diamètre réel de la surface B.</p> <p>Contrôle</p> <p>La pièce montée dans le calibre, il doit être possible de visser toutes les broches</p>	 <p>Nota : Tolérance des vis 6g</p>	 <p>Calibre fonctionnel</p>
COAXIALITÉ		
<p>Tolérance</p> <p>L'axe du cylindre de $\varnothing D_2$ doit être compris dans une zone cylindrique de $\varnothing t$ coaxiale à l'axe du cylindre de référence D_1.</p> <p>Contrôle</p> <p>Le centre de la section mesurée doit être dans un cercle de $\varnothing t$ concentrique au $\varnothing D_1$. Répéter la mesure sur plusieurs sections.</p> <p>NOTA : Écart maximal de mesure : t Le contrôle nécessite un relevé afin de déterminer le centre du cercle circonscrit à la section mesurée.</p>		 <p>Comparateur</p> <p>Référence simulée (ne pas bloquer la pince)</p>
<p>Tolérance</p> <p>La tolérance de coaxialité a été calculée en supposant la pièce dans son état maximal de matière avec le défaut de coaxialité le plus grand. Si la pièce n'est pas dans cet état, la tolérance t peut être dépassée en fonction des diamètres réels D_1 et D_2.</p> <p>Contrôle</p> <p>La pièce doit entrer dans le calibre fonctionnel.</p>		 <p>Calibre fonctionnel</p>
<p>Tolérance</p> <p>La tolérance de coaxialité a été calculée en supposant la pièce dans son état maximal de matière avec le défaut de coaxialité le plus grand. Si la pièce n'est pas dans cet état, la tolérance t peut être dépassée en fonction des diamètres réels D_1 et D_2.</p> <p>Contrôle</p> <p>La broche doit entrer dans la pièce.</p>		 <p>Calibre fonctionnel</p> <p>Broche de contrôle</p> <p>(H7/h6)</p> <p>$\varnothing D_1 \text{ max}$</p> <p>$\varnothing D_2 \text{ min} - t$</p> <p>$\varnothing D_2 \text{ min}$</p>

SYMÉTRIE		
<p>Tolérance</p> <p>Le plan médian de la rainure doit être compris entre deux plans parallèles distants de t et disposés symétriquement par rapport au plan médian de référence A.</p>		
<p>Contrôle</p> <p>La différence entre les dimensions e et t est égale à l'écart de symétrie. Écart maximal toléré : t.</p>		
<p>Tolérance</p> <p>La tolérance de symétrie a été calculée en supposant la pièce dans son état maximal de matière avec le défaut de symétrie le plus grand. Si la pièce n'est pas dans cet état, la tolérance t peut être dépassée en fonction des dimensions réelles K et L.</p>		
<p>Contrôle</p> <p>La pièce doit entrer dans le calibre fonctionnel.</p>		
<p>Tolérance</p> <p>La zone de tolérance est exprimée directement en utilisant la zone de tolérance projetée, symbole P'.</p> <p>La tolérance de symétrie a été calculée en supposant la pièce dans son état maximal de matière avec le défaut de symétrie le plus grand. Si la pièce n'est pas dans cet état, la tolérance t peut être dépassée en fonction des dimensions réelles K et L.</p>		
<p>Contrôle</p> <p>La règlette calibrée montée dans la rainure, la pièce doit entrer complètement dans le calibre.</p>		
	<p>NOTA :</p> <p>Cette pièce est mise en position par rapport à une autre pièce par l'intermédiaire d'une règlette ajustée h6. Dans ce cas, la zone de tolérance est en dehors de la rainure (zone de tolérance projetée).</p>	
<p>Tolérance</p> <p>La tolérance de symétrie a été calculée en supposant la pièce dans son état maximal de matière avec le défaut de symétrie le plus grand. Si la pièce n'est pas dans cet état, la tolérance t peut être dépassée en fonction des dimensions réelles D_1 et D_2.</p>		
<p>Contrôle</p> <p>Les broches doivent se monter complètement.</p> <p>REMARQUE :</p> <p>Si on n'utilisait pas le principe du maximum de matière les broches devraient être expansibles dans les alésages D_1 et D_2.</p>		

D) Tolérances de battement.

BATTEMENT*		
<p>Battement simple axial</p> <p>Le battement axial de la surface tolérancée, lors d'une révolution complète de la pièce autour de l'axe du cylindre de référence A, ne doit pas dépasser séparément, pour chaque diamètre d du cylindre de mesure, la valeur t.</p> <p>Répéter la mesure sur plusieurs diamètres d différents.</p>		<p>Référence simulée (pinces § 24.31)</p>
<p>Battement simple radial</p> <p>Le battement radial de la surface tolérancée, lors d'une révolution complète de la pièce autour de l'axe du cylindre de référence A, ne doit pas dépasser séparément, pour chaque position l du plan de mesure, la valeur t.</p> <p>Répéter la mesure pour plusieurs longueurs l différentes.</p>		<p>Référence simulée (pinces § 24.31)</p>
<p>Battement total axial</p> <p>Le battement axial de la surface tolérancée lors des révolutions complètes de la pièce autour de l'axe des centres de référence doit être compris entre 2 plans distants de t et perpendiculaire à l'axe des centres.</p>		
<p>Battement total radial</p> <p>Le battement radial de la surface tolérancée lors des révolutions complètes de la pièce autour de l'axe des cercles de références A et B, doit être compris entre 2 cylindres coaxiaux distants de t dont les axes coïncident avec l'axe des cercles de référence A et B (écart maximal de lecture : 2 t).</p>		
<p>Battement total dans une direction donnée</p> <p>Le battement, dans une direction donnée, de la surface tolérancée, lors des révolutions complètes de la pièce autour de l'axe du cylindre de référence, doit être compris entre deux cônes coaxiaux distants de t, dans la direction donnée, et dont les axes coïncident avec l'axe du cylindre de référence.</p>		<p>Référence simulée (pinces § 24.31)</p>

15. Etats de surface

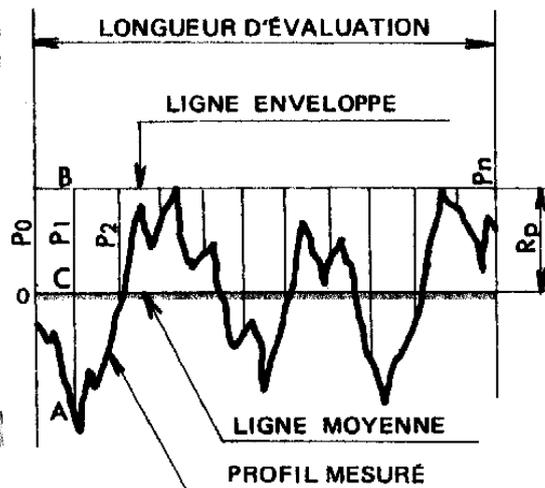
Un autre élément important dans un dessin de définition est l'état d'une surface de la pièce à confectionner. Parmi toutes les grandeurs permettant de définir l'état d'une surface, voici les plus utilisées :

1 - PROFONDEUR MOYENNE D'APLANISSEMENT «Rp»

Profondeur AB (P_1) = distance entre le point «A» du profil mesuré et la ligne enveloppe.

La profondeur moyenne d'aplanissement «Rp» est la valeur moyenne de toutes les profondeurs telle AB sur l'étendue de la longueur d'évaluation.

La profondeur moyenne définit la ligne moyenne.



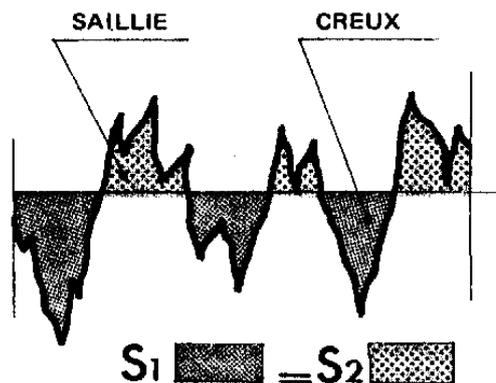
2 - CONSTATATION

La somme des surfaces (S_1) des creux situés au-dessous de la ligne moyenne est égale à la somme des surfaces (S_2) des saillies situées au-dessus de la ligne moyenne.

3 - ÉCART MOYEN ARITHMÉTIQUE DE RUGOSITÉ : «Ra»

Écart AC (E_1) = écart entre le point (A) du profil mesuré et la ligne moyenne.

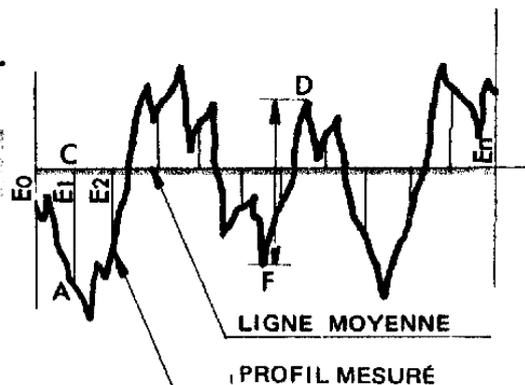
L'écart moyen arithmétique de rugosité est la valeur moyenne de tous les écarts telle AC, sur l'étendue de la longueur d'évaluation.



$$Ra \approx \frac{|E_0| + |E_1| + \dots + |E_{n-1}| + |E_n|}{n}$$

4 - PROFONDEUR MOYENNE DE RUGOSITÉ : «R»

La profondeur moyenne de rugosité : «R» est la moyenne des distances saillie-creux, telle (DF) ; voir figure ci-contre.



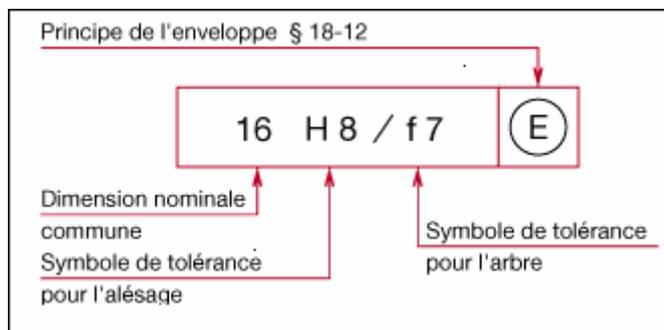
$$R \approx 2,5 Ra$$

R_a est probablement la plus utilisée dans les dessins de définition et les écarts sont donnée en μm (microns).

Les symboles pour caractériser la rugosité sont :

Surface à usiner par enlèvement de matière sans exigence pour l'état de surface.		L'état de surface R_a doit être obtenue par un procédé sans enlèvement de matière.	R_a 0,8
Surface où l'enlèvement de matière est interdit, sans exigence pour l'état de surface.		Surépaisseur d'usinage : 0,5 mm.	0,5
L'état de surface R_a peut être obtenu par un procédé d'élaboration quelconque.	R_a 6,3	L'état de surface est le même sur toutes les surfaces de la pièce.	
L'état de surface R_a doit obligatoirement être obtenu par usinage.	R_a 3,2	Répétition fréquente d'un même état de surface; se limiter au symbole de base si celui-ci est bien expliqué.	

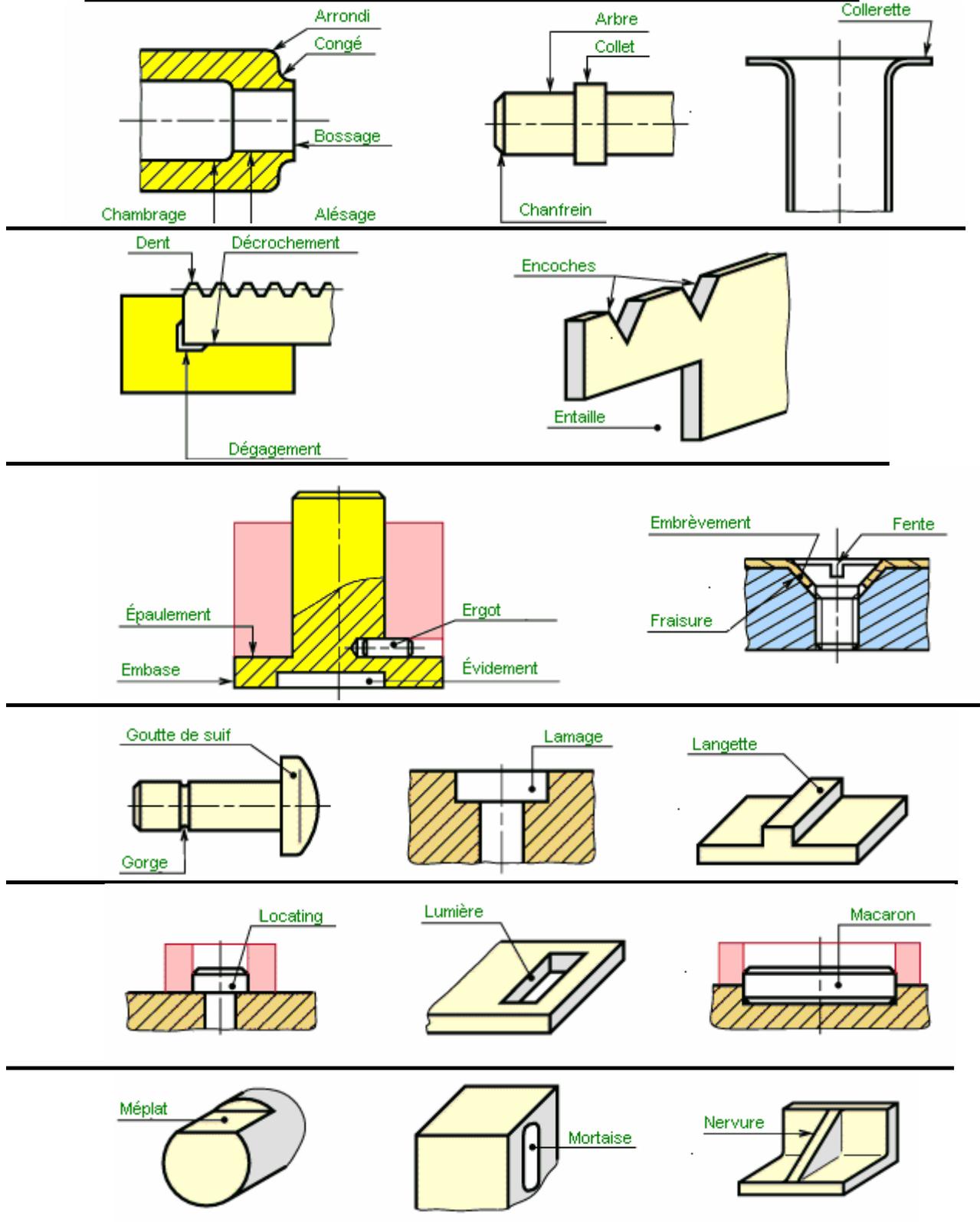
Ajustements

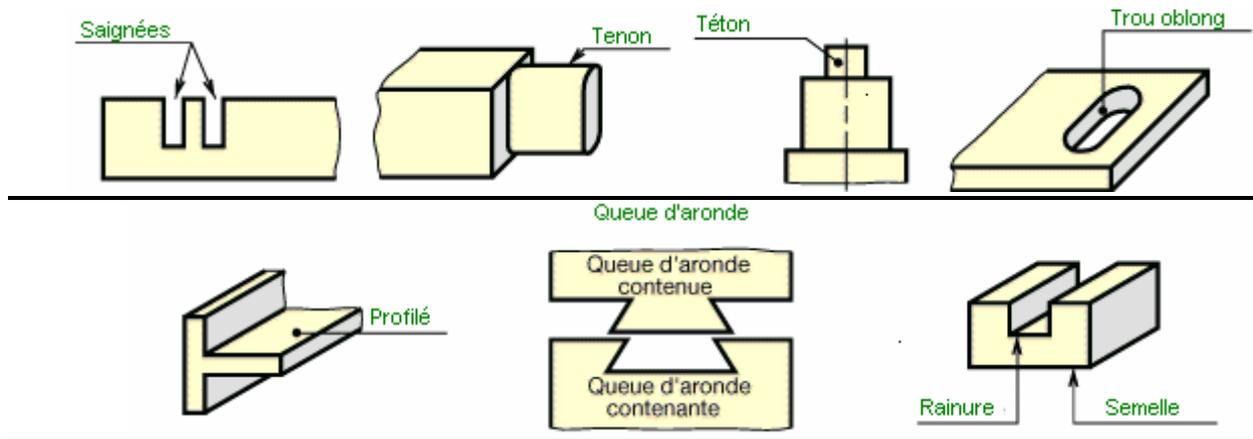


La position relative des tolérances détermine :

- soit un **ajustement avec jeu**,
- soit un **ajustement incertain**, c'est-à-dire pouvant présenter tantôt un jeu, tantôt un serrage,
- soit un **ajustement avec serrage**.

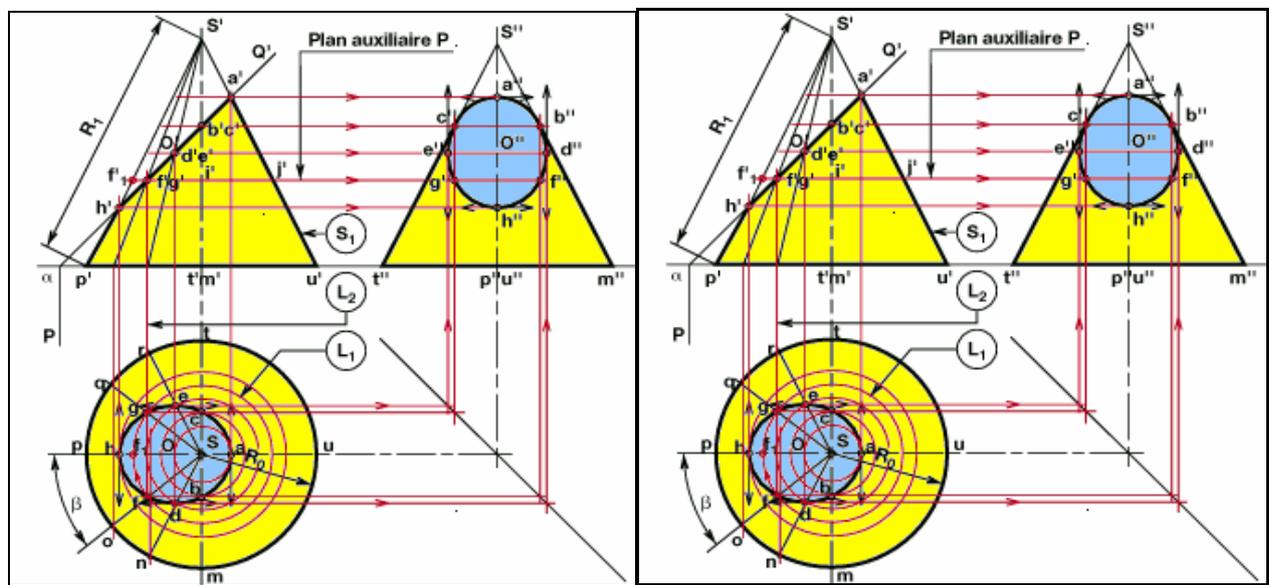
16. Vocabulaire technique des formes mécaniques usuelles

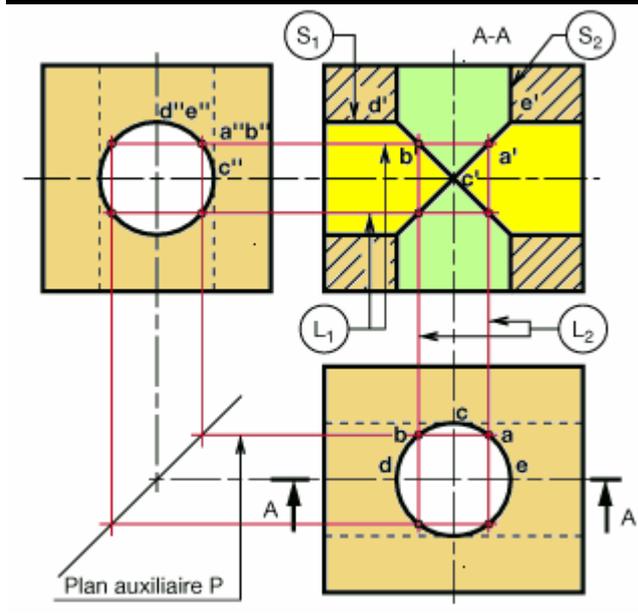
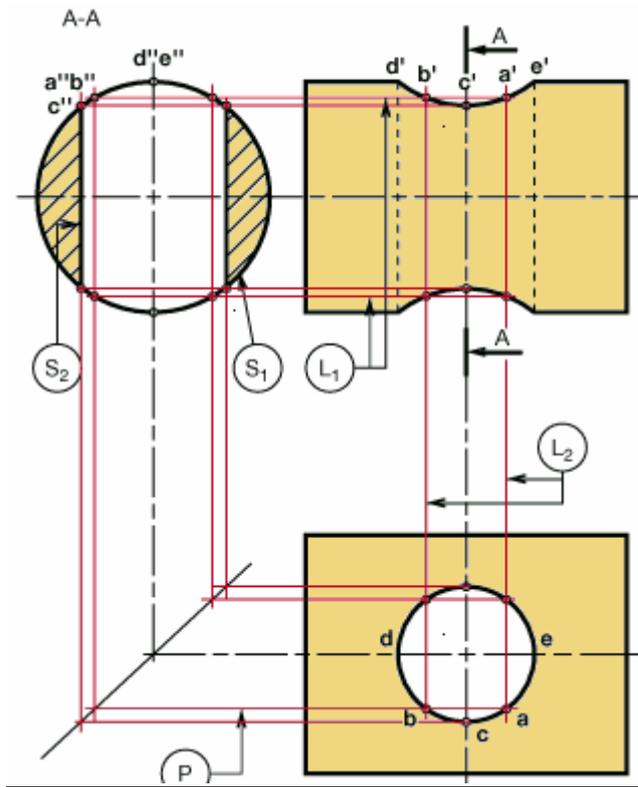




17.INTERSECTIONS

Quelques intersections rencontrées dans les dessins de définition :





Valable pour deux trous de même diamètre.

18. Engrenages

Suivant la position relative des axes des roues, on distingue :

- ▷ les engrenages parallèles (axes parallèles),
- ▷ les engrenages concourants (axes concourants),
- ▷ les engrenages gauches (les axes ne sont pas dans un même plan).

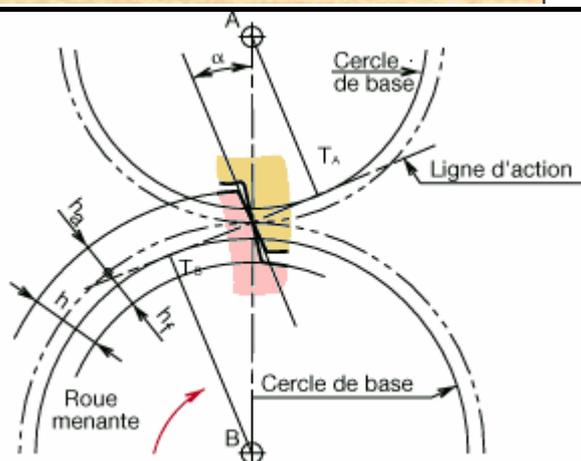
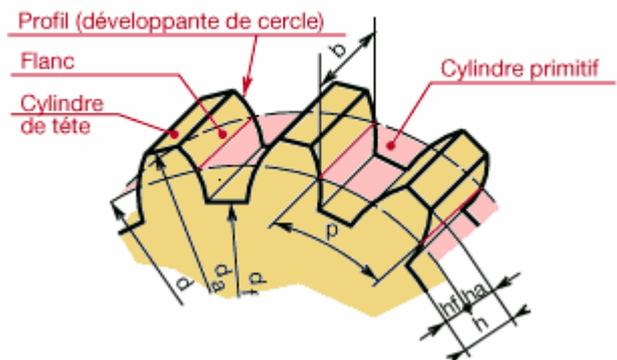
Une combinaison d'engrenages est appelée **TRAIN D'ENGRENAGES**.

CYLINDRE DE TÊTE

Cylindre passant par les sommets des dents. Sa section droite est le **cercle de tête de diamètre d_a** .

CYLINDRE DE PIED

Cylindre passant par le fond de chaque entre-dent. Sa section droite est le **cercle de pied de diamètre d_f** .



Angle de pression (α)

Angle aigu entre le rayon du cercle primitif passant par le point où le profil coupe le cercle primitif et la tangente au profil de ce point.

Normale commune à deux profils conjugués en leur point de contact. Dans un engrenage à développante, la ligne d'action est une droite fixe, tangente intérieurement aux deux cercles de base.

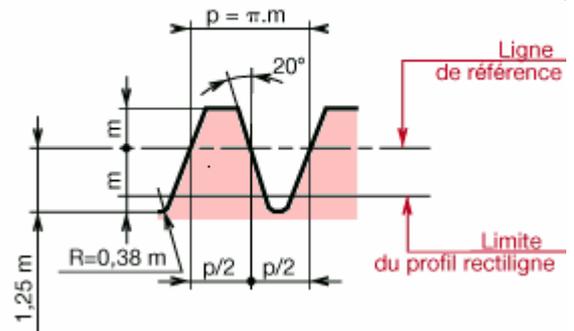
Ligne d'action

Le tracé de référence définit les caractéristiques communes à toutes les roues cylindriques à développante de cercle. Chaque roue du système (même à denture intérieure) peut être considérée comme géométriquement engendrée par la crémaillère de référence à profil rectiligne.

MODULE (m)

Le module est le quotient du pas exprimé en millimètres par le nombre π .

$p = \text{pas}$
 $m = \text{module}$



En première approximation, le module peut être calculé par la formule :

$$m = 2,34 \sqrt{\frac{\|\vec{F}_t\|}{k \cdot R_{pe}}}$$

$\|\vec{F}_t\|$ = force tangentielle en newtons.

k = coefficient de largeur de denture, valeur à se fixer entre 6 et 10.

R_{pe} = résistance pratique à l'extension du matériau de la dent en mégapascals.

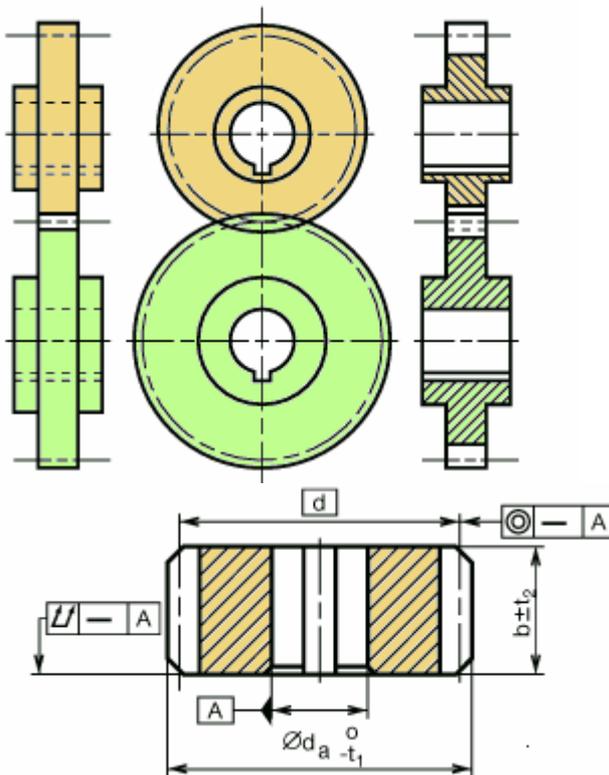
MODULES NORMALISÉS							
Série principale	0,5	0,6	0,8	1	1,25	1,5	2
Série secondaire	2,5	3	4	5	6	8	10
Série principale	0,55	0,7	0,9	1,125	1,375	1,75	2,25
Série secondaire	2,75	3,5	4,5	5,5	7	9	11

NOMBRE MINIMAL DE DENTS*					
Z_A	13	14	15	16	17
Z_B	13 à 16	13 à 26	13 à 45	13 à 101	13 à ∞

* Afin d'éviter l'interférence entre les dents de la roue et du pignon.

Caractéristiques d'une roue à denture droite normale

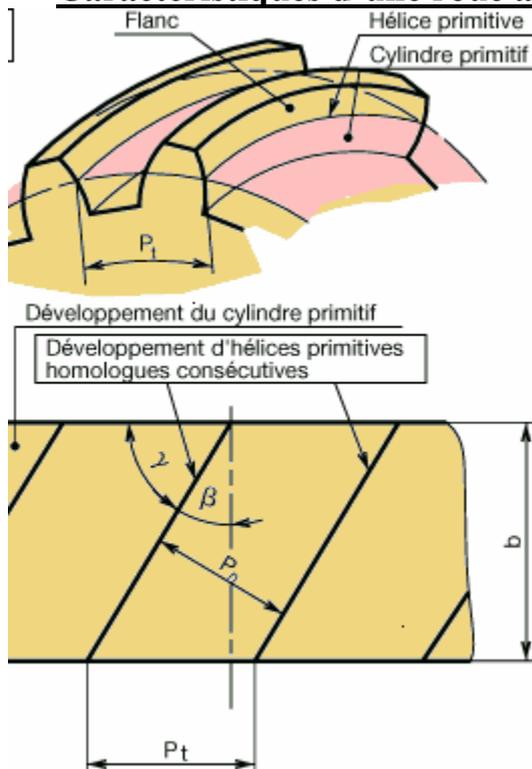
m	Déterminé par un calcul de résistance des matériaux (§ 47.12)
z	Déterminé à partir des rapports des vitesses angulaires : $a = \frac{\omega_A}{\omega_B} = \frac{n_A}{n_B} = \frac{z_B}{z_A}$
p	$p = m \cdot \pi$
h_a	$h_a = m$
h_f	$h_f = 1,25 m$
h	$h = h_a + h_f = 2,25 m$
d	$d = m \cdot z$
d_a	$d_a = d + 2 m$
d_f	$d_f = d - 2,5 m$
b	$b = k \cdot m$ (k valeur à se fixer, fréquemment on choisit entre 6 et 10.)
a	$a = \frac{d_A + d_B}{2} = \frac{m \cdot z_A}{2} + \frac{m \cdot z_B}{2} = \frac{m(z_A + z_B)}{2}$



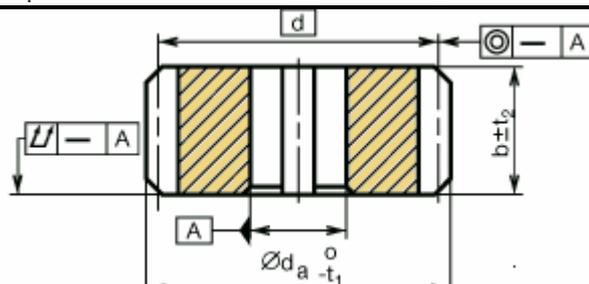
CARACTÉRISTIQUE DE LA DENTURE

Classe de précision : _____		NF E23-006	
Nombre de dents	: <input type="text" value="z"/>	Angle de pression:	<input type="text" value="20°"/>
Module	: <input type="text" value="m"/>	Rugosité des flanc:	<input type="text" value="√"/>
Crémaillère de référence :		NF E 23-011	

Caractéristiques d'une roue à denture hélicoïdale normale



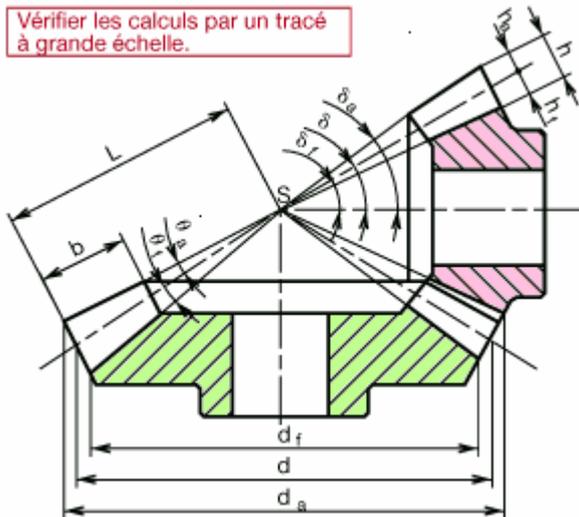
m.	Déterminé par la résistance des matériaux et choisi dans les modules normalisés (§ 47-121).
z	Déterminé à partir des rapports des vitesses angulaires : $a = \frac{\omega_A}{\omega_B} = \frac{n_A}{n_B} = \frac{z_A}{z_B}$
b	Choisi habituellement entre 20° et 30°. Pour un même engrenage les hélices des roues sont de sens contraire.
m _t	$m_t = m_n / \cos b.$
P _t	$P_t = m_t \cdot p$
P _n	$P_n = m_n \cdot p \quad P_n = P_t \cdot \cos b.$
P _z	$P_z = p d / \tan b.$
h _a	$h_a = m_n$
h _f	$h_f = 1,25 m$
h	$h = h_a + h_f = 2,25 m_n$
d	$d = m_t \cdot z$
d _a	$d_a = d + 2 m_n$
d _f	$d_f = d - 2,5 m_n$
a	$a = \frac{d_A + d_B}{2} = \frac{m_t \cdot z_A}{2} + \frac{m_t \cdot z_B}{2}$
b	La transmission du mouvement est continue si, le contact cessant entre un couple de dents, un autre couple de dents est déjà en prise, soit : $b \geq \frac{\pi \cdot m_n}{\sin \beta}$



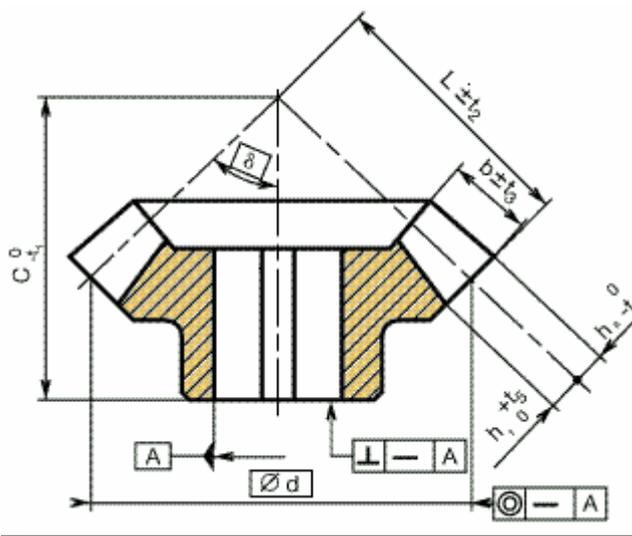
CARACTÉRISTIQUE DE LA DENTURE	
Classe de précision :	NF E23-006
Nombre de dents :	<input type="text" value="z"/> Angle d'hélice : <input type="text" value="beta"/>
Module réel :	<input type="text" value="mn"/> Rugosité des flancs : <input type="text"/>
Angle de pression :	20° Rugosité des flancs : <input type="text" value="sqrt"/>
Crémaillère de référence :	NF E 23-011

Caractéristiques d'un engrenage à axes perpendiculaires

Vérifier les calculs par un tracé à grande échelle.

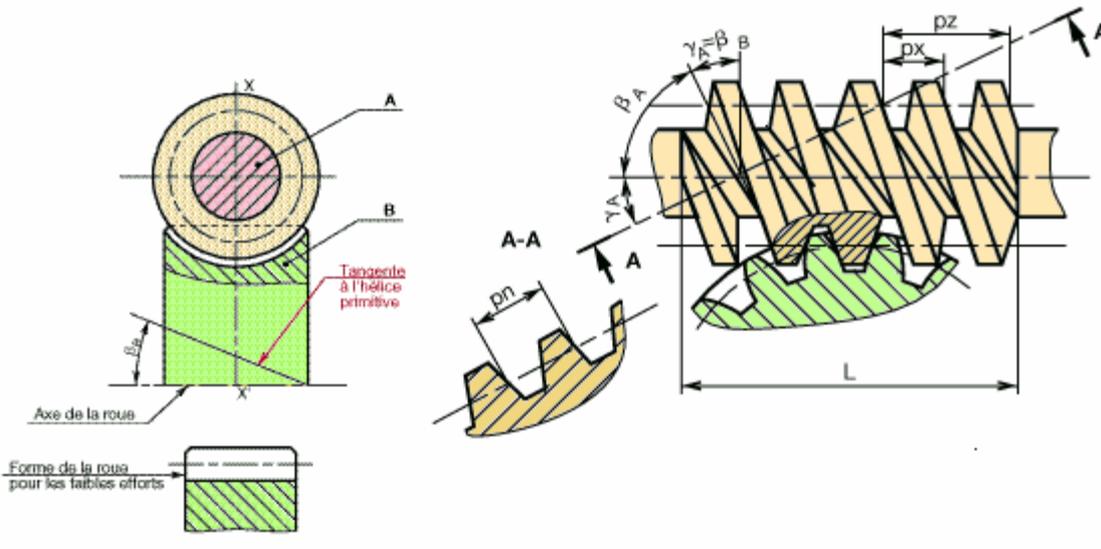


m	Déterminé par la résistance des matériaux et choisi dans les modules normalisés § 47-12.	
Z_A et Z_B	Déterminés à partir du rapport des vitesses angulaires $\frac{\omega_A}{\omega_B} = \frac{n_A}{n_B} = \frac{Z_B}{Z_A}$	
b	Pour des raisons de taillage : $\frac{1}{4} L < b < \frac{1}{3} L$	
d	$d_A = m \cdot Z_A$	$d_B = m \cdot Z_B$
delta	$\tan \delta_A = Z_A / Z_B$	$\tan \delta_B = Z_B / Z_A$
h_a	$h_a = m$	
h_f	$h_f = 1,25 m$	
h	$h = h_a + h_f = 2,25 m$	
d_a	$d_{aA} = d_A + 2 m \cos \delta_A$	$d_{aB} = d_B + 2 m \cos \delta_B$
d_f	$d_{fA} = d_A + 2,5 m \cos \delta_A$	$d_{fB} = d_B - 2,5 m \cos \delta_B$
theta_a	$\tan \theta_a = m / L$	
theta_f	$\tan \theta_f = 1,25 m / L$	
	avec $L = \frac{d_A}{2 \sin \delta_A}$	
delta_a	$\delta_{aA} = \delta_A + \theta_a$	$\delta_{aB} = \delta_B + \theta_a$
delta_f	$\delta_{fA} = \delta_A - \theta_f$	$\delta_{fB} = \delta_B - \theta_f$



CARACTÉRISTIQUES DE LA DENTURE	
Nombre de dents :	z
Module réel :	m
Angle de pression :	20°
Crémaillère de référence :	ISO 677*
Roue conjuguée :	plan n° _____
* Pas de norme nationale	

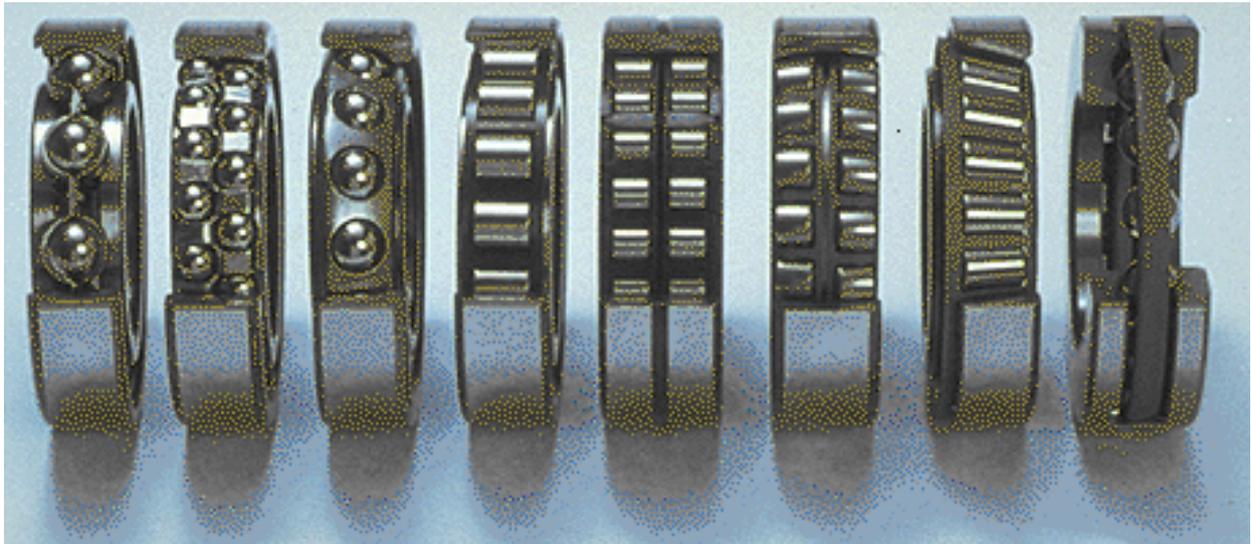
Caractéristiques d'un engrenage roue et vis sans fin



Z_A	Fonction du rapport des vitesses angulaires : $\frac{\omega_A}{\omega_B} = \frac{n_A}{n_B} = \frac{z_B}{z_A}$	
β_A	Fonction de la réversibilité de la transmission (si $\gamma_A < 5^\circ$ système pratiquement irréversible). $\beta_A \neq \gamma_A = 90^\circ$.	
	La vis a le même sens d'hélice que la roue	$\gamma_A = \beta_B$
m_n	Déterminé sur la roue, choisi suivant § 47-12	$\tan \gamma_A = \frac{p_z}{\pi d_A}$ $\sin \gamma_A = \frac{p_n \cdot z_A}{\pi d_A}$
m_x	$m_x = m_n / \cos \gamma_A$	
p_n	$p_n = m_n \cdot \pi$	
p_x	$p_x = p_n / \cos \gamma_A$	
p_z	$p_z = p_x \cdot z_A$	
d_A	$d_A = p_z / \pi \tan \gamma_A$	
d_s	$d_s = d_A + 2 m_n$	
d_f	$d_f = d_A - 2,5 m_n$	
L	$L \approx 5 p_x$	

Tolérance de coaxialité en microns									
Diamètre primitif d	≤ 100	1 à 3,15	36	50	63	80	100	125	160
		> 3,15 à 6,3	45	63	80	100	125	160	200
		> 6,3 à 10	50	71	90	112	140	180	224
	100 à 400	1 à 3,15	40	56	71	90	112	140	180
		> 3,15 à 6,3	40	71	90	112	140	180	224
		> 6,3 à 10	56	80	100	125	160	200	250
Rugosité des flancs* Ra en microns		0,4	0,8	3,2	6,3				
Tolérance d'entraxe $\pm t$		1/2 IT 7	1/2 IT 8	1/2 IT 9	1/2 IT 11				

19. ROULEMENTS



a)

Roulements à une rangée de billes, à contact radial, sans encoche de remplissage

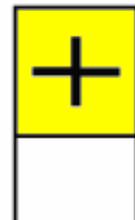
CARACTÉRISTIQUES GÉNÉRALES :

- ▶ Ces roulements supportent des charges radiales et axiales relativement importantes.
- ▶ Ils exigent une bonne coaxialité des portées de l'arbre d'une part et des alésages des logements d'autre part.

Représentation normale



Représentation conventionnelle



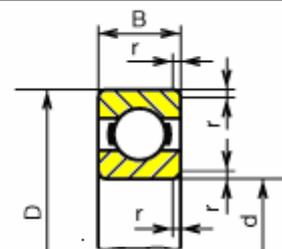
P = protection dun seul côté par flasque

PP = protection des deux côtés par flasques

E = protection dun seul côté par joint

EE = protection des deux côtés par joints

Type BC



série 10

série 02

série 03

série 04

Exemple de désignation

Roulement 30 BC 10 XP*

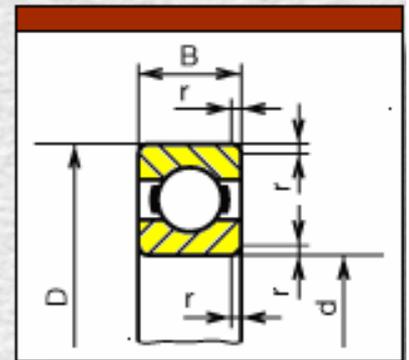
30 = valeur du diamètre de l'alésage en millimètres

BC = roulement à une rangée de billes, à contact radial

10 = série de dimensions

X = n'importe quel type de cage acceptable

P = protection d'un seul côté par flasque



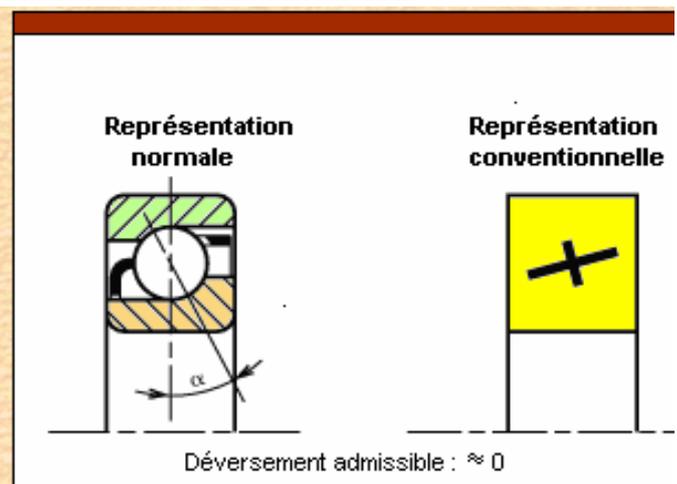
b) Roulements à une rangée de billes, à contact oblique

CARACTÉRISTIQUES GÉNÉRALES :

▶ Ces roulements supportent des charges axiales relativement élevées dans un seul sens ou des charges axiales et radiales combinées. En général, ils ne sont pas démontables.

▶ Ils conviennent pour de grandes fréquences de rotation.

▶ Ils demandent une bonne **coaxialité** des portées de l'arbre d'une part et des alésages des logements d'autre part.



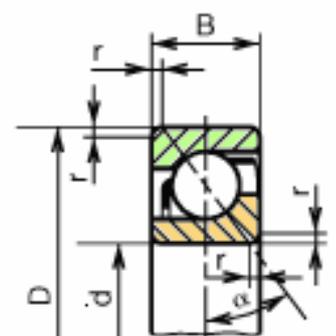
Exemple de désignation

Roulement 30 BT 02

30 = valeur du diamètre de l'alésage en millimètres

BT = roulement à une rangée de billes, à contact oblique

02 = série de dimensions



c) Roulements à deux rangées de billes

CARACTÉRISTIQUES GÉNÉRALES :

- ▶ Ces roulements supportent des charges radiales assez importantes et des charges axiales alternées.
- ▶ Les fréquences de rotation admissibles sont plus faibles que celles des roulements à une rangée de billes.
- ▶ Ils demandent une très bonne **coaxialité** des portées de l'arbre d'une part et des alésages des logements d'autre part.

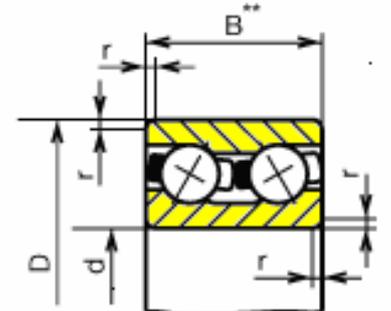
Exemple de désignation

Roulement 30 BE 32

30 = valeur du diamètre de l'alésage en millimètres

BE = roulement à deux rangées de billes, à contact oblique

32 = série de dimensions



d)

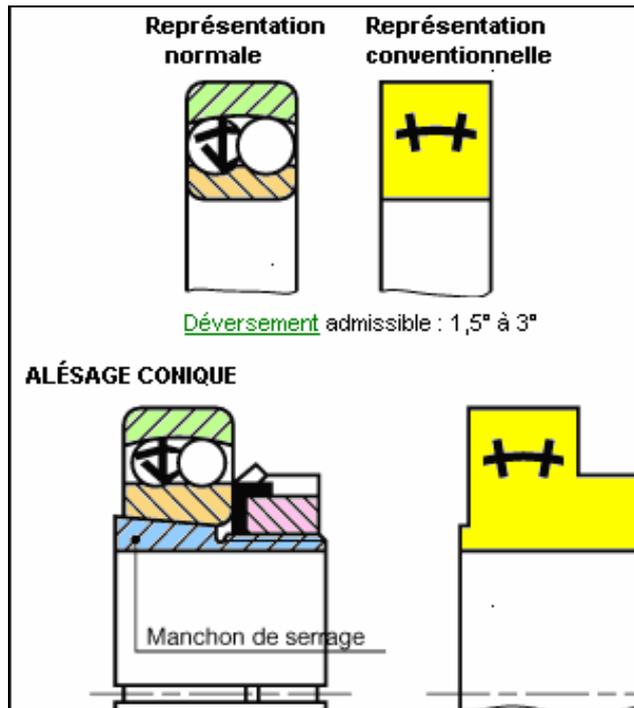
Roulements à deux rangées de billes à rotule dans la bague extérieure

Ces roulements supportent des charges radiales moyennes et des charges axiales faibles.

Ils conviennent pour de grandes fréquences de rotation.

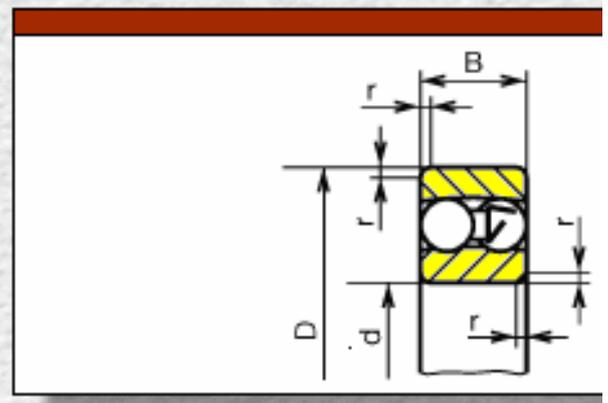
Ils autorisent un léger déversement de la bague intérieure par rapport à la bague extérieure.

Les roulements dont la désignation comporte le suffixe K ont un alésage conique. Ceci permet notamment leur montage sur portée conique, sur manchon de serrage, sur manchon de démontage. On évite ainsi l'épaulement d'appui sur l'arbre.



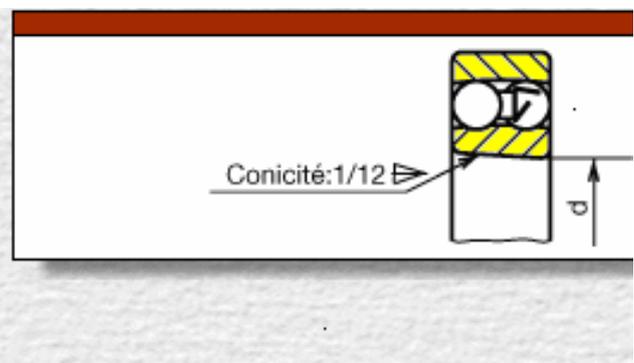
Exemple de désignation
Roulement 30 BS 02

30 = valeur du diamètre de l'alésage
en millimètres
BS = roulement à deux rangées de
billes à rotule dans la bague extérieure
02 = série de dimensions



Exemple de désignation
Roulement 30 BS K 02

30 = valeur du diamètre de l'alésage
en millimètres
BS = roulement à deux rangées de
billes à rotule dans la bague extérieure
K = alésage conique
02 = série de dimensions



e) Roulements à rouleaux cylindrique.

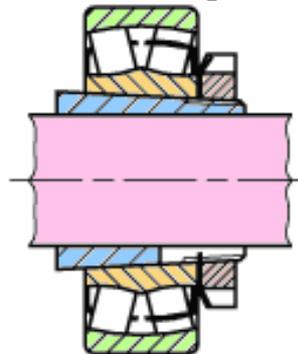
Les rouleaux de ces roulements sont en forme de tonneau (la génératrice est un arc de cercle).

Ces roulements supportent des charges radiales très importantes et des charges radiales et axiales combinées.

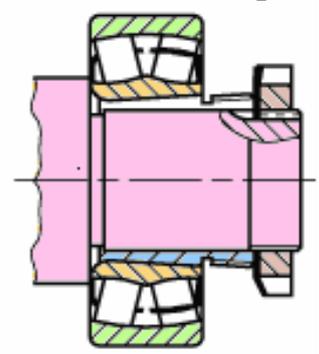
Le type à bague intérieure avec bague de guidage possède des charges de base plus importantes que le type à bague intérieure à trois épaulements.

ALÉSAGE CONIQUE

Manchon de serrage



Manchon de démontage



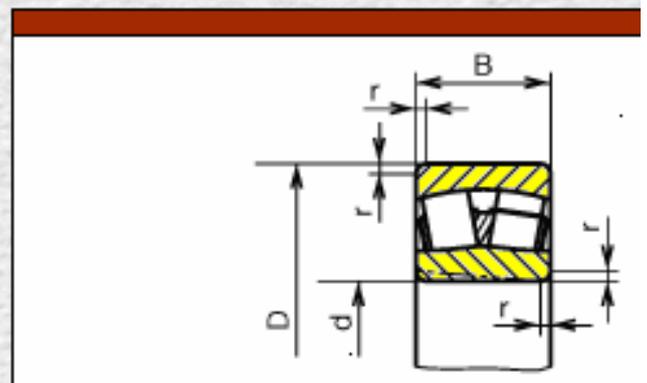
Exemple de désignation

Roulement 60 SC 22

60 = valeur du diamètre de l'alésage en millimètres

SC = roulement à deux rangées de rouleaux à rotule dans la bague extérieure

22 = série de dimensions



f) Roulements à rouleaux coniques

Les cônes formés par les chemins de roulement et les rouleaux coniques ont un même sommet S situé sur l'axe du roulement.

Ces roulements supportent des charges radiales et axiales très importantes.

Ils ne conviennent pas pour les grandes fréquences de rotation.

Ils demandent une bonne coaxialité des portées de l'arbre et aussi des alésages des logements.

Représentation normale



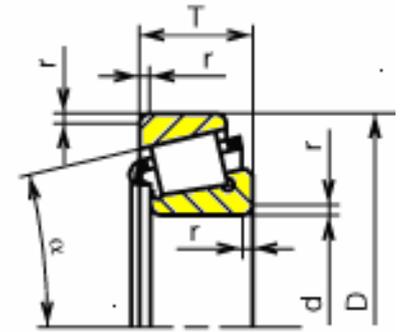
Exemple de désignation

Roulement 60 KB 22

60 = valeur du diamètre de l'alésage
en millimètres

KB = roulement à rouleaux coniques

22 = série de dimensions



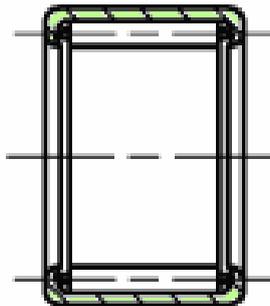
g) Roulements à aiguilles

Les roulements à aiguilles supportent des charges radiales importantes sous un encombrement relativement réduit. Comme les roulements à rouleaux cylindriques comportant une bague sans épaulement, ils ne supportent aucune charge axiale.

Ils conviennent pour de grandes fréquences de rotation.

Ils exigent une **très bonne coaxialité** des portées de l'arbre et aussi des alésages des logements.

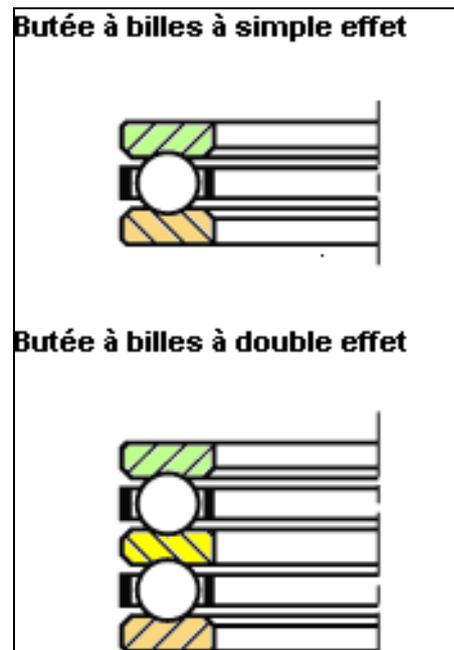
Douille à aiguilles



h) Butées à billes

Les butées à billes ne supportent que des charges axiales, mais ces charges peuvent être très importantes. Les butées à simple effet ne supportent que des charges axiales dans un seul sens. Les butées à double effet sont conçues pour subir des charges axiales alternées.

L'action de la force centrifuge sur les billes limite leur emploi à de faibles fréquences de rotation.



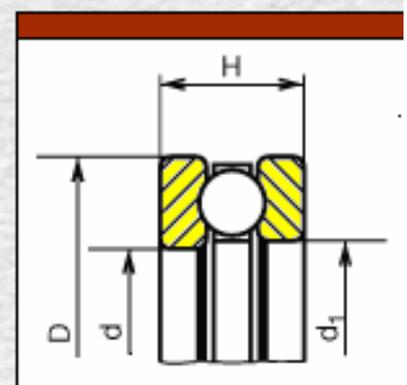
Exemple de désignation

Butée à simple effet 60 TA 11

60 = valeur du diamètre de l'alésage
d en millimètres

TA = butée à billes simple effet

11 = série de dimensions



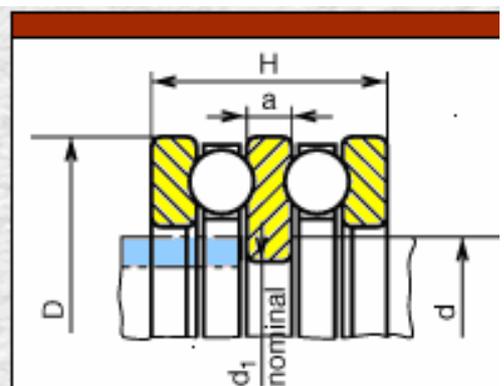
Exemple de désignation

Butée à double effet 60 TDC 22

60 = valeur du diamètre de l'alésage
en millimètres

TDC = butée à billes double effet

22 = série de dimensions



Les ajustements nécessaires au montage correct d'un roulement sont obtenus en faisant varier les tolérances des portées et des alésages des logements.

La bague tournante d'un roulement, par rapport à la direction de la charge doit être ajustée avec serrage.

Le serrage est nécessaire pour éviter à la bague de tourner sur sa portée ou dans son logement. Ce phénomène est appelé «roulage». En général l'ajustement avec serrage demeure nécessaire même si la bague est serrée latéralement.

La bague fixe d'un roulement, par rapport à la direction de la charge, est montée glissante.

Les tolérances indiquées dans les tableaux ci-dessous sont valables pour des logements en fonte ou en acier. Pour des logements en alliage léger ou à parois minces choisir un ajustement plus serré. Pour les roulements à aiguilles voir tableaux 40.70, 40.71 et 40.72.

 Valeur des tolérances

TOLÉRANCES POUR LES ARBRES

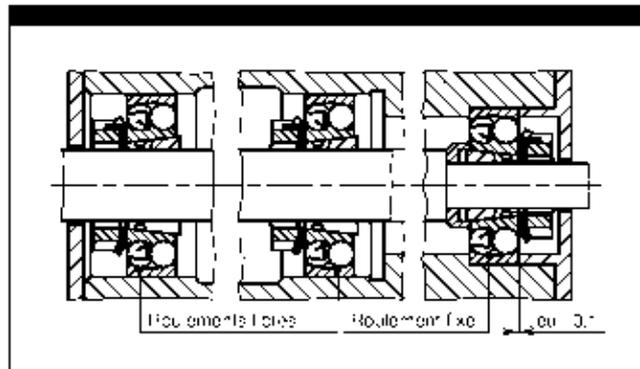
Conditions d'emploi	Charge	Tolérances	Observations
Bague intérieure fixe par rapport à la direction de la charge.	Constante	g 6	La bague intérieure peut coulisser sur l'arbre.
	Variable	h 6	
Bague intérieure tournante par rapport à la direction de la charge, ou direction de charge non définie.	Faible et variable	h 5 j 5 - j 6	La bague intérieure est ajustée avec serrage sur l'arbre. À partir de m 5 utiliser des roulements avec jeu interne
	Normale	k 5 - k 6	
	Importante	n 6 p 6	
	Importante avec chocs	m 5 - m 6	
Butée à billes.	Axiale	j 6	

TOLÉRANCES POUR LES ALÉSAGES

Conditions d'emploi	Charge	Tolérances	Observations
Bague extérieure tournante par rapport à la direction de la charge.	Importante avec chocs	P 7	La bague extérieure ne peut pas coulisser dans l'alésage.
	Normale ou importante	H 7	
	Faible et variable	M 7	
Direction de charge non définie.	Importante ou normale	K 7	
Bague extérieure fixe par rapport à la direction de la charge.	Importante avec chocs	J 7	La bague extérieure peut coulisser dans l'alésage.
	Normale	H 7	
	Normale (mécanique ordinaire)	H 8	
Butée à billes.	Axiale	H 8	

20. Montage des roulements

Afin d'éviter aux roulements d'une même ligne d'arbre une opposition mutuelle due aux tolérances de fabrication ou aux dilatations, un seul roulement appelé «roulement fixe» assure la position axiale de l'arbre. Les autres roulements appelés «roulements libres» prennent d'eux-mêmes leur place.



▷ Le roulement fixe doit être maintenu latéralement à la fois dans son logement et sur sa portée.

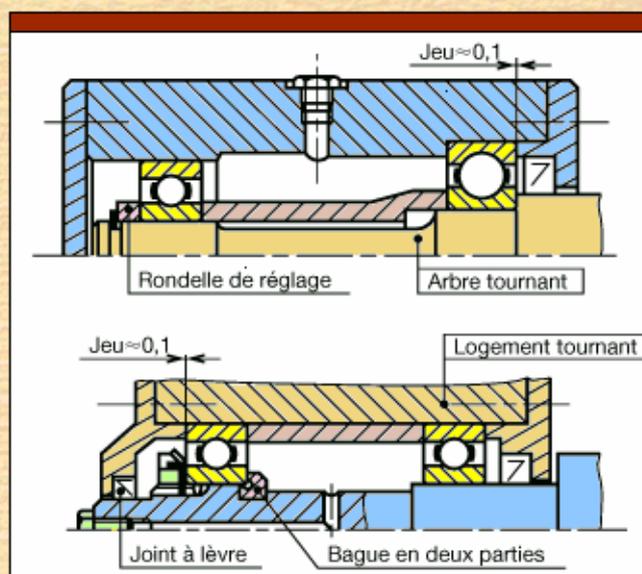
▷ Si les roulements libres utilisés ne permettent pas le déplacement axial relatif de leurs bagues, la bague fixe par rapport à la direction de la charge doit être montée coulissante et non maintenue latéralement.

EXEMPLES D'APPLICATION :

▷ **Arbre tournant, charge de direction fixe.** Les deux bagues intérieures sont maintenues latéralement. Un des roulements a sa bague extérieure coulissante afin de lui permettre de prendre librement sa place.

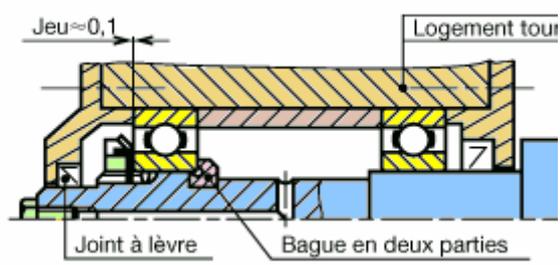
La nécessité de la rondelle de réglage est justifiée au § 19.44.

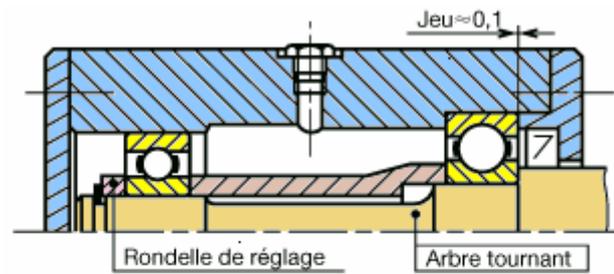
▷ **Logement tournant, charge de direction fixe.** À l'inverse du cas précédent, ce sont les deux bagues extérieures qui sont maintenues latéralement. La bague intérieure d'un des roulements est coulissante.



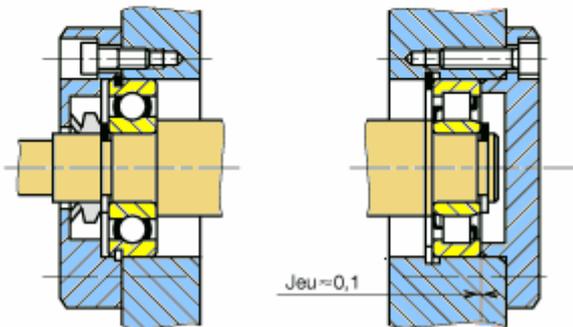
EXEMPLES DE FIXATIONS LATÉRALES :

▷ Un maintien latéral économique et particulièrement efficace est réalisé par écrou de blocage à encoches et rondelle frein pour la bague intérieure et à l'aide du couvercle pour la bague extérieure.

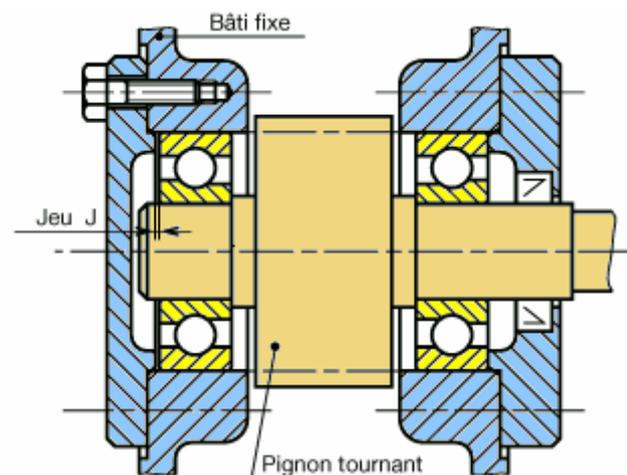




▷ Une autre solution également fort simple et peu encombrante, convenant particulièrement dans le cas de faibles charges axiales, peut être réalisée par anneaux élastiques.



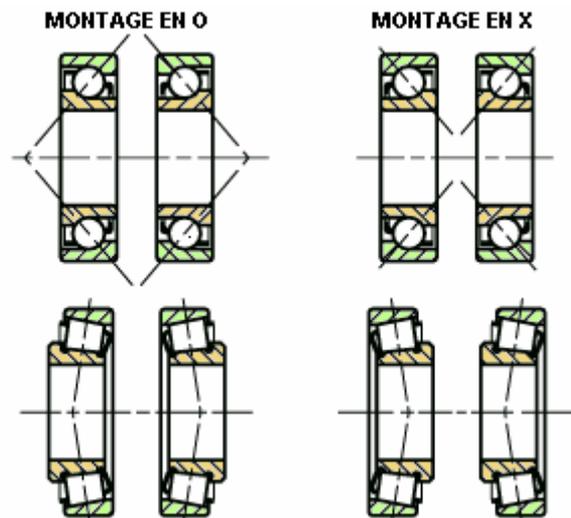
Il est possible, pour simplifier la construction, de se contenter d'appuyer les bagues contre des épaulements. **Les roulements sont montés en opposition.** Le roulement qui supporte la charge axiale a ses deux bagues en contact avec les épaulements correspondants. On prévoit, afin d'éviter des contraintes dues aux tolérances de fabrication ou aux dilatations, un jeu J égal à quelques dixièmes de millimètre entre la bague coulissante et son épaulement.



Ils sont habituellement utilisés par paires et montés en opposition. La position axiale de l'arbre est déterminée par les deux roulements. Les conditions de montage obéissent à des règles particulières. Pour les cas courants, on distingue deux principaux types de montage :

▷ **Le montage en X** (il est habituellement utilisé dans le cas d'un arbre tournant),

▷ **Le montage en O** (il est habituellement utilisé dans le cas d'un logement tournant).



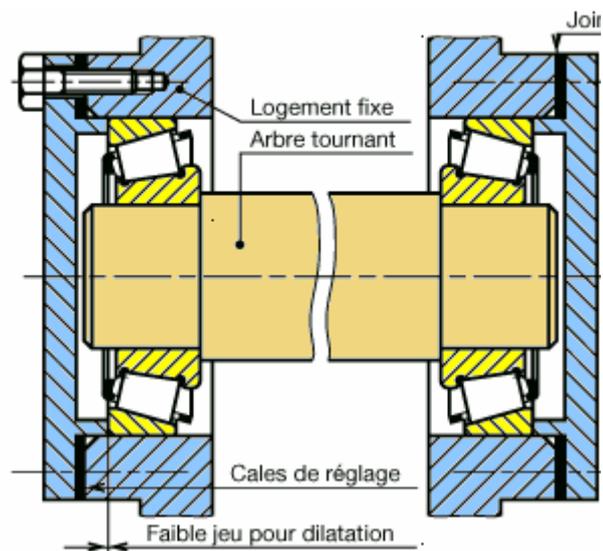
▷ Le montage en O (il est habituellement utilisé dans le cas d'un logement tournant).

Le montage de ces roulements nécessite un réglage du jeu de fonctionnement. Il doit être effectué en agissant sur les bagues coulissantes des roulements.

EXEMPLES :

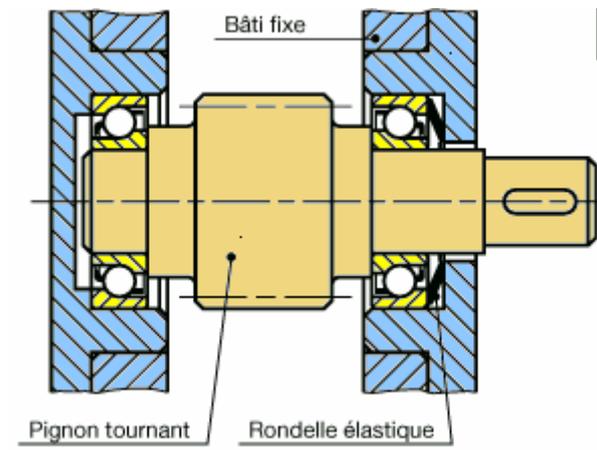
▷ Arbre «court» tournant, charge de direction fixe.

Le réglage du jeu est effectué à l'aide de cales de réglage en clinquant. Ces cales peuvent être avantageusement remplacées par une cale pelable Altermill* (précision du réglage 0,05).



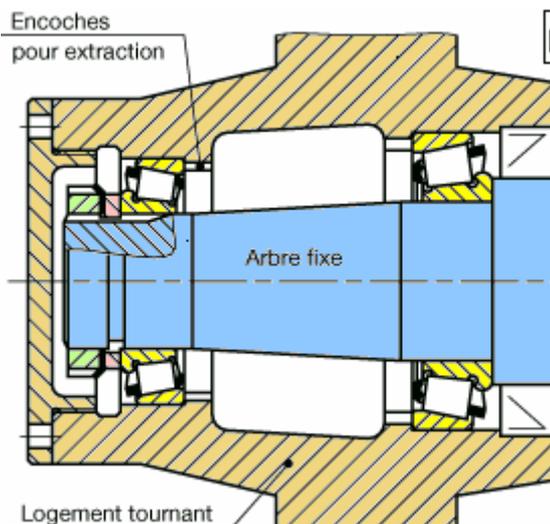
▷ **Arbre «long» tournant, charge de direction fixe.**

Si les roulements sont à grande distance l'un de l'autre, on évitera les contraintes dues à la dilatation en effectuant le serrage axial par l'intermédiaire d'un dispositif élastique (ressort hélicoïdal, rondelle élastique, patin de caoutchouc, etc.). Pour les roulements à billes à contact oblique, il existe dans le commerce des rondelles spécialement étudiées*.



▷ **Logement tournant, charge de direction fixe.**

Un réglage simple et précis est obtenu par écrou à encoches et rondelles frein (tableau 40.78). Afin d'obtenir une pression de contact uniforme il est nécessaire d'interposer entre la rondelle frein et la bague intérieure une rondelle plate. Cette rondelle est également immobilisée en rotation par une languette qui se loge dans une rainure de l'arbre.

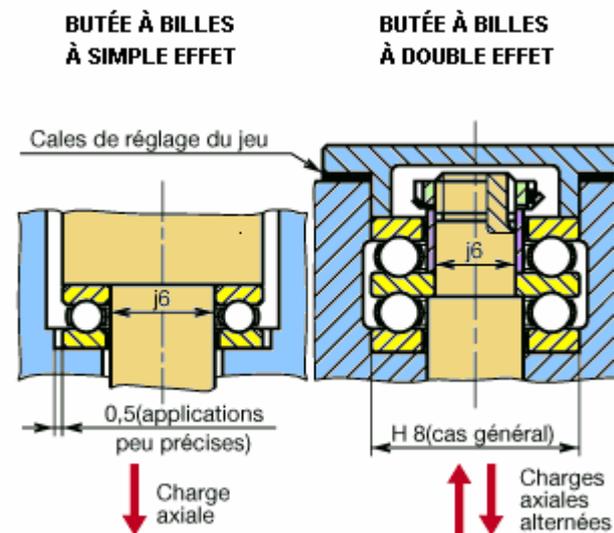


Une butée à billes ne supporte que des charges axiales. Elle ne peut guider un arbre en rotation.

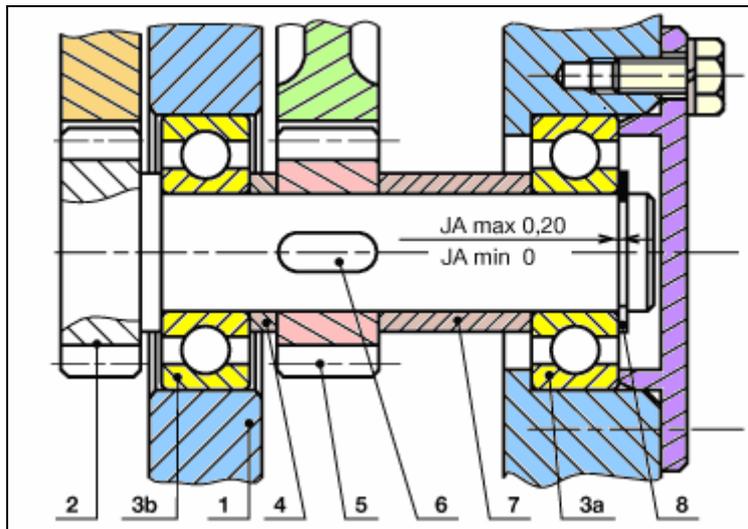
Il en résulte que le support des charges radiales et le guidage en rotation doivent être assurés par des roulements ou par un palier lisse (suivant la valeur des charges et de la vitesse).

La tolérance H8 (tableau § 40.51) détermine avec la (ou les) rondelle-logement un ajustement «libre».

Le montage d'une butée à billes sur un arbre horizontal nécessite quelques précautions particulières (voir l'exemple suivant).

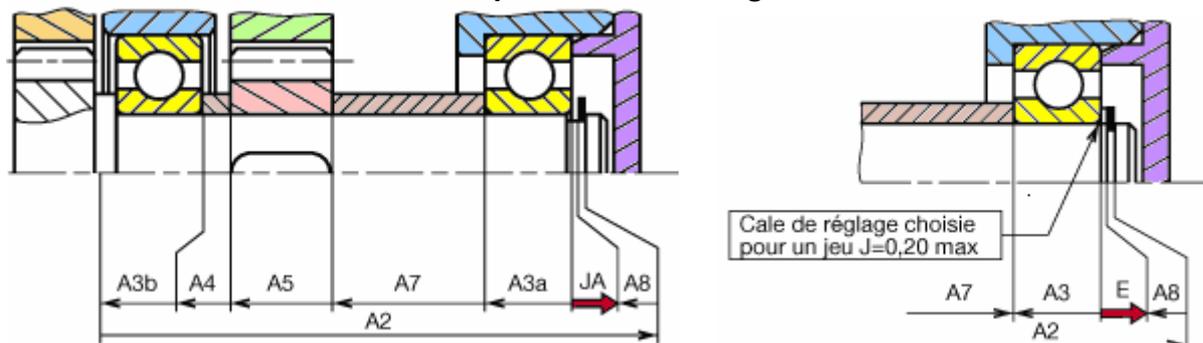


21. ANALYSE FONCTIONNELLE (COTATION FONCTIONNELLE)



Les pièces 3a et 3b, 4, 5, 6 et 7 étant montées sur l'arbre 2, il faut pouvoir glisser l'anneau élastique dans sa rainure. Cela sera possible s'il reste un jeu JA entre le roulement 3a et l'anneau élastique 8.

La chaîne minimale de cotes est représentée sur la figure ci-dessous :

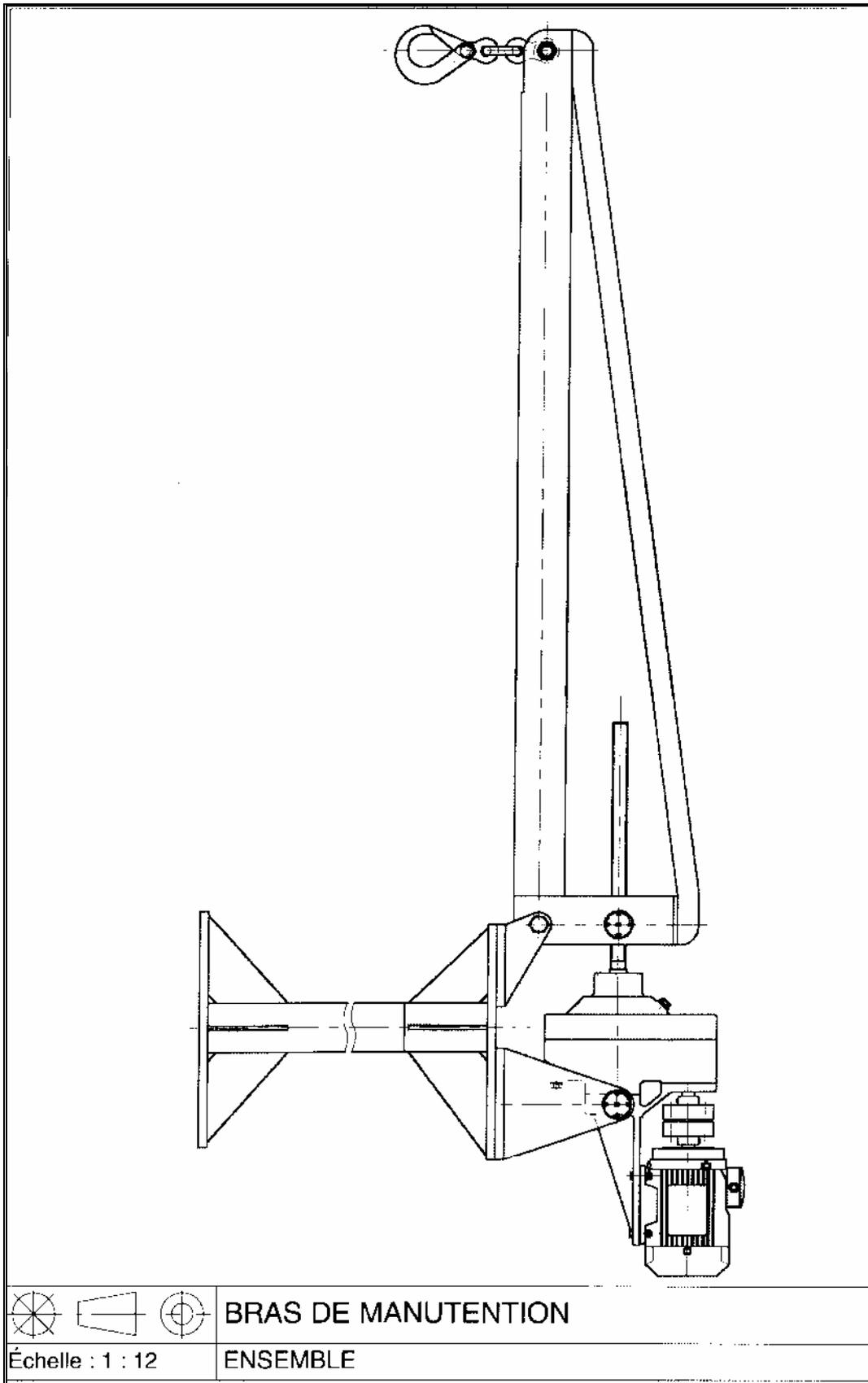


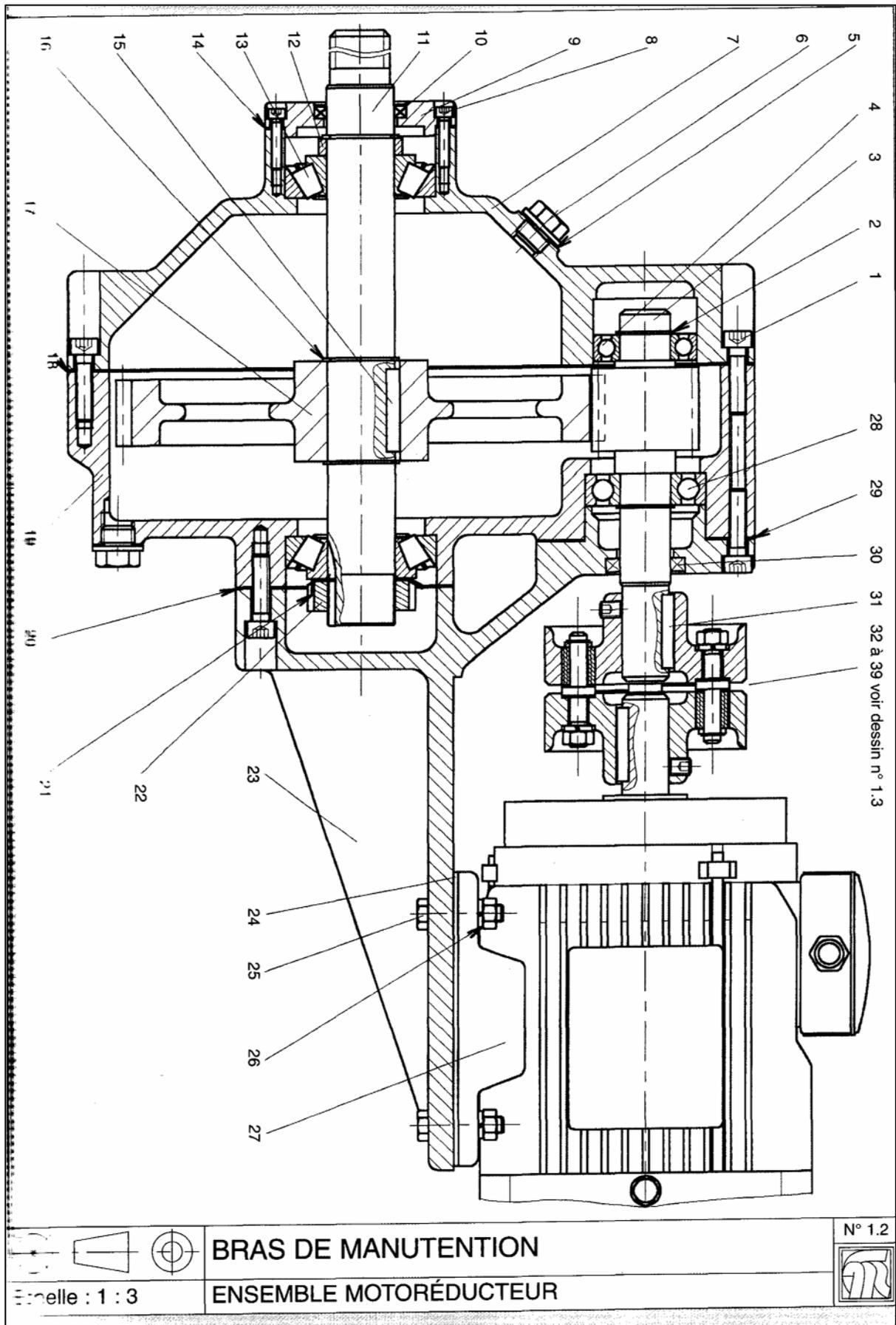
Le problème peut être résolu en interposant une cale de réglage entre le roulement et l'anneau élastique. L'épaisseur de la cale (E) se détermine dans la manière suivante :

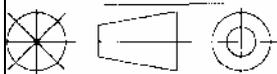
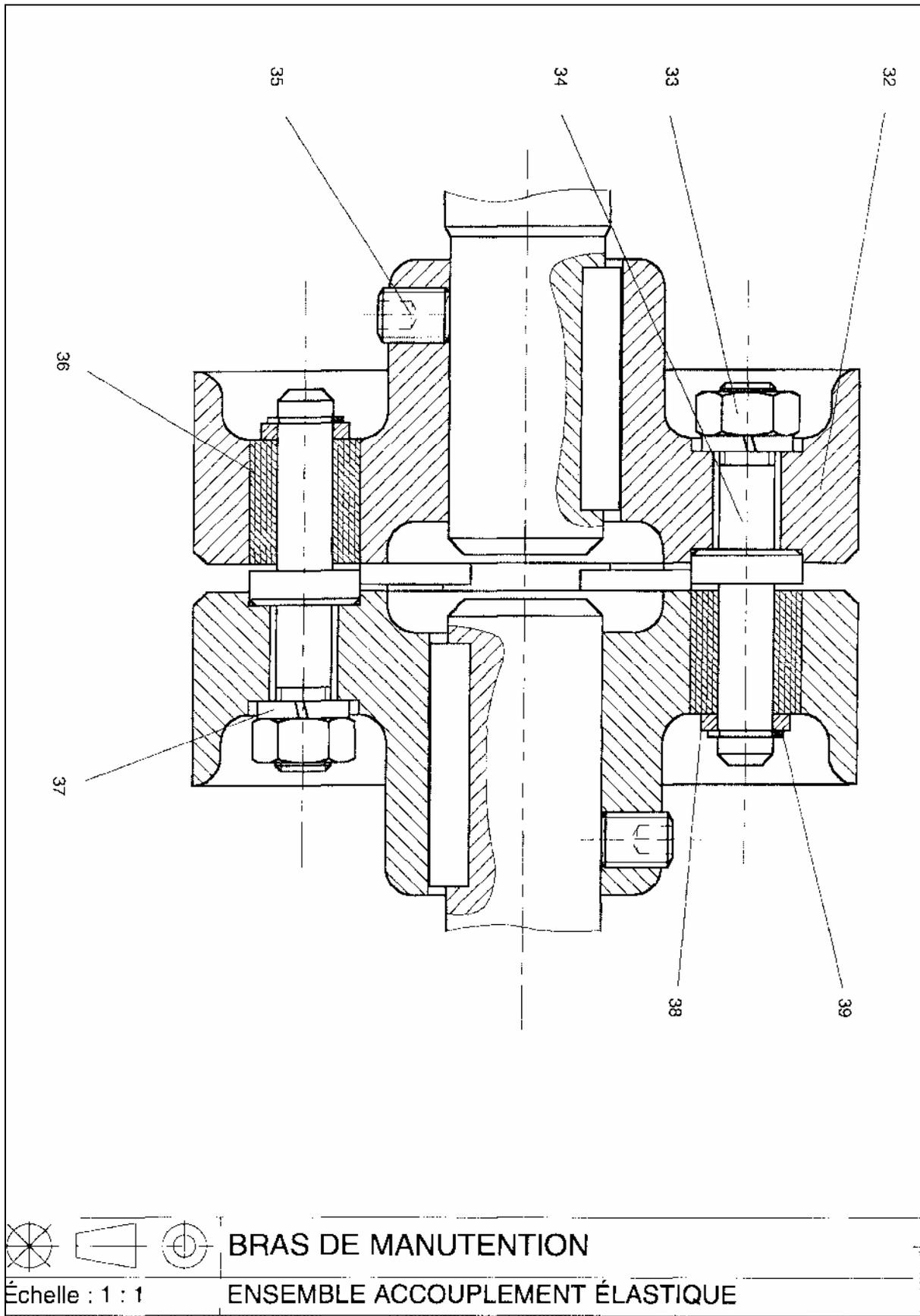
$E = A2 - (A3a + A7 + A5 + A4 + A3b + A8)$	
$A2 = 59 \pm 0,1$	$E_{\max} = A2_{\max} - (A3a_{\min} + \dots + A8_{\min})$
$A3 = 11 \begin{matrix} 0 \\ -0,12 \end{matrix}$	$E_{\max} = 59,1 - (10,88 + 2,95 + 12,95 + 18,95 + 10,88 + 0,94)$
$A7 = 19 \pm 0,05$	$E_{\max} = 59,1 - 57,55 = 1,55$
$A5 = 13 \pm 0,05$	
$A4 = 3 \pm 0,05$	$E_{\min} = A2_{\min} - (A3a_{\max} + \dots + A8_{\max})$
$A8 = 1H11 \begin{pmatrix} 0 \\ -0,06 \end{pmatrix}$	$E_{\min} = 58,9 - (11 + 3,05 + 13,05 + 19,05 + 11 + 1)$
	$E_{\min} = 58,9 - 58,15 = 0,75$

Exemple 2 :

Lire et interpréter le dessin d'ensemble «Bras de manutention» : montage roulements.



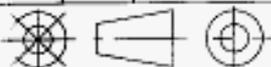


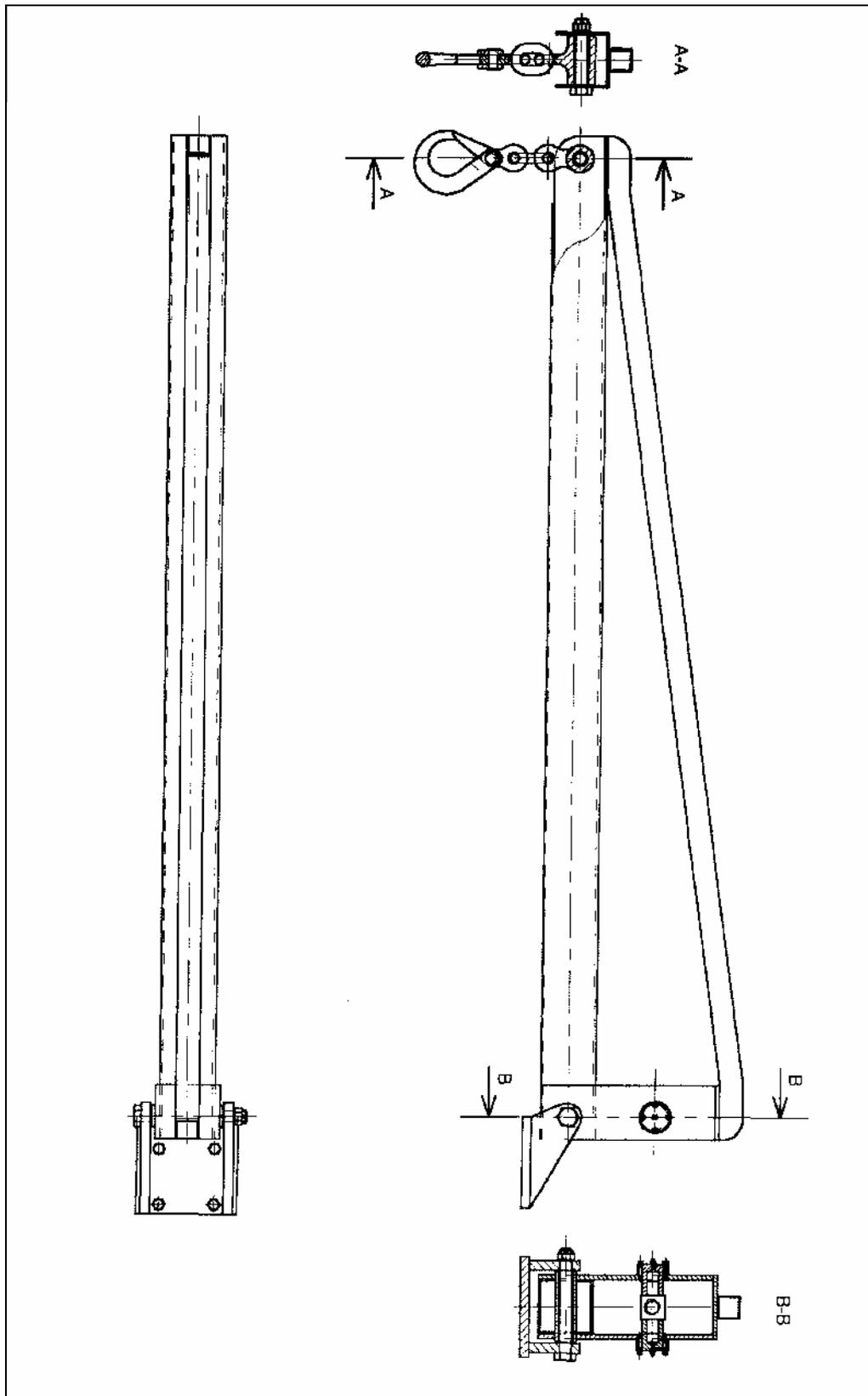


BRAS DE MANUTENTION

Échelle : 1 : 1

ENSEMBLE ACCOUPLEMENT ÉLASTIQUE

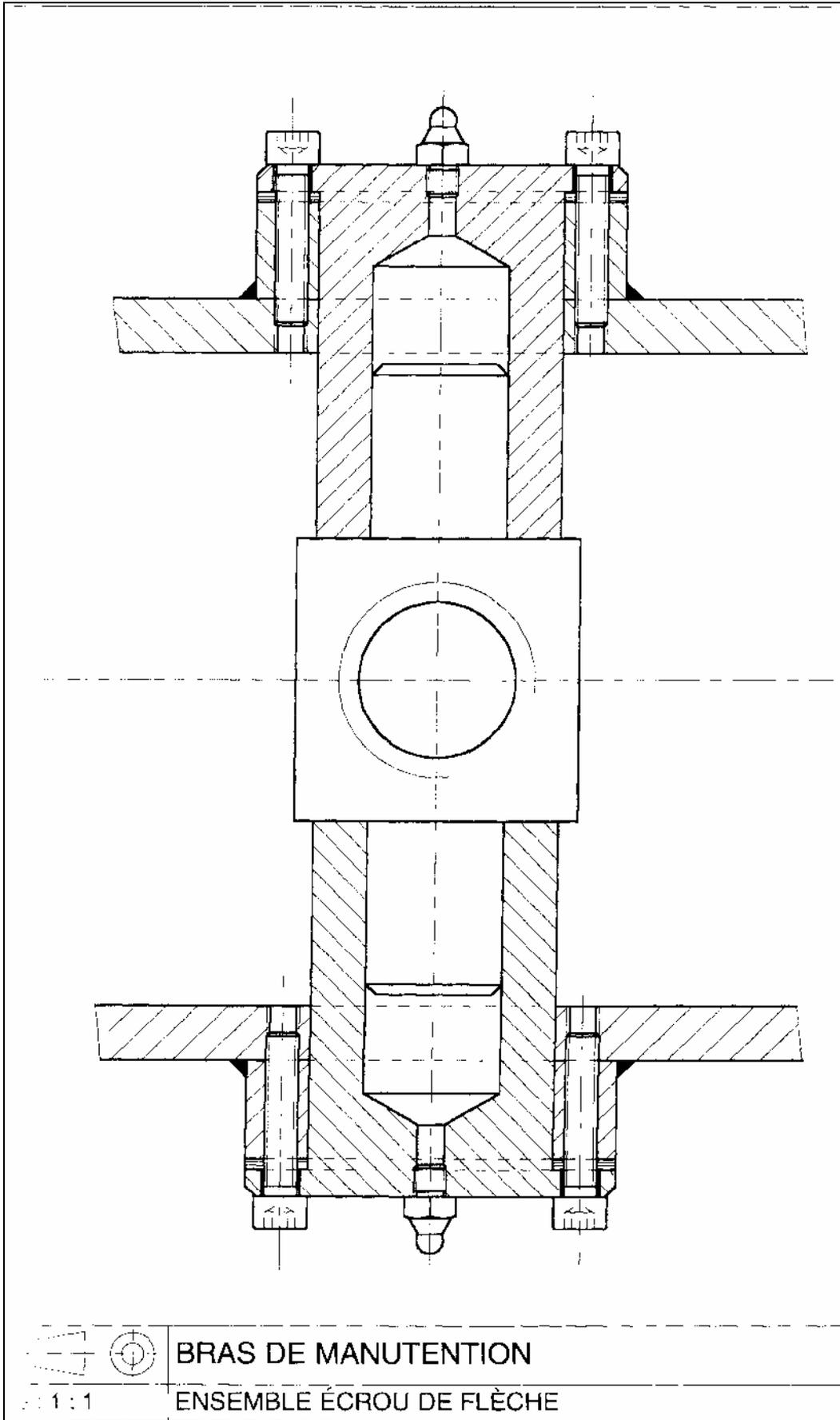
39	6	Anneau élastique pour arbre 10x1		NF E 22-163
38	6	Rondelle de maintien	E 335	
37	6	Rondelle W-10		NF E 25-515
36	6	Manchon caoutchouc		
35	2	Vis sans tête à bout plat HC, M10-12		NF E 27-180
34	6	Axe de transmission	37 Cr 4	
33	6	Écrou H M10		NF E 25-401
32	2	Plateau d'accouplement	GE 350	
31	2	Clavette parallèle de forme A 8x7x45		NF E 22-177
30	1	Joint à lèvres type IEL 30x47x7		DIN 3760
29	1	Joint de corps supérieur	Papier armé imprégné	
28	1	Roulement à contact radial 30-BC 03 X		SNR 6306
27	1	Moteur « Leroy-Somer » LS 112 M/8		
26	4	Rondelle W-10		NF E 25-515
25	4	Boulon H M10-45, écrou H		NF E 25-112 et 401
24	1	Cale	Tôle	
23	1	Support moteur	FGL 400	
22	1	Écrou à encoche KM Nu 8 M40x1,5		NF E 22-307
21	1	Rondelle frein MB Nu 8 J40		NF E 22-306
20	1	Joint de corps inférieur	Papier armé imprégné	
19	1	Corps	FGL 350	
18	1	Joint de carter avant	Papier armé imprégné	
17	1	Roue dentée	GE 360	
16	2	Anneau élastique pour arbre 40x1,75		NF E 22-163
15	1	Clavette parallèle forme A 12x8x50		NF E 22-177
14	1	Joint de chapeau avant	Papier armé imprégné	
13	2	Roulement à rouleaux coniques 40-KB 03 X		SNR 313008V
12	1	Entretoise	C 40	
11	1	Arbre fileté	37 Cr 4	
10	1	Joint à lèvres « Paulstra » type IEL 40x55x7		DIN 3760
9	1	Chapeau avant	FLG 350	
8	4	Vis CHC M6-30		NF E 25-125
7	1	Carter avant	FLG 350	
6	2	Joint circulaire de type A 20	Papier armé imprégné	
5	2	Bouchon	Cu Zn 39 Pb	
4	2	Roulement à billes à contact radial 30-BC 02 X		SNR 6206
3	1	Pignon arbré	C 40	
2	2	Anneau élastique pour arbre 30x1,5		NF E 22-163
1	12	Vis CHC M10-40		NF E 25-125
Rep.	Nb	Désignation	Matière	Observation
		BRAS DE MANUTENTION		N° 1.4
		NOMENCLATURE MOTORÉDUCTEUR		

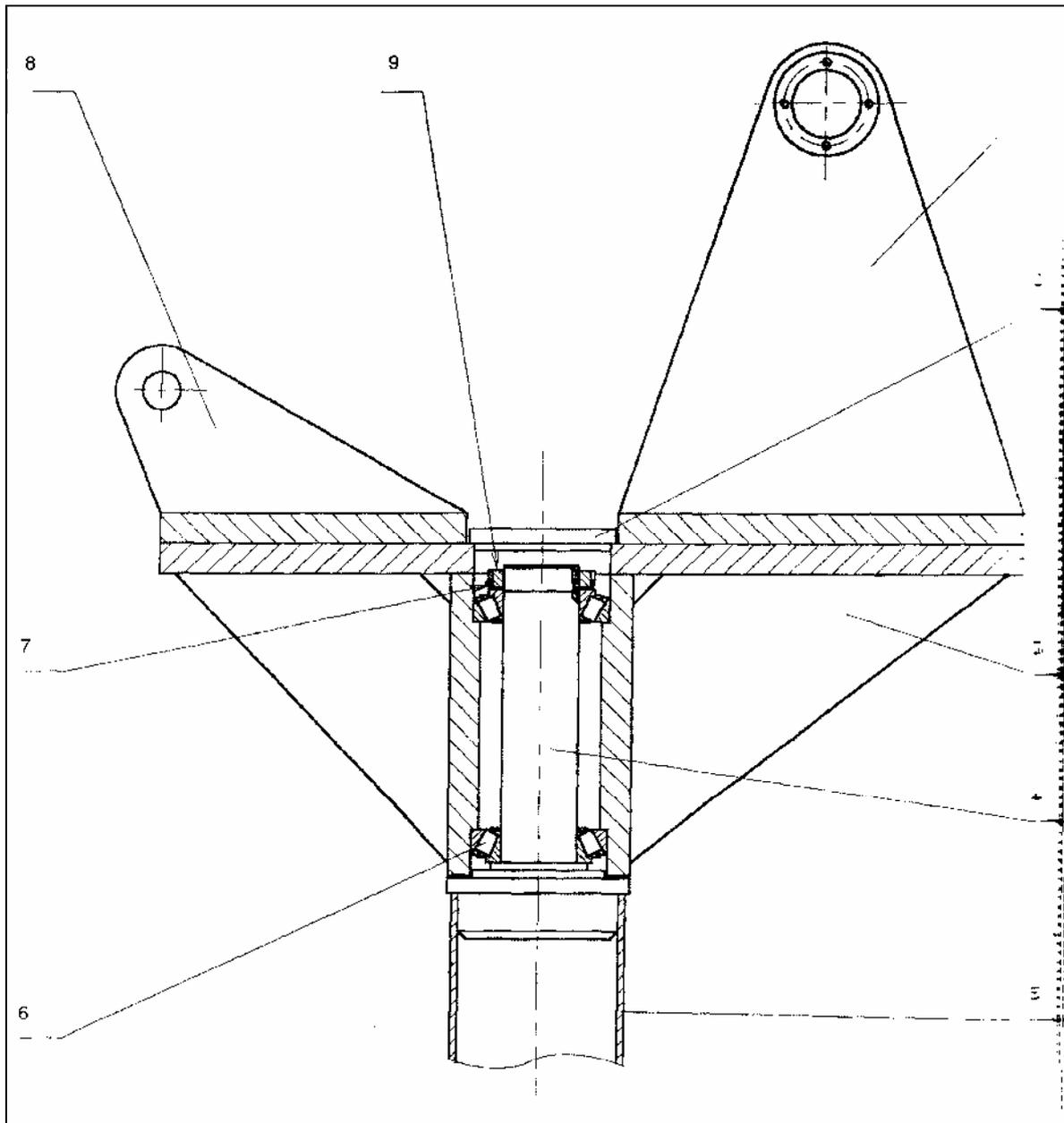


BRAS DE MANUTENTION

Échelle : 1 : 12

ENSEMBLE FLÈCHE





9	1	Écrou à encoches KM 50		
8	1	Chape de flèche	E 295	Mécano-soude
7	1	Rondelle frein MB 50		
6	2	Roulement 50 KB 02		SNR 30210 VC 12
5	1	Colonne	Tube \varnothing 114,3	NF A 49-501
4	1	Fusée	E 295	
3	1	Plateau tournant	E 295	Mécano-soude
2	1	Bouchon	E 295	
1	1	Chape de motoréducteur	E 295	Mécano-soude
Rep.	Nb	Désignation	Matière	Observation

BRAS DE MANUTENTION

Échelle : 1 : 4 **PIVOT**

Bibliographie :

Guide du dessinateur industriel

A. Chevalier

Guide du technicien en productique

A. Chevalier

Construction mécanique

Jean –Marc Célarier