



**OFPPT**

**ROYAUME DU MAROC**

**مكتب التكوين المهني وإنعاش الشغل**

*Office de la Formation Professionnelle et de la Promotion du Travail*

*DIRECTION RECHERCHE ET INGENIERIE DE FORMATION*

**RÉSUMÉ DE THÉORIE  
&  
GUIDE DES TRAVAUX PRATIQUES**

<b>MODULE</b>	<b>TECHNOLOGIE PROFESSIONNELLE</b>
<b>N° 14</b>	<b>( PARTIE 2 )</b>

**SECTEUR : FABRICATION MECANIQUE**

**SPECIALITE : TFM**

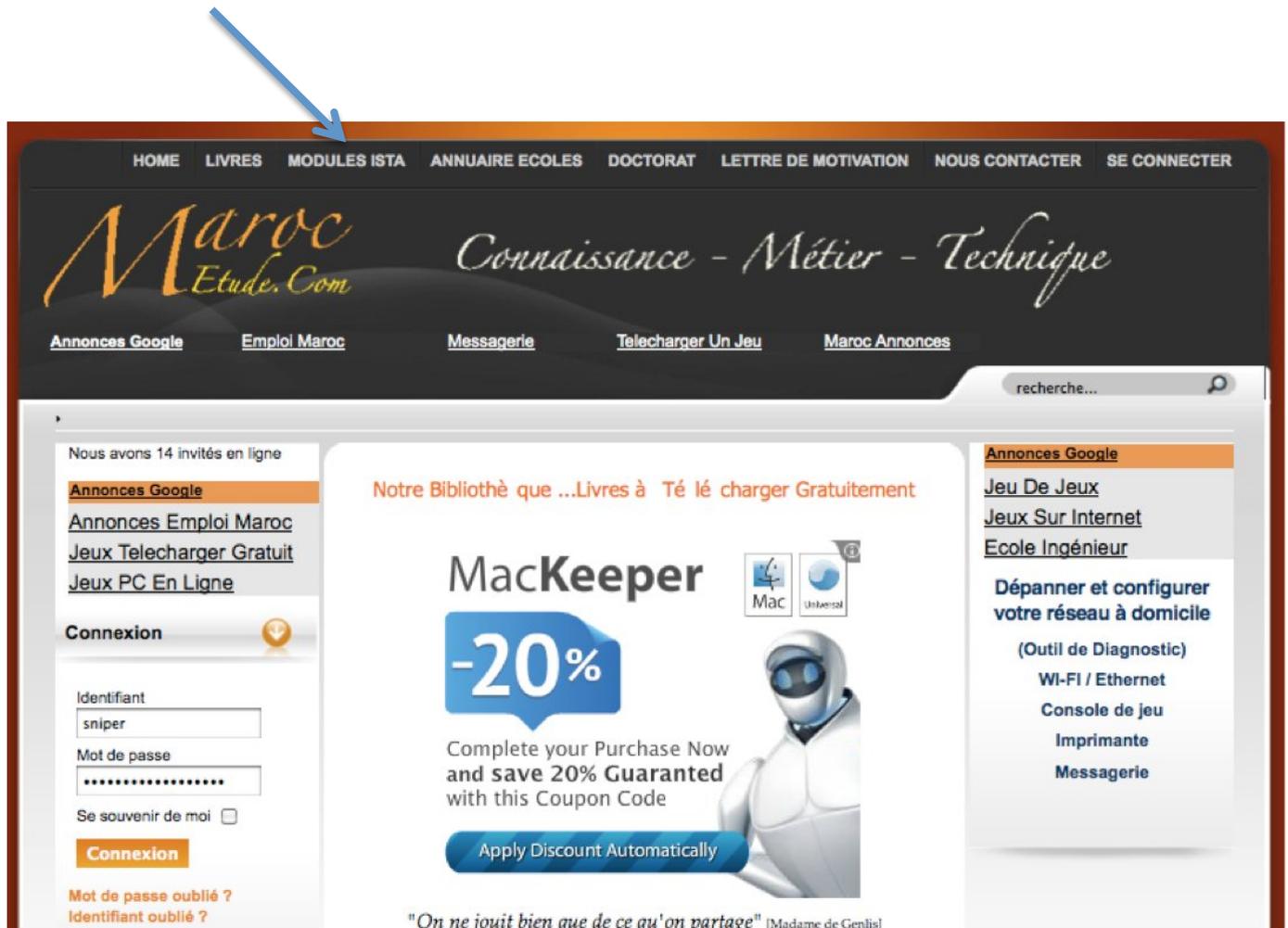
**NIVEAU : T**

## 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](http://www.marocetude.com)

Pour cela visiter notre site [www.marocetude.com](http://www.marocetude.com) et choisissez la rubrique :

[MODULES ISTA](#)



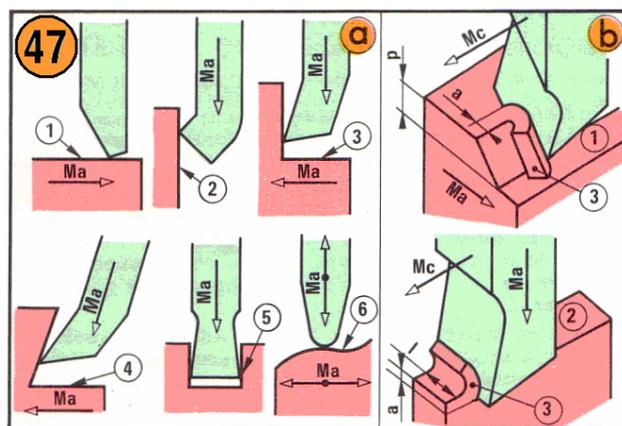
The image shows a screenshot of the website [www.marocetude.com](http://www.marocetude.com). At the top, there is a navigation menu with the following items: HOME, LIVRES, **MODULES ISTA**, ANNUAIRE ECOLES, DOCTORAT, LETTRE DE MOTIVATION, NOUS CONTACTER, and SE CONNECTER. A blue arrow points to the 'MODULES ISTA' link. Below the navigation menu is the website's logo, 'Maroc Etude.Com', and the tagline 'Connaissance - Métier - Technique'. There are also several utility links: Annonces Google, Emploi Maroc, Messagerie, Telecharger Un Jeu, and Maroc Annonces. The main content area features a search bar and a central banner for MacKeeper with a -20% discount. On the left, there is a sidebar with a login section and a list of links including 'Annonces Google', 'Annonces Emploi Maroc', 'Jeux Telecharger Gratuit', and 'Jeux PC En Ligne'. On the right, there is another sidebar with links for 'Jeu De Jeux', 'Jeux Sur Internet', 'Ecole Ingénieur', and 'Dépanner et configurer votre réseau à domicile'.

## 1. Rabotage

### 6.1 Production par rabotage

- **Étaux-limeurs**

Ces machines permettent le dressage, le rainurage, le profilage (fig. 47) sur pièces courtes ( $l \leq 600$  mm).

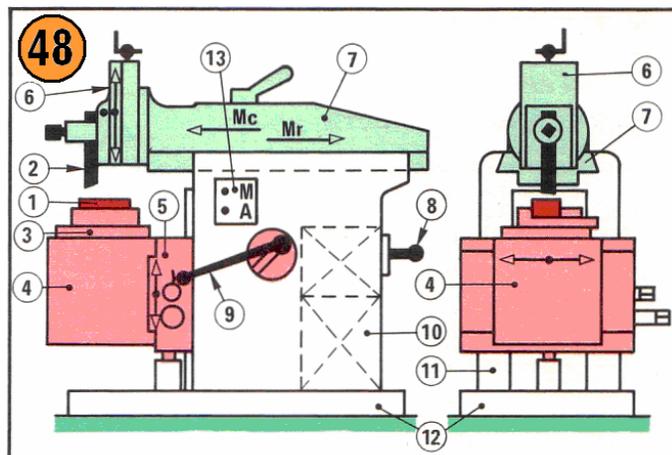


#### Opérations de rabotage

**a) Principales opérations.** Dressages horizontal (1) à l'outil à charioter ; vertical (2) à l'outil à charioter coudé. Angles dièdres rentrants (3) (4) à l'outil à dresser. Rainurage (5) à l'outil à rainurer. Profilage (6) à l'outil à retoucher.

**b) Modes d'action.** (1) Chariotage ; (2) Plongée ; (3) Copeau.

Tous les **étaux-limeurs** présentent la même disposition et ne diffèrent que par leurs caractéristiques (fig. 48).



#### Étau-limeur

Schéma d'une machine simple. (1) Pièce ; (2) Outil ; (3) Etau ; (4) Table ; (5) Chariot ; (6) Chariot porte-outil ; (7) Coulisseau ; (8) Levier de réglage de la boîte des vitesses ; (9) Système d'avance automatique ; (10) Moteur ; (11) Bâti ; (12) Socle ; (13) Contacteur. Mouvements de coupe Mc, de retour Mr.

Course du coulisseau :  $L = 150$  à  $600$  mm.

Hauteur entre la table et l'outil :  $150$  à  $400$  mm.

Course du chariot :  $150$  à  $400$  mm.

Puissance du moteur :  $0,7$  à  $7$  kW.

Nombre de courses du coulisseau par minute :  $n = 50$  à  $200$  c/mn.

Avance du chariot par course :  $a = 0,1$  à  $1$  mm/c.

### • Outils de rabotage

Ce sont des outils normalisés, à corps prismatiques, à partie active en acier rapide ou en carbure.

### • Mouvements relatifs outil-pièce

Deux mouvements coordonnés sont nécessaires :

Mc mouvement de coupe, rectiligne alternatif de l'outil ;

Ma mouvement d'avance, rectiligne discontinu, produit en fin de course « retour » du coulisseau et appliqué :

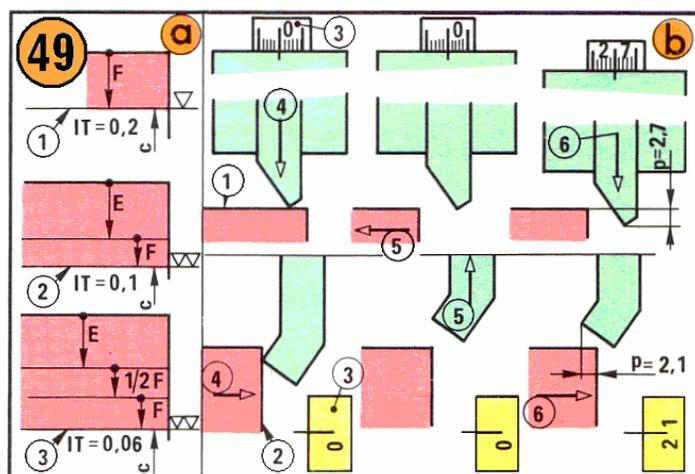
- à la pièce (rabotage horizontal) ;
- à l'outil (rabotage vertical ou oblique).

### • Production d'une surface

Une surface peut être produite par chariotage (*déplacement progressif de la surface sous le bec de l'outil*) ou par plongée (*profil de l'outil identique à celui de la surface de faible largeur*) (fig. 47).

Suivant la puissance de la machine, la surépaisseur  $s$  à couper et les tolérances à respecter ( $IT$  sur la cote ; état superficiel  $\nabla$  ou  $\nabla\nabla$ ), la production d'une surface par chariotage peut nécessiter :

- une seule passe finition directe ;
- une ou plusieurs passes d'ébauche (*profondeur de passe  $p$  aussi grande que possible ;  $a = 0,25$  à  $1$  mm/c*) et, une passe de finition ( $p = 0,2$  à  $0,6$  mm ;  $a = 0,1$  à  $0,25$  mm/c). Un travail très précis (fig. 49) exige une passe de demi-finition identique à la passe de finition. La surépaisseur  $s$  peut donc être enlevée en une seule passe ou bien répartie entre plusieurs passes.



#### Profondeur de passe

**a) Répartition des passes.** Suivant cote  $c$ ,  $IT$  et état superficiel, E. Ebauche ;  $1/2 F$  Demi-finition ; F. Finition, avec  $1/2 F = F = 0,2$  à  $0,6$  mm.

**b) Réglage au tambour gradué (3)** en chariotage horizontal (1), vertical (2). (4) Contact outil-pièce et tambour gradué à zéro ; (5) Dégagement ; (6) Réglage.

**Exemple :** Pour  $s = 4$  mm, en réservant 0,3 mm pour la finition et autant pour la demi-finition, il reste 3,4 mm pour l'ébauche, réalisable en une seule passe.

### 6.2 Dressage par chariotage horizontal

Analyse de l'opération 2 (fig. 50) : dressage de la face (1) avec  $s = 2,7$  mm ;  $IT = 0,2$  mm ; état superficiel  $\nabla$ .

OPÉRATIONS		OUTILLAGE		CONTROLE	
1	Ébavurer, contrôler le brut 22 x 40 x 129	Lime		Calibre à coulisse	
2	Dresser. Chariotage horizontal Cotes $\pm 0,1$	Outil à charioter			
3	Face 1 19,3	p	a	n	Equerre
4	Chant 2 38,3	2,7	0,4	80	
5	Chant 3 36,5	1,7	0,4	80	calculer p
6	Face 4 16,5	0,4	0,4	80	
7	Dresser. Chariotage vertical	Outil à charioter coudé			
8	Bout 5 126,9	2,1	0,4	160	calculer p
9	Bout 6 125,5	0,4	0,4	160	
ÉBAUCHE		Acier, R = 65 hbar			

#### Instructions détaillées

La pièce brute a 22 x 40 X 129 mm. La surépaisseur moyenne par surface (2 mm) et la tolérance dimensionnelle (0,2 mm) permettent une seule passe par surface. L'état superficiel (traits sensibles au toucher) impose une forte avance par course. Les grandes SR (1) (2) doivent être produites au début.

- **Déterminer le processus**

Les données permettent le dressage en une seule passe  $p = 2,7$  mm ;  $a = 0,4$  mm/c.

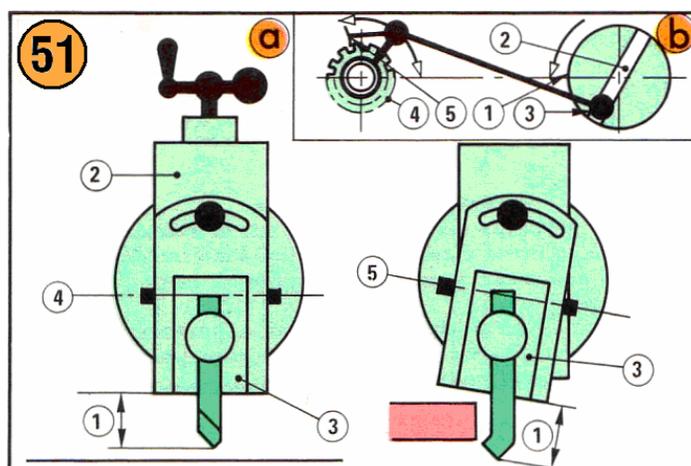
- **Choisir et monter l'outil**

L'outil à charioter droit, doit avoir une référence propre, non détériorée et une arête tranchante bien vive.

Immobiliser l'outil verticalement dans le porte-outil (fig. 51), dépassant le moins possible ; s'assurer du contact des références de l'outil et du porte-outil ainsi que du fonctionnement du volet porte-outil dont l'oscillation permet à l'outil de se dégager de la pièce pendant le retour du coulisseau.

- **Fixer la pièce dans l'étau**

L'étau-limeur est débrayé. La pièce (placée sur une cale, si nécessaire), au milieu de l'étau, dépasse au-dessus des mors (surépaisseur  $s + 2$  mm). Pendant le serrage de l'étau, assurer le contact cale – étau – pièce en frappant légèrement avec une massette. Après serrage énergique, la cale doit être coincée entre la pièce et le fond de l'étau.

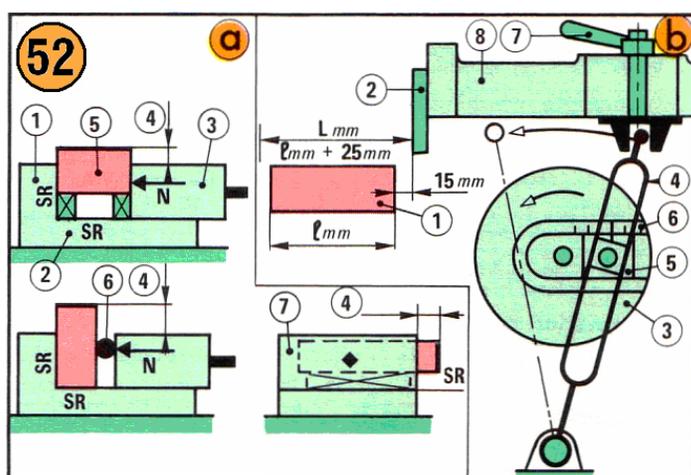


### Réglages

**a) Porte-outil.** (1) Dépassements à réduire ; (2) Chariot porte-outil ; (3) Volet oscillant réglé pour chariotage horizontal (4), vertical (5). **b) Avance.** (1) Tambour (un tour par course) ; (2) Rainure ; (3) Maneton excentré ; (4) Rochet de la vis de chariot ; (5) Cliquet (un aller et retour par course).

### • Procéder aux réglages

Course du coulisseau :  $L$  mm. Sur machine simple, disposer le plateau et le balancier suivant fig. 52 ; desserrer l'écrou du maneton et faire glisser le coulisseau jusqu'à coïncidence entre l'index du maneton et la longueur de course désirée. Desserrer l'écrou à poignée du coulisseau et déplacer celui-ci pour situer l'outil à 15 mm du bout de la pièce ; bloquer l'écrou à poignée.



### Ablocage. Réglages

**a) Ablocage en étau :** (1) Mors fixe ; (2) Base ; (3) Mors mobile ; (4) Dépassement ; serrage direct (5), sur cylindre (6), pour dressage vertical (7).

### b) Réglage de la course :

(1) Pièce ; (2) Outil ; (3) Plateau ; (4) Balancier ; (5) Maneton ; (6) Graduations ; (7) Ecrou à poignée ; (8) Coulisseau.

**Nombre de courses par minute du coulisseau :**  $n$  c/mn. Assurer la valeur figurant sur la fiche d'instructions en plaçant le levier de la boîte des vitesses à la position indiquée par le tableau de réglage.

**Avance automatique du chariot :**  $a$  mm/c. Sur machine simple, assurer la valeur désirée en excentrant le maneton commandant la bielle et le cliquet ; l'avance, lue sur le tambour gradué de la vis du chariot, doit s'effectuer pendant le retour du coulisseau (fig. 51).

**Contact outil-pièce.** Situer la pièce sous l'outil. Descendre lentement le chariot porte-outil jusqu'à contact léger de la pointe de l'outil avec la pièce ; régler le tambour gradué au zéro et dégager la pièce en soulevant l'outil (fig. 49).

**Profondeur de passe** :  $p$  mm. Calculer le nombre de graduations correspondant à  $p$  mm désiré. (Exemple : une graduation 0,1 mm ;  $p = 2,7$  mm = 27 graduations). Descendre l'outil du nombre de graduations calculé ; si la graduation prévue est dépassée, tourner la manivelle d'un demi-tour en sens inverse et refaire le réglage, pour éviter les erreurs dues au jeu entre vis et écrou du chariot.

- **Prendre la passe**

Approcher la pièce de l'outil, embrayer Mc puis abaisser le cliquet d'avance automatique. Pendant la passe, ne toucher à aucun organe en mouvement ni à l'outil. En fin de passe, débrayer l'avance puis la machine. Contrôler.

### 6.3 Dressage par chariotage vertical

Analyse de l'opération 6 (fig. 50) : dressage du bout (5) avec  $s = 2,1$  mm ; IT = 0,2 mm ; état superficiel  $\nabla$ .

- **Déterminer le processus**

Les données permettent le dressage en une seule passe  $p = 2,1$  mm ;  $a = 0,4$  mm/c.

- **Choisir et monter l'outil**

Outil à charioter coudé (fig. 51). Incliner le volet porte-outil ( $\approx 15^\circ$ ) pour dégager l'outil au retour ; fixer l'outil verticalement assurer un dépassement compatible avec l'épaisseur de la pièce.

- **Fixer la pièce dans l'étau**

Assurer un dépassement latéral suffisant ( $\approx 10$  mm).

- **Procéder aux réglages**

**Course du coulisseau** : nombre de courses par minute.

**Contact outil-pièce.** Par déplacement du chariot, porte-pièce ; dégager l'outil au-dessus de la pièce (fig. 49).

**Profondeur de passe.** Par déplacement de la table,

- **Prendre la passe**

Approcher l'outil de la pièce, embrayer ; à chaque retour du coulisseau, descendre l'outil de la quantité  $a$  mm/c prévue en tournant la manivelle du chariot porte-outil. En fin de passe, débrayer. Contrôler,

## 2. La rectification

C'est une opération de finition des pièces qui ont été préalablement ébauchées. Elle permet une amélioration de la précision :

- dimensionnelle (indices de qualité couramment obtenus : 7, 6 et 5),
- de position géométrique,
- de qualité de surface (forme et rugosité).

Les progrès réalisés dans l'élaboration des meules, dans la rigidité et la puissance des machines font que la rectification concurrence parfois les techniques d'usinage par coupe dans les travaux de surfaçage, filetage.

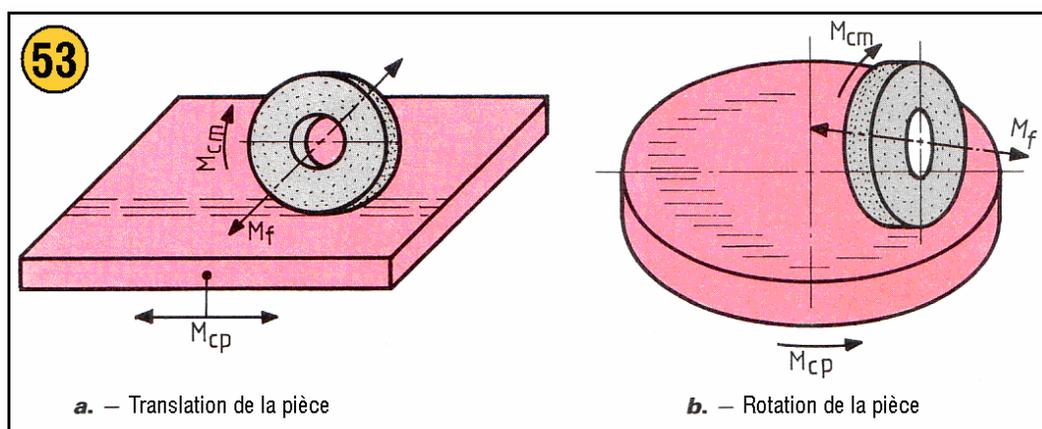
### Exemple :

Surfaçage direct sur des ébauches laminées, l'épaisseur totale à enlever peut atteindre 1 mm.

### 7.1 Rectification des surfaces planes

- **Par meulage de profil**

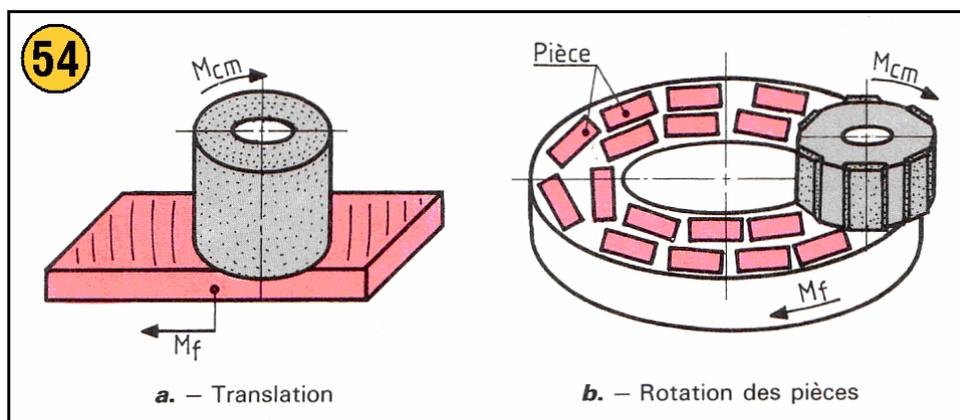
La meule plate travaille sur la périphérie, la pièce est animée du mouvement rectiligne alternatif ou circulaire continu (fig. 53).



- **Par meulage de face**

On utilise une meule boisseau (cylindrique ou conique) ou à segments.

La pièce est animée d'un mouvement de génération rectiligne ou continu (fig. 54).



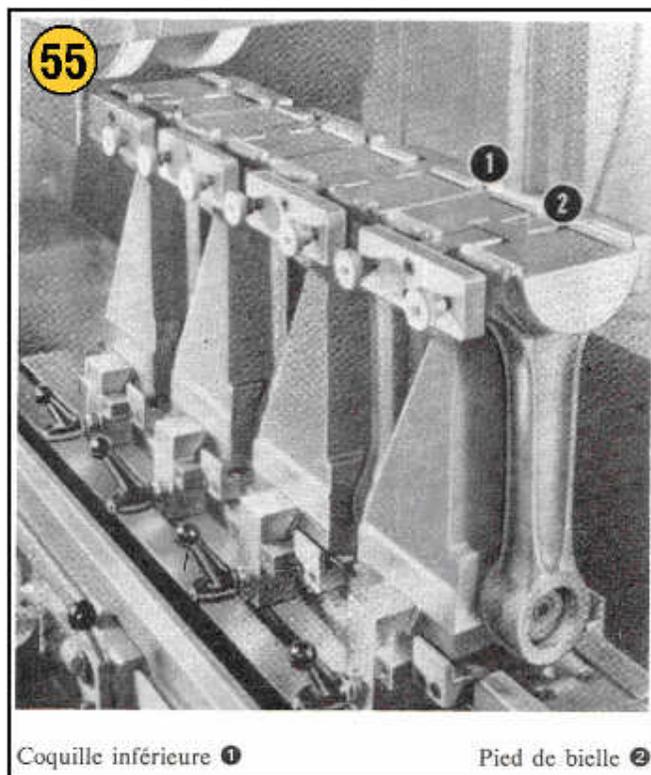
## 7.2 Rectification des profils

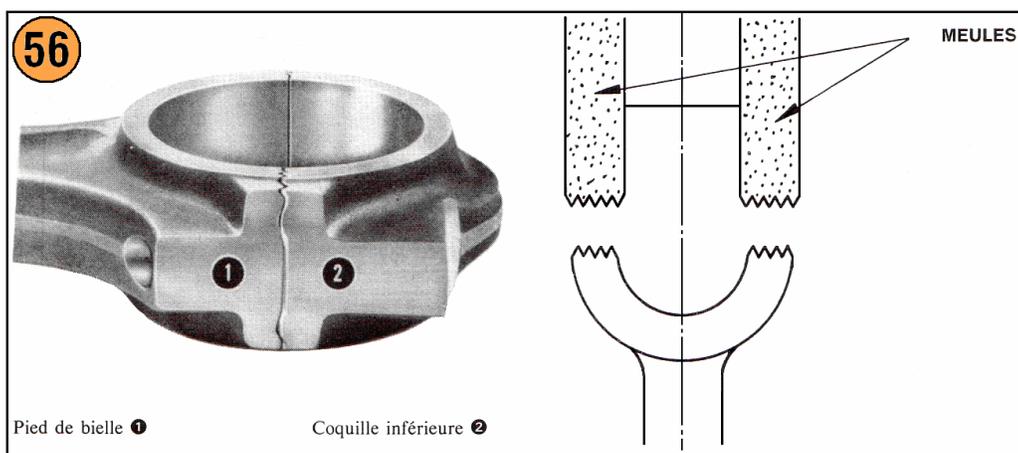
Les meules sont taillées pour obtenir le profil souhaité. Après la prise de passe la table est animée d'un mouvement d'avance rectiligne continu.

Les meules sont réaffûtées périodiquement à l'aide d'une molette.

### Exemple :

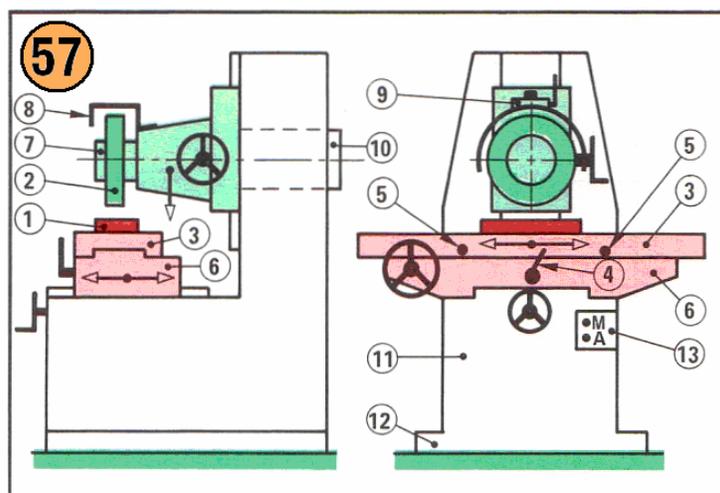
Rainurage par rectification des faces d'assemblage de pieds de bielles (fig. 55 et 56).





- **Rectifieuses planes tangentielles**

Sur les pièces semi-finies par coupe à l'outil, la finition par rectification à la meule assure des valeurs très réduites pour toutes les tolérances qui définissent les surfaces planes. Les opérations courantes de dressage et profilage se font sur des **rectifieuses planes tangentielles** à broche horizontale la surface rectifiée est engendrée par la périphérie d'une meule plate (fig. 57 et 58).



### Rectifieuse plane

**Schéma d'une machine simple (à commande hydraulique).**

(1) Pièce ; (2) Meule plate ; (3) Table ; (4) Levier d'inversion ; (5) Butées ; (6) Chariot ; (7) Broche porte-meule ; (8) Carter de meule ; (9) Chariot porte-diamant ; (10) Moteur ; (11) Bâti ; (12) Socle ; (13) Contacteur.

Ces rectifieuses tangentielles sont caractérisées par :

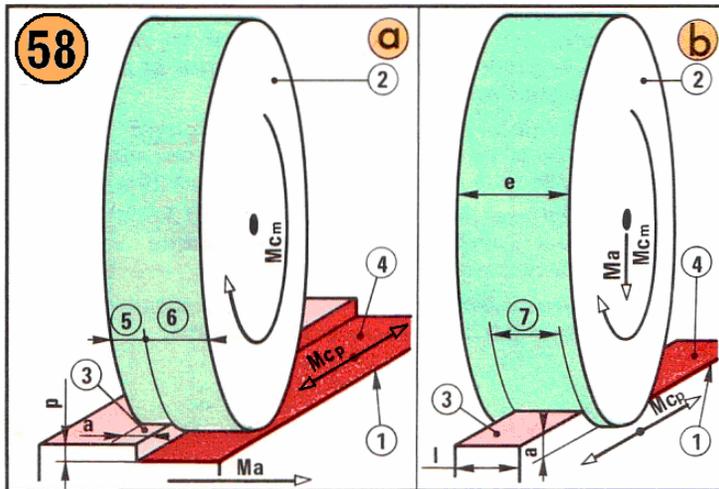
Course de la table : 250 mm à 1 m.

Course du chariot : 100 à 250 mm.

Vitesse maximale de la table 15 m/mn.

Avances du chariot par course  $a = 0,05$  à 5 mm/c.

Dimensions des meules plates utilisées.



**Mode d'action**

(1) Pièce ; (2) Meule ; surfaces (3) avant la course et (4) après la course. **a) Chariotage.** À chaque course, la pièce avance la zone (5) produit une étroite surface, la zone (6) régularise la surface.

**b) Plongée.**  $l < e$ . À chaque course, la meule descend ; la zone (7) produit toute la surface.

• **Meules pour rectification plane**

Leurs caractéristiques doivent être adaptées au matériau à rectifier :

Acier non trempé : A38-H8V.

Acier trempé : A46-I8V.

Fonte : C36-J8V.

• **Mouvements relatifs meule-pièce**

Trois mouvements coordonnés sont nécessaires pour produire une surface (fig. 58).

$M_{c_m}$ . Mouvement de coupe circulaire continu de la meule.

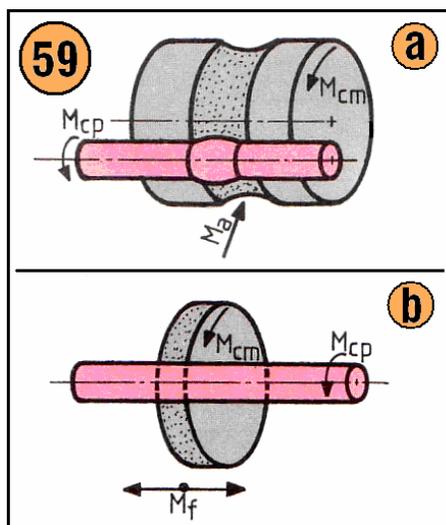
$M_{c_p}$ . Mouvement rectiligne alternatif de la pièce :

Acier trempé et fonte : 10 m/mn.

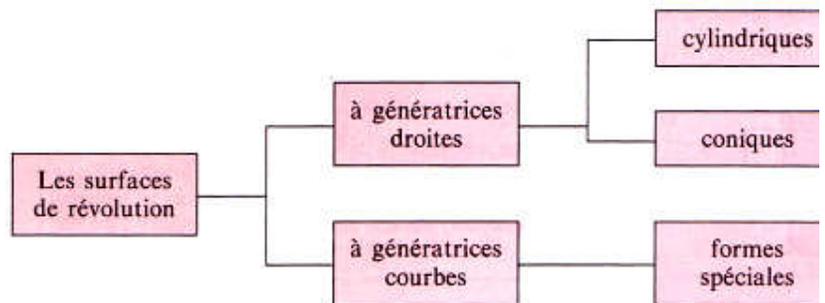
Acier non trempé : 8 m/mn.

$M_a$ . Mouvement d'avance rectiligne discontinu de la pièce (*chariotage*), de la meule (*plongée*).

**7.3 Rectification des surfaces de révolution**



On distingue :



**Mouvements nécessaires à l'usinage**

a)  $M_{cm}$ ,  $M_{cp}$  et  $M_a$  pour la génération linéaire ;

b)  $M_{cm}$ ,  $M_{cp}$ ,  $M_f$  et  $M_a$  pour la génération ponctuelle.

$M_{cm}$  mouvement de rotation de la meule.

$M_{cp}$  mouvement de rotation de la pièce.

$M_a$  translation radiale communiquée à la meule ou à la pièce (mouvement de pénétration).

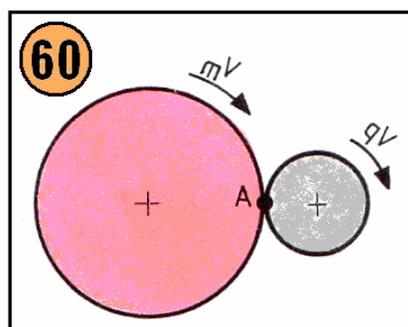
$M_f$  translation rectiligne communiquée en général à la pièce.

**Vitesses de**

La meule et la

$V_m$  : 25 à 32

$V_p$  : 8 à 25



- **Rectification extérieure**

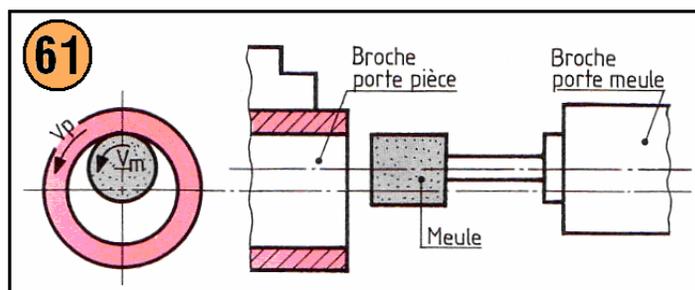
rotation (fig. 60).

pièce tournent dans le même sens :

m/s.

m/min.

- **Rectification intérieure**

**Vitesses de rotation** (fig. 61).

La meule et la pièce tournent dans le même sens.

$V_m = 25$  à  $32$  m/s.

$V_p = 8$  à  $25$  m/min.

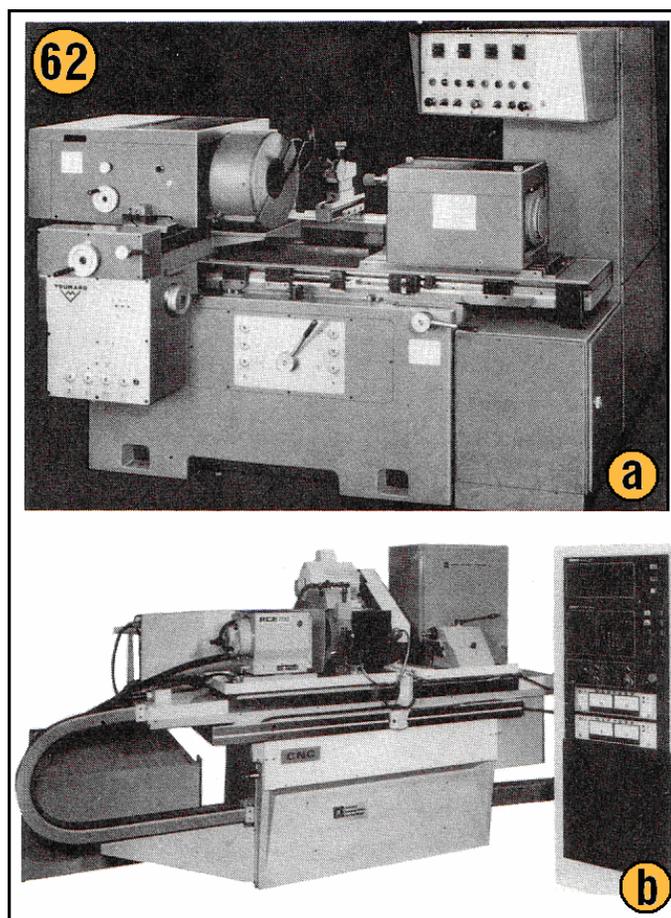
**Remarques :** On choisit un diamètre de meule maximal compatible avec le diamètre de l'alésage d'ébauche.

L'usure de la meule est assez rapide, on a intérêt à la répartir sur toute la périphérie.

- **Les machines**

– Machines à rectifier les surfaces extérieures (fig. 62a).

– Machines à rectifier les surfaces intérieures (fig. 62b).



- Machines à rectifier les surfaces extérieures et intérieures.
- Machines à mouvement planétaire et appareil à rectifier planétaire.

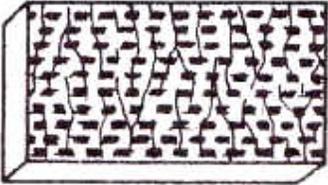
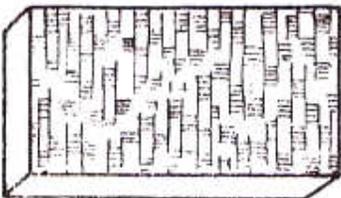
Suivant leur destination : usinage à l'unité ou en petite série ou usinage en moyenne et grande série, les machines reçoivent des solutions techniques qui améliorent leur universalité (travaux à l'unité) ou leur rapidité d'action (cycles automatiques pour les travaux de série).

Dans le domaine de la petite et de la moyenne série, les machines sont de plus en plus équipées d'un directeur de commande numérique (C.N.C.).

#### 7.4 Principaux défauts

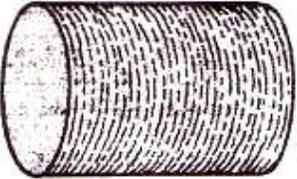
Les tableaux figures ci-dessous illustrent les principaux défauts rencontrés sur les pièces rectifiées et donnent les causes probables.

## RECTIFICATION PLANE

Défauts	Causes
<p data-bbox="375 310 607 338"><b>Brûlures et criques</b></p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Vitesse excessive de la meule.</li> <li>- Passe trop forte.</li> <li>- Vitesse de translation trop forte ou trop faible (selon la profondeur de passe).</li> <li>- Prise de contact trop brutale.</li> <li>- Descente irrégulière de la meule.</li> <li>- Glissement des courroies.</li> <li>- Mouvement de la table irrégulier.</li> <li>- Mauvais teillage de la meule.</li> <li>- Meule trop dure, lustrée ou encrassée.</li> <li>- Meule de grain trop fin.</li> <li>- Arrosage insuffisant ou mal dirigé.</li> <li>- Liquide d'arrosage de composition mal adaptée.</li> </ul>
<p data-bbox="440 699 542 726"><b>Facettes</b></p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Jeu dans la broche porte-meule.</li> <li>- Mauvais état du mécanisme de translation de la table.</li> <li>- Meule déséquilibrée.</li> <li>- Meule trop dure, lustrée ou encrassée</li> <li>- Meule de grain trop fin.</li> </ul>
<p data-bbox="358 1066 623 1094"><b>Défaut de parallélisme</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Jeu dans la broche porte-meule.</li> <li>- Déformation de la table ou des glissières.</li> <li>- Meule trop tendre.</li> </ul>

## RECTIFICATION CYLINDRIQUE ENTRE POINTES

Défauts	Causes
<p data-bbox="386 1358 618 1386"><b>Brûlures et criques</b></p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Vitesse de rotation de la pièce trop faible.</li> <li>- Vitesse de translation trop forte.</li> <li>- Passe trop profonde.</li> <li>- Prise de contact trop brutale.</li> <li>- Glissement des courroies.</li> <li>- Mauvais entraînement de la pièce.</li> <li>- Mauvais taillage de la meule.</li> <li>- Meule trop dure, lustrée ou encrassée.</li> <li>- Meule de grain trop fin.</li> <li>- Arrosage insuffisant ou mal dirigé.</li> <li>- Liquide d'arrosage de composition mal adaptée.</li> </ul>
<p data-bbox="386 1642 618 1669"><b>Conicité des pièces</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mauvaise position de la table.</li> <li>- Meule trop tendre.</li> </ul>
<p data-bbox="461 1726 544 1753"><b>Spires</b></p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mauvaise position des lunettes.</li> <li>- Mauvais blocage de la pièce.</li> <li>- Mauvais alignement des pointes.</li> <li>- Excès de graissage des glissières de la table.</li> <li>- Jeux ou usures anormaux dans la machine.</li> <li>- Mauvais diamantage.</li> </ul>

<p style="text-align: center;"><b>Stries</b></p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mauvais rapport des vitesses pièce-meule.</li> <li>- Mauvais diamantage :             <ul style="list-style-type: none"> <li>- diamant trop pointu ou en mauvais état ;</li> <li>- diamantage trop grossier.</li> </ul> </li> <li>- Meule trop dure.</li> </ul>
<p style="text-align: center;"><b>Facette, avec arêtes arrondies</b></p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mauvais entraînement de la pièce.</li> <li>- Mauvais entraînement de la meule.</li> <li>- Jeu dans la broche porte-meule.</li> <li>- Meule déséquilibrée.</li> </ul>
<p style="text-align: center;"><b>Facettes en hélice</b></p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Broche porte-meule en mauvais état.</li> <li>- Rainures de graissage des paliers de broche asymétriques.</li> <li>- Meule déséquilibrée.</li> <li>- Faux rond de la meule.</li> <li>- Face de travail de la meule en mauvais état.</li> <li>- Liquide d'arrosage souillé.</li> </ul>
<p style="text-align: center;"><b>Ovalisation des pièces</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Centres des pièces mal formés ou dissemblables.</li> <li>- Mauvais alignement des centres.</li> <li>- Excès ou manque de jet entre les pointes et la pièce.</li> <li>- Angles différents des pointes.</li> <li>- Pointes de la machine en mauvais, état.</li> <li>- Entraînement de la pièce déficient.</li> <li>- Arrosage intermittent.</li> </ul>

## Chapitre 4

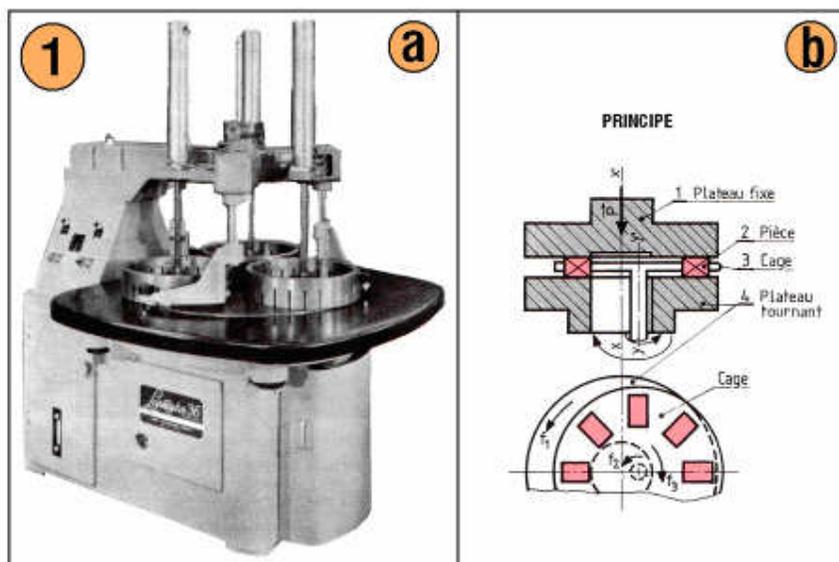
### Procédés spéciaux d'usinage

#### 1. Rodage

Le **rodage** permet d'améliorer l'état superficiel des surfaces, même déjà rectifiées : les rugosités sont réduites par frottement sur un rodoir enduit d'une très mince couche de pâte abrasive fluide. Alors que les machines à roder assurent à la fois dimension précise et état superficiel, le rodage à la main ne peut qu'améliorer l'état superficiel.

##### 1.1 Finition par rodage

Le rodage consiste à user par frottement la surface des pièces à l'aide d'un outil support d'abrasif appelé « **rodoir** » (fig.1).



- **Abrasifs en poudre**

Application au rodage des surfaces planes (fig. 1).

Les pièces sont logées dans des alvéoles d'un disque et emprisonnées entre les deux plateaux en fonte dont les faces sont rigoureusement planes. Le plateau inférieur est animé d'un mouvement de rotation  $f_1$ .

Le disque tourne autour de son axe  $yy'$  ( $f_2$ ) et autour de l'axe du plateau  $xx'$  ( $f_3$ ).

Le plateau supérieur est fixe, il assure la pression de travail.

L'abrasif est amené par le liquide d'arrosage.

• **Abrasifs en bâton** (fig. 2)

Application au rodage des alésages (cylindres de vérins, chemises de piston...).

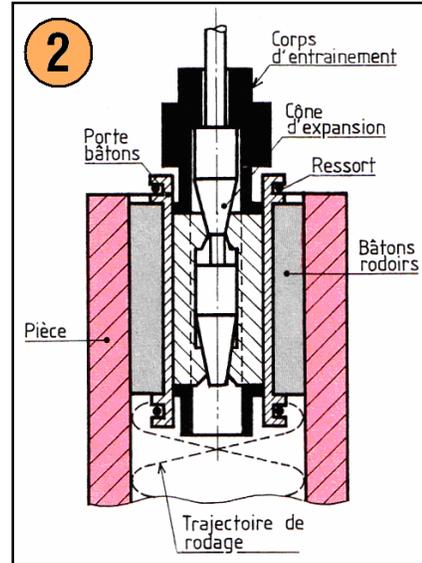
L'outil comporte trois ou quatre bâtons rodoirs. Un dispositif permet l'expansion du diamètre.

Pression de rodage 1 à 5 bars ( $10^5$  à  $5 \times 10^5$  Pa).

La lubrification est abondante (huile, pétrole, gazole).

L'outil est animé d'un mouvement hélicoïdal.

- Vitesse de rotation : 35 à 45 m/min.
- Vitesse de translation : 8 à 15 m/min.



• **Rodoir et pâte abrasive**

La pâte abrasive fluide est composée de cristaux abrasifs libres dans du pétrole. L'alundon est utilisé pour roder l'acier ; le carborundum (carbure de silicium) pour les autres matériaux. Le rodoir, en matériau plus tendre que le matériau à roder (ex. : rodoir en fonte pour roder l'acier trempé), présente une surface plane rectifiée (fig. 3).

3 CLASSIFICATIONS		Dimension L		Utilisations
Anciennes	Actuelles			
2 mn	F	280	50 $\mu$	Ébauche
6 mn	2 F	320	40 $\mu$	
10 mn	3 F	400	30 $\mu$	Finition 1/2
30 mn			20 $\mu$	
60 mn	4 F	500	12 $\mu$	Finition
		600	5 $\mu$	

a

b

**Abrasifs. Mode d'action**

a) Les cristaux abrasifs utilisés, très fins, sont mélangés avec du pétrole et forment une pâte très fluide.

b) Le rodoir plan (1) est enduit d'une très mince couche (2) de pâte abrasive ; la pièce (3) est déplacée sur toute la surface du rodoir, suivant des trajectoires Mc et des orientations (4) fréquemment modifiées.

• **Mode d'action**

Avant rodage, les cristaux abrasifs sont en contact avec le rodoir et la pièce (fig. 4).

Pendant le rodage, la pièce subit un déplacement Mc et une pression N ; sous cette pression, les cristaux en contact pénètrent :

- d'une part, profondément dans le rodoir, qui leur fournit ainsi une assise momentanée ;
- d'autre part, très peu profondément dans la pièce.

Chaque grain devient ainsi un outil solidaire du rodoir et qui, lors du mouvement Mc, taille un copeau très fin dans la pièce.

Les actions combinées de Mc et N provoquent l'usure, l'arrachement et la rupture des cristaux ; ceux-ci doivent être remplacés par des cristaux neufs. Après un assez long temps de rodage, le rodoir, usé irrégulièrement, doit être rectifié.

### • Production d'une surface

Une surface terminée par coupe à l'outil nécessite ébauche, demi-finition et finition, chaque opération utilisant des grains de plus en plus fins et effaçant les traits produits par l'opération précédente. Une surface rectifiée n'exige qu'une finition. Le rodage doit être bref, pour ne pas déformer la surface.

## 1.2 Rodage à la main

Analyse des opérations de la fig. 4 relatives à la surface plane tournée (1).

4		OPÉRATIONS	OUTILLAGE	CONTRÔLE
	1	Contrôler la pièce		Palmer
	2	Préparer les pâtes	Carborandum n° 280 400 500	
	3	Ébaucher ① ②	Pétrole - marbre de rodage	Disparition des traits
	4	1/2 Finir ① ②	- pâtes - spatules	
	5	Finir ①	- cale plane	Comparateur
	6	Finir ②	- chiffon	
	7	// : 0,01	- essence	Palmer marbre
<b>BAGUE</b>			<b>Fonte</b>	

### Instructions détaillées

La bague en fonte est produite par tournage. Le rodage de chaque face plane doit donc comporter ébauche, demi-finition et finition. Après rodage, ces surfaces doivent être planes, parallèles à  $10 \mu$  près et ne présenter aucun trait visible ni à l'oeil nu, ni à la loupe.

### • Déterminer le processus

Les données imposent ébauche, demi-finition et finition.

### • Préparer le rodoir plan

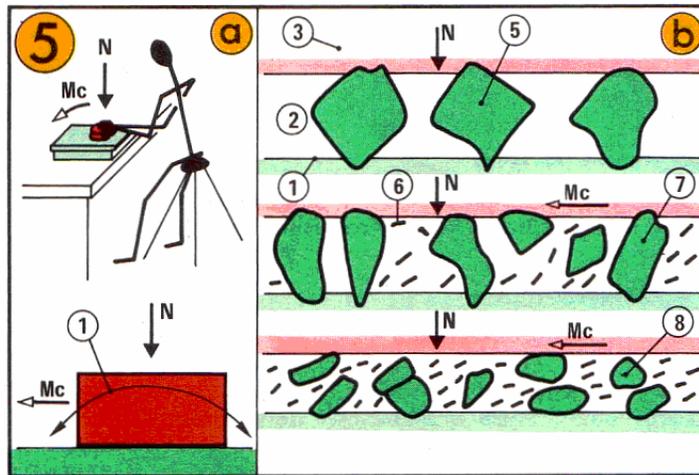
Le rodoir calé horizontalement, ne doit pas basculer sous les efforts de l'opérateur. Laver la surface de rodage à l'essence. Préparer les pâtes abrasives.

### • Roder

**Ebauche.** Étaler la pâte abrasive sur le rodoir à l'aide d'une spatule puis d'un bloc métallique pour obtenir une couche uniforme très mince.

Placer la pièce sur le rodoir ; en appuyant au centre, la déplacer très lentement ( $V = 10 \text{ cm/s}$ ) suivant une trajectoire curviligne se recoupant et couvrant progressivement toute la surface du rodoir (*usure régulière du rodoir*).

Après 30 secondes de rodage, dégager la pièce, la laver à l'essence, contrôler la régularité de disparition des traits de tournage ; modifier l'orientation de la pièce et reprendre le rodage (fig. 3 et 5).



### Rodage plan

**a)** L'opérateur assure simultanément  $Mc$  très lent et  $N$  constant, évitant le basculement (1) de la pièce et la déformation de la surface. **b)** Action de  $N$  pénétration des cristaux dans le rodoir et la pièce. Action de  $N$  et  $Mc$  formation de copeaux (6) puis rupture (7) et usure (8) des cristaux.

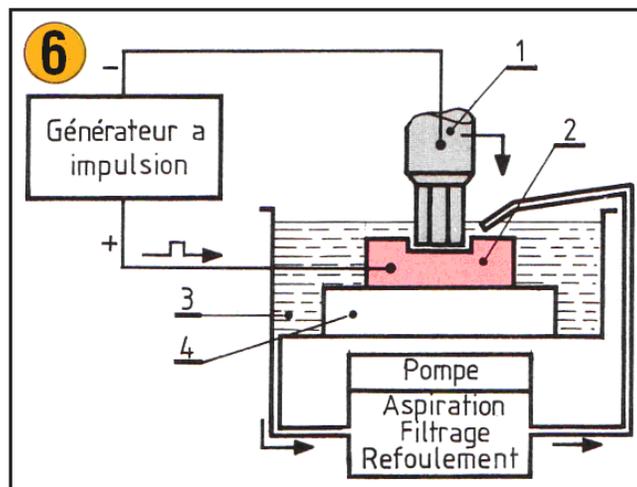
Après quelques minutes de rodage essayer le rodoir ; le regarnir si nécessaire pour terminer l'ébauche.

**Demi-finition et finition.** Laver le rodoir à l'essence. Opérer comme ci-avant avec des pâtes préparées pour chaque opération. Après finition, la surface examinée à la loupe, doit être polie, sans trait apparent.

## 2. Usinage par électro-érosion

C'est un procédé d'usinage où l'enlèvement de matière est obtenu par décharges électriques entre une électrode constituée par la pièce et une électrode constituée par l'outil.

### 2.1 Principe (fig. 6)



Les deux électrodes (1) et (2) sont plongées dans un liquide diélectrique\* (3) qui circule en permanence. Un générateur à impulsion fournit les décharges électriques dont la durée et la tension sont réglées en fonction du matériau constituant la pièce et de la précision du travail. La pièce est reliée à l'anode et l'outil à la cathode.

A chaque impulsion, il se produit une décharge électrique (dont la température varie de 30 000 à 50 000 degrés) entre la pièce et l'outil qui provoque l'érosion de la pièce pour environ 99,5 % mais également de l'outil pour environ 0,5 %.

Pour les machines travaillant en plongée, l'électrode outil à la forme complémentaire de la forme à réaliser. L'avance de travail de l'outil est donnée par un servomécanisme qui permet le maintien d'une distance constante appelée **jeu frontal ou distance d'étincelage** ( $J = 0,01$  à  $0,5$  mm) entre le fond de la pièce et l'outil quelle que soit la vitesse d'avance.

Les particules de métal brûlé sont entraînées par le liquide. Le débit et la direction du jet doivent être réglés en fonction du travail à réaliser.

\* **Diélectrique : substance isolante pour l'électricité. On utilise des hydrocarbures comme le pétrole et des huiles minérales. Dans cette application, il a pour rôle de refroidir la pièce et l'électrode.**

## 2.2 L'outil électrode

### • Matériaux et formes

En principe tous les matériaux conducteurs conviennent : cuivre, graphite, laiton...

Le choix dépend :

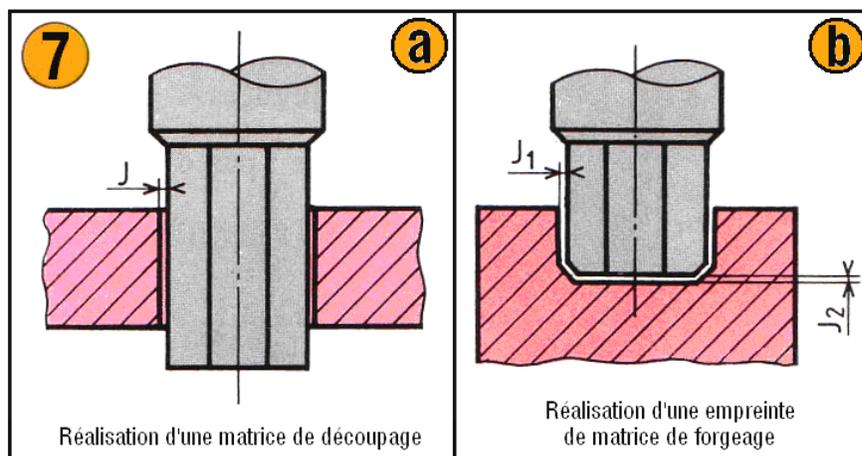
- du matériau usiné,
- de la forme usinée,
- de la productivité recherchée.

Les formes dépendent du type d'usinage.

### • Usinage en plongée

L'électrode à la forme complémentaire de forme à réaliser, on distingue deux cas :

- Les électrodes génèrent un profil, dans ce cas seul le jeu latéral d'étincelage  $J$  est à considérer pour le calcul de ses dimensions (fig. 7a).
- Les électrodes génèrent une empreinte, dans ce cas le jeu latéral d'étincelage  $J_1$  et le jeu frontal d'étincelage  $J_2$  sont à considérer (fig. 7b).



Les dimensions de l'électrode sont plus petites que celles à obtenir dans la pièce.

Le jeu\* est choisi en fonction de la rugosité à obtenir dans l'empreinte, du matériau constituant l'outil, des conditions d'avance, etc.

Pour réduire les effets d'usure de l'outil, on peut :

- percer un avant trou dans l'empreinte à réaliser ;
- réaliser la forme en plusieurs passes en utilisant plusieurs électrodes (ébauche, demi-finition, finition).

Les électrodes sont réalisées avec les procédés classiques d'usinage (tour, fraiseuse, etc.).

\* **Jeu.** Dans les notices techniques on trouve plus couramment le mot anglais **Gap** pour désigner le jeu. On parlera de **Gap latéral** et de **Gap frontal**. Il varie entre 0,02 et 0,5 mm.

- **Usinage par découpage** (fig. 8)

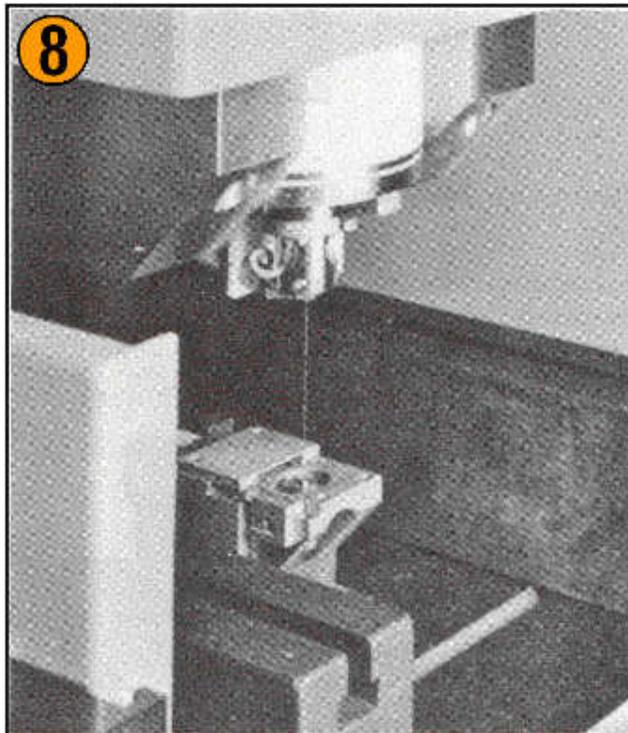
L'électrode est un fil de cuivre parfaitement calibré ( $\varnothing$  0,05 à 0,35) qui se déroule continuellement devant la pièce. Cette dernière est montée sur une table à chariots croisés qui est astreinte à suivre le profil de la forme à obtenir.

La trajectoire des chariots est programmée par un dispositif à commande numérique.

Cette solution est utilisable :

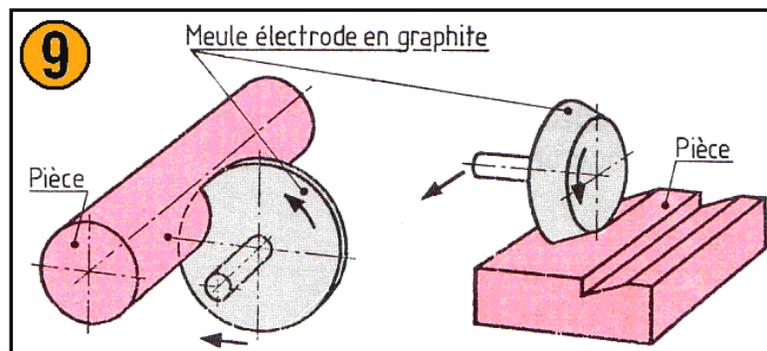
- pour usiner des formes intérieures mais seulement débouchantes,
- pour usiner des formes extérieures,
- pour usiner des formes intérieures et extérieures conjuguées.

**Avantage** : pas d'électrode outil à usiner.



- **Usinage par surfaçage** (fig. 9)

Ce procédé s'apparente à la rectification des surfaces planes et cylindriques mais on utilise une meule électrode en graphite. Réalisation de profils extérieurs rectilignes ou de révolution, tronçonnage, affûtage d'outil en carbure, etc.



### 2.3 Les résultats obtenus

- **Précision de l'usinage et rugosité**

Elles sont déterminées par la précision et la forme de l'outil, son matériau, les conditions de intensité du courant, durée des travail (avance, décharges, etc.)

Valeur moyennes	Ébauche	Demi finition	FINITION		
			Normale	Précise	Très précise
Précision en mm	0,5	0,1	0,06 à 0,03	0,03 à 0,01	0,01 à 0,001
Rugosité $R_a$ en $\mu\text{m}$	6,3 à 3,2	3,2	3,2 à 1,6	0,8 à 0,4	0,4 à 0,2

### • Production

La production est fonction de la puissance de la machine utilisée. Un débit important de matière par minute entraîne une grande usure de l'électrode-outil.

Si la dureté du matériau le permet, une ébauche de la forme par usinage mécanique permet de réduire le temps d'usinage par électroérosion.

Intensité max. (Amp.)	12	25	50	50	50
Enlèvement de matière maximum ( $\text{mm}^3/\text{min}$ )	300	450	900	900	900
Enlèvement de matière maximum sans usure d'électrode ( $\text{mm}^3/\text{min}$ )	60	170	400	400	400

### 2.4 Applications de l'électro-érosion

- Usinage : d'aciers traités de grande dureté et de carbures métalliques impossibles à usiner par les procédés de coupe à l'outil.
- Réalisation de formes intérieures irréalisables par les moyens classiques.
- Réalisation de formes intérieures quand le temps et la précision obtenus avec les moyens classiques sont trop longs.

**Exemples** (fig. 10) :

Réalisation de formes intérieures de matrices de découpage, de fonderie, de forge...

Affûtage d'outil en carbure.



### 3. Schémas cinématiques

Les **schémas cinématiques** sont utilisés pour modéliser les mouvements de mécanisme, afin de faciliter la compréhension de leur fonctionnement par les spécialistes des différents pays. La représentation obtenue est un support graphique simplifié servant à la résolution des problèmes mécaniques.

#### 3.1 Symboles de base des schémas cinématiques

Le système de symboles graphiques, défini par la présente norme (NF EN ISO 3952-1, NF E 04-015-1), répond aux besoins définis précédemment et facilite la réalisation des schémas cinématiques. Chaque symbole de cette schématisation caractérise les degrés de liberté dans une liaison entre deux solides.

Dans le tableau 1, les liaisons sont classées par ordre croissant de leur degré de liberté.

Les mouvements permis, indiqués dans ce tableau, précisent le nombre de rotations et de translations possibles dans le mouvement relatif des deux solides en liaison. La représentation en perspective, souvent utile, n'est donnée qu'à titre de symbole conseillé elle ne figure pas dans la norme.

Dans certains cas, l'appellation ou le symbole de la norme précédente (NF E 04-015-1), qui semble plus explicite ou mieux adapté, est indiqué entre parenthèses.

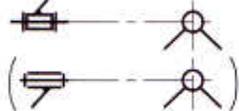
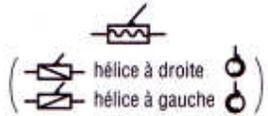
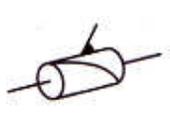
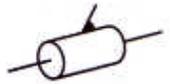
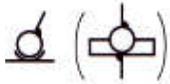
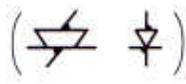
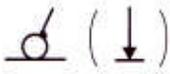
Désignation	Degré de liberté	Mouvements permis	Symboles de base	Perspective
Liaison pivot	1	0 translation 1 rotation		
Liaison glissière	1	1 translation 0 rotation		
Liaison hélicoïdale	1	1 translation 1 rotation conjuguées		
Liaison pivot glissant	2	1 translation 1 rotation		
Liaison sphérique à doigt	2	0 translation 2 rotations		
Liaison rotule ou sphérique	3	0 translation 3 rotations		
Liaison appui plan	3	2 translations 1 rotations		
Liaison sphère-cylindre (linéaire annulaire)	4	1 translation 3 rotations		
Liaison linéaire rectiligne	4	2 translations 2 rotations		
Liaison sphère-plan (ponctuelle)	5	2 translations 3 rotations		

Tableau 1. Symboles pour les schémas cinématiques

### 3.2 Symboles admissibles dans les schémas cinématiques

Le tableau 1 donne les symboles de base de la norme NF EN ISO 3952-1. Pour certaines liaisons, cette norme définit des symboles admissibles (tableau 2) et des symboles complémentaires (tableau 3).

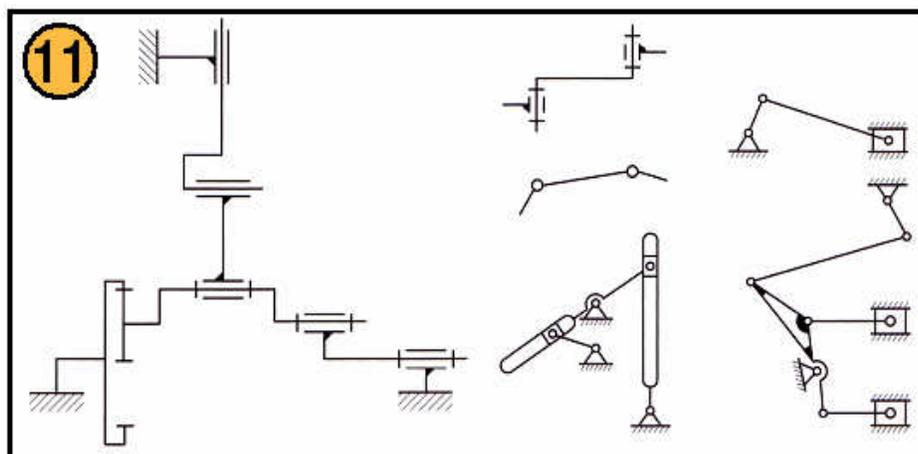
Des exemples d'utilisation de ces différents symboles sont donnés dans la figure 11.

Désignation	Symboles admissibles
Liaison pivot	
Liaison glissière	
Liaison hélicoïdale	
Liaison pivot glissant	

Tableau 2. Symboles admissibles pour les schémas cinématiques

Désignation	Symbole	Exemple
Base		
Axe, tige		
Liaison fixe des composants du solide		
Liaison fixe des composants du solide avec l'axe		
Liaison permettant le réglage des composants du solide		

Tableau 3. Symboles complémentaires pour les schémas cinématiques.



### 3.3 Mouvements des solides de mécanismes

Afin de compléter les schémas cinématiques, la norme définit des symboles permettant d'indiquer les caractéristiques des mouvements de solides dans le mécanisme schématisé. Le tableau 4 donne quelques exemples de ce type de symbole.

Désignation	Symboles de base	Désignation	Symboles de base
Mouvement à sens unique		Mouvement oscillatoire avec arrêt prolongé en une position extrême	
Mouvement à sens unique avec arrêt instantané		Mouvement oscillatoire avec arrêts prolongés aux positions extrêmes	
Mouvement à sens unique avec arrêt prolongé		Mouvement oscillatoire avec arrêt prolongé en position intermédiaire	
Mouvement à sens unique partiellement inversé		Mouvement à sens unique partiellement inversé avec arrêt prolongé	
Mouvement oscillatoire		Fin de mouvement	

Tableau 4. Mouvements des solides de mécanismes

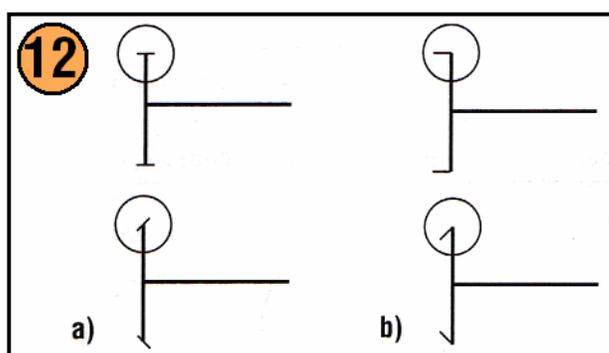
### 3.4 Mécanismes à friction, à denture, à cames

La schématisation des mécanismes à friction, à denture et à cames est donnée par la norme NF EN ISO 3952-2 (E 04-015-2) (tableaux 5, 6 et 7).

On remarquera, dans les symboles des roues dentées et des roues de friction, que la distinction se fait par une position différente de la ligne représentant la couronne dentée ou la surface de friction par rapport au plan de la roue (fig. 12).

Désignation	Symboles de base	Désignation	Symboles de base
<b>Roue :</b> cylindrique		<b>Transmission avec :</b> roues cylindriques	
conique		roues coniques	
curviligne		roues coniques réglables	
flasque de transmission frontale		roue frontale réglable	
flexible			

Tableau 5. Mécanismes de friction



a) Roue dentée ;  
b) Roue de friction.

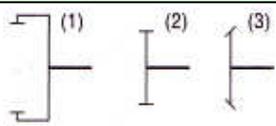
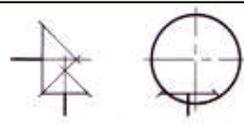
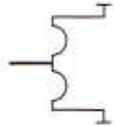
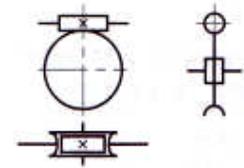
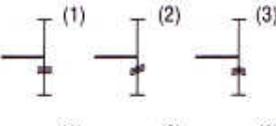
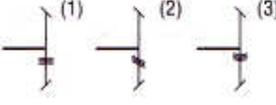
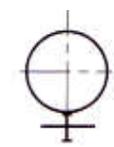
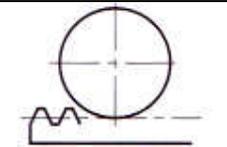
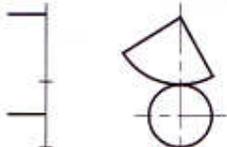
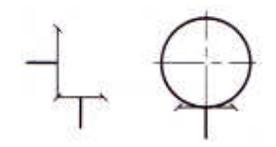
Désignation	Symboles de base	Désignation	Symboles de base
<p><b>Roue dentée</b> cylindrique (1) et (2) conique (3)</p>		<p>hypoïde</p>	
flexible		<p>à vis avec vis sans fin cylindrique</p>	
<p><b>à denture</b> droite (1) hélicoïdale (2) en chevrons (3)</p>		<p>à vis globique</p>	
<p>droite (1) en spirale (2) circulaire (3)</p>		<p>par vis et écrou</p>	
<p><b>Transmission par engrenage</b> cylindrique</p>		<p><b>Transmission</b> à crémaillère</p>	
roues non circulaires		<p>avec secteur denté</p>	
conique			

Tableau 6. Mécanismes à denture

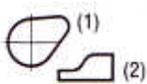
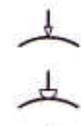
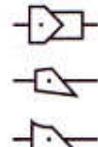
Désignation	Symboles de base	Désignation	Symboles de base
<p><b>Came plate</b> rotative (1) mobile rectiligne (2)</p>		<p><b>Contre came</b> pointue à arc</p>	
<p><b>Came spatiale</b> <b>rotative</b> cylindrique conique globique</p>		<p>avec galet pousseur avec poussoir</p>	

Tableau 7. Mécanismes à cames

### 3.5 Transmission par chaîne et par courroie

La norme ISO 39524 définit les symboles de représentation des transmissions par chaîne et par courroie ; elle paraîtra en norme française sous la référence NF EN ISO 3952-4 (tableau 8).

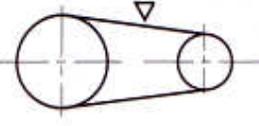
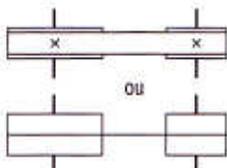
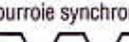
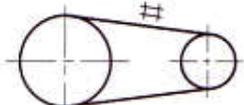
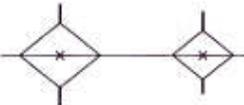
Désignation	Symboles de base	Désignation	Symboles de base
<p><b>Transmission par courroie</b></p> <p>symbole général</p> <p>si nécessaire, indiquer le type de courroie (voir symboles ci-contre)</p>	  <p>courroie ronde</p>  <p>courroie synchrone</p>  <p>courroie plate</p>  <p>courroie trapézoïdale</p> 	<p><b>Transmission par chaîne</b></p> <p>symbole général</p> <p>si nécessaire, indiquer le type de chaîne (voir symboles ci-contre)</p>	  <p>chaîne à maillons</p>  <p>chaîne à plaquettes ou à rouleaux</p> 

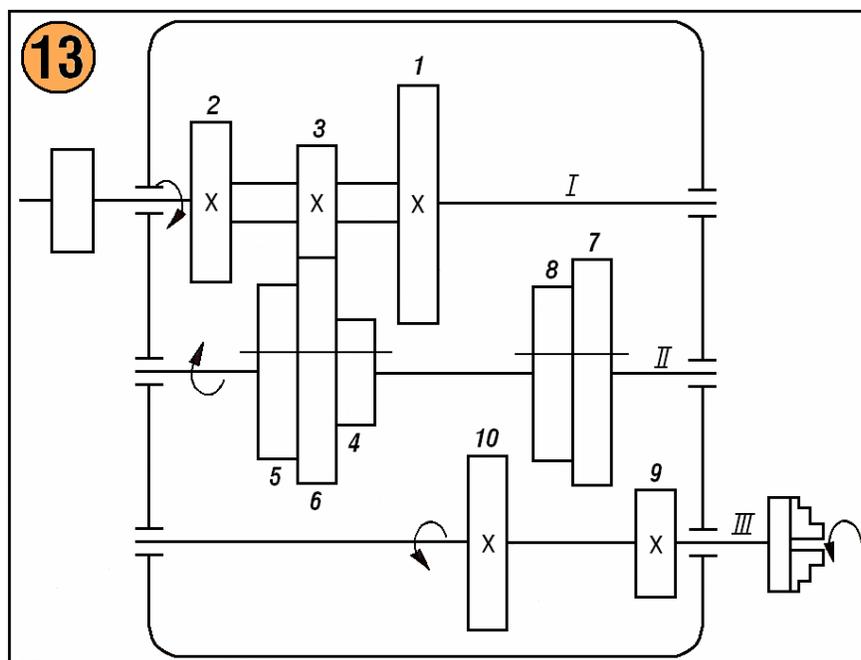
Tableau 8. Transmissions par courroie et par chaîne

**Exemple :** Schéma cinématique d'une boîte de vitesse.

Le schéma cinématique d'un organe ou d'une machine c'est une représentation conventionnelle des transmissions et des éléments cinématiques d'une machine, qui a pour but l'étude du fonctionnement d'outillage respectif.

Dans la figure 13 est représenté le schéma cinématique d'une boîte de vitesse avec baladeurs, où le mouvement de rotation de l'arbre *I* se transmet au l'arbre *II* par la paire de roues dentées 3 – 6. En suite, l'arbre *III* est mis en mouvement par le déplacement du baladeur 7 – 8 vers la droite qui entraîne ainsi la roue 9 fixé solidaire à l'arbre principal *III*.

L'arbre principal *III* peut être entraîné avec six vitesses de rotation différentes, par l'accouplement du baladeur 4 – 5 – 6 alternativement avec les roues 1, 2 et 3. A son tour, chacun des trois fréquence de rotations de l'arbre *II* peuvent se transmettre au l'arbre principal *III* par l'accouplement du baladeur 7 – 8 vers la gauche avec la roue 10 ou vers la droite avec la roue 9, obtenant finalement six fréquences de rotations différentes.



Les fréquences de rotation transmises au l'arbre III dépend du rapport de transmission de chaque variante de transmission de mouvement, comme suite :

$$\begin{array}{l}
 n_1 \begin{cases} \frac{z_1}{z_4} \begin{cases} \frac{z_7}{z_9} = n_{III1} \\ \frac{z_8}{z_{10}} = n_{III2} \end{cases} \\ \frac{z_2}{z_5} \begin{cases} \frac{z_7}{z_9} = n_{III3} \\ \frac{z_8}{z_{10}} = n_{III4} \end{cases} \\ \frac{z_3}{z_6} \begin{cases} \frac{z_7}{z_9} = n_{III5} \\ \frac{z_8}{z_{10}} = n_{III6} \end{cases} \end{cases}
 \end{array}$$

**Exercice :** Calculez la fréquence de rotation de l'arbre III,  $n_{III5}$  en sachant : fréquence de rotation de l'arbre I,  $n_I = 1\ 000$  tours/ min,  $z_3 = 30$ ,  $z_6 = 60$ ,  $z_7 = 65$ ,  $z_9 = 30$ .

**Solution :** Fréquence de rotation de l'arbre III :

$$n_{III5} = n_I \cdot \frac{z_3}{z_6} \cdot \frac{z_7}{z_9} = 1\ 000 \cdot \frac{30}{60} \cdot \frac{65}{30} = 1\ 080 \text{ tours/ min.}$$

### 3.5 Liaison cinématique

Une liaison cinématique entre deux solides est caractérisée par les degrés de liberté qu'elle autorise.

À un degré de liberté correspond la possibilité d'un mouvement de rotation ou de translation entre deux solides.

Un solide qui n'a aucune liaison possède six degrés de liberté :

- trois degrés de liberté en translation ;
- trois degrés de liberté en rotation.

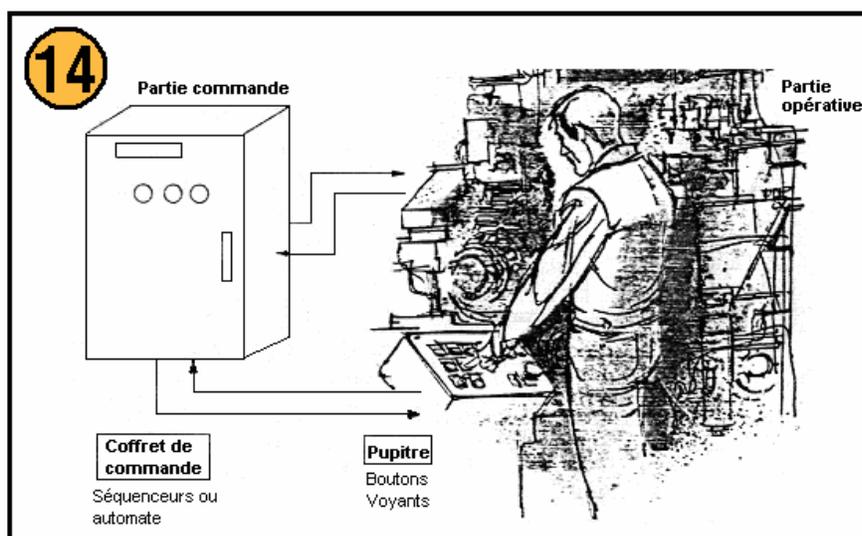
Pour établir un schéma cinématique, on considère :

- que les surfaces en contact sont géométriquement exactes et indéformables,
- que les mouvements autorisés sont théoriquement sans jeu.

## 4. Principe de fonctionnement des organes de machines

Tous les systèmes automatisés répondent, en général, à la même structure :

- une partie opérative ;
- une partie commande ;
- un pupitre (dialogue) (voir fig. 14)



Structure d'un système automatisé « tout pneumatique »

**La partie opérative.** Ce secteur de l'automatisme relie les actionneurs de type électrique, pneumatique ou hydraulique aux divers éléments mécaniques pour effectuer des actions suivant une logique organisée.

**La partie commande.** Cette partie du système automatisé contrôle le déroulement du cycle. Elle fournit les signaux de commande de type électrique ou pneumatique vers les pré-actionneurs.

**Le pupitre.** Cet élément regroupe les boutons et voyants qui assurent la mise en marche, les arrêts d'urgence et autres commandes du système.

#### 4.1 Description sommaire des principaux éléments

- **Les actionneurs.** Ils représentent les organes visibles du mécanisme. Ils effectuent le travail et doivent être adaptés au milieu dans lequel ils travaillent.

Parmi les principaux **actionneurs** utilisés dans les systèmes automatisés, on peut citer :

- les vérins linéaires (simple et double effet) VSE - VDE ;
- les vérins rotatifs ;
- les vérins sans tiges ;
- les moteurs pneumatiques et hydrauliques ;
- les moteurs électriques.

- **Les préactionneurs (distributeurs).**

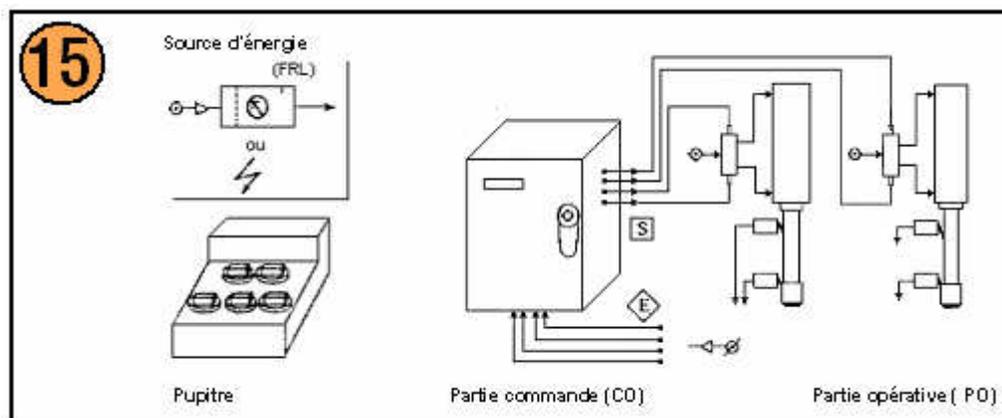
Le rôle de ces éléments est de diriger la pression vers l'actionneur et de réagir aux ordres en provenance de la partie commande.

- **La détection (les capteurs).**

Il existe sur le marché de nombreux types de capteurs. Ils peuvent être pneumatiques ou électriques. Leurs rôles consistent à contrôler l'exécution du travail. Ils délivrent une information à la partie commande.

- **La partie commande.**

Dans les automatismes, il existe obligatoirement une partie commande qui a pour rôle d'organiser le déroulement logique des opérations. Son travail consiste à collecter les informations en provenance des capteurs, de traiter ces informations et de délivrer ensuite des ordres à la partie opérative, en vue d'effectuer une tâche programmée. La partie commande assure donc le traitement des informations dans un ordre logique étudié auparavant à partir d'un cahier des charges parfaitement défini (fig.15).



Cette technologie peut être de deux types :

- tout pneumatique,
- électro – pneumatique.

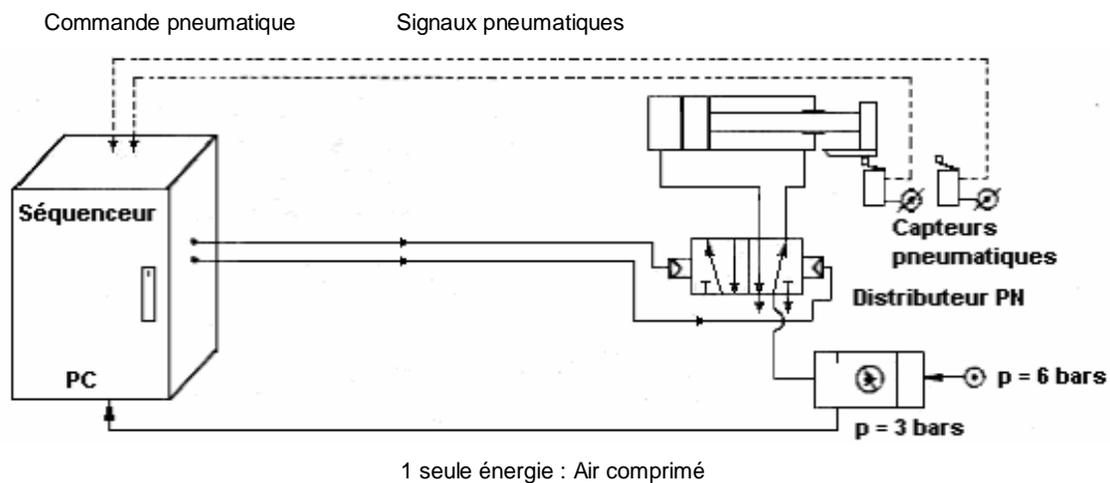
#### 4.2 Description d'un automatisme « tout pneumatique »

Dans ce type d'automatisme, l'énergie pneumatique sera la seule utilisée. L'air comprimé alimente les vérins et assure également le traitement des informations émises par les capteurs.

Généralement, on distingue *trois circuits* :

- le circuit air lubrifié :
- le circuit air sec :
- le circuit basse pression :

#### Schéma de principe



Le distributeur est pneumatique (pilotage pneumatique).

Les capteurs sont pneumatiques.

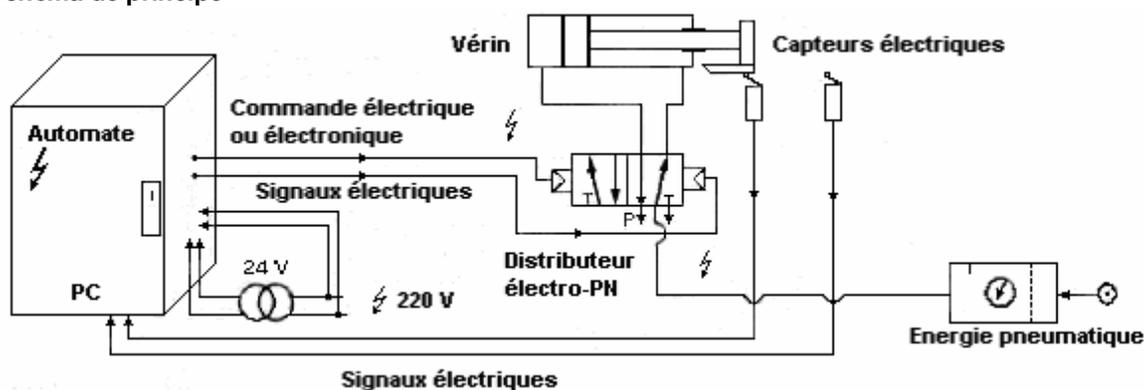
#### 4.3 Description d'un automatisme « électro-pneumatique »

Ici, les deux sources d'énergie sont utilisées.

*L'énergie pneumatique* assure l'alimentation des actionneurs.

*L'énergie électrique* servira à l'alimentation de la partie commande.

##### Schéma de principe



2 énergies : Electrique-pneumatique

Des électrovannes équipent le distributeur pneumatique.

Les capteurs sont de type électrique.

##### Remarque sur la commande « tout pneumatique »

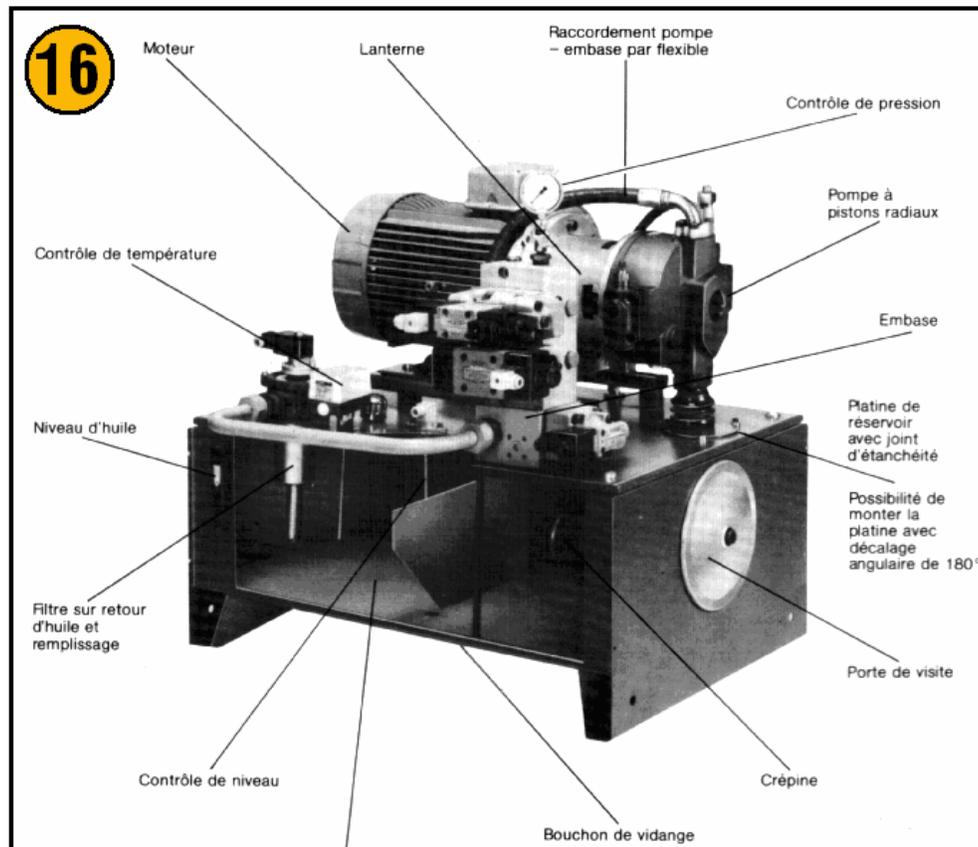
Dans la pratique, les vérins pneumatiques s'associent mieux aux capteurs pneumatiques qu'aux capteurs électriques.

#### 4.4 La centrale hydraulique

C'est l'ensemble assurant le conditionnement de fluide et sa mise sous pression (figure 16)

Cet ensemble composé de plusieurs éléments (moteur, pompe, réservoir, filtre) permet de fournir un débit d'huile dans un système hydraulique

Synonymes de « centrale hydraulique » : groupe générateur de puissance hydraulique, group hydraulique.



## 5. Entretien des machines-outils

### 5.1 Démontage et remontage des machines-outils

Ces opérations réclament du soin, de l'attention et de la méthode.

- **Déshabillage**

Les groupes d'organes sont enlevés de la machine puis démontés séparément (boîtes de vitesses, poupées fixes, pompes, etc.).

- **Démontage**

- Les pièces d'un groupe d'organes sont démontées suivant un ordre logique. S'aider au besoin d'un dessin d'ensemble. Ne jamais forcer sur un organe sans rechercher pour quelles raisons il ne peut être facilement désajusté.
- Les écrous, les vis, les goupilles, etc., sont remis provisoirement en place sans être bloqués.
- Les organes constitués par deux ou plusieurs parties et pièces symétriques sont repérés par chiffres et par lettres (D et G) de manière que les organes en contact occupent toujours la même position relative.

- Le **repérage** se fait généralement par frappe.
- Le **décapage** des pièces se fait au bain (eau faiblement acidulée,  $\text{SO}_4 \text{H}_2$ ) de façon à mettre rapidement le métal à nu.
- Les pièces sont ensuite lavées et essuyées.
- On procède ensuite à l'**expertise** qui, par l'examen des organes, décèlera les usures anormales, permettra de remédier à leur cause et déterminera les organes à réparer ou à reconstruire. Les organes neufs sont ajustés, nettoyés (au pétrole) et graissés avant remontage.
- On s'efforce, au **remontage**, d'assurer aux organes les jeux de fonctionnement nécessaires.

## 5.2 Les joints d'étanchéité

Certaines pièces assemblées doivent satisfaire à des conditions précises d'étanchéité. C'est le cas des organes destinés à recevoir ou à conduire des fluides (eau, huile, gaz sous pression, etc.).

On constate dans la plupart des cas que, malgré un usinage poussé, le contact entre les pièces n'est pas suffisamment intime (suintements). Il est donc nécessaire d'interposer entre les pièces en contact une matière plastique qui résistera aux pressions exercées par le serrage des pièces et la force d'expansion du fluide.

Les joints doivent satisfaire à une ou plusieurs des conditions suivantes :

- **résister aux fortes pressions** (papier, cuivre, étoupe enduite d'hermétique ou de graisse) ;
- **résister aux hautes températures** (amiante, joint métallo-plastique) ;
- **demeurer inaltérables aux fluides** (caoutchouc, liège enduits de suif ou de cêruse pour l'eau ; cuir, papier, feutre enduits d'hermétique pour l'huile ; étoupe, papier, fibre enduits de savon ou d'hermétique pour l'essence).

### • Mise en place des joints

Pour assurer une étanchéité absolue, les surfaces doivent être soigneusement usinées et parfaitement planes.

Dans le cas d'une réparation, enlever soigneusement les traces d'enduit en évitant d'attaquer le métal.

Étendre une couche d'enduit sur le joint et les parties métalliques à rapprocher.

Mettre le joint en place. Serrez les écrous de fixation de proche en proche en commençant par ceux de la partie centrale.

## Chapitre 5

### Technologie de construction d'une machine-outil

#### 1. Ajustements

Un **ajustement** est constitué par l'assemblage de deux pièces de même dimension nominale. Il est désigné par cette dimension nominale suivie des symboles correspondant à chaque pièce, en commençant par l'alésage.

La position relative des intervalles de 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**.

Pour un ajustement les exigences fonctionnelles définies par le système ISO sont établies à partir du **principe de l'enveloppe ou principe de Taylor**.

L'exigence de l'enveloppe s'applique notamment chaque fois qu'il convient de garantir :

- les exigences fonctionnelles d'un ajustement du système ISO ou d'un ajustement avec des valeurs chiffrées ;
- une forme parfaite de l'élément à la dimension au maximum de matière.

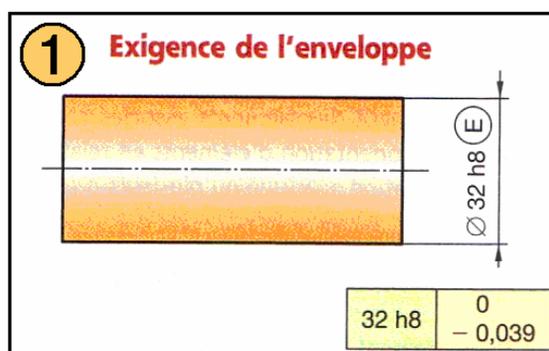
#### **Remarque :**

Aucune valeur du tolérancement géométrique éventuel ne peut être supérieure à la valeur de la tolérance dimensionnelle.

#### • Principe :

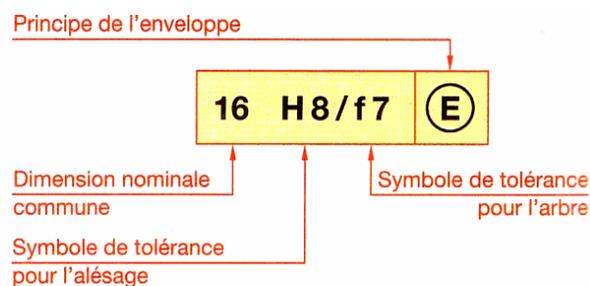
*Pour un élément isolé, soit un cylindre de révolution, soit un élément établi par deux plans parallèles :*

- *l'enveloppe de forme parfaite à la dimension au maximum de matière ne doit pas être dépassée ;*
- *les dimensions locales ne doivent pas être inférieures à la valeur minimale admissible.*

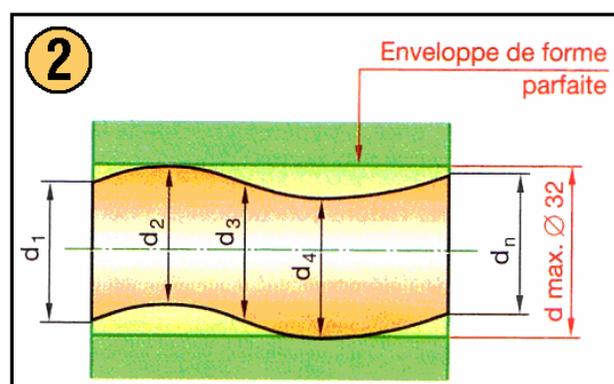


• Indication sur les dessins

Faire suivre la valeur de la tolérance dimensionnelle du symbole  $\textcircled{E}$ .

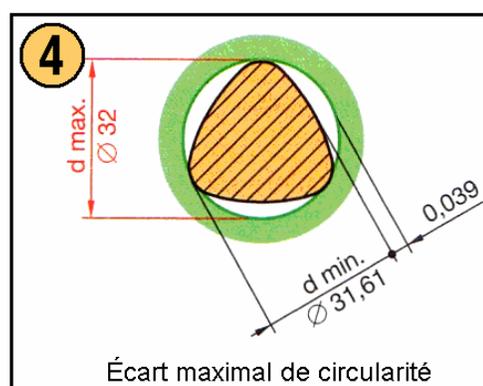
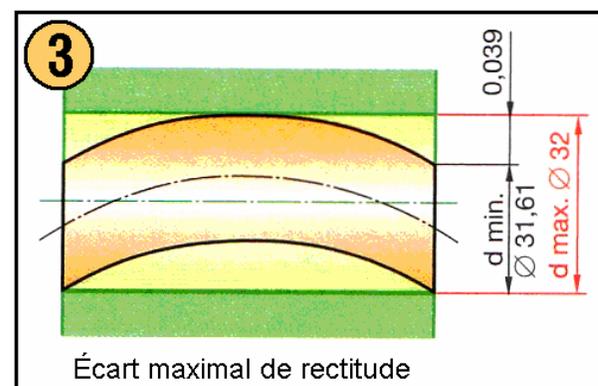


• Signification



Écart dimensionnels

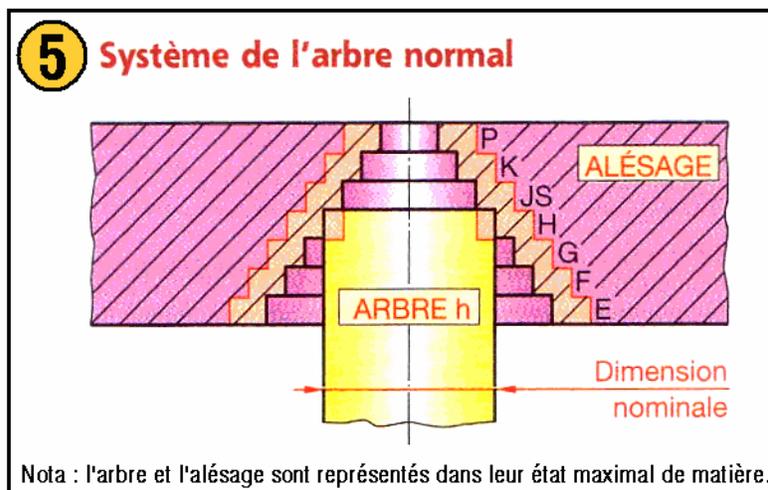
$d_1, d_2, \dots, d_n$  = dimensions locales comprises entre 31, 61 et 32.



1.1 Système de l'arbre normal

Dans ce système (fig. 5) la position pour les intervalles de tolérances de tous les arbres est donnée par la **lettre h** (écart supérieur nul).

L'ajustement désiré est obtenu en faisant varier pour l'alésage la position de l'intervalle de tolérance. L'emploi de ce système est réservé à des applications bien définies emploi d'arbre en acier étiré, logements des roulements, etc.

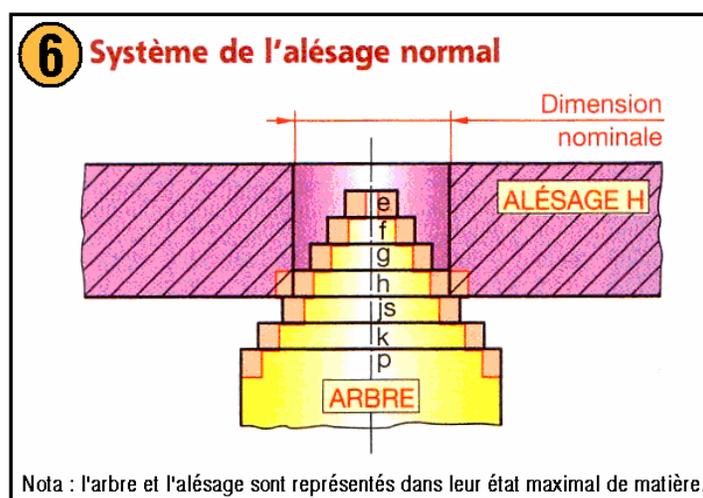


- **Système de l'alésage normal**

Dans ce système (fig. 6), la position, pour les intervalles de tolérances, de tous les alésages est donnée par la **lettre H** (écart inférieur nul).

L'ajustement désiré est obtenu en faisant varier pour l'arbre la position de l'intervalle de tolérance.

**C'est ce système que l'on doit toujours employer de préférence** (il est plus facile de réaliser des tolérances différentes sur un arbre que dans un alésage).



- **Relation entre les ajustements de deux systèmes**

Les ajustements homologues des deux systèmes présentent les mêmes jeux ou serrages.

Par exemple : l'ajustement **30 H7/f7** donne les mêmes jeux que l'ajustement **30 F7/h7**.

**Remarque :**

Afin de faciliter l'usinage des pièces, on associe habituellement un alésage de qualité donnée avec un arbre de qualité voisine inférieure.

**Exemple :** H7/p6 — P7/h6.

- **Choix d'un ajustement**

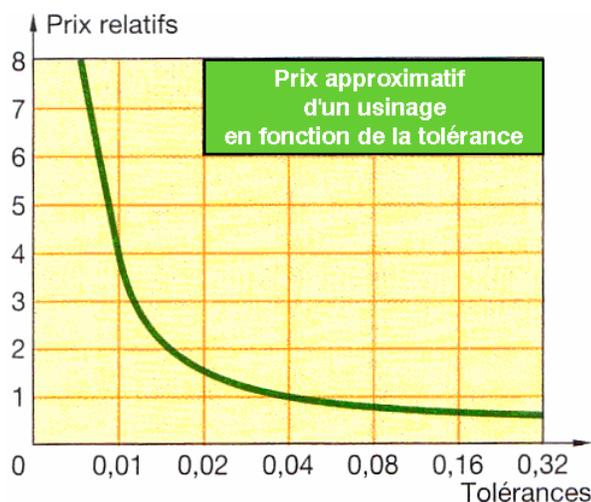
Pour les applications usuelles l'utilisation du tableau 1 est suffisante.

Principaux ajustements				Arbres*	H 6	H 7	H 8	H 9	H 11
Pièces mobiles l'une par rapport à l'autre	Pièces dont le fonctionnement nécessite un grand jeu (dilatation, mauvais alignement, portées très longues, etc.).			<b>c</b>				9	11
				<b>d</b>				9	11
	Cas ordinaire des pièces tournant ou glissant dans une bague ou palier (bon graissage assuré).			<b>e</b>		7	8	9	
				<b>f</b>	6	6-7	7		
Pièces avec guidage précis pour mouvements de faible amplitude.			<b>g</b>	5	6				
Pièces immobiles l'une par rapport à l'autre	Démontage et remontage possible sans détérioration des pièces	L'assemblage ne peut pas transmettre d'effort	Mise en place possible à la main	<b>h</b>	5	6	7	8	
				<b>js</b>	5	6			
			Mise en place au maillet	<b>k</b>	5				
				<b>m</b>		6			
				<b>p</b>		6			
	Démontage impossible sans détérioration des pièces	L'assemblage peut transmettre des efforts	Mise en place à la presse	<b>s</b>			7		
				<b>u</b>			7		
Mise en place à la presse ou par dilatation (vérifier que les contraintes imposées au métal ne dépassent pas la limite élastique)			<b>x</b>			7			

### Méthode générale

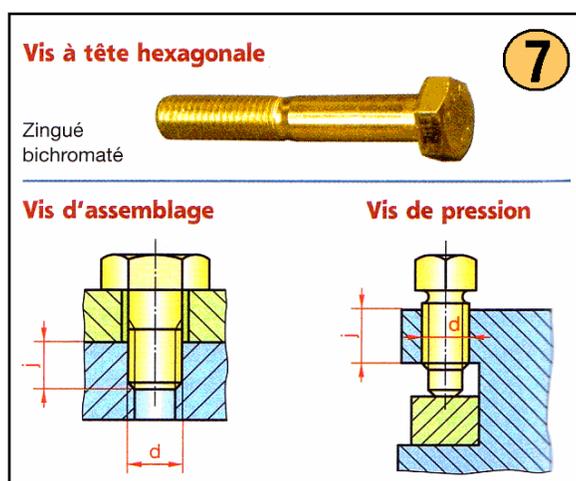
1° On détermine les jeux ou serrages limites compatibles avec un fonctionnement correct (éviter tout excès de précision inutile, voir diagramme ci-dessous).

2° On choisit dans les normes, et de préférence, dans les valeurs les plus couramment utilisées, l'ajustement ISO qui comporte des jeux ou serrages aussi voisins que possible des valeurs précédemment déterminées.



## 2. Vis de fixation

Les vis de fixation (fig.7) servent à réunir plusieurs pièces par pression des unes sur les autres.



Deux modes d'action sont utilisés :

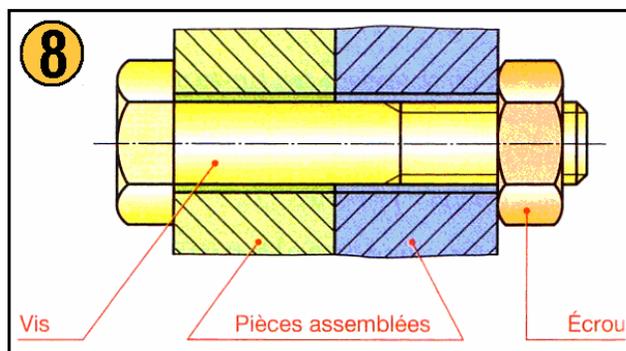
- la pression est exercée par la tête (vis d'assemblage) ;
- la pression est exercée par l'extrémité (vis de pression).

Toutes les vis de fixation ont les mêmes dimensions quel que soit le matériau métallique ou plastique.

## 3. Écrous

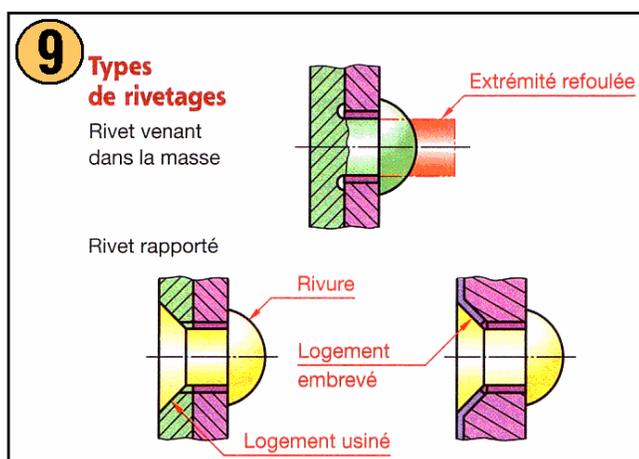
Toute pièce ayant un trou taraudé fait fonction d'écrou. Par l'intermédiaire d'une tige filetée, un écrou peut servir :

- soit d'écrou d'assemblage (fig. 8) ;
- soit d'écrou de transformation de mouvement (écrou d'étau par exemple).



#### 4. Assemblages rivetés

Les assemblages rivetés (fig. 9) permettent d'obtenir économiquement une **liaison encastrement indémontable** d'un ensemble de pièces par refoulement ou par expansion de matière d'un élément malléable (aluminium, alliages d'aluminium, cuivre, laitons, aciers doux, aciers inoxydables, alliages de zinc...).



On distingue essentiellement le rivetage avec ou sans rivet rapporté, le sertissage et le clinchage.

#### 5. Goupilles

Une goupille est une cheville métallique. Elle sert notamment :

- à immobiliser une pièce par rapport à une autre pièce (goupille d'arrêt, fig. 10 a) ;
- à assurer la position relative de deux pièces (goupille de positionnement ou pied de positionnement, fig. 10 b) ;

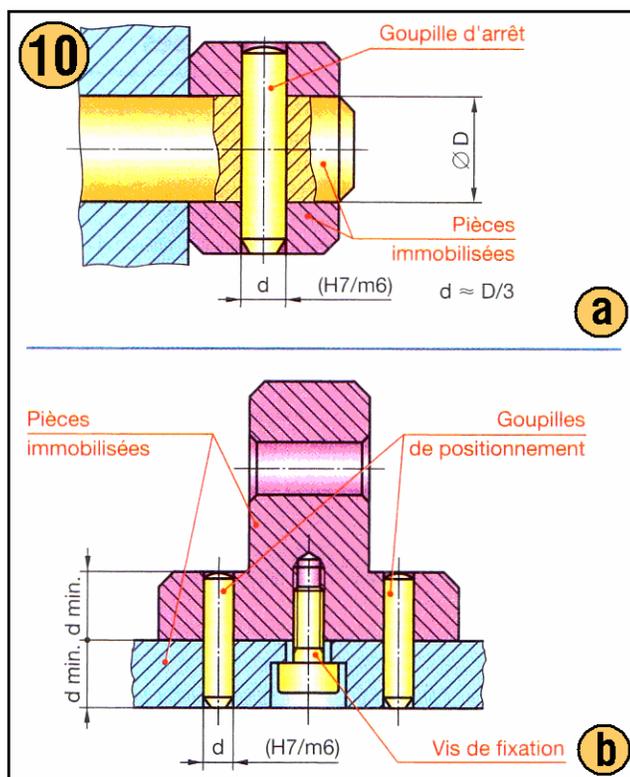
**Les goupilles de positionnement s'emploient à l'unité (s'il existe par ailleurs un autre centrage) ou par deux, jamais davantage.**

- à réaliser un axe de chape ;

- à assurer une sécurité par cisaillement de la goupille en cas de surcharge, etc.

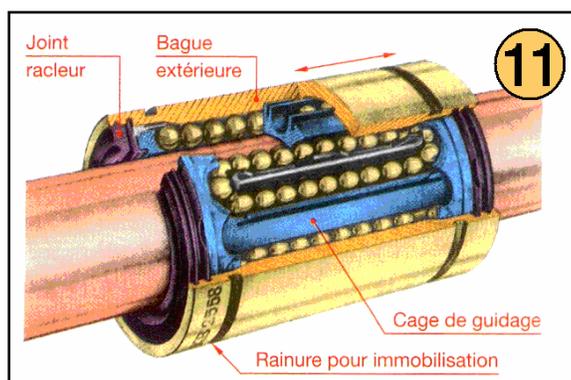
Afin de faciliter l'usinage et le démontage :

- éviter les trous longs et de petits diamètres ;
- faire de préférence des trous débouchants.



## 6. Guidages linéaires

Les guidages linéaires (fig.11) à éléments roulants présentent des avantages comparables à ceux des roulements pour mouvements de rotation.

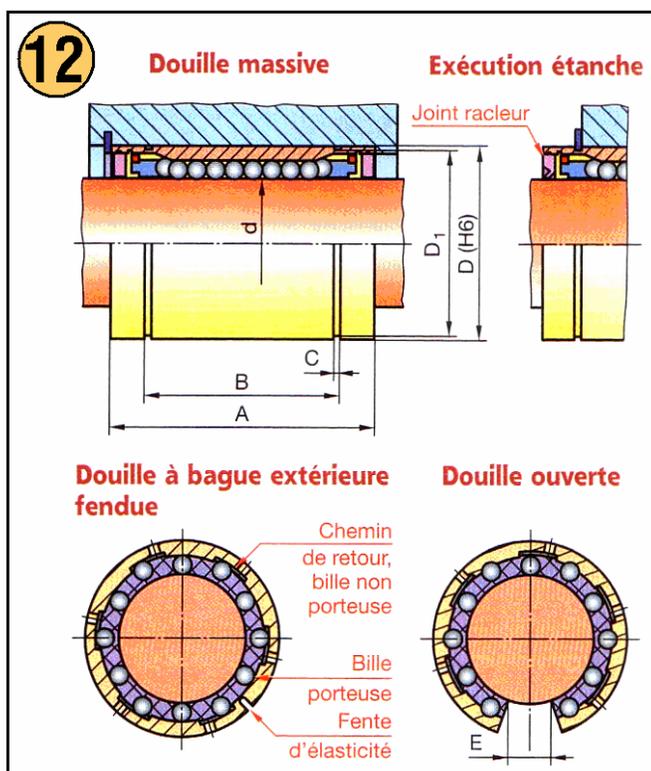


### • Douilles à billes

Les douilles à billes (fig. 12) conviennent pour n'importe quelle longueur de course. Par contre, elles n'admettent pas les mouvements de rotation.

On distingue trois types de douilles :

- les douilles massives : elles présentent un jeu fonctionnel d'environ 0,1 mm ;
- les douilles à bague extérieure tendue elles permettent un réglage du jeu fonctionnel ;
- les douilles ouvertes : elles peuvent se fixer sur un support continu il est ainsi possible de remédier à la flexion des arbres de grande longueur.

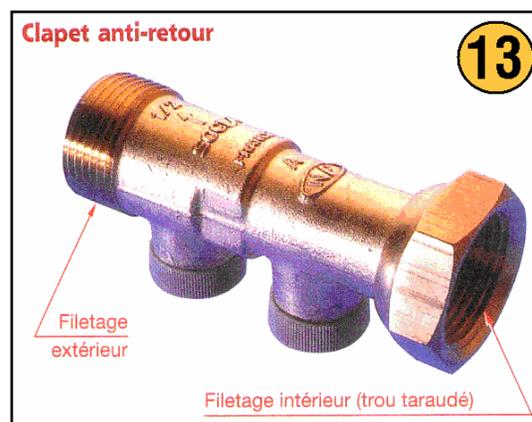


## 7. Filetages

Un filetage est obtenu à partir d'un cylindre (quelquefois d'un cône) sur lequel on a exécuté une ou plusieurs rainures hélicoïdales. La partie pleine restante est appelée **filet**.

On dit qu'une tige est « filetée extérieurement » ou « **filetée** » et qu'un trou est « filetée intérieurement » ou « **taraudé** » (fig. 13).

Une tige filetée est aussi appelée **vis** et un trou taraudé **écrou**.



Le système vis-écrou permet :

- d'assembler d'une manière démontable deux pièces (liaison des roues d'une voiture par exemple) ;
- de transmettre un mouvement (vis d'étau par exemple).

**L'emploi de filetages est permanent en construction mécanique.**

### 7.1 Caractéristiques

La valeur des caractéristiques d'un filetage dépend de son utilisation.

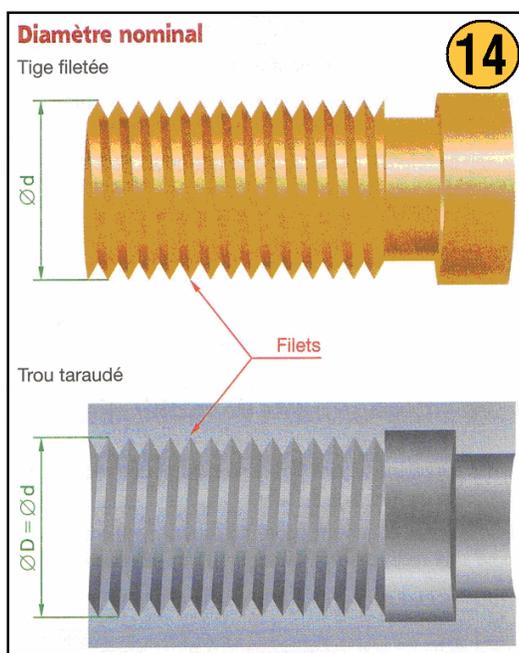
- **Diamètre nominal** (fig. 14)

**Le diamètre nominal d'une vis, ou d'un écrou, est une notion utilisée pour la désignation.**

La valeur du diamètre nominal correspond, aux tolérances près, au diamètre extérieur de la vis.

Par définition, la vis et l'écrou ont le même diamètre nominal :

$$d \text{ nominal} = D \text{ nominal}$$

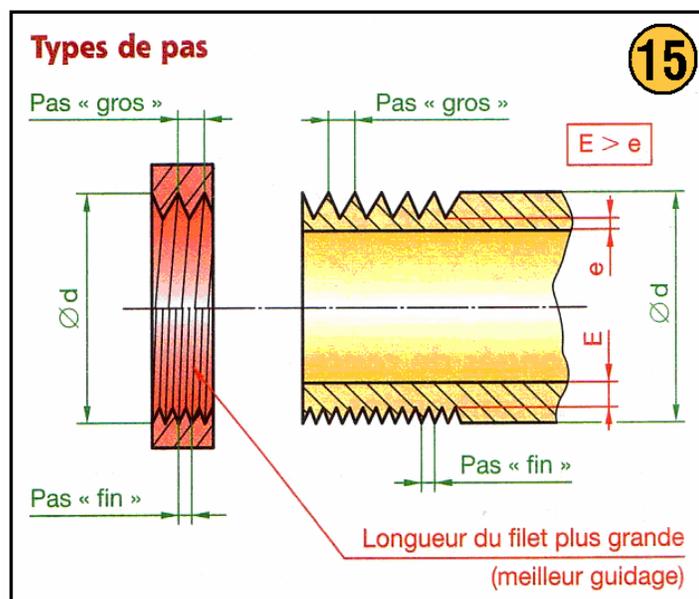


- **Pas** (fig. 15)

**Le pas est la distance qui sépare deux sommets consécutifs d'une même hélice.**

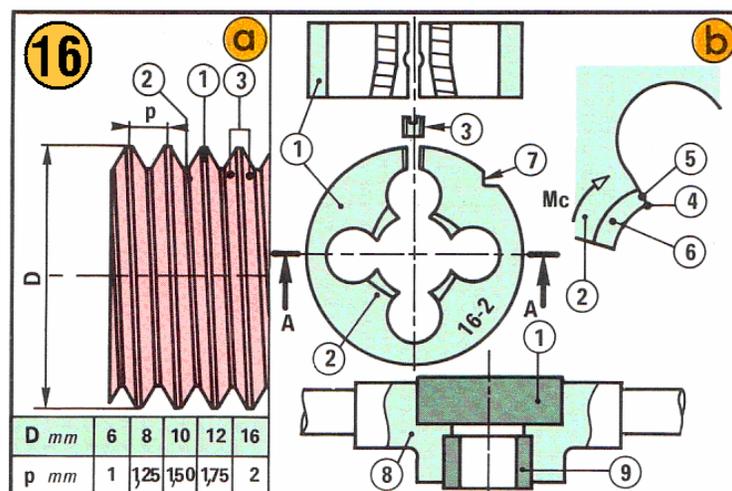
Les normes ont prévu avec chaque diamètre nominal un **pas usuel ou pas gros** (boulonnerie du commerce) et un petit nombre de **pas fins d'emploi exceptionnel** (filetage sur tube mince, écrou de faible hauteur, vis d'appareil de mesure).

A diamètre nominal égal, **plus un pas est fin, plus les tolérances sont réduites**, d'où une fabrication plus onéreuse.



### 7.2 Production des filets de vis

Sur un cylindre calibré, le filetage produit un met de vis dont la fonte et les dimensions normalisées sont adoptées par de nombreux pays (système M ; I.S.O.). La production en série est faite sur machines automatiques mais certains travaux unitaires doivent être faits avec des filières à main dont la plus simple est la filière ronde (fig. 16).



#### Filet normalisé. Filières

##### a) Filet triangulaire (60°).

- (1) Sommet ; (2) Fond ;
- (3) Flancs.

##### b) Filière ronde expansible (1).

- (2) Peignes profilés réglables par la vis conique (3) ; (4) Arête tranchante ; (5) Surface d'attaque ; (6) Surface profilée ; (7) Encoche d'entraînement ; (8) Porte-filière ; (9) Guide cylindrique.

- **Filières rondes**

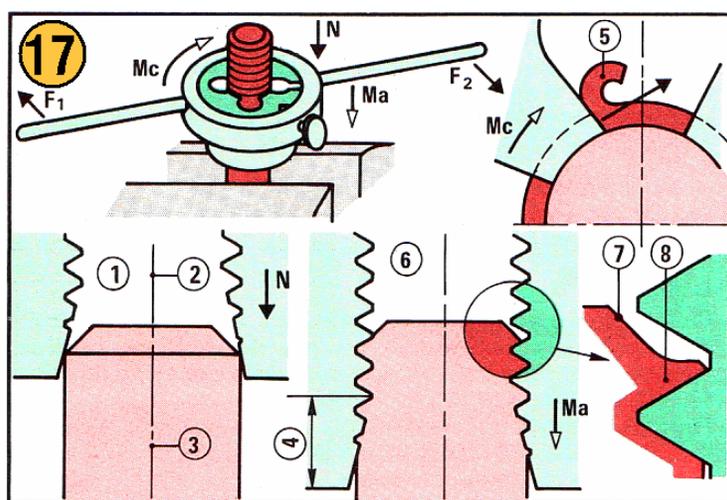
Les rainures internes déterminent des peignes (*acier trempé*) de profil correspondant à celui de la vis à obtenir ; sur chaque peigne, quelques filets sont abattus obliquement ; c'est l'entrée, qui assure la progressivité d'action de la filière ; une vis conique permet un très faible réglage du diamètre.

La filière est ajustée et fixée dans la cage d'un porte-filière, laquelle présente souvent un guide concentrique, amovible, calibré au diamètre de la pièce.

- **Mode d'action**

Avant filetage, l'entrée de la filière est en contact avec le chanfrein de la pièce ; les deux axes étant ainsi alignés, la filière subit simultanément un mouvement circulaire  $M_c$  en sens d'horloge et une pression axiale  $N$ , ce qui amorce le met (fig. 17).

Après amorçage et suppression de  $N$ , la filière se visse d'elle-même; l'entrée ébauche le filet (les copeaux se forment sur les faces d'attaque) alors que la partie profilée des peignes calibre la vis.



### Filetage

Au début (1) les axes de la pièce (2) et de la filière (3) sont alignés, l'opérateur exerce une pression  $N$  et le couple  $F_1, F_2$ . L'entrée conique (4) de la filière amorce le filet, les copeaux (5) se forment sur les surfaces d'attaque. Ensuite (6), la filière se visse d'elle-même. Le chanfrein (7) réduit la bavure (8).

- **Production d'un filetage**

Jusqu'à M16, le filetage est produit en une seule passe si la filière est bien réglée.

### 7.3 Filetage à la main

Analyse des opérations de la fig. 18 : filetage M12 de longueur 30 mm sur pièce calibrée et chanfreinée.

- **Déterminer le processus**

Les données permettent le filetage M 12 en une passe.

- **Fixer la pièce dans l'étau**

Il est préférable de la situer verticalement et dépassant de la longueur nécessaire.

18		OPÉRATIONS	OUTILLAGE	CONTRÔLE
		1	Contrôler la pièce	
2	Choisir la filière le guide les monter dans le porte-filière	Filière M12 Ø12		
3	Serrer la pièce - dépassement : 50 mm, axe vertical		Réglet	
4	Fileter sur $l = 30$	Huile Pinceau Filière	Bague filetée M12 Réglet	
<b>PORTE BUTÉE</b>		Acier étiré, $R = 40$ hbar		

**Instructions détaillées**

Le porte-butée est en acier étiré calibré à 12h11 ( $\varnothing$  maximal 12 mm ;  $\varnothing$  minimal 11,89 mm). L'extrémité doit être filetée à M12 (*normalisation*:  $D$  nominal = 12 mm ; pas du filetage  $P = 1,75$  mm) sur longueur maximale 32 mm, minimale 30 mm. Le chanfrein doit être usiné avant filetage.

- **Choisir la filière**

Le diamètre et le pas sont inscrits sur la filière. Contrôler l'état des peignes et le réglage du diamètre : la filière doit se visser à la main, sans jeu, sur une pièce type. Immobiliser la filière dans le porte-filière, l'entrée du côté du guide.

- **Fileter**

Lubrifier la pièce avec une huile épaisse. Engager le guide sur la pièce, et amorcer le filet en manoeuvrant la porte-filière pression axiale  $N$  et rotation très lente  $Mc$ , en sens d'horloge (fig. 17).

Après amorçage, fileter (*suppression de  $N$* ) en brisant les copeaux par de fréquentes inversions de rotation (*un quart de tour*) et en lubrifiant. Lorsque la pièce est filetée sur la longueur désirée, dévisser la filière.

Les flancs du filet doivent être polis et le sommet du met de largeur régulière ; une bague filetée étalon doit se visser sans jeu sur la longueur désirée.

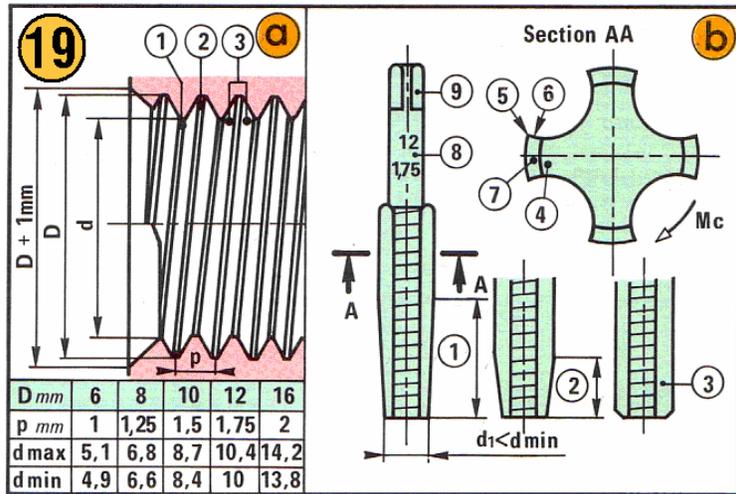
#### 7.4 Production des filets d'écrous (taradage)

Dans un trou cylindrique calibré, le taradage produit un filet d'écrou normalisé. Il est préférable de tarauder mécaniquement, mais certains travaux unitaires nécessitent encore le taradage à la main, à l'aide d'un jeu de tarauds.

- **Tarauds**

Les rainures externes déterminent des peignes (acier trempé), de profil correspondant à celui de l'écrou à obtenir ; sur chaque peigne, plusieurs filets sont abattus obliquement c'est l'entrée, qui assure la progressivité d'action du taraud (fig. 19).

Pour l'utilisation, le taraud est fixé dans un tourne-à-gauche, ajusté sur le carré d'entraînement.



**Filet normalisé. Tarauds**

**a) Filet triangulaire (60°).**

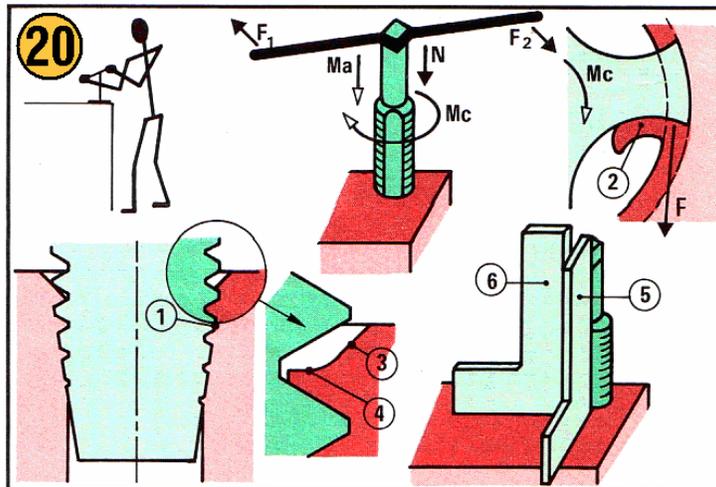
(1) Sommet ; (2) Fond ; (3) Flancs.

**b) Jeu de trois tarauds.**

(1) Ebaucheur à entrée longue ; (2) demi-finiisseur à entrée moyenne ; (3) finisseur ; (4) Peigne profilé ; (5) Arête tranchante ; (6) Surface d'attaque ; (7) Surface profilée ; (8) Collet ; (9) Carré d'entraînement.

• **Mode d'action**

Avant taraudage, l'entrée du taraud est engagée dans le trou; les deux axes étant ainsi alignés, le taraud subit simultanément un mouvement circulaire  $M_c$ , en sens d'horloge, et une pression axiale  $N$ , ce qui amorce le filet. Après amorçage et suppression de  $N$ , le taraud se visse de lui-même ; l'entrée ébauche le filet (*les copeaux se forment sur les faces d'attaque*), alors que la partie profilée calibre l'écrou (fig. 20).



**Taraudage**

Au début, le cône d'action (1) du taraud ébaucheur amorce le filet, les copeaux (2) se forment. Ensuite, le taraud se visse de lui-même. La fraisure (3) réduit la bavure (4). La perpendicularité, qui doit être assurée avant engagement complet du cône d'action, est contrôlée suivant deux directions (5), (6).

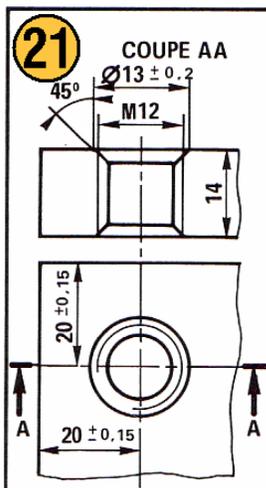
• **Production d'un trou taraudé**

La fragilité des tarauds et l'irrégularité des efforts exercés par l'opérateur nécessitent une production progressive grâce à trois tarauds à entrée longue (ébauche), moyenne (1/2 finition), courte (finition).

**7.5 Taraudage à la main**

Analyse des opérations de la fig. 21 taraudage M12 dans un trou calibré et chanfreiné.

OPÉRATIONS		OUTILLAGE	CONTRÔLE
1	Contrôler la pièce		Calibre à coulisse Réglet
2	Choisir les tarauds le tourne-à-gauche	Tarauds M12	
3	Serrer la pièce - dépassement : 5 mm axe du trou vertical		
4	Tarauder M12  Ebauche 1/2 Finition Finition	Huile Pinceau Tarauds n° 1 n° 2 n° 3	Equerre  Tampon fileté M12
CALE		Acier, R = 65 hbar	



### Instructions détaillées

Le trou doit être taraudé à M12 (*normalisation* :  $D_{nominal} = 12 \text{ mm}$  ; *pas du taraudage*  $P = 1,75 \text{ mm}$ ) ; le taraudage perpendiculaire aux faces de la pièce, doit être utilisable sur toute l'épaisseur. Le trou doit être percé à  $\varnothing 10,4 \text{ mm}$  ; les deux fraises à  $\varnothing 13 \text{ mm}$  doivent être produites avant taraudage.

- **Déterminer le processus**

Utiliser successivement les tarauds n°1, 2 et 3.

- **Fixer la pièce dans l'étau**

Situer l'axe du trou verticalement en laissant accessible la référence de la pièce.

- **Choisir les tarauds**

Le diamètre et le pas sont inscrits sur le collet de chaque taraud. Contrôler l'état des peignes. Choisir et monter le tourne-à-gauche sur le taraud n°1.

- **Tarauder**

Lubrifier le taraud à l'huile épaisse. Engager l'entrée du taraud dans le trou et amorcer le filet en manoeuvrant le tourne-à-gauche pression axiale N et rotation très lente Mc, en sens d'horloge (fig. 20).

Après amorçage, contrôler la perpendicularité du taraud avec la référence de la pièce; relever le sens du défaut et reprendre la rotation (*suppression de N*) en exerçant un léger effort perpendiculaire à l'axe pour corriger le défaut ; contrôler à nouveau et rectifier, si nécessaire ; l'orientation du taraud n°1 doit être correcte avant pénétration totale de l'entrée.

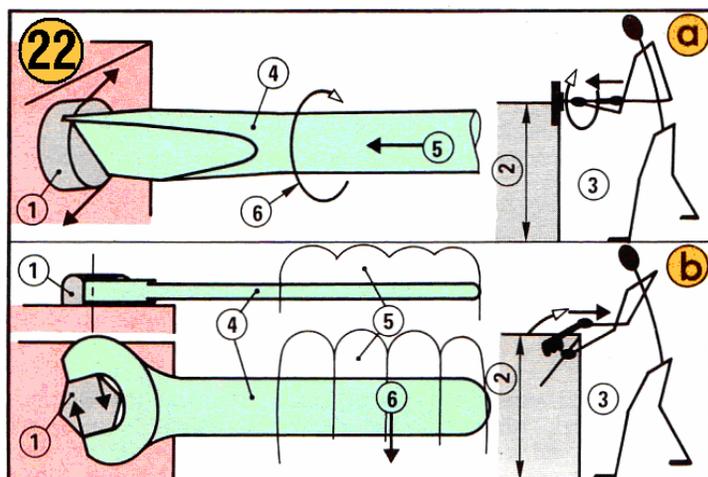
Tarauder en lubrifiant : le taraud se visse de lui-même ; briser de temps à autre les copeaux par rotation en sens inverse (*un quart de tour*) ; traverser la pièce avec le taraud (collet dégagé) ou dévisser le taraud (*collet non dégagé*) ; passer ensuite les tarauds n°2 et 3, en les visant d'abord à la main.

Les flancs du filet doivent être polis et le sommet du filet de largeur régulière ; un tampon fileté étalon doit se visser sans jeu dans l'écrou ainsi produit.

## 8. Assemblage par vissage

### 8.1 Vissage, serrage, blocage

Dans les travaux d'assemblage en série, l'élément normalisé à bloquer (*vis ou écrou*) est vissé, serré et bloqué mécaniquement (boulonneuse, visseuse). Dans les autres cas, le couple exercé par la main suffit pour visser alors que les clés et tournevis normalisés assurent un couple plus grand nécessaire pour serrer et bloquer (fig. 22).



#### Serrage et blocage

(1) Vis ; (2) Hauteur favorable ; (3) Positions de l'opérateur.

#### a) Tournevis.

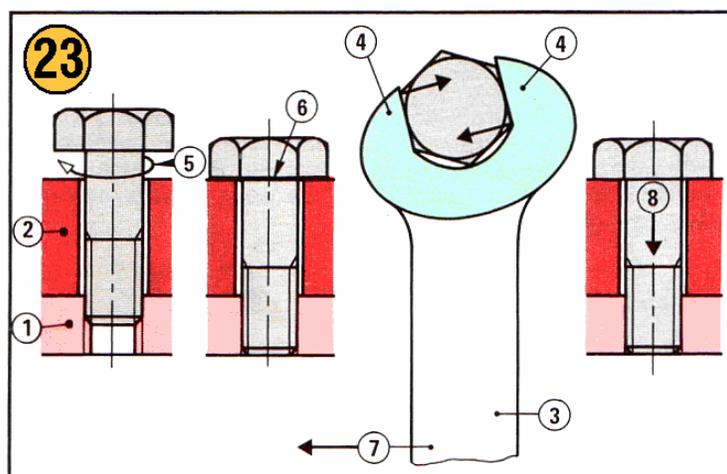
(5) Poussée axiale ; (6) Rotation par action manuelle alignement des axes de la vis et du tournevis (4).

#### b) Clé.

(5) Position de la main ; (6) Effort manuel la poignée de la clé (4) est perpendiculaire à l'axe de la vis.

#### • Étude du blocage

Le vissage (*sens d'horloge*) est facile, grâce aux jeux dans le trou de passage et entre filets de vis et d'écrou ; en fin de vissage la tête de vis (*ou l'écrou*) est en contact avec la pièce (fig. 23).



#### Étude du blocage

Pièces avec trou taraudé (1), de passage (2). La clé (3) présente deux mâchoires (4). Le vissage à la main (5) est limité par le contact (6) entre pièce et tête de vis. L'effort manuel (7) sur la clé détermine le couple de serrage sur la tête de vis. L'effort (8), résultant du couple de blocage, assure l'assemblage.

Pendant le serrage, l'effort normal de l'opérateur sur l'outil de serrage produit un couple de serrage tel que la vis (*ou l'écrou*) se visse encore d'une fraction de tour le corps de la vis subit une traction et s'allonge légèrement (*élasticité*), la pièce est comprimée et un frottement

important a lieu entre les surfaces de contact (*pièce-tête de vis ou écrou, flancs de filets de vis et d'écrou*).

En fin de serrage, c'est le blocage ; l'opérateur exerce son effort maximal : tous les effets ci-avant sont maximaux (*un léger graissage préalable empêche le grippage des surfaces en contact*) et le blocage est assuré ; lorsque l'opérateur cesse son effort, la vis (*ou l'écrou*) reste bloquée.

### • Réalisation du blocage

**Vis à tête hexagonale.** Tenir la clé de la main droite ; l'engager à fond sur la tête de la vis, perpendiculairement à l'axe, de façon telle que le mouvement de serrage soit dirigé vers l'opérateur. Serrer puis bloquer par action d'une seule main (*jusqu'à M 16*).

**Vis à tête cylindrique.** La main droite, tenant l'extrémité du manche du tournevis, assure et maintient l'engagement de la lame dans la fente ainsi que la rotation du tournevis en sens d'horloge. Le tournevis tourne aisément si son axe est confondu avec celui de la vis. Pour serrer et bloquer, l'action de la main droite suffit jusqu'à M6.

## 8.2 Assemblage

Analyse des opérations de la figure 24 : assembler deux pièces par quatre vis H, M6-20.

24 4 vis H, M6-20		OPÉRATIONS		OUTILLAGE	CONTRÔLE
		1 Nettoyer les pièces		Chiffon	Visuel
2 Aligner les pièces			Visuel		
4 Huiler les 4 vis H, M 6-20			Huile		
5 Visser à la main la vis ① puis les vis ②, ③, ④					
6 Serrer les vis dans l'ordre ① ② ③ ④		Clé normalisée	Contact entre pièces, entre têtes de vis et pièces.		
7 Bloquer les vis dans l'ordre ① ② ③ ④					
VISSAGE					

### Instructions détaillées

Les VIS normalisées (1) (2) (3) (4) à tête hexagonale, à corps fileté M6 de longueur 20 mm sous tête, assemblent les pièces (5) (trous de passage  $\varnothing 7$ ) et (6) (trous taraudés M6). Il faut s'assurer que toutes les vis peuvent se visser avant de serrer et de bloquer l'une d'elles.

### • Contrôler les éléments

Contrôler l'identité de diamètre des trous taraudés et des vis, la longueur des vis, le diamètre des trous de passage, l'alignement des trous de passage et des trous taraudés, la propreté des surfaces, l'absence de bavures, le graissage des vis.

### • Déterminer le processus

Aligner les pièces, les trous ; maintenir l'alignement ; visser, serrer, bloquer.

- **Choisir la clé**

Sélectionner la clé normalisée pour vis H, M6.

- **Visser**

Visser (1) et (2) aux extrémités, pour maintenir l'alignement; visser (8) (4).

- **Serrer, bloquer**

Serrer dans l'ordre (1) (2) (3) (4) afin de constater la possibilité de l'opération ; bloquer dans le même ordre.

- **Contrôler**

Après blocage, les plats des têtes de vis ne doivent pas être détériorés ; les pièces doivent être solidaires et les surfaces portantes en contact parfait.

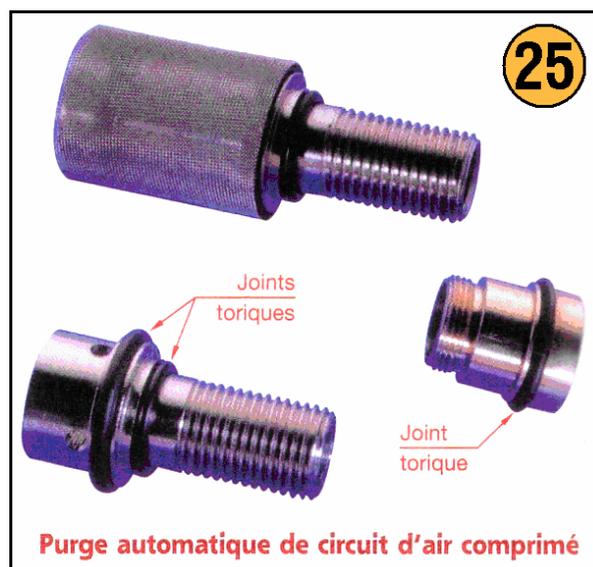
## 9. Joints d'étanchéité

Les joints sont utilisés pour obtenir l'étanchéité d'une enceinte d'un mécanisme.

On distingue :

- l'étanchéité statique entre deux pièces sans mouvement relatif ;
- l'étanchéité dynamique entre deux pièces ayant un mouvement relatif.

Il faut également tenir compte des conditions de fonctionnement pression, température, fluide à étancher, vitesse, état de surface, etc.



### 9.1 Joints plats de forme quelconque (fig.26)

Les joints plats sont généralement découpés à partir d'un matériau en feuilles et ils conviennent pour des étanchéités statiques.

Choisir un joint plat, c'est déterminer son épaisseur et sa matière.

- **Détermination de l'épaisseur**

L'épaisseur d'un joint plat dépend essentiellement de la rugosité des surfaces sur lesquelles il s'applique. L'épaisseur du joint décroît si la rugosité des surfaces diminue.

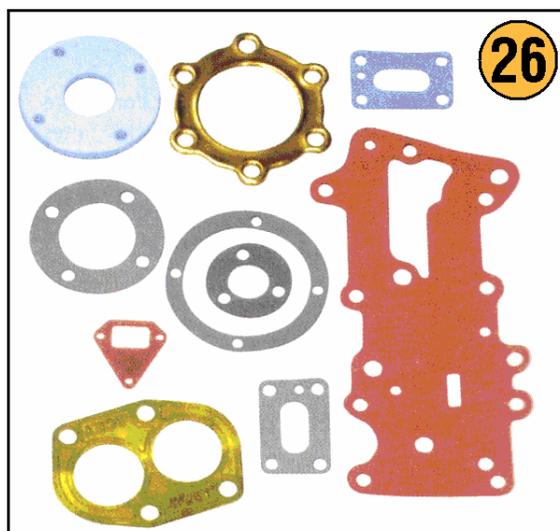
D'une manière générale, l'épaisseur d'un joint plat est choisie aussi faible que possible.

On réduit ainsi :

- les effets exercés par la pression sur la tranche du joint ;
- le prix du joint.

- **Choix du matériau**

On choisit habituellement les joints confectionnés en matières qui satisfont le mieux aux exigences de fonctionnement : fluide à étancher, température, etc. et dont le prix est le plus bas.

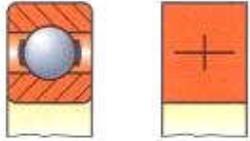
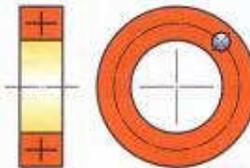
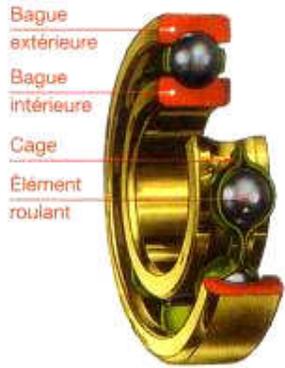
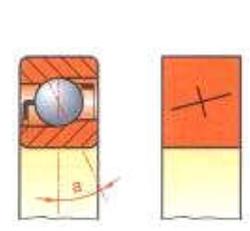
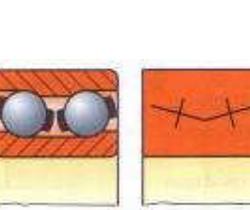


## 10. Roulements

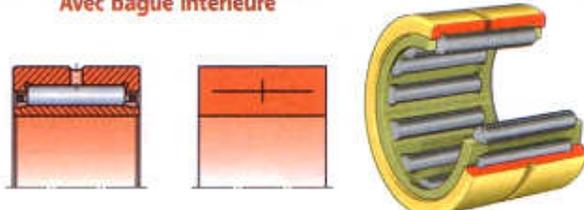
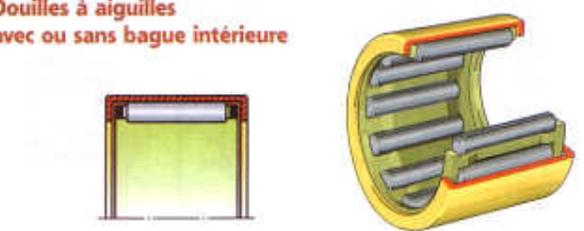
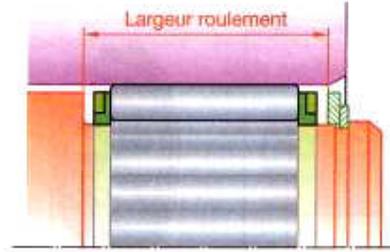
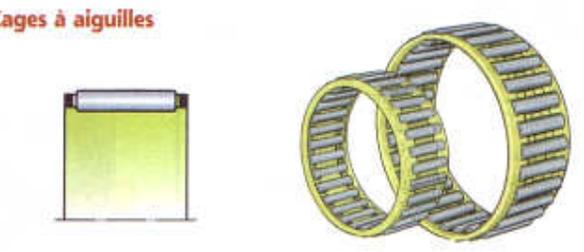
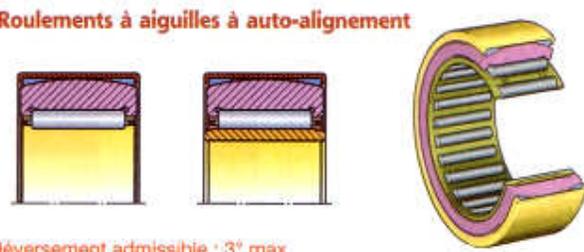
ISO 492 – ISO 15 – ISO 104 – ISO 355 – ISO 5593 – NF EN ISO 8826

La fonction d'un **roulement** est de permettre à deux éléments d'être en rotation l'un par rapport à l'autre avec une précision et avec un frottement optimisé, en remplaçant un glissement par un roulement.

### 9.1 Principaux types de roulements

Roulements à une rangée de billes, à contact radial	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ces roulements supportent des charges radiales et axiales relativement importantes.</li> <li>• Ils exigent une bonne coaxialité des portées de l'arbre d'une part et des alésages des logements d'autre part.</li> <li>• C'est un type de roulement très employé.</li> </ul>	<p style="text-align: center;"><b>Représentations</b> complète      simplifiée</p> 
<p>En fonction des besoins, on utilise :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• soit une représentation simplifiée générale valable pour les types de roulement ;</li> <li>• soit une représentation simplifiée spécifique à chaque type de roulement.</li> </ul>	
<p>Ces roulements existent en trois variantes :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• avec une rainure dans la bague extérieure pour maintien par segment d'arrêt ;</li> <li>• avec protection latérale par un ou deux flasques ;</li> <li>• avec protection latérale par un ou deux joints (lubrification à vie).</li> </ul>	<p style="text-align: center;">Avec rainure      Avec rainure et segment d'arrêt      Représentation conventionnelle</p> 
<p style="text-align: center;">Protection d'un seul côté par flasque      Protection des deux côtés par flasques      Protection d'un seul côté par joint      Protection des deux côtés par joints      Représentation simplifiée*</p> 	<p style="text-align: center;">Déversement admissible (rotulage) : 2° à 10°</p> 
Roulements à une rangée de billes, à contact oblique	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 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.</li> <li>• Ils conviennent pour de grandes fréquences de rotation.</li> <li>• Ils demandent une bonne coaxialité des portées.</li> </ul>	<p style="text-align: center;">Déversement admissible : = 0.</p>  
Roulements à deux rangée de billes, à contact oblique	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ces roulements supportent des charges radiales assez importantes et des charges axiales alternées.</li> <li>• Les fréquences admissibles de rotation sont plus faibles que celles des roulements à une rangée de billes.</li> <li>• Ils exigent une très bonne coaxialité des portées.</li> </ul>	<p style="text-align: center;">Déversement admissible : = 0</p>  

Roulements à deux rangées de billes, à rotule dans la bague extérieure		
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ces roulements supportent des charges radiales moyennes et des charges axiales faibles.</li> <li>• Ils conviennent pour de grandes fréquences de rotation.</li> <li>• Ils sont utilisés lorsque l'alignement précis des paliers est difficile.</li> </ul>		<p style="color: red;">Déversement admissible : 1,5° à 3°</p>
Roulements à rouleaux cylindriques		
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ces roulements supportent des charges radiales élevées mais aucune charge axiale.</li> <li>• Ils conviennent pour de grandes fréquences de rotation.</li> <li>• Ils exigent une très bonne coaxialité des portées.</li> </ul>	<p style="color: red;">Bague séparable</p>	<p style="color: red;">Déversement admissible : 2'</p>
Roulements à deux rangées de rouleaux, à rotule dans la bague extérieure		
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ces roulements supportent des charges radiales très importantes et des charges radiales et axiales combinées.</li> <li>• Les fréquences admissibles de rotation sont moyennes.</li> <li>• Ils sont utilisés lorsque l'alignement des paliers est difficile.</li> </ul>		<p style="color: red;">Déversement admissible : 1° à 2,5°</p>
Roulements à rouleaux coniques		
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ces roulements supportent des charges radiales et axiales relativement importantes.</li> <li>• Ils ne conviennent pas pour les grandes fréquences de rotation.</li> <li>• Ils exigent une très bonne coaxialité des portées.</li> <li>• La bague extérieure ou « cuvette » est séparable.</li> <li>• Les cônes formés par les chemins de roulement et les rouleaux coniques ont le même sommet S situé sur l'axe du roulement.</li> <li>• Ces roulements sont habituellement utilisés par paire et montés en opposition.</li> <li>• Ils permettent de régler le jeu de fonctionnement.</li> <li>• Ils sont utilisés pour des paliers de dimensions grandes et moyennes pour des mécanismes précis fortement sollicités.</li> </ul>	<p style="color: red;">Bague séparable</p>	<p style="color: red;">Déversement admissible : 2'</p>
	<p style="color: red;">Cône avec épaulements Ligne de charge Point d'application des charges Bague extérieure ou « cuvette »</p>	

<b>Roulements à aiguilles</b>	
<p><b>CARACTÉRISTIQUES GÉNÉRALES</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Les roulements à aiguilles supportent des charges radiales importantes sous un encombrement relativement réduit.</li> <li>Comme les roulements à rouleaux cylindriques comportant une bague sans épaulement ils ne supportent aucune charge axiale.</li> <li>Ils conviennent pour de grandes fréquences de rotation.</li> <li>Ils exigent une <b>très bonne coaxialité</b> des portées de l'arbre et une très bonne coaxialité des alésages des logements.</li> <li>Ils résistent bien aux chocs.</li> <li>Ils permettent un léger déplacement axial de l'arbre par rapport au logement.</li> <li>La bague intérieure est séparable.</li> <li>Ces roulements sont couramment utilisés : sans bague intérieure, sous forme de douilles à aiguilles ou de cages à aiguilles (sans bague extérieure et sans bague intérieure).</li> </ul> <p>L'encombrement est réduit, mais les surfaces de roulement doivent présenter une dureté et un état de surface suffisant (HRC min. = 57 ; Ra max. 0,2).</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Les roulements à aiguilles avec étanchéité sont lubrifiés avec une graisse au lithium.</li> <li>Les roulements à aiguilles sont utilisés pour les paliers de petites et moyennes dimensions soumis à des charges radiales importantes.</li> </ul>	<p style="text-align: center; color: #800000;"><b>Avec bague intérieure</b></p>  <p style="text-align: center; color: #800000;"><b>Sans bague intérieure</b>      <b>Avec étanchéité d'un seul côté</b>      <b>Avec étanchéité des deux côtés</b></p>  <p style="text-align: center; color: #800000;">Déversement admissible : ~ 0.</p>
<p>L'encombrement est réduit, mais les surfaces de roulement doivent présenter une dureté et un état de surface suffisant (HRC min. = 57 ; Ra max. 0,2).</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Les roulements à aiguilles avec étanchéité sont lubrifiés avec une graisse au lithium.</li> <li>Les roulements à aiguilles sont utilisés pour les paliers de petites et moyennes dimensions soumis à des charges radiales importantes.</li> </ul>	<p style="text-align: center; color: #800000;"><b>Douilles à aiguilles avec ou sans bague intérieure</b></p>  <p style="text-align: center; color: #800000;"><b>Avec fond</b>      <b>Avec étanchéité d'un seul côté</b>      <b>Avec étanchéité des deux côtés</b></p> 
 <p style="text-align: center; color: #800000;">Largeur roulement</p>	<p style="text-align: center; color: #800000;"><b>Cages à aiguilles</b></p> 
 <p style="text-align: center; color: #800000;">Léger déport axial admissible</p>	<p style="text-align: center; color: #800000;"><b>Roulements à aiguilles à auto-alignement</b></p>  <p style="text-align: center; color: #800000;">Déversement admissible : 3° max.</p>

Butées à billes	
<ul style="list-style-type: none"> <li>Les butées à billes ne supportent que des charges axiales relativement 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.</li> <li>L'action de la force centrifuge sur les billes limite leur emploi à de faibles fréquences de rotation.</li> <li>Les butées à billes ne sont pas conçues pour guider un arbre en rotation. Ce guidage doit être assuré par d'autres types de roulements.</li> <li>Les butées à billes conviennent particulièrement pour des arbres verticaux, fortement chargés axialement et tournant lentement.</li> </ul>	
Roulements combinés à aiguilles et à billes	
<ul style="list-style-type: none"> <li>Les roulements combinés à aiguilles et à billes sont utilisés pour des paliers fixes supportant des charges axiales et radiales.</li> <li>Les charges radiales sont supportées par les aiguilles et les charges axiales par les billes.</li> <li>Par rapport aux charges supportées, l'encombrement de ces roulements est très réduit.</li> </ul> <p><b>REMARQUES</b></p> <p>L'encombrement des roulements type NX et type NKX peut encore être réduit par suppression de la bague intérieure.</p> <p>Dans ce cas, les surfaces de roulement doivent présenter, outre des caractéristiques géométriques suffisantes, une dureté RHC 57.</p> <p>Afin de pouvoir supporter des charges axiales, les roulements type NKIA et type NKIB doivent obligatoirement être utilisés avec leur bague intérieure.</p>	
Tolérance de l'arbre pour roulement sans bague intérieure	
<b>Type</b>	<b>Tolérance</b>
<b>NX - NKX</b>	k6
<b>Rugosité</b>	$Ra \leq 0,2$
<b>Circularité</b>	25 % de k6
<b>Parallélisme</b>	50 % de k6

**À simple effet**

**À double effet**

Bagues séparables

**Type NX à simple effet (avec ou sans bague intérieure)**

**Type NKX à simple effet (avec ou sans bague intérieure)**

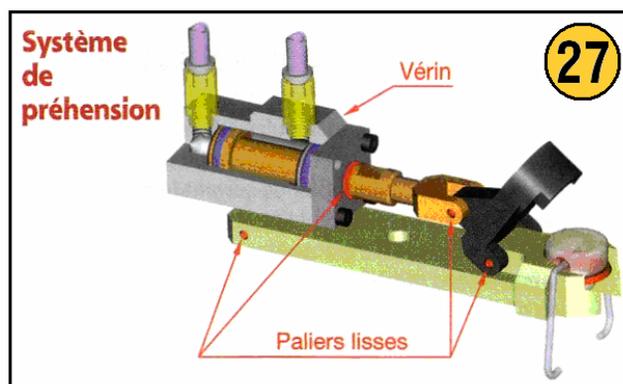
**Type NKIA à simple effet (avec bague intérieure)**

**Type NKIB à double effet (avec bague intérieure)**

## 11. Paliers

Le **palier** est un organe mécanique capable de supporter et de guider un arbre tournant.

Les articulations sont des mécanismes de liaison, laissant certaines libertés de mouvements aux pièces assemblées.



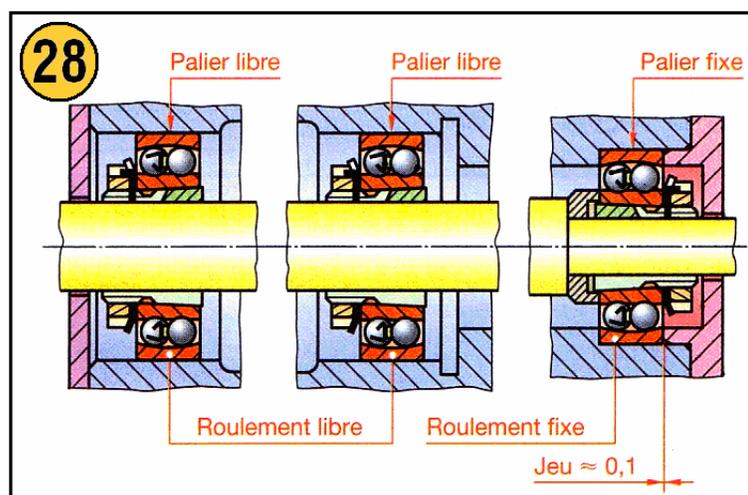
- **Articulations avec roulement**

Afin d'éviter aux roulements d'une même ligne d'arbre une opposition mutuelle due aux tolérances de fabrication ou aux dilatations, un seul palier, appelé « **palier fixe** », assure la position axiale de l'arbre.

Les autres paliers, appelés « **paliers libres** », prennent d'eux-mêmes leur place (fig. 28).

**Remarque :**

Pour les roulements à rouleau cylindriques ou à aiguilles, la mobilité axiale est assurée par le roulement lui-même. Dans ce cas, les deux bagues du roulement sont fixées.



### • Paliers compacts

Ces paliers, de faible encombrement, sont constitués d'un corps en alliage d'aluminium et d'une douille à bague extérieure en tôle emboutie traitée.

Les billes circulent dans les ouvertures apparentes de la bague, ce qui permet le graissage.

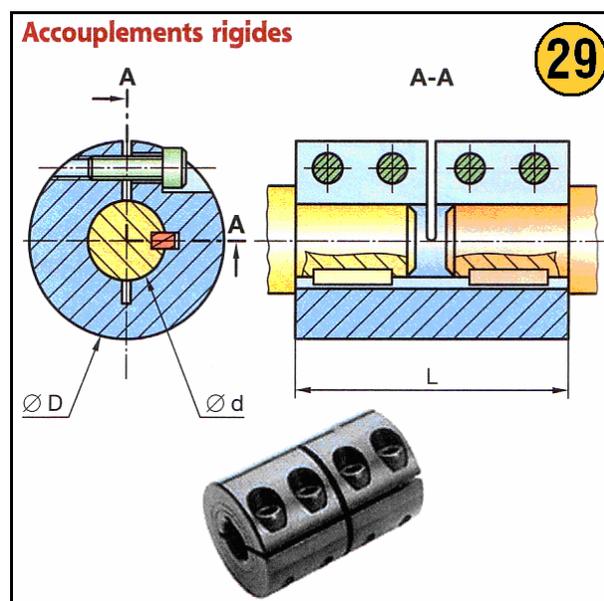
Le graissage s'effectue quand les billes sont en mouvement.

## 12. Accouplements

Les **accouplements** sont utilisés pour lier en rotation deux arbres de transmission de puissance en prolongement l'un de l'autre.

### • Accouplements rigides (fig.29)

Ce type d'accouplement nécessite un bon alignement des arbres.

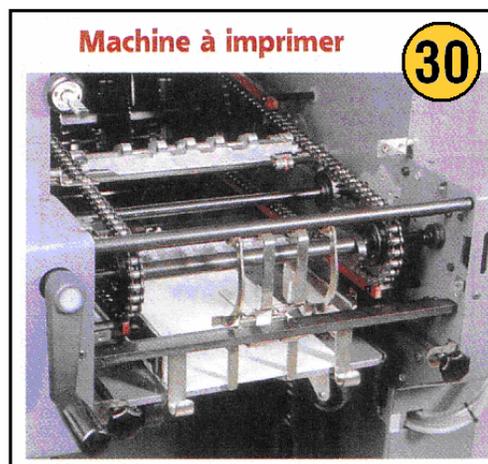


## 13. Transmission de mouvement

### 13.1 Chaînes de transmission

Ces chaînes permettent la transmission d'un mouvement de rotation entre une roue dentée menante et une roue dentée menée sans contact entre elles (fig. 30).

- Afin de répartir les efforts, l'arc d'enroulement de la chaîne doit être supérieur à 90°.
- Le rapport entre le nombre de dents de la roue et le nombre de dents du pignon ne doit pas dépasser 8.
- Un traitement spécial pour  $HV \geq 1\ 800$  augmente la durée de vie et rend la lubrification aléatoire.
- Un traitement par zingage-bichromatage permet d'augmenter la résistance à la corrosion.
- Les chaînes en acier inoxydable ne nécessitent aucune lubrification.



### Chaînes à rouleaux

Symbole	Pas p	b <sub>1</sub>	b <sub>2</sub>	b <sub>3</sub>	b <sub>4</sub>	b <sub>5</sub>	b <sub>6</sub>	d <sub>1</sub>	d <sub>2</sub>	h <sub>1</sub>	h <sub>2</sub>	p <sub>t</sub>	Charge de rupture en da N		
													Simple	Double	Triple
08 A	12,70	7,95	11,31	17,8	32,3	46,7	3,9	7,95	3,96	12,33	12,07	14,38	1 385	2 770	4 155
10 A	15,87	9,53	13,97	21,8	39,9	57,9	4,1	10,16	5,08	15,35	15,09	18,11	2 175	4 350	6 525
12 A	19,05	12,70	17,88	26,9	49,8	72,6	4,6	11,91	5,94	18,34	18,08	22,78	3 115	6 230	9 345
16 A	25,40	15,88	22,74	33,5	62,7	91,9	5,4	15,88	7,92	24,39	24,13	29,29	5 555	11 110	16 665
06 B	9,52	5,77	8,66	13,5	23,8	34	3,3	6,35	3,28	8,52	8,26	10,24	895	1 700	2 490
08 B	12,70	7,75	11,43	17	31	44,9	3,9	8,51	4,45	12,07	11,81	13,92	1 785	3 115	4 450
10 B	15,87	9,65	13,41	19,6	36,2	52,8	4,1	10,16	5,08	14,99	14,73	16,59	2 225	4 450	6 675
12 B	19,05	11,68	15,75	22,7	42,2	61,7	4,6	12,07	5,72	16,39	16,13	19,46	2 890	5 780	8 670
16 B	25,40	17,02	25,58	36,1	68	99,9	5,4	15,88	8,28	21,34	21,08	31,88	4 225	8 450	12 675

### Roues pour chaînes

Simple

Double

Triple

Pas

**Caractéristiques**

Pas de la chaîne : p

Nombre de dents : z

Angle au centre :  $2\alpha = \frac{360^\circ}{z}$

Diamètre primitif :  $d = \frac{p}{\sin \alpha}$

Rapport des fréquences de rotation :

$$\frac{n_A}{n_B} = \frac{z_B}{z_A}$$

**EXEMPLE DE DÉSIGNATION :**  
Chaîne de transmission ISO 606-08 B2

Faire suivre le symbole de la chaîne d'un chiffre correspondant au nombre de brins.

### 13.2 Courroies

- **Courroies de transmission** (fig. 31 et 32)

Les poulies et courroies permettent la transmission d'un mouvement de rotation d'un arbre menant à un arbre mené relativement éloignés l'un de l'autre.

Rapport de transmission **R** (« raison ») :

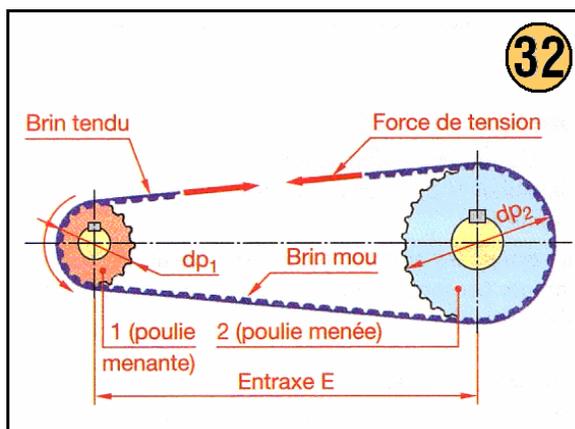
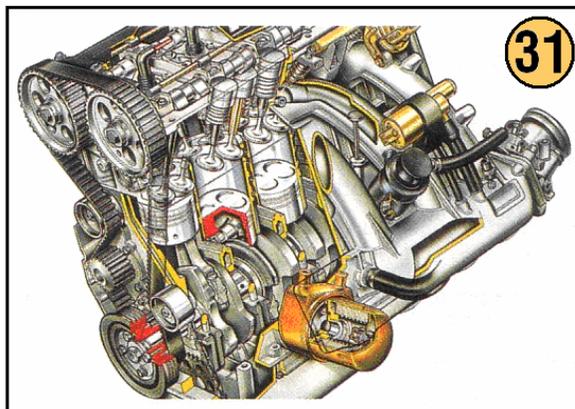
$$R = \frac{n_2 \text{ (poulie menée)}}{n_1 \text{ (poulie menante)}} = \frac{dp_1 \text{ (poulie menante)}}{dp_2 \text{ (poulie menée)}}$$

**n** : fréquence de rotation des poulies en tr/min.

**dp** : diamètres primitifs des poulies en mm.

Longueur primitive **L** d'une courroie :

$$L = 2E + 1,57 (dp_1 + dp_2) + \frac{dp_2 - dp_1}{4E}$$



- **Courroies plates**

Les courroies plates permettent de transmettre de grandes fréquences de rotation. Afin de limiter l'action de la force centrifuge sur les courroies, on limite généralement les vitesses circonférentielles aux valeurs ci-dessous		<p><b>Profil recommandé</b></p>	<p><b>Profil admissible</b></p>
Matériau	Vitesse circonférentielle maximale		
Aramide – Silicone	50 à 80 m/s	<p>La partie bombée permet à la courroie de se placer d'elle-même dans le plan médian de la poulie.</p>	
Polyuréthane	25 m/s		
Tolérance sur l'entraxe E			
E max. = entraxe nominal + 3% L E min. = entraxe nominal – 1,5% L			

• **Courroies synchrones**

La face interne de ces courroies est dentée. Elles assurent ainsi une transmission sans glissement permettant la synchronisation ou l'indexage positif requis.

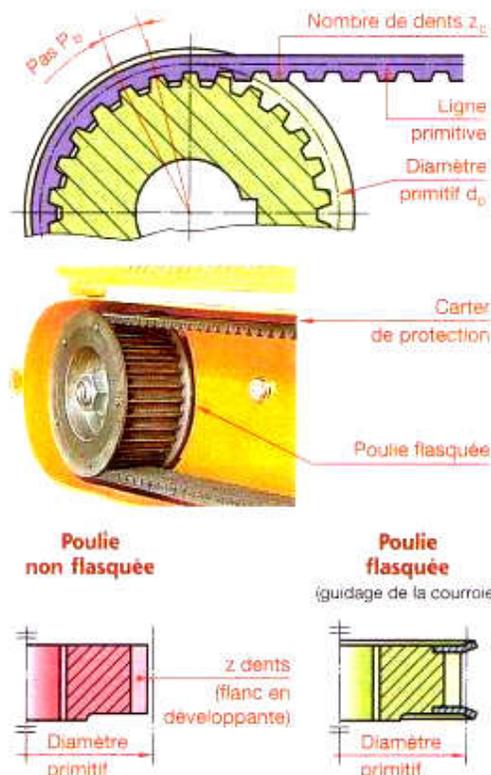
- Matière matériau composite (polyuréthane armé de câbles en acier ou de câbles en aramide...)
- Température d'utilisation : - 10 °C à + 60 °C.

**POULIES**

- Afin que la courroie ne sorte pas des poulies, au moins une des deux poulies doit être flasquée, en principe la plus petite.
- Lorsque l'entraxe est supérieur à huit fois le diamètre primitif de la petite poulie, les deux poulies doivent être flasquées.
- Lorsque les axes des poulies sont verticaux, ou très inclinés par rapport à l'horizontale, utiliser des poulies flasquées.

**MONTAGE DES COURROIES**

Afin de remédier aux tolérances de longueur sur les courroies et de pouvoir monter sans contrainte, prévoir un réglage de l'entraxe entre les poulies.



• **Courroies trapézoïdales**

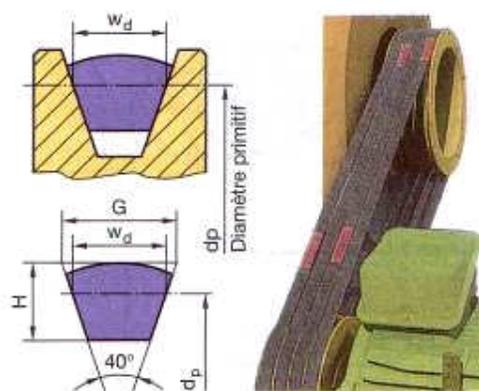
La courroie et la gorge de la poulie sont à section trapézoïdale. On obtient ainsi une forte adhérence par coincement de la courroie dans la gorge de la poulie (environ trois fois plus que pour une courroie plate dans un même matériau). Il est, ainsi, possible de réduire l'arc d'enroulement et d'avoir des entraxes relativement courts.

- Matière :  
Matériau composite (chloroprène + fibres de verre + fils d'acier + ...).
- Température d'utilisation :  
- 25 °C à +85 °C.

**LONGUEUR DE RÉFÉRENCE DE LA COURROIE L<sub>d</sub>**  
C'est la longueur de la courroie, au niveau de la largeur de référence et sous tension normalisée.

**MONTAGE DES COURROIES**

Afin de remédier aux tolérances de longueur sur les courroies et de pouvoir monter les courroies sans contrainte, prévoir un réglage de l'entraxe entre les poulies.



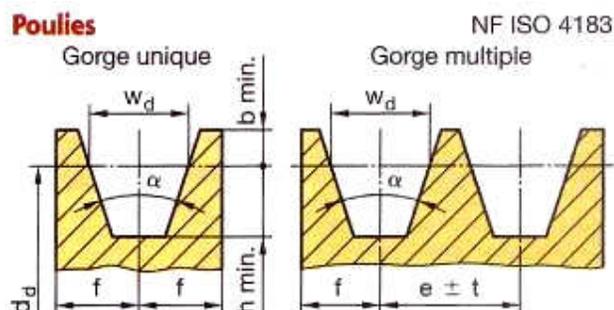
• **Poulies**

• Les dimensions de la section transversale d'une courroie varient en fonction du rayon d'incurvation auquel elles sont soumises. L'angle  $\alpha$  des gorges est donc variable en fonction du diamètre des poulies.

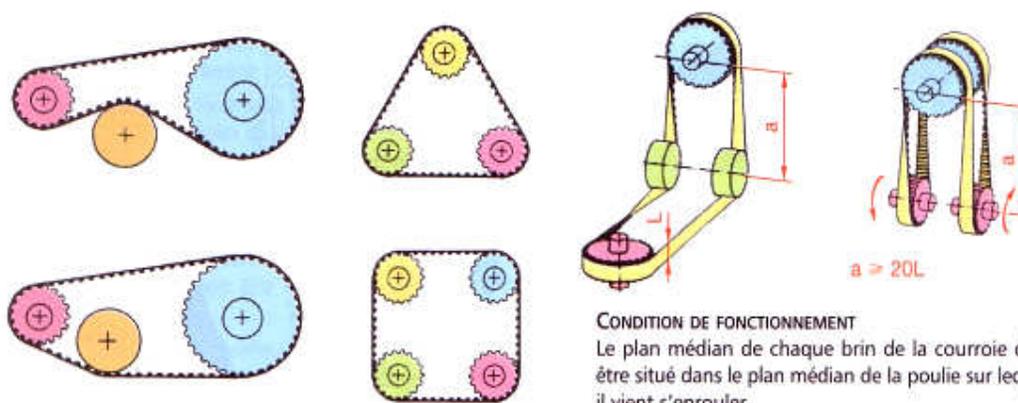
• Afin de réduire la contrainte d'incurvation dans la courroie, choisir un diamètre aussi grand que possible pour la petite poulie. Veiller à ne pas dépasser une vitesse circonférentielle de 25 m/s pour les courroies classiques et 40 m/s pour les Courroies étroites.

**DIAMÈTRE DE RÉFÉRENCE D'UNE POULIE**

C'est le diamètre de la poulie mesuré au niveau où la largeur de la gorge est égale à la largeur de référence de la courroie ( $W_d$ ).

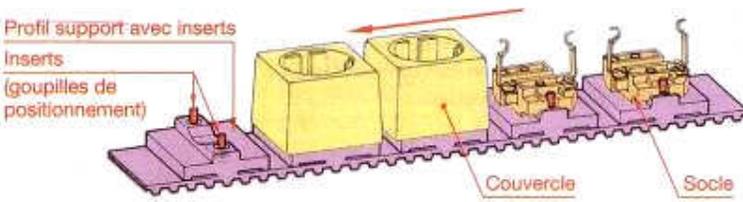
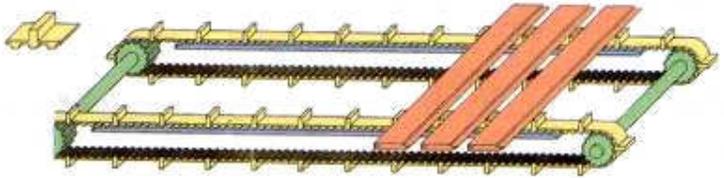
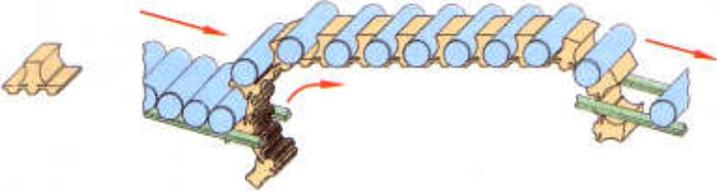


• **Exemples d'utilisation**



• **Courroies de convoyage**

<p><b>Assemblage et convoyage de connecteurs électroniques</b></p>	
<p><b>Transport d'éprouvettes sur une machine d'analyses médicales</b></p>	

<p><b>Assemblage et convoyage de prises de courant électrique</b></p>	 <p>Profil support avec inserts Inserts (goupilles de positionnement) Couvercle Socle</p>
<p><b>Transport de pièces dont la longueur est relativement importante</b></p>	
<p><b>Le profil a un rayon adapté au cylindre à transporter. Le profil est préhenseur et maintient le cylindre par pincement.</b></p>	

## 14. Graissage et lubrification

### 14.1 Les lubrifiants

Matières capables de réduire le frottement entre les surfaces de contact des organes mobiles des machines afin d'en faciliter le mouvement et d'en diminuer l'usure.

- **But de la lubrification**

La **lubrification** permet :

- de **diminuer les résistances passives** dues au frottement entre les pièces en mouvement,
- de **limiter l'élévation de température** en favorisant la dissipation de la chaleur provoquée par le frottement,
- de **réduire l'usure des pièces**,
- d'**améliorer l'étanchéité**.

- **Caractéristiques principaux d'un lubrifiant**

**La viscosité d'un fluide est la résistance qu'il oppose au glissement interne de ses molécules au cours de son écoulement. C'est son aptitude à pouvoir s'écouler plus ou moins facilement.**

La viscosité diminue quand la température augmente et inversement. Une huile très visqueuse convient pour les faibles vitesses, les températures élevées, les fortes charges et les jeux importants.

**Fluidité** : C'est l'état d'un corps fluide, trop coulant (inverse de la viscosité).

**Onctuosité** : C'est la nature d'un corps gras qui fait au toucher l'impression douce et moelleuse de la graisse (l'onctuosité de lubrifiant permet de mouiller les surfaces à graisser et d'y adhérer). L'huile la plus onctueuse résiste mieux à la pression.

**Consistance** (de la graisse) : C'est l'état d'un corps relativement à sa solidité (un liquide qui devient pâteux et s'épaissit). Une graisse dure convient pour les faibles vitesses, les très fortes charges et ces jeux importants.

- **D'autres caractéristiques** telles que :
  - **stabilité chimique**,
  - **point éclair**, température d'inflammation des vapeurs du fluide,
  - **point de congélation**, température à laquelle le fluide refroidi ne coule plus,...
  - sont importantes pour le choix d'un lubrifiant.
  
- **Choix d'un lubrifiant**

Le choix d'un lubrifiant doit prendre en compte les conditions fonctionnelles du mécanisme à lubrifier en particulier :

- **la température de fonctionnement**,
- **les efforts de pression**,
- **les vitesses relatives de déplacement**,
- **les conditions d'environnement**.

Ses conditions sont satisfaites par deux grandes familles de lubrifiants :

- les **huiles**, à l'état liquide,
- les **graisses**, à l'état pâteux.

- **Huiles industrielles**

Elles sont **d'origine minérale** présentant après raffinage des propriétés améliorées telles que :

- protection contre la corrosion,
- antimoussage,
- antiusure,...

## 14.2 Graisses industrielles

Les **graisses industrielles** sont composées :

- d'**huile**,
- de **gélifiants** ou **épaississants**,
- d'**additifs** solubles pour améliorer leur qualité, d'antiusure, d'anti-oxydation et d'anticorrosion.

Les graisses sont choisies en fonction de :

- de leur **viscosité**,
- de leur **consistance**,
- de leur **point de goutte** caractérisé par la température à laquelle la première goutte se détache et tombe.

*Exemple : Pour des roulements utilisés dans des applications industrielles générales SKF préconise une graisse constituée d'une huile minérale plus du savon de lithium, utilisable entre – 30 et +120 °C.*

***Bibliographie***

PRODUCTIQUE MECANIQUE – SCOEFS, FOURNIER, LEON (DELAGRAVE)

MEMOTECH – PRODUCTIQUE MECANIQUE, BARLIER, C., POULET, B. (ELEDUCALIVRE)

GUIDE DU DESSINATEUR INDUSTRIEL, Hachette Technique, édition 2003-2004.

TECHNOLOGIE ELEMENTAIRE, Delagrave.