

SOMMAIRE

1. Arbres.....	7
1.1. Caractéristiques.....	7
1.2. Catégories d'arbres.....	8
2. Roulements et paliers.....	11
2.1. Fonctions et caractéristiques.....	11
3. Coussinets et paliers.....	18
3.1. Fonctions et caractéristiques.....	19
3.2. Paliers lisses pour coussinets.....	19
4. Montage et démontage des arbres.....	22
4.1. Outillage et équipement.....	22
4.2. Démontage des arbres.....	26
4.3. Vérification des arbres.....	29
4.4. Réparation des arbres.....	31
4.5. Montage d'un arbre.....	32
5. Démontage des roulements.....	34
5.1. Outillage.....	34
5.2. Appareils.....	36
5.3. Instruments de contrôle.....	38
5.4. Planification du démontage.....	38
5.5. Manipulation des roulements.....	38
5.6. Réutilisation des roulements.....	41
5.7. Montage des roulements.....	42
6. Montage et démontage des coussinets.....	48
6.1. Démontage des coussinets.....	48
6.2. Montage des coussinets.....	49
6.3. Mode de fixation.....	49
6.4. Montage des coussinets monopieces.....	50
6.5. Lubrification.....	50
6.6. Diagnostic des bris des coussinets.....	50
6.7. Erreurs de montage.....	50
6.8. Malpropreté.....	51
6.9. Lubrification insuffisante.....	51
6.10. Surcharge.....	51
6.11. Corrosion.....	51
7. Symptômes et dépannage des roulements.....	51
7.1. Pannes causées par l'encrassement et l'intrusion de corps étrangers.....	51
7.2. Pannes résultant d'un mauvais graissage.....	52
7.3. Pannes causées par de mauvaises tolérances.....	52
7.4. Pannes causées par le mauvais montage et l'usage abusif.....	52
8. Entretien préventif.....	52
8.1. Entretien régulier.....	52
8.2. Méthodes de surveillance.....	52
Tp1 – Démontage et remontage d'un arbre de transmission.....	55
Tp2 – Démontage et identification des roulements.....	56
Tp3 – Montage d'un roulement à billes.....	57
Tp4 – Montage d'un roulement à rouleaux coniques.....	58
Tp5 – Assemblage des paliers SAF.....	59

MODULE : 20

ARBRES, ROULEMENTS, COUSSINETS

Durée : 40 heures

OBJECTIF OPERATIONNEL

COMPORTEMENT ATTENDU

Pour démontrer sa compétence le stagiaire doit :
monter et ajuster des arbres, des roulements et des coussinets
selon les conditions, les critères et les précisions qui suivent.

CONDITIONS D'EVALUATION

- Travail individuel.
- À partir :
 - d'une consigne;
 - d'un problème de fonctionnement réel ou simulé.
- À l'aide :
 - de manuels de références;
 - d'arbres de 38 à 127 mm de diamètre;
 - de roulements de 76 à 150 mm de diamètre extérieur maximal;
 - de coussinets de 38 à 102 mm de diamètre extérieur maximal;
 - de roulements à rouleaux sphériques de 150 mm de diamètre extérieur avec manchon de serrage et montés sur paliers;
 - d'instruments de mesure et de contrôle : micromètre, comparateur à cadran, jeu de lames d'épaisseur, jauges télescopiques, thermomètre, pyromètre, etc.;
 - d'outillage et d'équipement : arrache-roulement, extracteurs, douilles et disques de montage, presse hydraulique, chauffe-roulement, etc.

CRITERES GENERAUX DE PERFORMANCE

- Respect des règles de santé et de sécurité au travail.
- Respect du processus de travail.
- Travail soigné et propre.
- Utilisation appropriée de l'outillage et de l'équipement.
- Respect des normes et des tolérances de montage et d'ajustement.

OBJECTIF OPERATIONNEL DE COMPORTEMENT

**PRECISIONS SUR LE
COMPORTEMENT ATTENDU**

**CRITERES PARTICULIERS
DE PERFORMANCE**

- | | |
|--|---|
| <p>A. <i>Interpréter les informations données sur le plan de travail</i></p> <p>B. <i>Planifier le travail</i></p> <p>C. <i>Sélectionner les éléments, l'outillage et l'équipement</i></p> <p>D. <i>Appliquer les règles de santé et de sécurité au travail</i></p> <p>E. <i>Exécuter des travaux sur des arbres, roulements et coussinets</i></p> <p>F. <i>Effectuer des contrôles et des essais</i></p> <p>G. <i>Ranger et nettoyer l'aire de travail, l'outillage et l'équipement</i></p> | <p>- <i>Interprétation correcte des symboles et des annotations</i></p> <p>- <i>Détermination précise des étapes, des besoins</i></p> <p>- <i>Choix judicieux :</i></p> <ul style="list-style-type: none">• <i>des éléments (arbres, roulements, coussinets) ou substituts;</i>• <i>de l'outillage et de l'équipement.</i> <p>- <i>Compréhension et respect des mesures de protection</i></p> <p>- <i>Respect des méthodes, des techniques, des dimensions et des directives.</i></p> <p>- <i>Réalisation juste des opérations tels que :</i></p> <ul style="list-style-type: none">• <i>mesurer;</i>• <i>démonter ou monter;</i>• <i>ajuster;</i>• <i>aligner;</i>• <i>nettoyer;</i>• <i>lubrifier.</i> <p>- <i>Respect du plan de travail et des directives</i></p> <p>- <i>Rangement et nettoyage appropriés du poste de travail</i></p> |
|--|---|

Présentation du Module

Le module «Arbres, roulements, coussinets» est un module qui permet aux stagiaires d'acquérir les connaissances relatives aux divers types d'arbres, de roulements et de coussinets, à la classification, à la numérotation et à la recherche d'information dans les catalogues des fabricants ainsi qu'aux techniques de montage et de démontage, de réglage, d'alignement et de nettoyage des éléments. Il vise donc à rendre le stagiaire apte à monter et ajuster des arbres des roulements et des coussinets.

***Module 20 : ARBRES, ROULEMENTS,
COUSSINETS
RESUME THEORIQUE***

1. ARBRES

Les arbres sont des tiges cylindriques métalliques pour transmettre des mouvements de rotation et de translation.

1.1. Caractéristiques

Les arbres doivent satisfaire certaines exigences. Ils doivent être polis, usinables et capables d'accepter des charges en torsion et en fléchissement sans être déformés. Les diamètres et les longueurs des arbres sont proportionnels aux efforts transmis aux machines. La figure 1.1 vous montre un arbre de transmission.

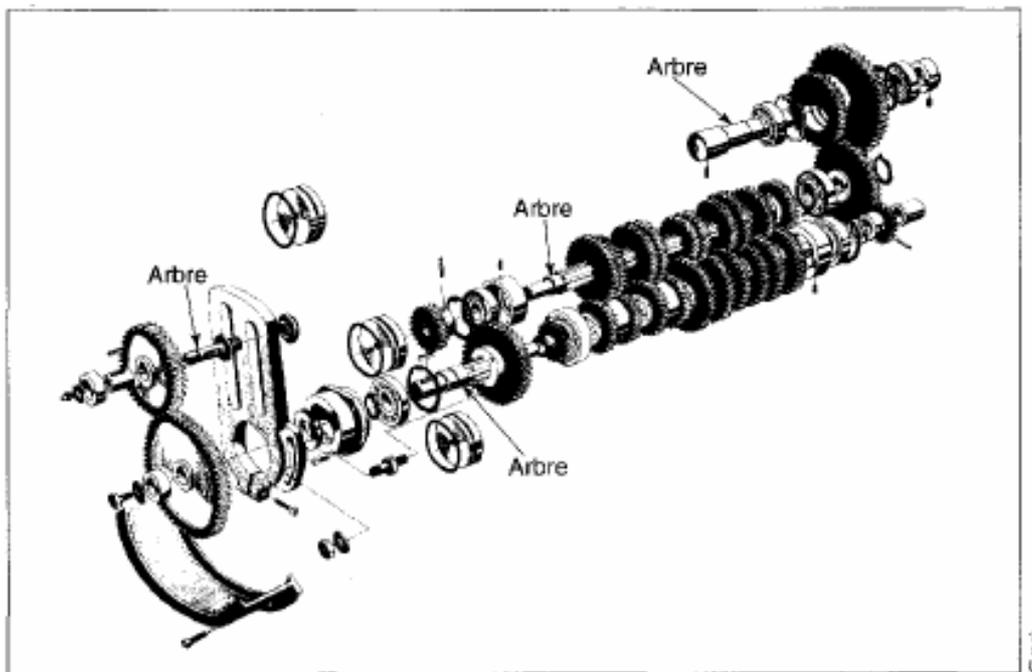


Figure 1 – Arbre de transmission

Pour la fabrication des arbres, on utilise généralement de l'acier ou de l'acier allié composé de chrome, de nickel, de silicium, de carbone, de soufre, de phosphore, de molybdène, etc., selon l'utilisation.

Au travail ou au repos, les arbres sur les machines peuvent être soumis à deux efforts majeurs : des forces en torsion et des forces en flexion. Les forces en torsion se manifesteront au moment du couple où l'arbre vainc la résistance de la machine (figure 2).

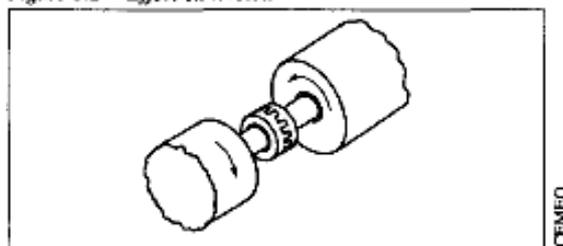


Figure 2 - Effort en torsion

Les forces en flexion se manifestent continuellement, elles sont générées par le poids de l'arbre lui-même lorsqu'il est très long et supporté par des paliers, et aussi par les éléments qu'ils supportent.

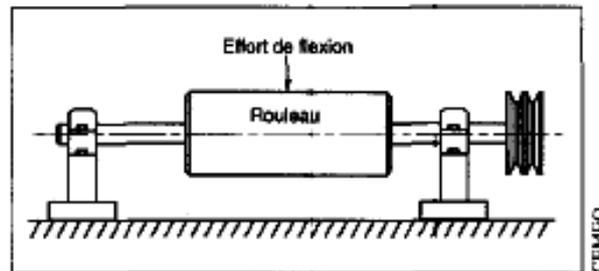


Figure 3 – Effort en flexion

Pour minimiser la flexion, les accouplements, les poulies ou les engrenages doivent être installés près des paliers ou des supports. Lorsque des sections de l'arbre sont soumises à des fortes tensions, comme cela se produit près des poulies, les arbres sont normalement usinés à plus petite dimension près du palier ou du coussinet, dans le but de diminuer les efforts de tension.

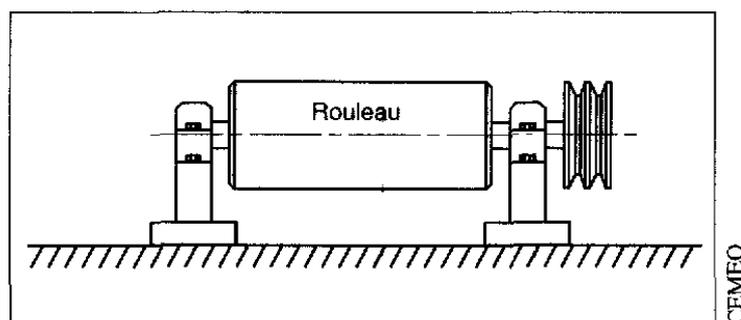


Figure 4 – Diminution de tension dans un arbre

1.2. Catégories d'arbres

On peut classer les arbres en deux catégories : les arbres tournants et les arbres fixes.

• Arbres tournants

Cette catégorie d'arbres porte les organes de commande, reçoit et transmet le couple moteur aux machines ou aux équipements industriels. Ces arbres peuvent être de types suivants : arbres pleins, arbres creux ou arbres flexibles.

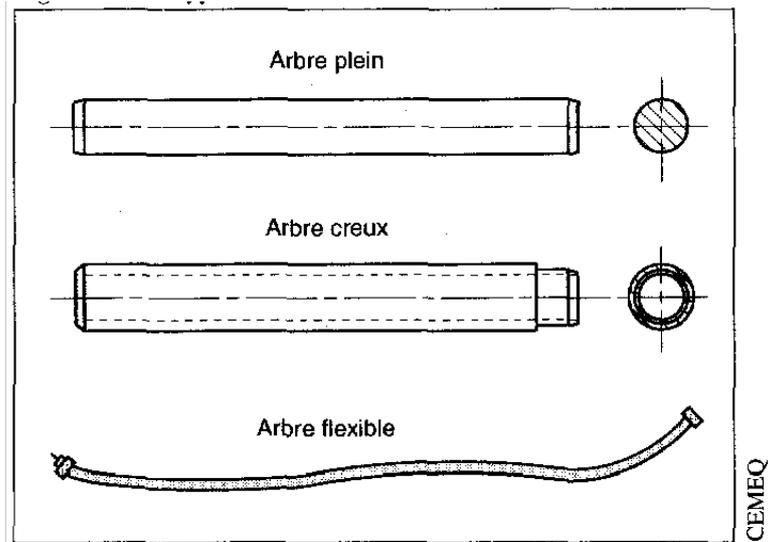


Figure 5 – Types d'arbre

• **Arbres pleins**

On entend par «arbres pleins », les arbres dont l'aire de la section est proportionnelle au diamètre extérieur de celui-ci. Ils peuvent être courts ou longs.

Les arbres possèdent différents embouts qui leur permettent de recevoir les éléments de transmission ou de supporter leurs extrémités. Les bouts d'arbres peuvent être cylindriques droits ou cylindriques coniques.

Les arbres à bouts cylindriques peuvent être usinés et filetés.

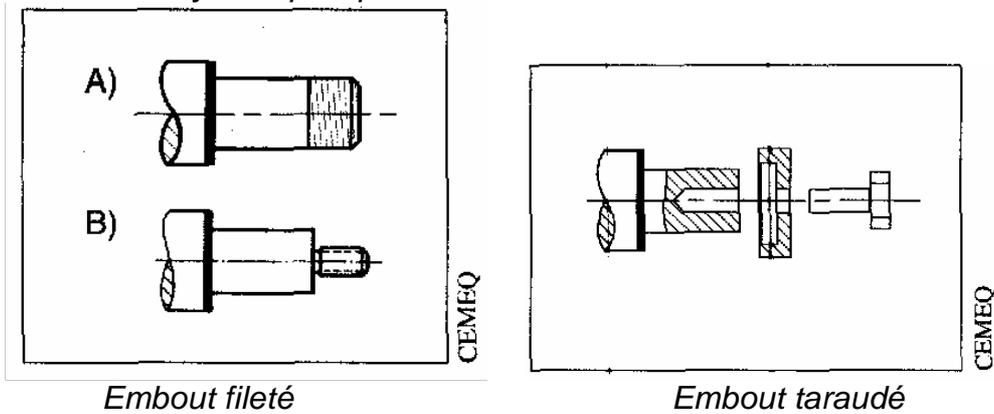


Figure 6

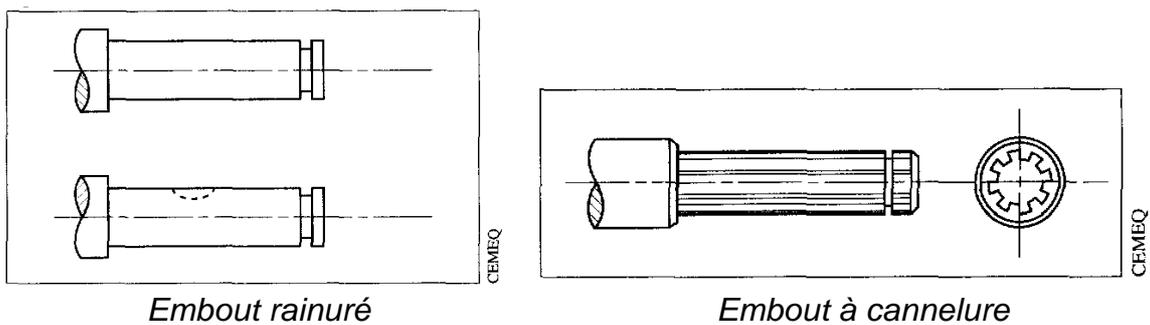
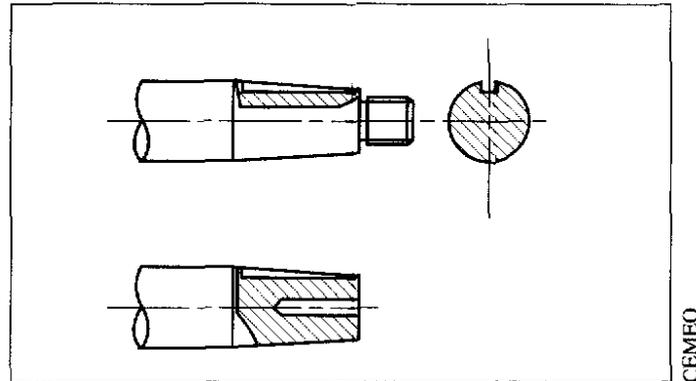


Figure 7



Embouts coniques
Figure 8

- **Arbres creux**

Ce type d'arbre est vide à l'intérieur et ressemble à un tube (figure 9). Ses dimensions sont normalisées à l'intérieur et à l'extérieur. Il est conçu pour permettre un libre passage ou la fixation d'éléments ou d'accessoires sur certaines machines, comme une broche de perceuse ou de tour, et dans certaines conditions, il peut être utilisé pour éliminer un surplus de masse tout en respectant l'effort demandé.

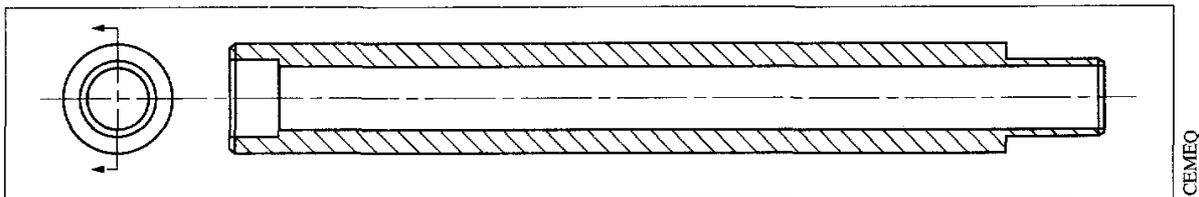


Figure 9 – Arbre creux

- **Arbres flexibles**

Les arbres flexibles permettent de transmettre l'énergie mécanique dans toutes les directions. Ils sont conçus pour transmettre la puissance en rotation et en translation entre les mécanismes ne pouvant se relier par un arbre rigide. On les utilise pour entraîner des mécanismes où la vibration se fait sentir, où les erreurs d'alignement peuvent être éliminées. Ils sont utilisés avec les outils portatifs, et sur les mécanismes de contrôle à distance.

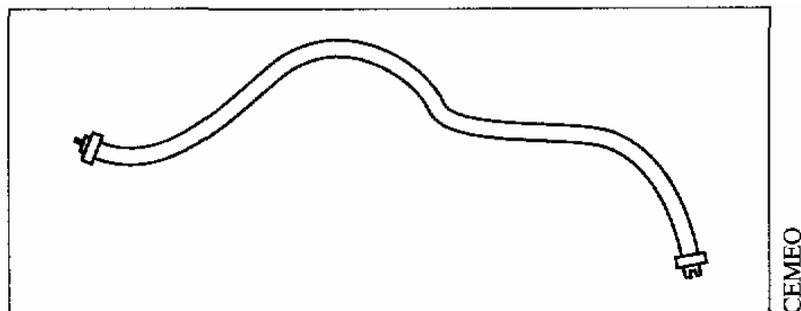


Figure 10 – Arbre flexible

- **Arbres fixes**

On entend par «arbres fixes» des arbres qui ne tournent pas. Les arbres fixes sont généralement des arbres courts que l'on appelle axe (figure 11). Ils sont utilisés pour l'installation des pièces tournantes sur un axe telles que poulies, roues d'auto.

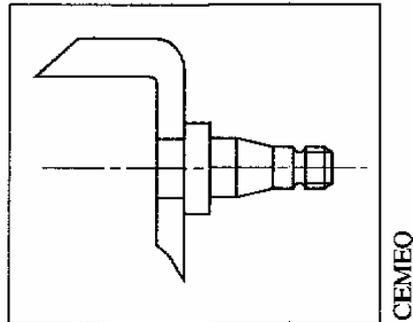


Figure 11 - Arbre fixe

2. ROULEMENTS ET PALIERS

2.1. Fonctions et caractéristiques

Les principales fonctions des roulements et des paliers sont de supporter et de centrer les arbres de machines, de diminuer la friction absorbée, et de transmettre les charges à différentes vitesses et températures de fonctionnement. Il y a avantage à les utiliser, car ils ont un coefficient de friction plus bas au démarrage d'un équipement. Ils sont compacts, extrêmement précis, ils s'usent moins vite que les coussinets et sont faciles à remplacer en vertu de leurs dimensions normalisées et des équipements disponibles.

• **Nomenclature**

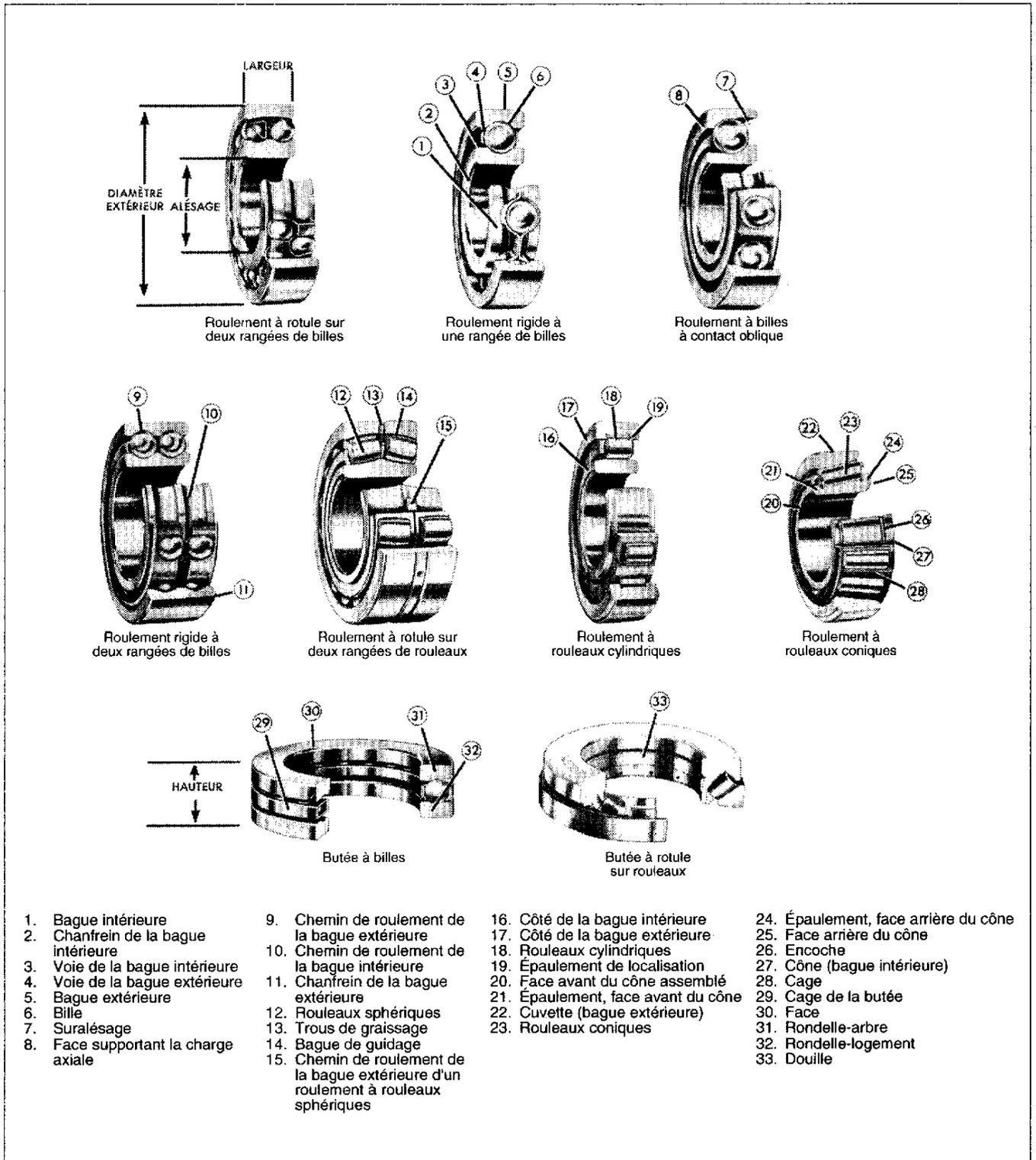


Figure 12 – Nomenclature des roulements

- **Construction**

Les principales parties d'un roulement sont : la bague extérieure, la bague intérieure, les billes ou les rouleaux et la cage (figure 13).

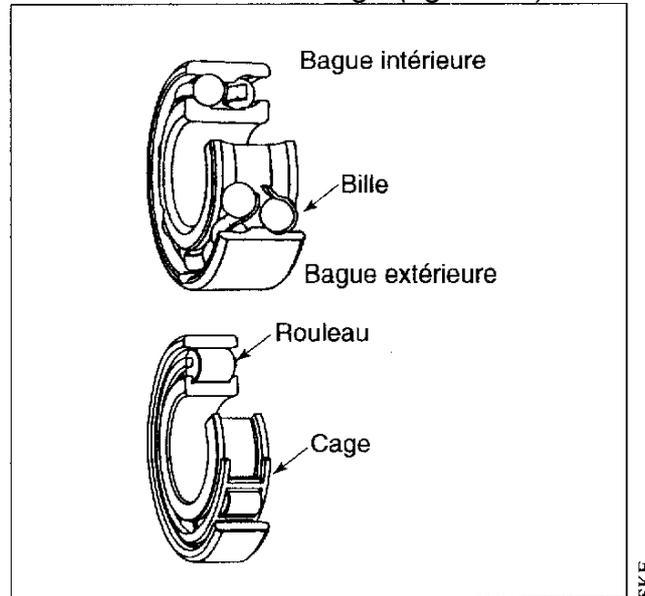


Figure 13 – Partie d'un roulement

Toutes les parties d'un roulement sauf la cage sont faites d'acier trempé et sont rectifiées selon des normes standard. Les cages peuvent être composées de différents matériaux et peuvent prendre différentes formes selon les types et les dimensions.

- **Types de roulements et fonctions**

- **Roulements radiaux**

Sur les machines, beaucoup de charges sont supportées radialement, sur les axes, d'où l'existence d'un plus grand nombre de roulements radiaux. Certains de ces roulements sont capables d'accéder à des charges axiales avec une limite permise.

- **Roulements rigides à billes**

Ces roulements (figure 14) peut posséder une ou deux rangées de billes. Ils sont conçus pour supporter, outre les charges radiales, les pressions axiales dans n'importe quel sens, et ce, à des vitesses de rotation élevées. L'avantage découle de l'ajustage de ses billes dans une gorge profonde.

Les roulements à deux rangées ont l'avantage de prendre les déplacements axiaux en plus de supporter une plus grande charge. Ces types de roulements existent avec des joints d'étanchéité et des segments d'arrêt.

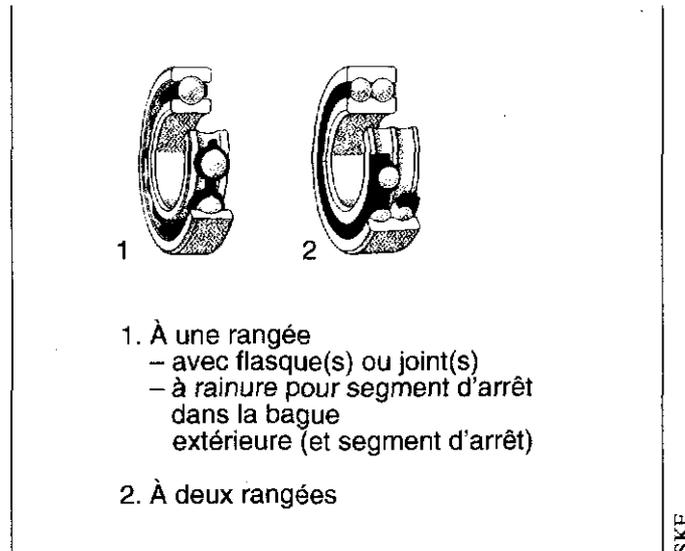


Figure 14 –Roulements rigides à billes

- **Roulements à rotule sur billes**

Ce type de roulement (figure 15) comprend deux rangées de billes roulant sur la surface sphérique de la bague extérieure, cela compense les défauts d'alignement d'où peuvent résulter des erreurs de montage, le fléchissement de l'arbre ou la déformation de la base. Ce type de roulement ne peut exercer de pression sur l'arbre.

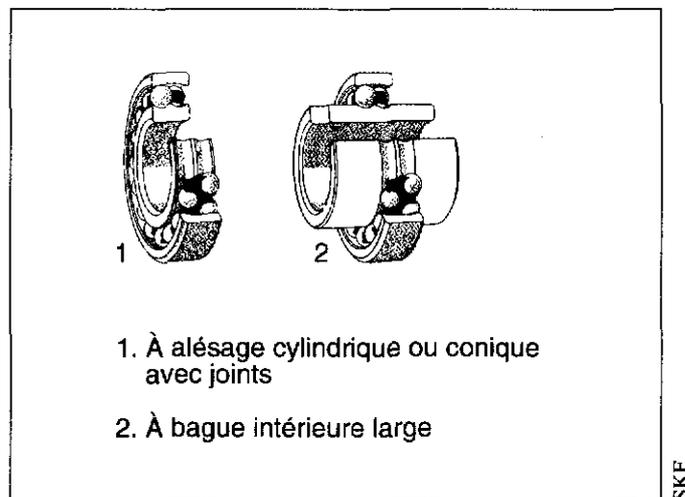


Figure 15 - Roulements à rotule sur billes

- **Roulements à billes à contact oblique**

Les roulements à billes à contact oblique peuvent supporter de très fortes charges axiales dans un seul sens (figure 16) ou combinées avec une certaine charge radiale. L'angle de contact oblique offre une grande résistance aux pressions et assure la rigidité axiale grâce à un épaulement de soutien sur la bague intérieure et d'un autre épaulement opposé sur la bague extérieure.

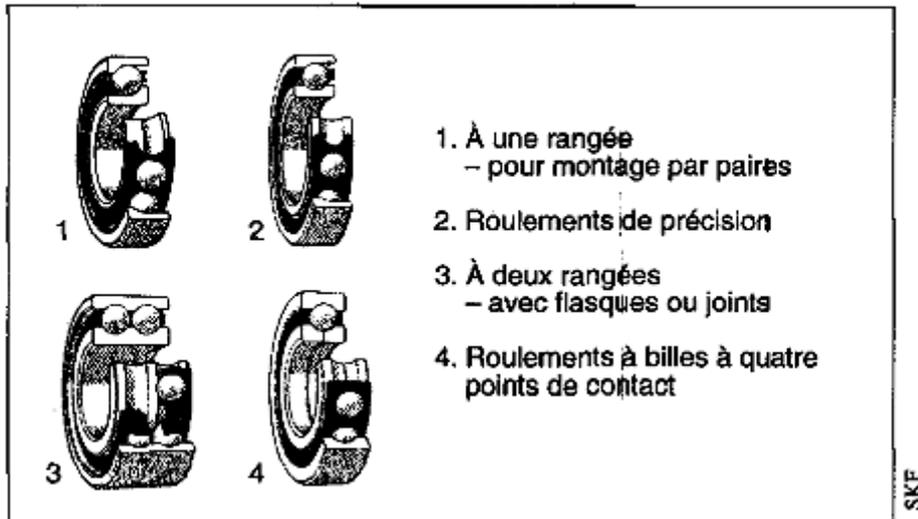


Figure 16 - Roulements à billes à contact oblique

- **Roulements à rouleaux cylindriques**

Les roulements à rouleaux cylindriques possèdent une grande puissance radiale et ses rouleaux sont guidés avec précision. Ce type de roulement (figure 17) peut fonctionner à de très grandes vitesses en raison du faible frottement de ses rouleaux.

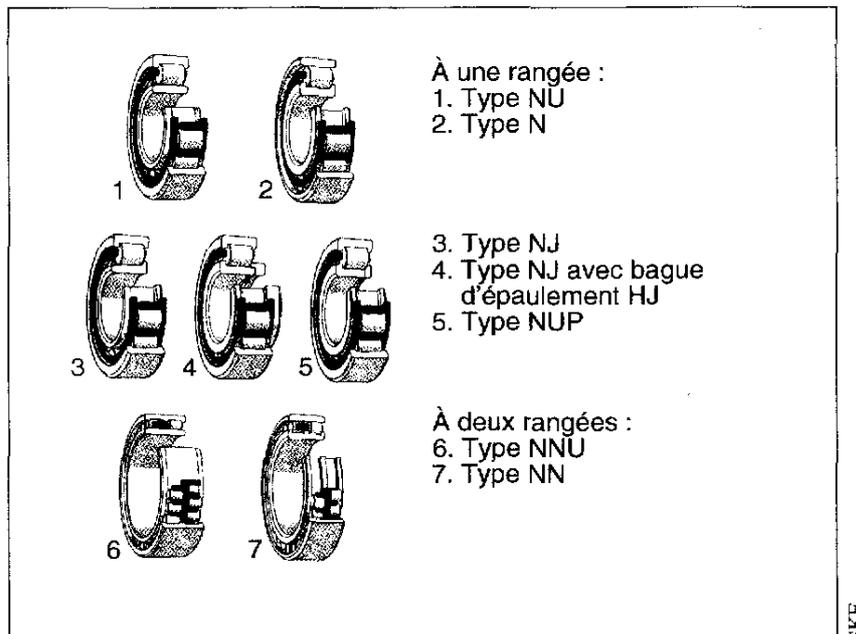


Figure 17 - Roulements à rouleaux cylindriques

- **Roulements à aiguilles**

Les roulements à aiguilles (figure 18) sont formés par l'ensemble de petits rouleaux en acier sur cylindre. Ils sont surtout utilisés pour supporter de très grandes charges radiales, par exemple, sur les bielles de moteur et sur les joints universels.

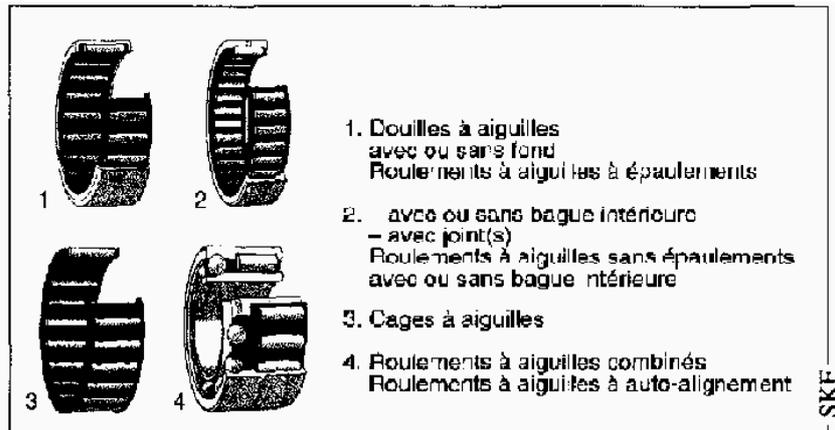


Figure 18 - Roulements à aiguilles

- **Roulements à rotule sur rouleaux**

Le roulement à rotule sur deux rangées de rouleaux (figure 19) a un rendement supérieur grâce aux nombres, aux dimensions et à la forme des rouleaux qui sont parfaitement guidés. De par sa conception, ce type de roulement peut supporter des charges radiales et des charges axiales dans les deux directions.

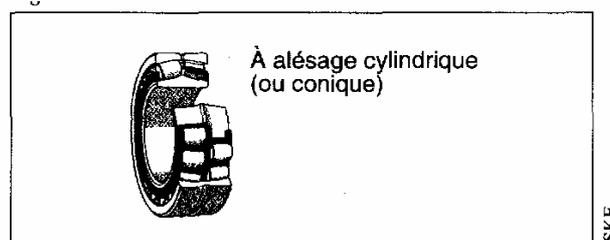


Figure 18 - Roulements à rotule sur rouleaux

- **Roulements à rouleaux coniques**

Ce type de roulement a comme particularité que ses rouleaux soient montés en position oblique et qu'il soit fabriqué en deux parties, c'est-à-dire d'une bague intérieure munie de rouleaux et d'une bague extérieure ou ouverte (figure 19).

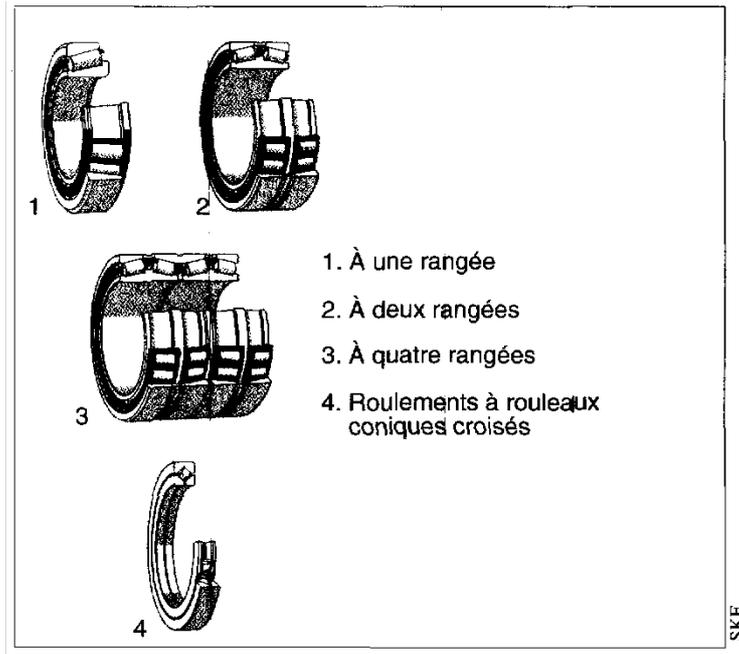


Figure 19 - Roulements à rouleaux coniques

- **Roulements de butée à billes**

Les roulements de butée à billes peuvent être de deux types (figure 20), soit à billes à contact droit ou à billes à contact oblique.

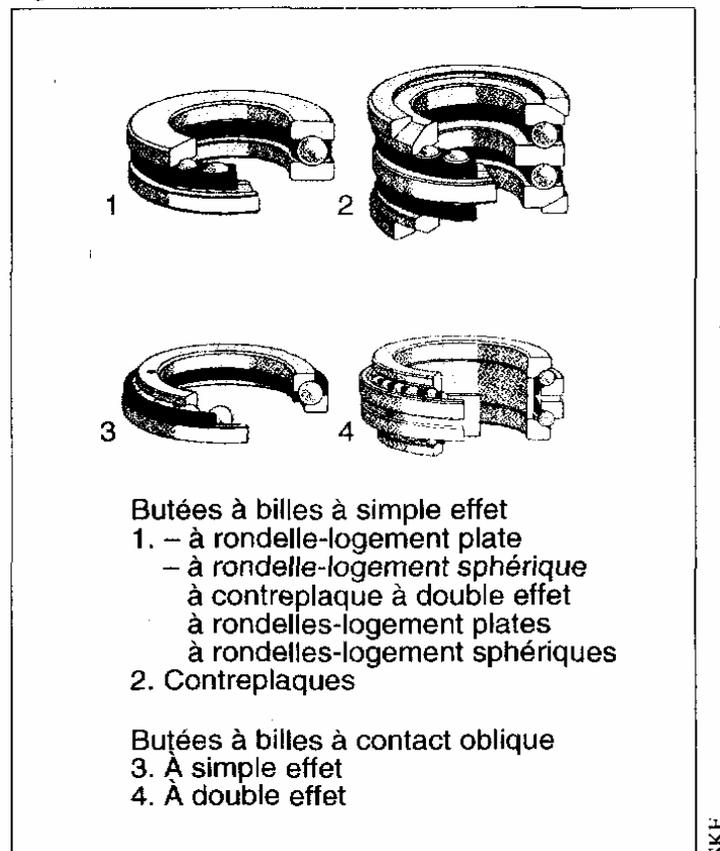


Figure 20 - Roulements de butée à billes

- **Roulements de butée à rouleaux**

Ces types de roulements existent en différents modèles (figure 21) de butée : à rouleaux cylindriques, à aiguilles, à rotule sur rouleaux et à rouleaux coniques. Ces roulements peuvent résister à de fortes pressions axiales. Certains, comme les roulements à rotule, peuvent supporter des charges combinées. Dans la majorité de tous ces roulements, la lubrification est assurée entre les extrémités des rouleaux et l'épaule de guidage.

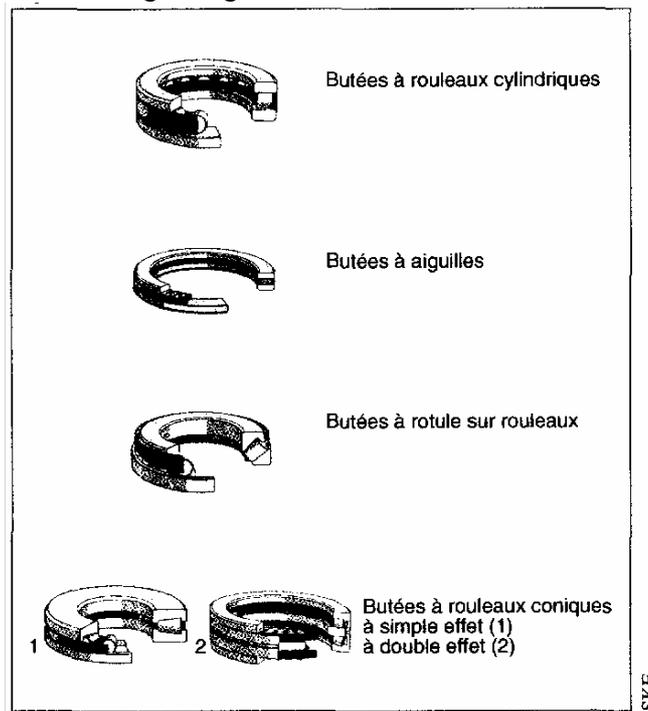


Figure 20 - Roulements de butée à rouleaux

3. COUSSINETS ET PALIERS

L'utilisation des coussinets représente le moyen le plus économique pour supporter des pierres en rotation, pour centrer des arbres et combattre la friction dégagée par une pièce en rotation, surtout lorsque le travail est exercé sous charge.

De conception très simple, il ne contient pas de pièces mobiles. Il est de forme tubulaire et de longueur qui diffère selon le besoin. Selon le montage, ils sont fixes dans des paliers ou des manchons (figure 21).

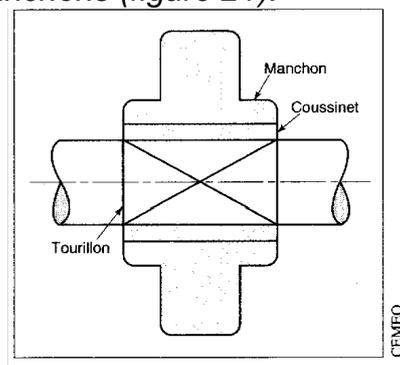


Figure 21

3.1. Fonctions et caractéristiques

Les coussinets fonctionnent sous le principe de l'antifriction produit par une pellicule d'huile ou un alliage antifriction. Lorsque l'arbre tourne dans le coussinet, il entraîne une certaine quantité d'huile qui se loge dans les rainures ou les gorges des coussinets. Les principaux matériaux utilisés dans la fabrication des coussinets doivent posséder les propriétés de résistance au striage, de résistance à la corrosion, d'absorption des particules solides et d'une bonne conductibilité thermique.

Les coussinets ne sont pas faits de la même matière que l'arbre. Certains sont composés soit de bronze, de régule, de graphite de carbone, ou de fonte, d'autres, d'alliage d'aluminium.

- Types de coussinets

Les coussinets les plus usuels sont en bronze coulé. Ils doivent être lubrifiés lors de l'installation. Certains possèdent des rainures de lubrification permettant d'y loger une certaine quantité d'huile ou de graisse. La figure 22 présente différentes formes de rainures dans les coussinets.

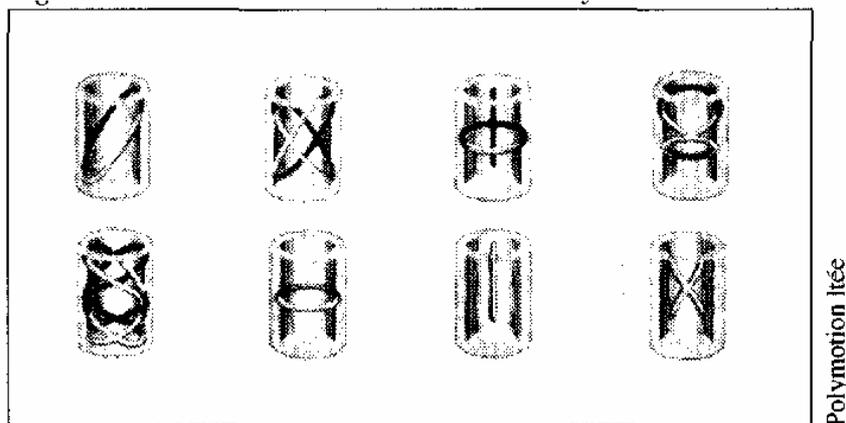


Figure 22 – Coussinets à rainure de lubrification

3.2. PALIERS LISSES POUR COUSSINETS

La figure 23 montre les principaux composants d'un palier en deux parties.

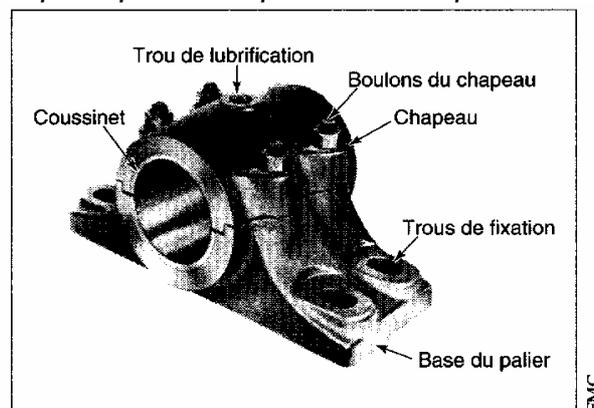


Figure 23 – Palier à demi-coussinets

• **Classes des paliers lisses**

Les paliers qui font appel au glissement d'une surface sur une autre sont regroupés en trois grandes catégories :

- les paliers radiaux, qui supportent des arbres rotatifs ;
- les butées, qui supportent les charges axiales des pièces rotatives ;
- les guidages rectilignes, qui guident les pièces mobiles en ligne droite.

Les paliers radiaux, ou à coussinets, peuvent être de plusieurs types, mais les plus courants sont les paliers ordinaires, qui entourent complètement l'arbre et le demi-palier, qui est en contact avec l'arbre sur moins de 180°.

Les figures suivantes montrent différents modèles de paliers radiaux. La figure 24 représente un palier avec douille de bronze fretté lubrifié à l'huile.

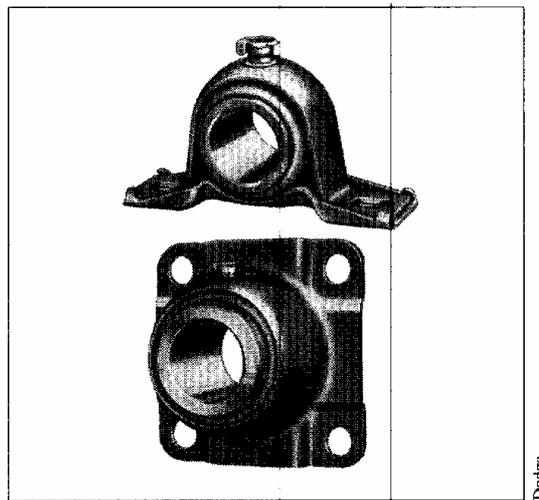


Figure 24 – Palier à coussinets en bronze fretté

La figure 25 montre différents modèles de paliers à coussinets en bronze.

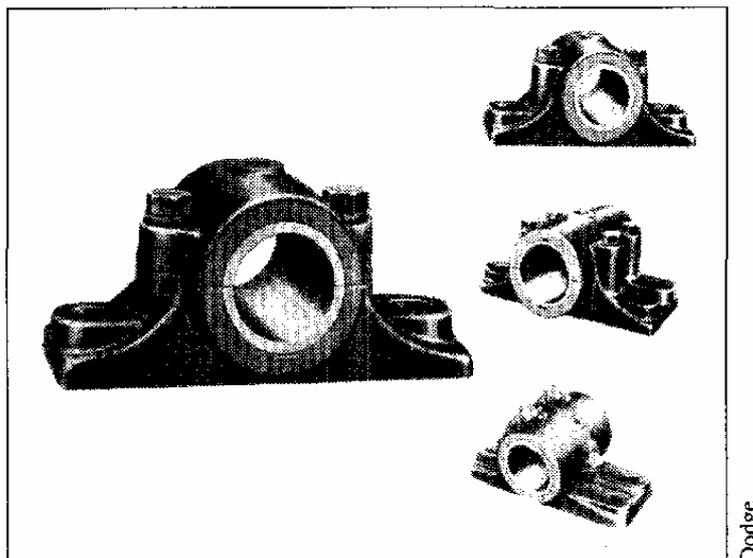


Figure 25 – Palier à coussinets en bronze

• **Paliers radiaux**

La figure 26 présente quelques-unes des nombreuses formes de coussinets pour paliers radiaux.

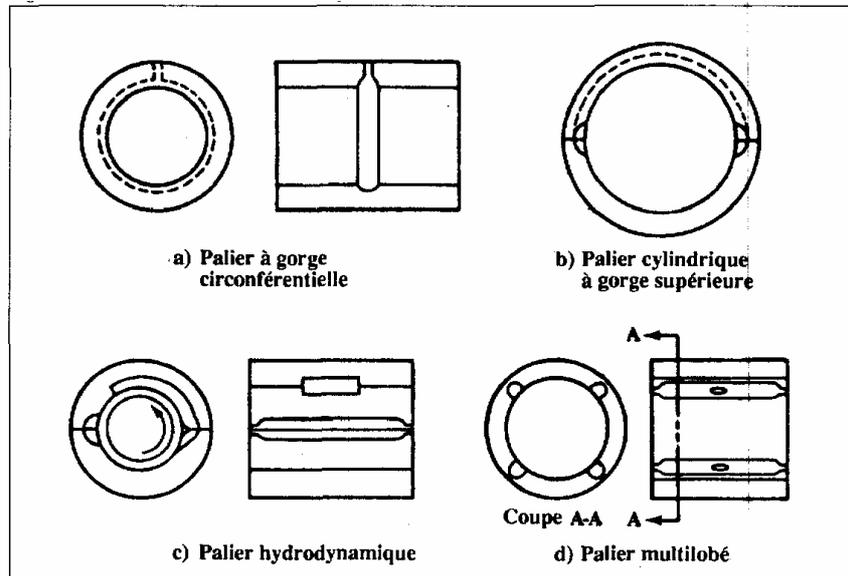


Figure 26 – Formes de coussinets des paliers radiaux

4. MONTAGE ET DÉMONTAGE DES ARBRES

4.1. Outillage et équipement

- Pincés pour anneaux d'arrêt

Ces pincés sont utilisées pour le démontage des anneaux d'arrêt externe et interne sur les arbres (figure 27). Elles peuvent être à bout fixe ou interchangeable.

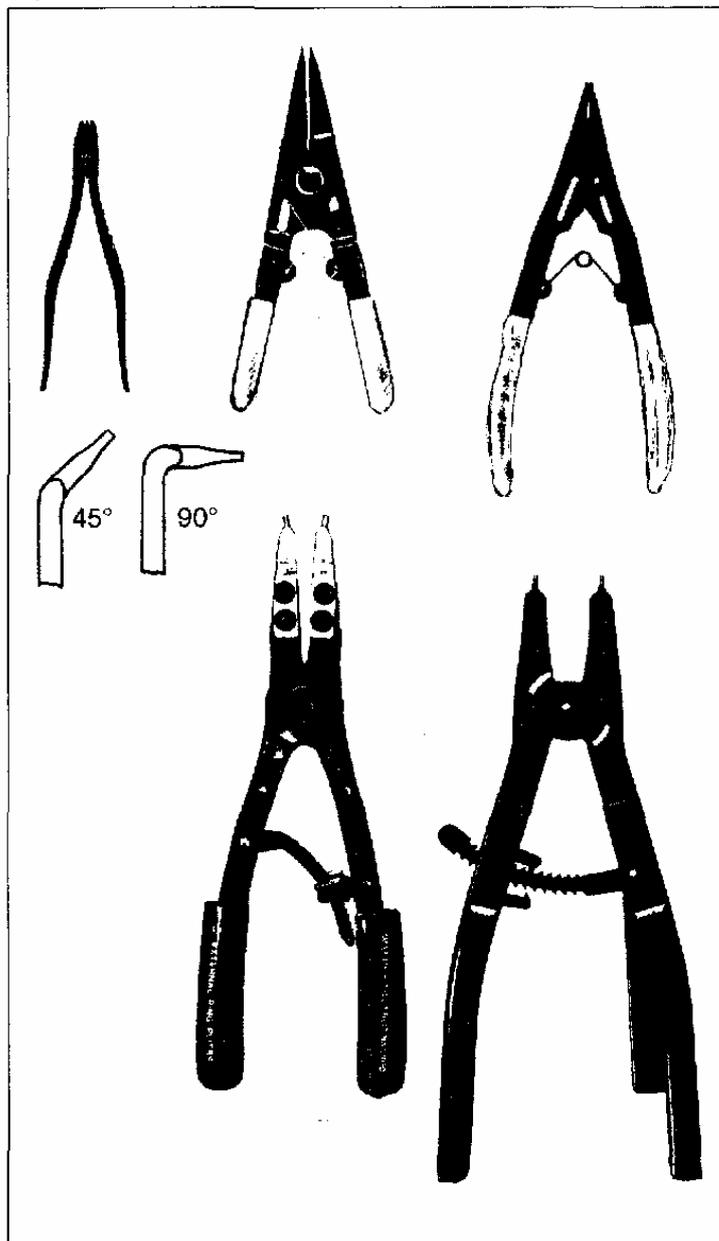


Figure 27 – Pince pour anneaux d'arrêt

- **Chasse-goupilles**

Les chasse-goupilles sont utilisés pour dégager les goupilles cylindriques coniques ou droites dans "élément fixé sur l'arbre (figure 28).

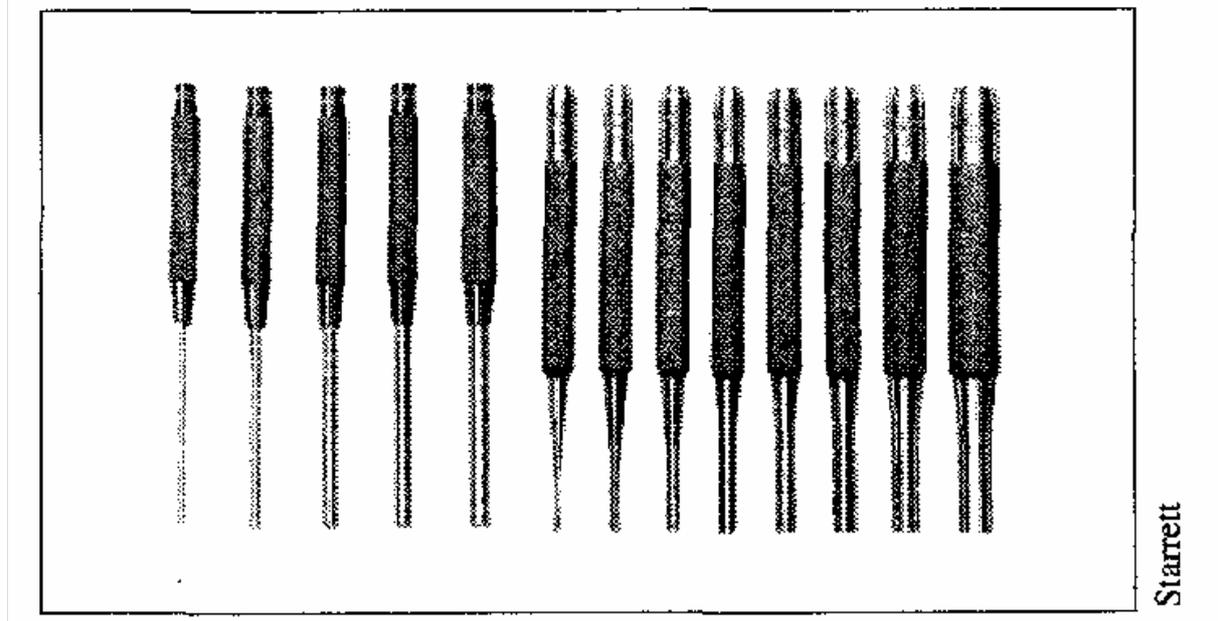


Figure 28 – Chasse-goupilles

- **Clés à ergots**

Ces clés existent sous différentes formes. Elles peuvent être ajustables ou fixes. Elles servent à démonter ou à monter des écrous à ergots.

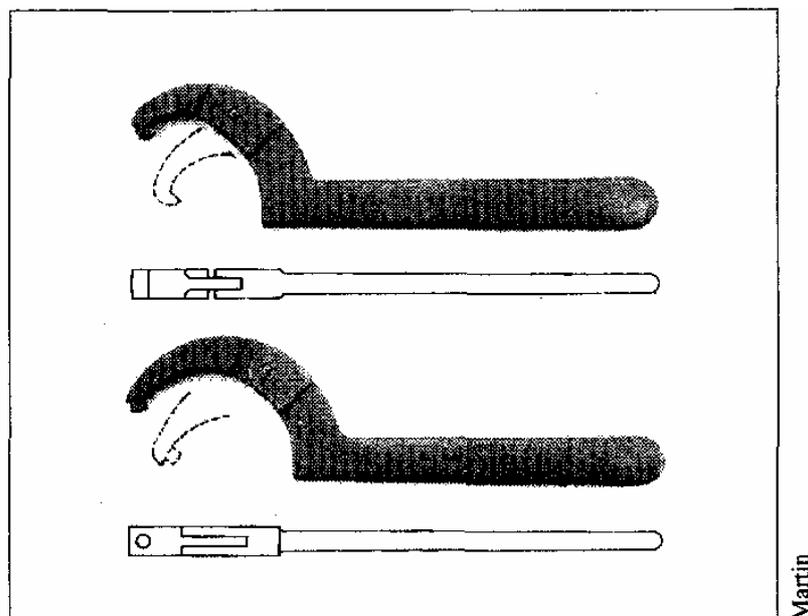


Figure 29 – Clés à ergots

- **Ensembles d'extracteurs**

Les ensembles d'extracteurs peuvent être de deux types : mécanique ou hydraulique. Ces ensembles (figure 30) sont utilisés pour démonter ou extraire certaines pièces montées sur les arbres telles que poulies, accouplements, roulements, engrenages, roues dentées, etc. On utilisera l'extracteur hydraulique pour le démontage d'éléments de dimension moyenne, d'où la nécessité d'une force considérable.

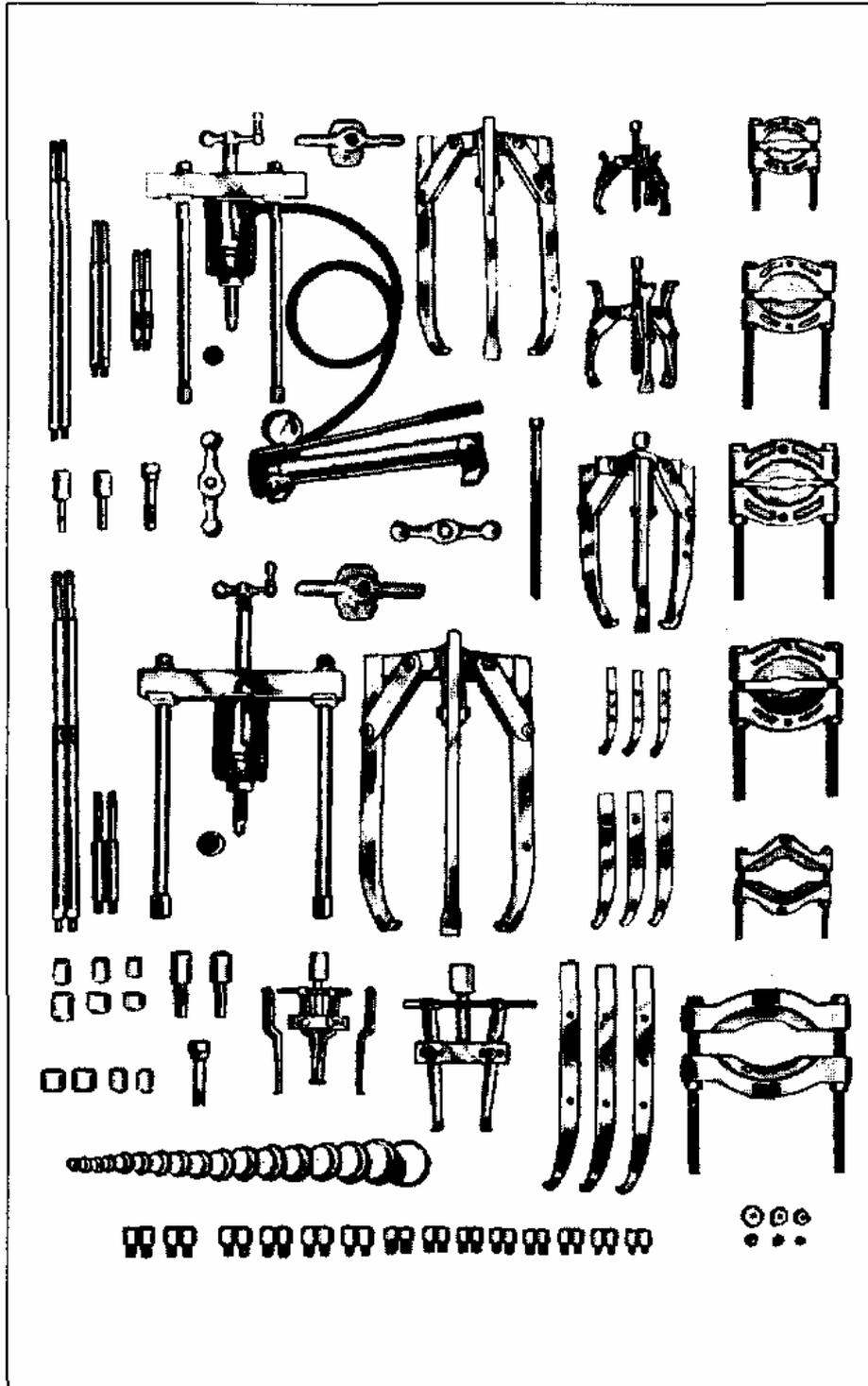


Figure 30 – Ensemble d'extracteurs

- **Écrous hydrauliques**

Pour démonter des grands roulements montés sur manchon, on utilise un écrou hydraulique selon le principe de fonctionnement (figure 31). L'huile est injectée sous pression dans l'écrou jusqu'à ce que le manchon se dégage.

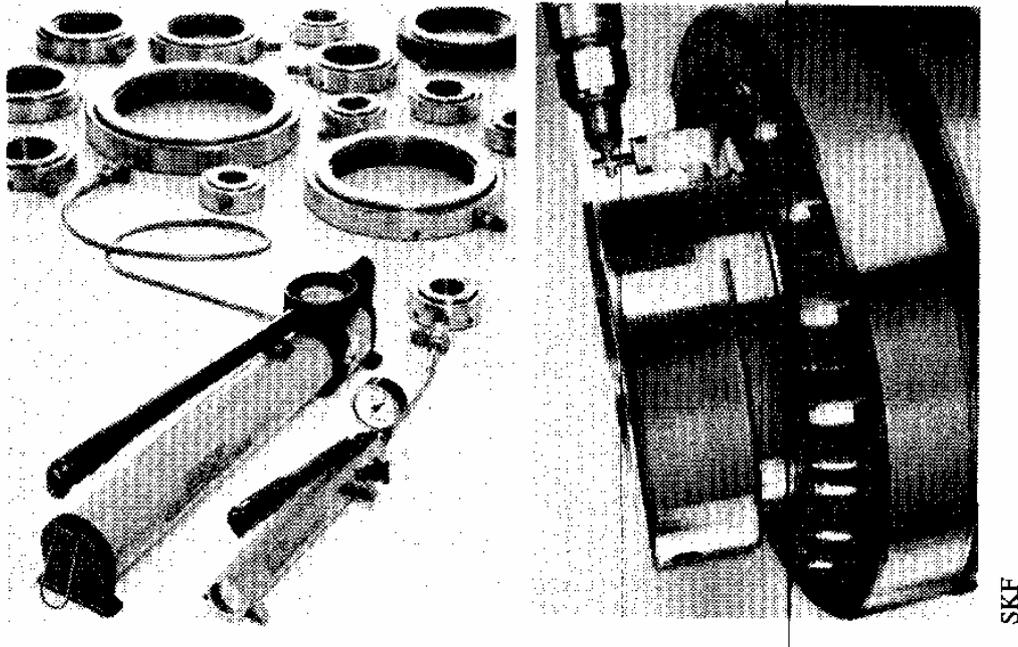


Figure 31 – Ecrous hydrauliques

- **Arrache-clavettes**

L'embout de ces outils épouse différentes formes de clavettes (figure 32). Ils sont introduits aux extrémités des rainures des arbres pour dégager la clavette du moyeu.

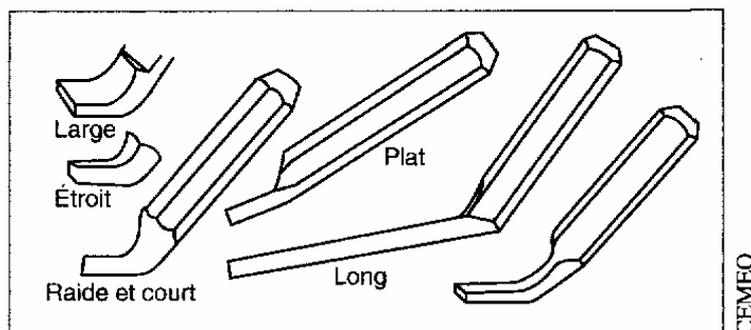


Figure 32 – Arrache-clavettes

4.2. Démontage des arbres

Lorsque le démontage des arbres s'impose, vidanger la tuyauterie et la transmission en observant les liquides recueillis. Retirer les courroies et les chaînes de commandes avant de planifier les opérations de démontage.

• Planification

La méthode générale consiste à :

- prendre les mesures de sécurité qui s'imposent ;
- rassembler autour de la machine le matériel de manutention, l'outillage nécessaire ainsi qu'une série de contenants pour recevoir les éléments machines et les sous-ensembles ;
- étudier le dessin d'ensemble et observer le mécanisme, établir une gamme de démontage, envisager en premier lieu la dépose des pièces à l'extérieur ;
- nettoyer la machine et enlever les éléments machines (poulies, accouplements, tuyaux, etc.) ;
- contrôler la concentricité et le moulage des pièces associées ;
- déposer si possible les carters sur un établi de travail ;
- démonter les sous-ensembles qui permettront de dégager l'arbre.

• Déshabillage de l'arbre

Avant de déshabiller l'arbre, contrôler sur place la concentricité et le voilage des éléments associés.

Si l'arbre est fixé dans un boîtier de transmission au réducteur, vidange l'huile, déposer les couvre-clés et, à l'aide d'un plan d'ensemble (figure 33) ou d'un croquis, marquer le positionnement de tous les éléments qui habillent l'arbre, enlever les écrous, les vis, les goupilles, les anneaux d'arrêt et tous les éléments qui empêchent l'arbre de bouger.

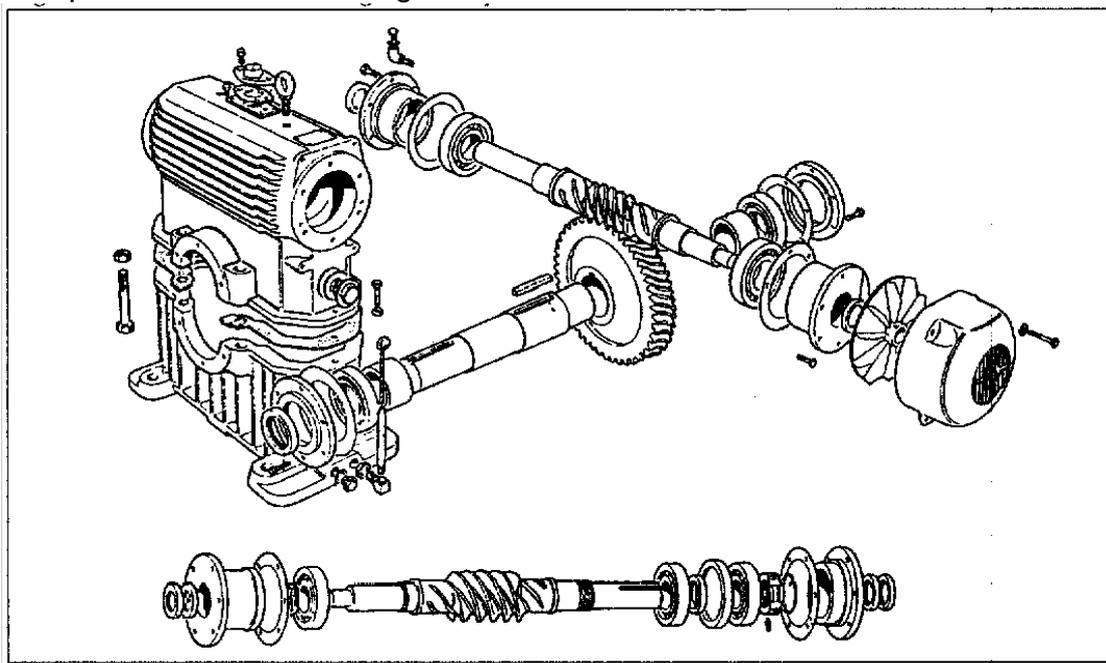
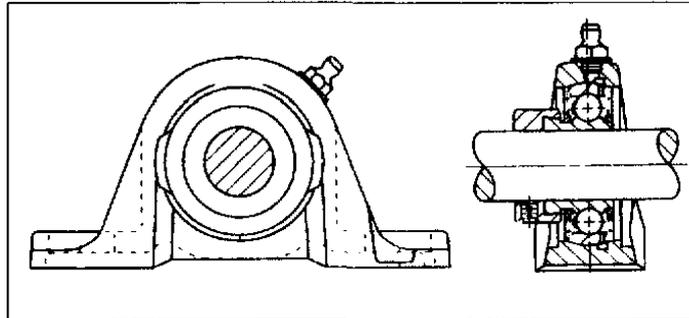


Figure 33 – Plan d'assemblage mécanique d'un réducteur

L'arbre étant prisonnier, il faut le glisser parallèlement à son axe, en enlevant successivement chaque pièce libérée. Apporter une attention aux clavettes qui ne passent pas dans les coussinets lisses; elles risquent de les abîmer.

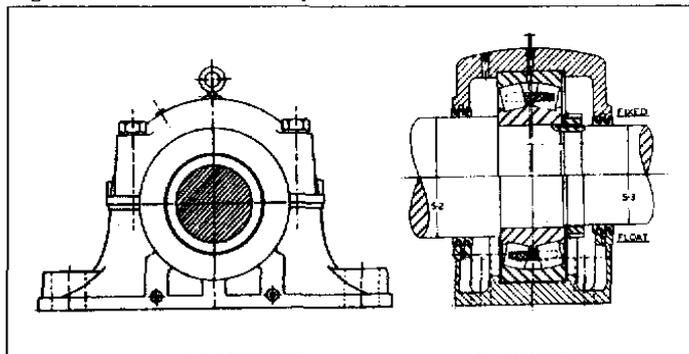
Les arbres peuvent être montés sur palier fixe ou sur paliers à chapeaux.



Bearing Manual International Cyclopedica

Figure 34 – Palier fixe

Lorsque les arbres sont montés sur un palier unique, il faut déshabiller partiellement l'arbre et faire l'extraction des paliers. Pour un montage sur paliers à chapeau, déposer les chapeaux, dégager l'arbre et déshabiller-le.

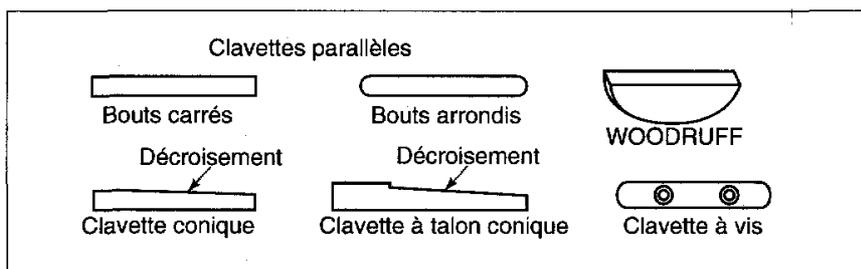


Bearing Manual International Cyclopedica

Figure 35 – Palier à chapeau

Certaines pièces doivent être démontées à l'extracteur. L'extraction des arbres peut se faire par pression ou bien par traction à la main ou à l'aide d'un arrache-arbre spécial.

Lorsque l'arbre est extrait et déshabillé de ses éléments, retirez les clavettes de leur logement à l'aide d'une pince-étau, d'un coin, d'un burin ou d'une vis de déblocage.



CEMBO

Figure 36 – Types de clavettes

Lors de cette opération, faire attention pour ne pas abîmer l'arbre. Pour les clavettes à vis ou les clavettes Woodruff, il faut presser ou tirer le moyeu sur la clavette afin de dégager la rainure et extraire par la suite la clavette avec des pinces (figure 37).

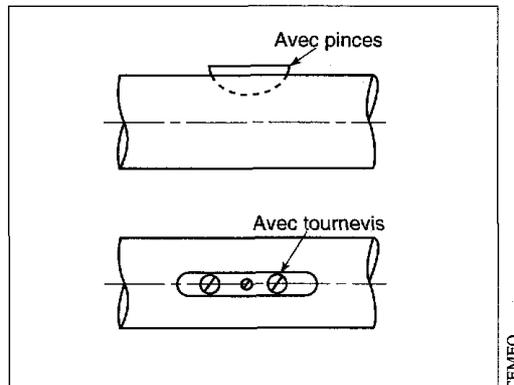


Figure 37 – Extraction de clavettes Woodruff et à vis

Pour les rainures de clavette qui dépassent le moyeu des deux côtés, utiliser un chasse-clavette afin de la pousser.

L'extraction de la clavette se fait en sens contraire de l'installation, elle est repoussée et retirée à l'aide de pinces.

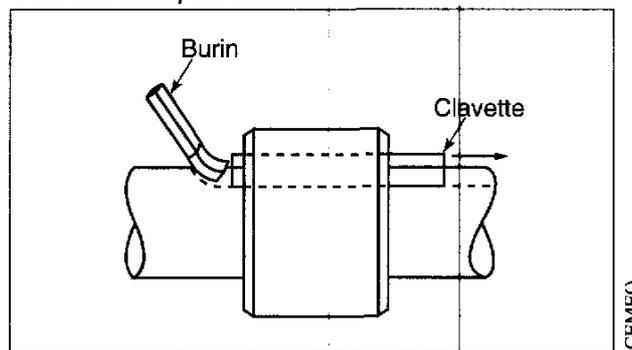


Figure 38 – Extraction de clavettes rectangulaires

Lorsque les moyeux sont positionnés comme montré à la figure 39, 'utiliser un burin pour le déloger. Si le montage est semblable à celui de la figure, utiliser une cale d'ajustage qui doit être plus petite que la clavette elle-même (figure 40).

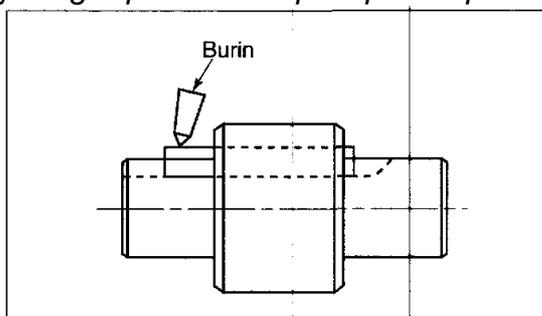


Figure 39 – Extraction près d'un moyeu

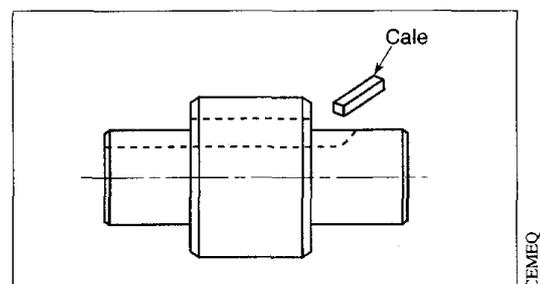


Figure 40 – Extraction dans le moyeu

Dans le cas d'une clavette à talon (figure 41), utiliser une cale conique entre le talon de la clavette et la face du moyeu pour le dégager.

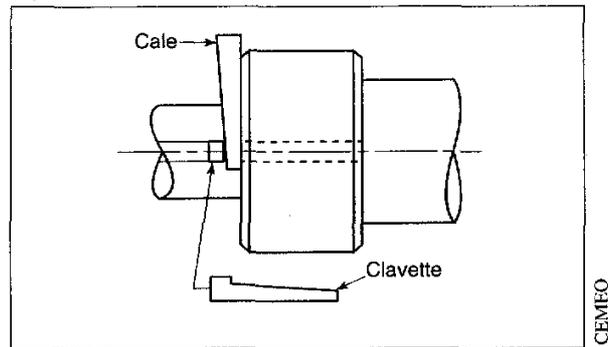


Figure 41 – Extraction d'une clavette à talon

4.3. Vérification des arbres

Après le démontage, nettoyer les pièces et l'arbre, puis procéder à la vérification de l'arbre. Les pièces grasses et sales sont nettoyées au pétrole ou avec des solvants chlorés. L'opération peut se faire par immersion dans un bain. Après l'immersion ou le trempage, on doit enlever les résidus saturés à l'aide d'un pinceau sur la pièce, par agitation ou avec un jet à pression. Le nettoyage est suivi d'un séchage à l'air comprimé ou d'un essuyage au chiffon.

Lorsque les arbres sont débarrassés de leurs saletés, procéder à la vérification.

- Vérification de la rectitude

La rectitude peut se vérifier sur un marbre à l'aide d'un comparateur à cadran et de deux blocs en V. Il s'agit de placer la pièce sur les deux blocs en V, comme le montre la figure 42, de positionner le comparateur à cadran dans l'axe de la pièce et le plus possible centré entre les deux blocs en V.

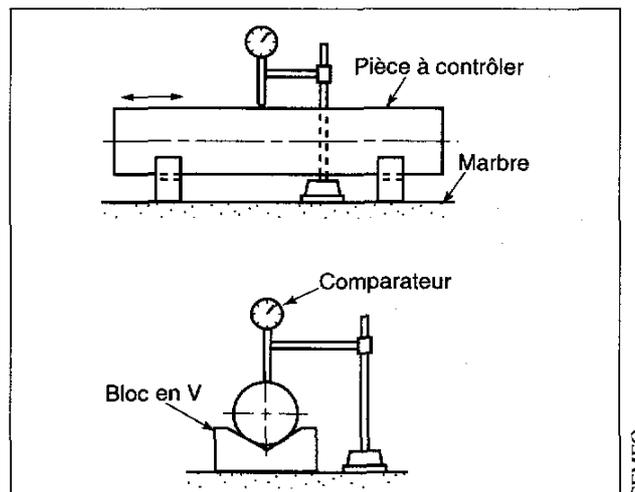


Figure 42 – Contrôle de la rectitude sur marbre

En faisant tourner l'arbre de 180° sur lui-même, il ne devrait y avoir aucune différence de lecture au comparateur. Lorsqu'il y a un intervalle de lecture, il faut faire un redressage de l'arbre entre les pointes d'un tour.

Une des méthodes les plus simples consiste à placer une règle sur le champ en parallèle sur l'arbre dans son axe et à vérifier en différents points pour déterminer le jeu maximal entre la règle et l'arbre (figure 43).

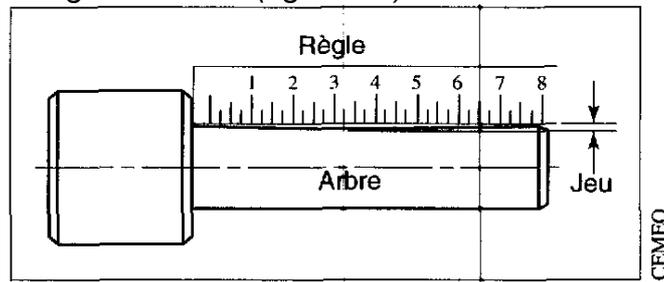


Figure 43 – Contrôle de la rectitude avec une règle

- **Vérification de la cylindricité**

Placer la pièce sur un marbre, laquelle est supportée aux extrémités par deux blocs en V. À l'aide d'un comparateur à cadran positionné dans l'axe de la pièce (figure 44), faire tourner la pièce sur elle-même.

L'aiguille du comparateur doit demeurer stable.

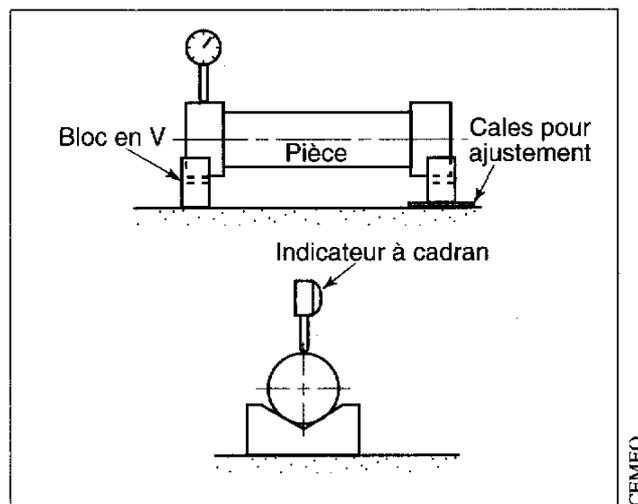


Figure 44 – Contrôle de la cylindricité sur marbre

Pour remédier à ce défaut, il faudra réusinier la pièce soit par tournage ou par rectification.

- **Vérification des états de surface**

Après vérification de la rectitude et de la concentricité, observer l'état des surfaces flottantes de l'arbre. À l'aide des instruments de mesure, contrôler l'usure des surfaces cylindriques et coniques.

Mesurer l'état des chemins de roulement et des éléments roulants, vérifier et mesurer l'usure entre les épaulements, vérifier l'état des filets, les trous goupillés, vérifier les rainures de clavette et les rainures d'arrêt et les arbres cannelés. Après vérification des surfaces, les dimensions des mesures relevées doivent correspondre aux tolérances recommandées, sinon des corrections s'imposent.

4.4. Réparation des arbres

Les réparations les plus importantes à apporter à un arbre sont le redressage et les retouches de surface.

- Redressage des arbres

Avant d'entreprendre les opérations de retouche sur les arbres, il faut s'assurer qu'ils soient rectilignes. S'ils sont courbés, déterminer et identifier la partie courbée de l'arbre, marquer la courbure et relever la valeur de la dimension de la courbe (figure 45).

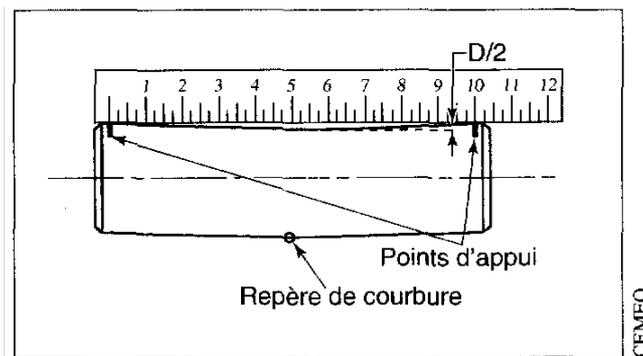


Figure 45 – Marquage des points de courbure

Le redressage peut s'effectuer par différentes méthodes. S'il s'agit d'un arbre en acier doux, le redressage peut se faire à froid, c'est-à-dire sans préchauffage. Lorsqu'il s'agit d'arbres trempés, on doit effectuer un préchauffage.

Méthodes de redressage :

- Redressage à la presse
- Redressage à l'étau
- Redressage par chauffage

Procédé de retouche

Les retouches se font par tournage ou par rectification.

Un premier choix consiste à enlever par usinage une certaine épaisseur de métal sur la surface à réparer et à y insérer une bague pressée selon des tolérances calculée, pour réuser en suite l'arbre à sa cote normale. La bague peut être insérée à chaud ou à froid.

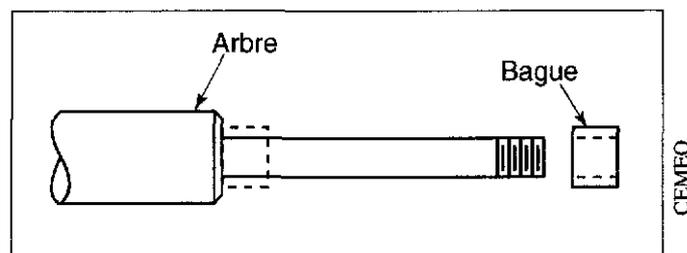


Figure 46 – Retouche avec une bague

Un autre choix possible : le soudo-brasage au laiton. Dans ce cas, il s'agit de déposer une légère couche de laiton sur l'arbre pour combler ses imperfections, puis d'usiner la surface.

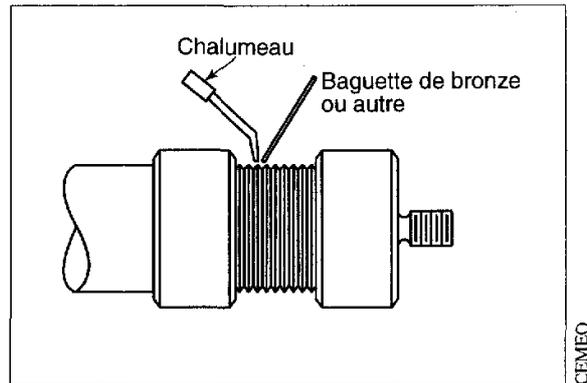


Figure 47 – Retouche par soudo-brasage

4.5. Montage d'un arbre

Toutes les surfaces cylindriques, sans exception, qui reçoivent les roulements ou coussinets doivent être alignées, sinon des déformations de l'arbre entraîneraient un fonctionnement défectueux.

- Planification

Etapes pour le montage d'un arbre :

- prendre les mesures de sécurité qui s'imposent ;
- consulter le plan d'assemblage et établir l'ordre d'assemblage des pièces ;
- sélectionner les outils pour l'assemblage ;
- numéroter les pièces, si nécessaire ;
- contrôler la dimension des pièces et placer l'arbre dans l'ordre d'assemblage (figure 48);

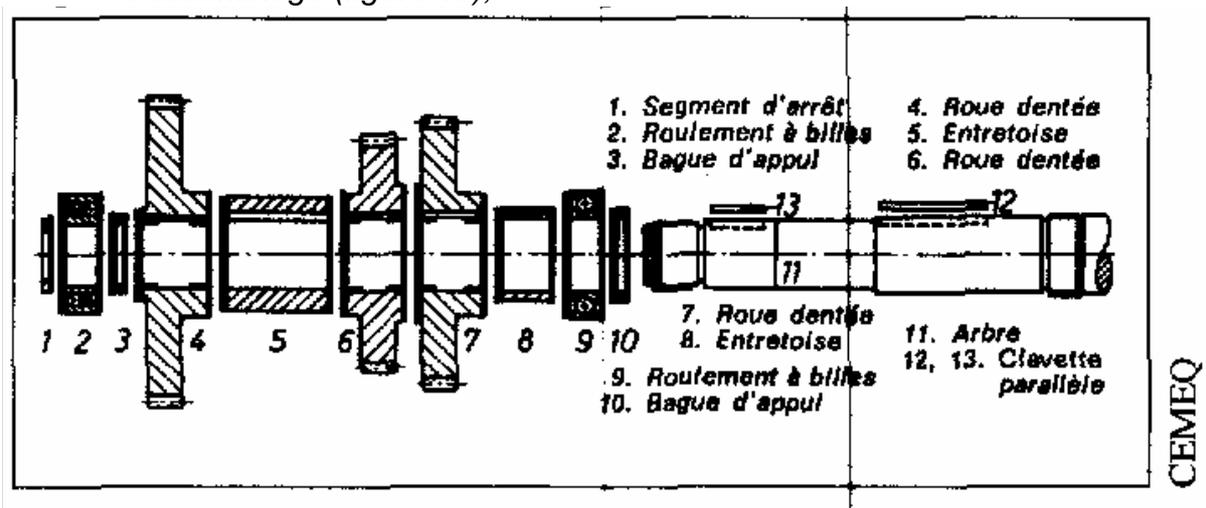


Figure 48 – Arbre d'assemblage

- habiller l'arbre des éléments qui peuvent être installés avant le montage :
 - lubrifier les parties tournantes ou flottantes ;
 - installer les parties à montage serrées avec la presse ;
 - installer sur l'arbre toutes les autres composantes qui ne nuiront pas à l'installation de l'arbre dans ses perliers.

- **Mode de vérification des axes**

Divers problèmes de vérification et de montage se présentent lorsqu'il s'agit de monter des arbres dans les boîtes de réducteur ou de transmission.

• **Vérification de l'alignement des paliers**

Avant d'installer un arbre dans ses logements, il faut s'assurer qu'ils soient bien alignés. Les erreurs peuvent provenir de deux points; d'un déplacement parallèle des axes ou encore de la déviation angulaire des axes (figure 49).

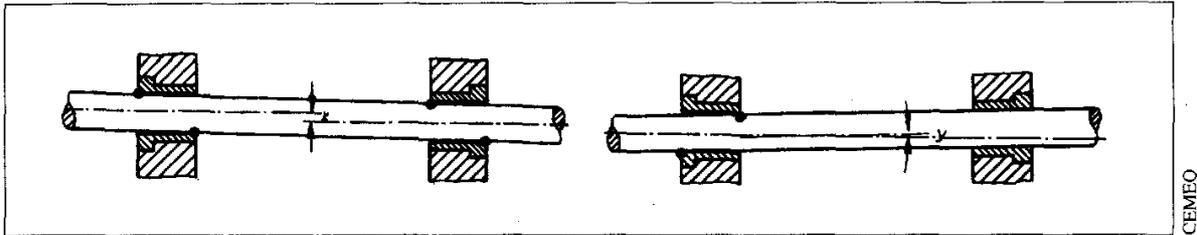


Figure 49 – Déviation angulaire

La vérification de l'alignement parallèle des axes peut se faire à l'aide de deux mandrins calibrés et d'une douille calibrée au diamètre des mandrins.

Une autre méthode très utilisée et précise consiste à fixer un comparateur sur l'extrémité d'un arbre et le palpeur du comparateur sur l'autre extrémité.

Dans la plupart des machines, les arbres sont montés en parallèle. La vérification s'effectue au moyen de broches-étalons dont le parallélisme a été contrôlé avec des appareils appropriés. La vérification des entraxes est très importante lorsque les arbres sont porteurs de roues dentées (figure 50).

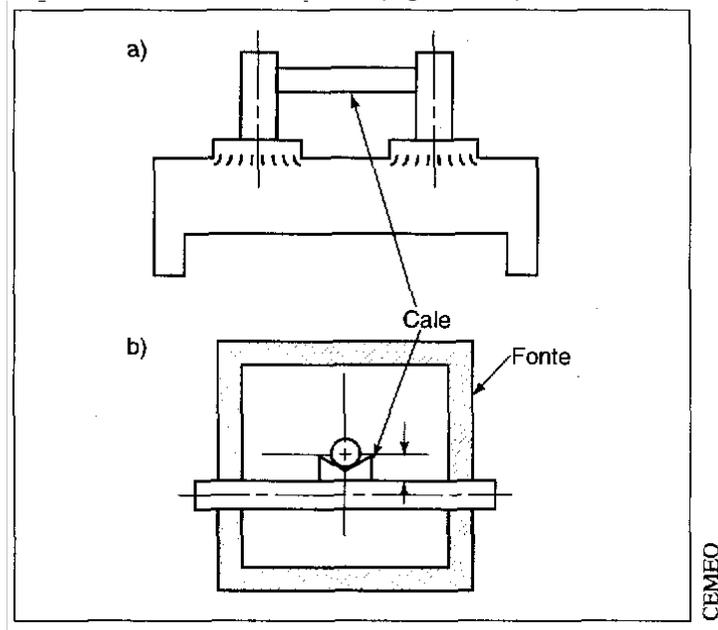


Figure 50 – Contrôlé du parallélisme des arbres

L'écartement se contrôle à l'aide de calles ou de barres parallèles ou d'instruments de mesure.

- **Assemblage dans un carter**

Dans une boîte de transmission, il se présente souvent une situation où l'on ne peut monter l'arbre habillé directement et au complet. À l'aide du plan d'assemblage, on installe alors l'arbre dans le carter tout en l'habillant pièce par pièce. Une attention particulière doit être portée aux goupilles lors de l'installation des clavettes afin qu'elles ne se déplacent pas. Elles doivent être bien alignées dans l'arbre et demeurer à la même position (figure 51).

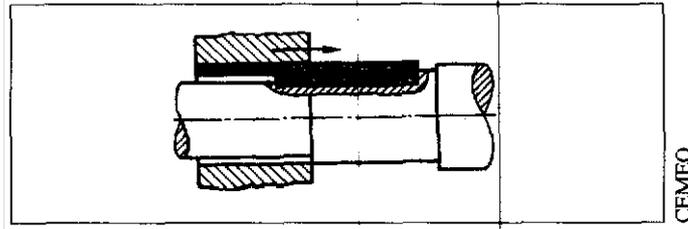


Figure 51 – Positionnement d'une clavette

Pour faciliter l'assemblage, il faut enduire les pièces d'une mince couche d'huile. Lors du montage, insérer l'arbre dans une extrémité et glisser les pièces par ordre, les unes après les autres. Faire glisser l'arbre dans son emplacement final par petits coups de maillet (figure 52).

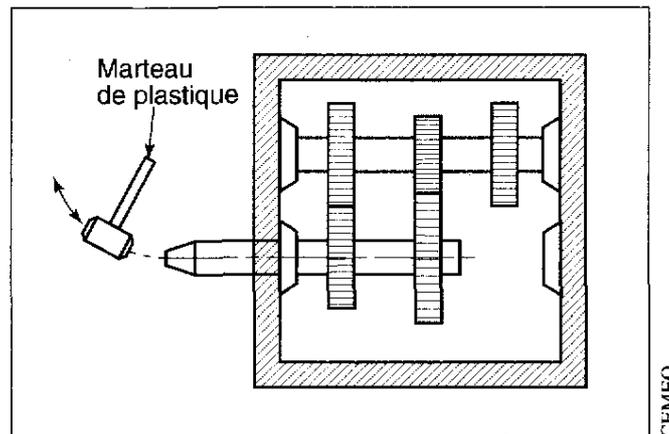


Figure 52 – Assemblage d'un arbre dans un carter

Lorsque l'arbre est en place, installer les éléments de fixation, vérifier les jeux entre les éléments et vérifier à la main la rotation des pièces engagées. L'effort fourni doit être constant et sans accros.

5. DÉMONTAGE DES ROULEMENTS

5.1. Outillage

- **Pince pour anneaux d'arrêt**

Ces pinces sont utilisées pour extraire et installer des anneaux d'arrêt externes et internes (figure 53).

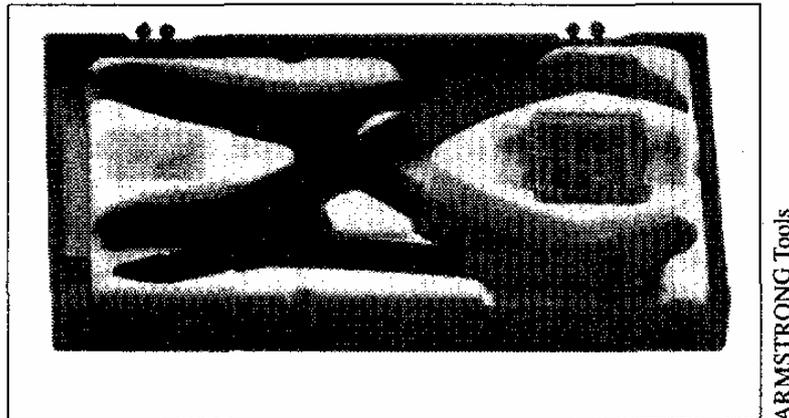


Figure 53 – Pince pour anneaux d'arrêt

- **Clés à ergot**

Ces clés sont utilisées pour bloquer ou débloquer les écrous des roulements. Elles existent en différentes grandeurs pour différents diamètres (figure 54). Le choix se fait selon le diamètre extérieur de l'écrou.

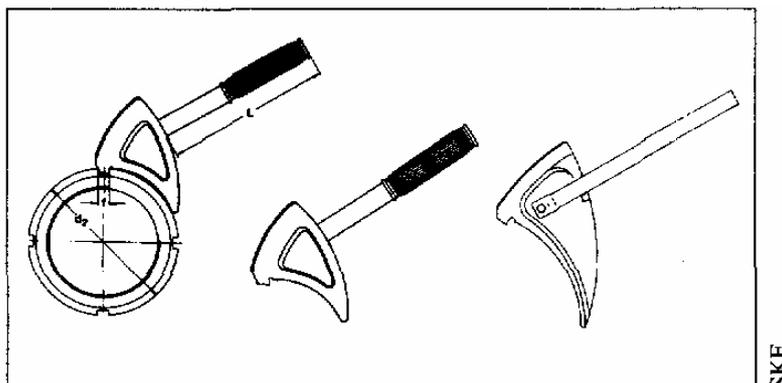


Figure 54 – Clés à ergot

- **Extracteurs manuels**

Pour l'usage général d'extraction, on utilise un ensemble d'extracteurs normalisé (figure 55) comprenant :

- un jeu d'extracteurs externes à deux et trois bras
- un jeu d'extracteurs internes à deux bras
- un ensemble de séparateurs de roulement
- un extracteur à frappe
- une presse d'extraction et des accessoires

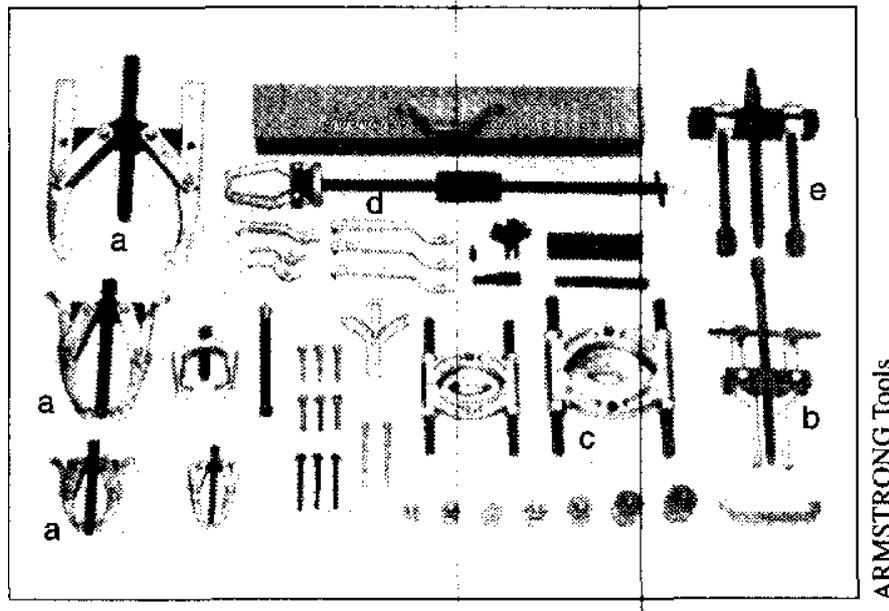


Figure 55 – Ensemble d'extracteurs

Pour l'extraction de roulements de grandes dimensions qui demande un effort extrême, on a recours à l'extracteur hydraulique.

5.2. Appareils

- Presse hydraulique

La presse hydraulique est un des principaux appareils (figure 56) servant à poser ou à enlever des roulements sur un arbre. Elle peut être utilisée avec différents accessoires comme des séparateurs de roulements et divers appuis.

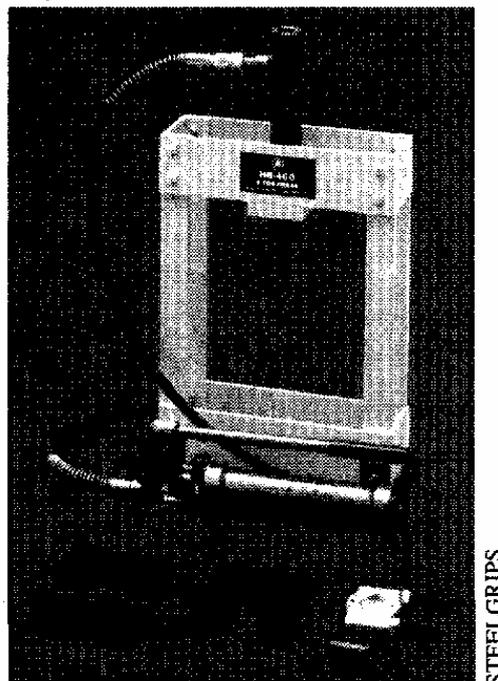


Figure 56 – Presse hydraulique

- **Écrous hydrauliques**

Ce système est composé de deux éléments principaux : une bague avec filetage intérieur et rainure sur une surface latérale et un piston annulaire qui s'insère dans la rainure.

- **Bague de chauffage**

Cet appareil de chauffage est utilisé pour démonter et monter des bagues intérieures des roulements à rouleaux cylindriques. Il comprend différentes bagues en aluminium qui sont disponibles pour tous les roulements avec un ensemble de cage-rouleaux (figure 57).

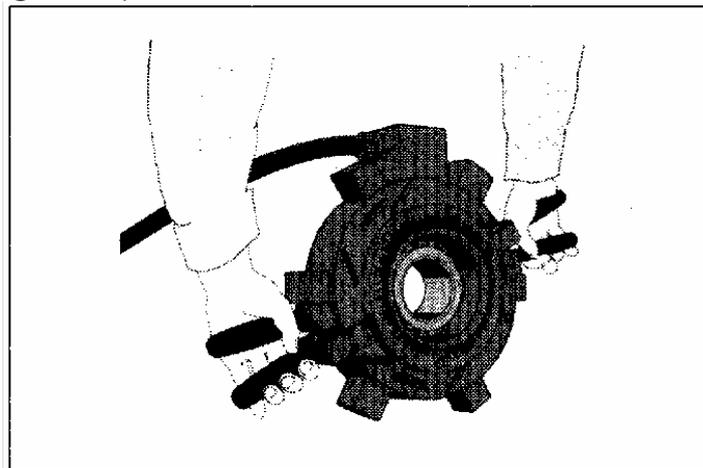


Figure 57 – Bague de chauffage

Pour le montage fréquent des roulements, il est recommandé d'utiliser un appareil de chauffage par induction.

- **Chauffe-roulement par induction**

Cet appareil chauffe en induisant des courants électriques. Il a l'avantage de permettre le montage de divers types de roulements de diamètres différents.

Il suffit de peu de temps pour chauffer un roulement à 125 °C, peu importe sa dimension.

Lorsque la température est atteinte, il s'agit de se munir de gants d'amiante et de déposer le roulement sur l'arbre à sa position jusqu'à ce qu'il y adhère.

- **Étuve**

On entend par étuve un bassin d'huile chauffée à température contrôlée que l'on utilise pour le chauffage des roulements ou d'autres pièces qui demandent une élévation de température à l'installation, comme les accouplements des roues dentées, etc.

L'utilisation est très simple. On dépose la pièce dans le bassin d'huile à la température désirée. Lorsque la température est atteinte, on retire la pièce en utilisant des pinces et des gants pour éviter les brûlures, et on le positionne immédiatement.

5.3. Instruments de contrôle

Les instruments de contrôle permettent de vérifier les températures des roulements et les vibrations occasionnées par des défauts de roulements, de détecter des bruits anormaux des roulements et de mesurer des dimensions ainsi que le jeu d'ajustement des roulements.

- **Thermomètre digital**

Cet appareil est utilisé pour prendre la température des roulements sur les machines ou pour contrôler le préchauffage des roulements avant l'installation.

- **Stéthoscope**

Le stéthoscope est un appareil d'identifier les irrégularités de fonctionnement au son.

À l'aide d'un stéthoscope, un bruit anormal peut être détecté et peut même être attribué à un élément de machine spécifique. Les roulements émettent un léger ronronnement constant. Lorsqu'il y a des bruits forts ou saccadés, cela indique que le roulement est en mauvaise condition.

L'utilisation de cet appareil consiste à appuyer la sonde sur l'élément à vérifier et à écouter les différents bruits.

- **Détecteur de vibrations**

Ce petit appareil sert à détecter les défauts de roulement lorsque la machine est en opération. Il relève des fréquences de vibration sur la machine et permet, à partir de ces relevés, la détection d'un roulement défectueux.

5.4. Planification du démontage

Il existe quatre types de montage : portée cylindrique, portée conique, manchon de serrage, manchon de démontage.

À cela s'ajoutent quatre méthodes de démontage. Le choix de la méthode peut dépendre de la taille du roulement. Si le roulement est petit, l'utilisation d'outils mécaniques est acceptable. Les roulements plus gros feront appel aux outils hydrauliques.

5.5. Manipulation des roulements

Consignes observées lors de la manipulation de toutes les sortes de roulements :

- Ne pas ouvrir l'emballage avant d'être prêt pour le montage
- Manipuler les roulements avec les mains sèches et nettes, et avec des chiffons propres. Ne poser jamais un roulement sur une surface sale ou sur le sol.
- Ne se servir pas d'un roulement pour vérifier l'alésage d'un logement.
- Ne laver jamais un roulement neuf; il est propre et lubrifié. Seule la graisse d'un roulement utilisé peut être enlevée avec du solvant ou du pétrole.
- Après avoir lavé un roulement, lubrifier-le immédiatement. Les roulements ne doivent être lavés que lorsque c'est nécessaire.
- Ils doivent être entreposés à l'abri des poussières et de l'humidité.
- Ne jamais utiliser l'air comprimé pour les nettoyer ou les faire tourner.

- Les outils utilisés pour le montage ou le démontage doivent être propres, non déformés, exempts de saletés et de brèches.
- Utiliser le lubrifiant approprié et en quantité suffisante.

- **Démontage des roulements à alésage cylindrique**

• Roulement à billes avec ajustement serré sur l'arbre

Le démontage des roulements doit commencer par le choix des outils. Si le roulement est de petite ou de moyenne dimension et monté avec un ajustement serré sur l'arbre, utilisez un extracteur dont les pattes prennent appui sur la face latérale de la bague intérieure (figure 58). S'il n'est pas possible d'appliquer l'extracteur sur la bague intérieure, on utilise la bague extérieure.

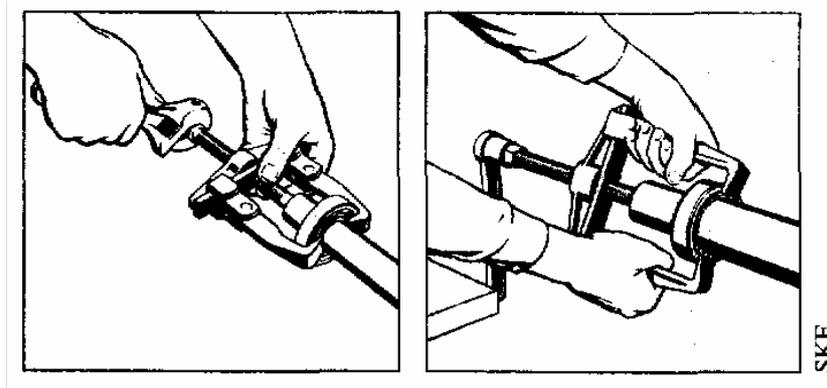


Figure 58 – Extraction d'un roulement à billes monté serré sur arbre

Dans ce cas, il suffit de faire tourner la bague extérieure lors du démontage. Cela est effectué en bloquant la vis et en faisant tourner l'extracteur jusqu'à ce que le roulement se libère. Si vous ne possédez pas d'extracteur, vous pouvez utiliser un poinçon à bout plat ou une tige d'acier à bout arrondi (figure 59).

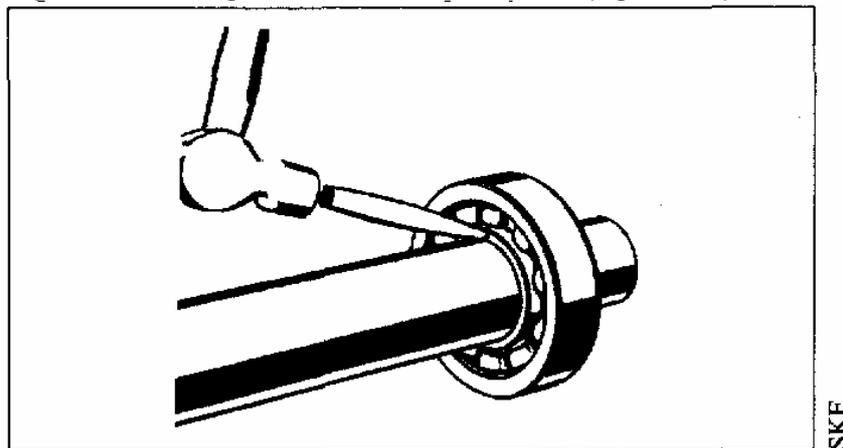


Figure 59 – Extraction avec un poinçon

La méthode de démontage des roulements est très simple. Il s'agit de dévisser les vis de blocage ou de desserrer la bague de blocage excentrique et de glisser le roulement avec son palier sur l'arbre. Assurez-vous que l'arbre soit exempt de bavures et de marques profondes qui pourraient empêcher la bague du roulement de glisser (figure 60).

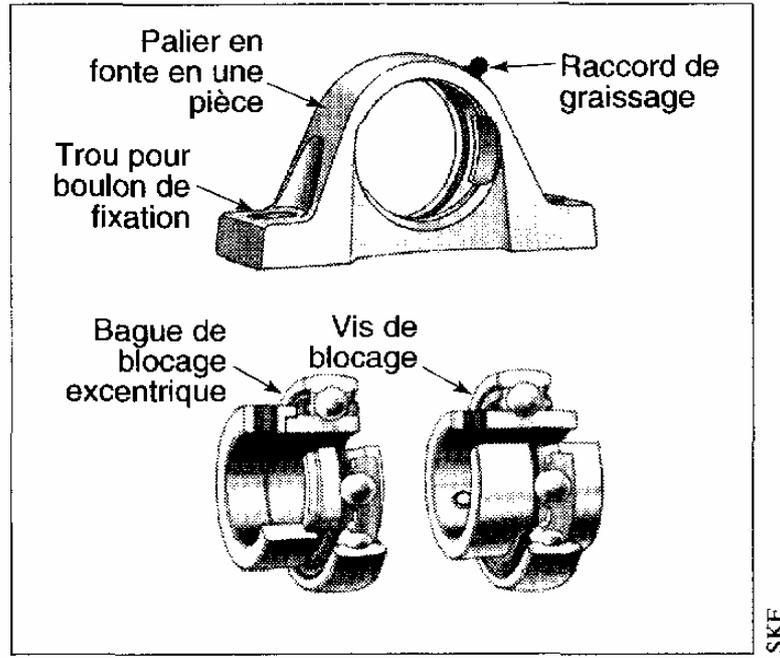


Figure 60 – Extraction de roulement

Lorsque le palier est extrait, faites pivoter le roulement de 90° dans le palier et enlevez-le.

- Démontage des roulements à rouleaux cylindriques

Le démontage de ce type de roulement est simple. Enlevez la bague extérieure et enduisez le chemin de roulement de la bague intérieure avec une huile résistant à l'oxydation. Après avoir porté la température de la bague chauffante à 280 °C, posez cette dernière sur la bague intérieure du roulement (figure 61).

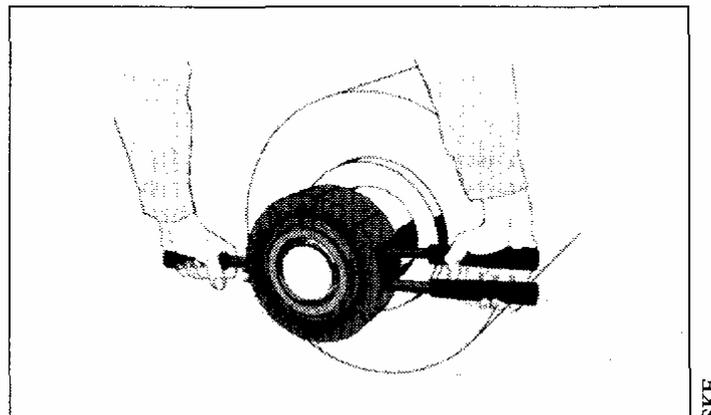


Figure 61 – Extraction d'un roulement à rouleaux cylindriques

• Démontage des roulements à aiguilles

Ce type de roulement se démonte en appuyant directement sur la cage extérieure avec une bague ou une douille de diamètre légèrement inférieur. L'extraction peut se faire à la presse ou par frappe sur la bague.

- **Démontage des roulements à alésage conique**

Les petits et moyens roulements peuvent être démontés facilement en utilisant un extracteur conventionnel. Comme l'ajustement est monté serré sur l'arbre, l'extracteur doit prendre appui sur la bague extérieure que s'il est impossible de prendre appui sur la bague intérieure. Si vous devez réutiliser le roulement, faites tourner la bague extérieure pendant le démontage pour minimiser le risque de détérioration (figure 62).

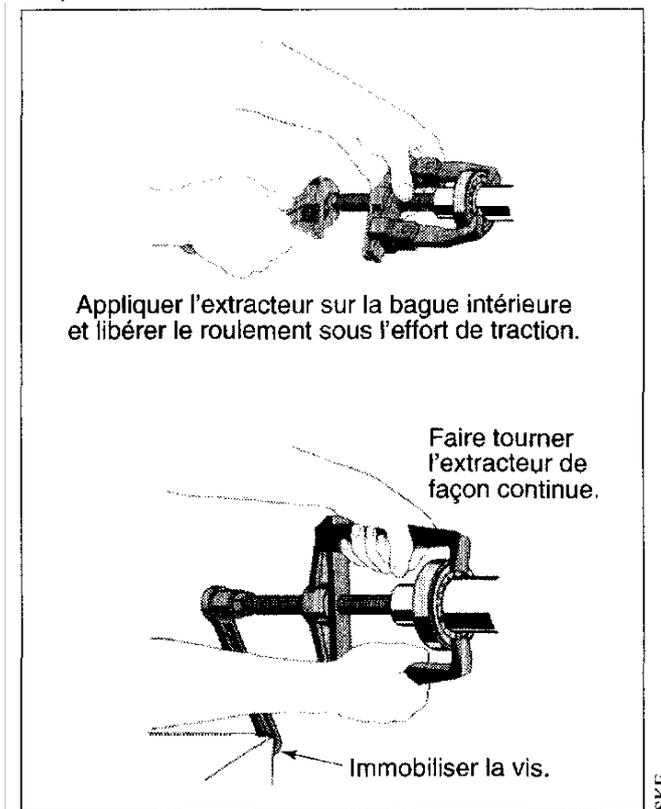


Figure 62 – Extraction d'un petit roulement à alésage conique

5.6. Réutilisation des roulements

Lorsque les roulements sont démontés, ils peuvent être réutilisés. Vous devez les nettoyer et les examiner avant de juger s'ils sont réutilisables ou non.

- **Nettoyage**

Avant nettoyage, faites tremper les roulements solution de solvant (kérosène ou alcaline qui permet d'enlever Prenez des précautions, utilisez toujours des gants de protection, des lunettes. Après un certain temps de trempage, prenez le roulement dans vos mains et faites-le tourner lentement. À l'aide d'un pinceau, procédez au nettoyage jusqu'à ce que tous les résidus soient éliminés et que le roulement tourne facilement. Séchez avec un linge propre ou avec de l'air comprimé en prenant soin de ne pas faire tourner le roulement. Examinez- le. Vérifiez les rayures, les marques, les fissures, les colorations, les surfaces miroirs, etc. Faites-le tourner lentement à la main et écoutez le bruit de fonctionnement. Un roulement intact ne possède ni marques ni défauts d'usure, et tourne facilement de façon

régulière sans jeu anormal. Dans cette condition, le roulement peut être changé par un autre de même numéro ou son équivalent.

- **Traces de charges**

Toutes les traces laissées sur les bagues d'un roulement ne sont pas nécessairement anormales. Les roulements présentent souvent des traces de charges résultant d'un fonctionnement normal. Quand un roulement tourne sous charge, les surfaces de contact prennent un aspect mat. Ce ne sont pas des marques d'usure. Ces marques varient selon les conditions de rotation et la charge.

- **Détérioration de la cage**

Les principales sources d'avaries de cages sont les vibrations, la vitesse excessive, l'usure, le blocage et le défaut d'alignement.

Les vibrations entraînent des fissures de fatigue dans la matière de la cage à cause des forces d'inertie. Une vitesse excessive peut entraîner la rupture de la cage en raison de la force d'inertie développée. L'usure vient d'un problème de lubrification ou de particules abrasives qui pénètrent dans le roulement. Comme la cage est composée d'une matière plus tendre, l'usure se produit très rapidement. Le blocage se produit lorsque des fragments de matière s'écaillent ou des particules entrent et s'introduisent entre la cage et les éléments roulants. Il peut en résulter une déformation et même une cassure de la cage.

5.7. MONTAGE DES ROULEMENTS

- **Planification**

Choix de la méthode

Comme pour le démontage, il existe quatre types de montage : à portée cylindrique, à portée conique, à manchon de serrage, à manchon de démontage.

Les quatre méthodes de montage sont : mécanique, hydraulique, injection d'huile et chauffage. Pour les petits roulements, les outils mécaniques peuvent suffire.

Toutes les bagues de roulements extérieurs qui demandent un ajustement serré sont généralement montées à froid. Mais si c'est la bague intérieure qui a l'ajustement serré, vous pourrez utiliser un montage à froid ou à chaud. Les petits roulements peuvent être montés à froid en utilisant une presse ou une douille à frappe.

- **Précautions**

Enlevez les éléments du montage de même que toutes les bavures. Nettoyez l'arbre et l'épaulement et vérifiez les surfaces d'appui. Inspectez les joints et remplacez ceux qui sont endommagés. Changez toujours les joints de caoutchouc. Rappelez-vous de ne jamais retirer les roulements neufs de leur emballage avant d'être prêt à l'installation. Vous devez les protéger des impuretés. Juste avant le montage, essuyez l'antirouille sur les bagues et asséchez-les.

Les bagues des grands roulements doivent être lavées avec un solvant et asséchées avant le montage, car la couche de protection est souvent épaisse et

difficile à essayer. Avant l'assemblage d'un roulement, il faudra choisir un environnement de montage exempt de particules métalliques, de sciures de sable, de ciment et de toutes substances corrosives.

Montage des roulements neufs

Au moment de la pose, sortez le roulement de son emballage, nettoyez les surfaces de contact des bagues et installez les roulements. Si le roulement doit être chargé de lubrifiant, lavez-le complètement et lubrifiez-le avec la graisse recommandée.

Montage des roulements usagés

Ces roulements doivent être complètement nettoyés et graissés sauf les roulements à flasques qui sont graissés à vie. Il faut nettoyer les surfaces extérieures. Les roulements peuvent être lavés à chaud dans une huile fine propre ayant un point éclair de $>250\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Protection des roulements pendant le montage

La meilleure protection consiste à envelopper la machine avec du papier paraffiné ou des feuilles de plastique.

- Montage des roulements à alésage cylindrique

Montage à froid

Les petits roulements peuvent être montés à l'aide de coups de marteau appliqués sur une douille en appui contre la bague qui doit avoir un ajustement. Celle-ci doit être propre et avoir les faces planes parallèles et exemptes de bavures. Lubrifiez toujours la portée du roulement avec une huile légère afin d'éviter d'endommager l'arbre au cours du montage.

Après avoir vérifié les surfaces d'appui et les surfaces d'ajustement, lubrifiez les surfaces d'ajustement, placez l'outil contre la bague intérieure et appliquez des coups de marteau répartis sur la circonférence de la douille. Assurez-vous que le roulement se déplace en position parallèle. La figure 63 montre les différents modes de montage avec bague.

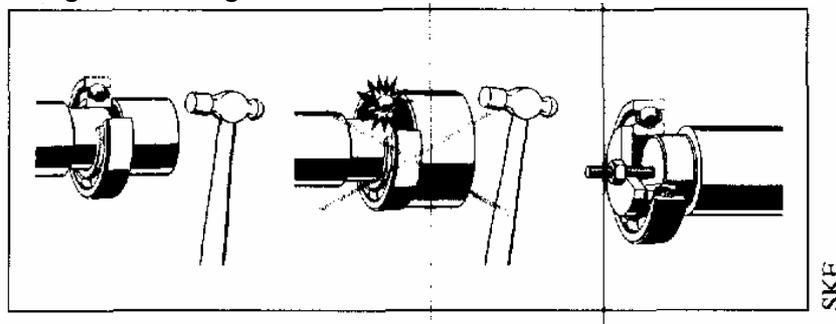


Figure 63 – Méthode de montage

Si l'arbre comporte un filetage intérieur, celui-ci peut être utilisé pour monter le roulement.

Montage à chaud

Pour faciliter le montage des plus grands roulements à alésage cylindrique, vous aurez recours au montage à chaud. Le montage peut s'effectuer à l'aide d'un chauffe-roulement par induction, d'un bain d'huile, d'une plaque chauffante et des bagues chauffantes.

- Montage des roulements à billes à contact oblique

Les roulements à billes à contact oblique à une rangée peuvent supporter des charges axiales dans un seul sens. Ils sont donc montés en opposition avec un second roulement à une rangée qui reprend les charges axiales en sens inverse.

Pour la mise en place, procédez dans cet ordre : vérifiez les dimensions d'ajustement, lubrifiez l'arbre ou l'alésage, utilisez une douille de frappe, une presse ou un outil de chauffage.

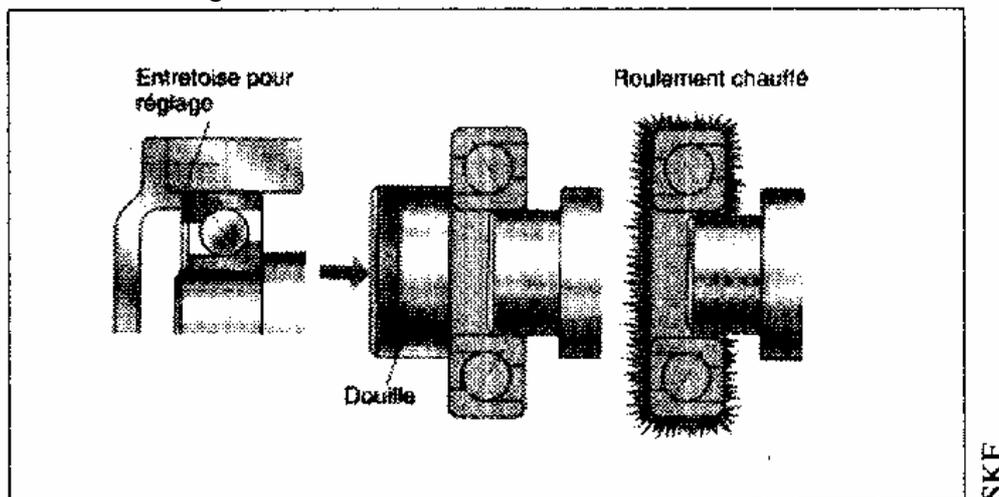


Figure 64 – Méthode de montage

- Montage de roulements à rouleaux cylindriques

Ces types de roulements sont séparables et sont généralement montés en partie individuelle. Ils peuvent avoir un ajustement serré à la fois sur l'arbre et dans le logement. Dans ce type de roulement, les rouleaux sont guidés entre les épaulements de l'une des bagues. Ils peuvent posséder une ou deux rangées de rouleaux et parfois quatre. Ils sont utilisés dans la conception des machines-outils.

- Montage de roulements à rouleaux coniques

Ces types de roulements sont admissibles aux charges axiales seulement. Ils doivent être montés en opposition avec un second roulement. Chaque montage, le jeu et la précharge doivent être réglés. Les roulements à rouleaux coniques peuvent être livrés par paires avec une valeur définie de jeu ou de précharge établie à la fabrication. Lorsque vous ne disposez pas d'instructions de montage, reportez-vous au manuel du fabricant.

- **Montage de roulements dans les paliers**

Les paliers constituent des ensembles économiques interchangeables qui nécessitent peu d'entretien (figure 65). Ils existent en différents types et dimensions.

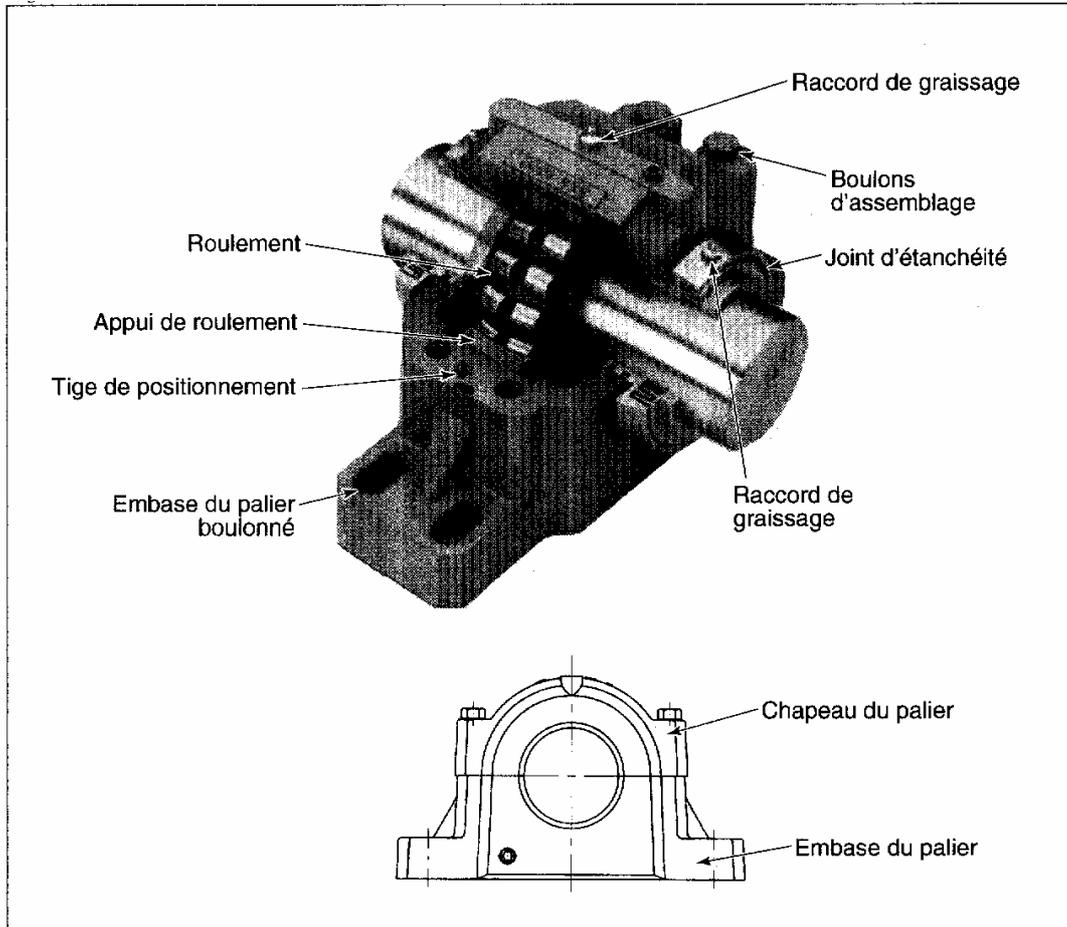


Figure 65 – Palier

Types de paliers

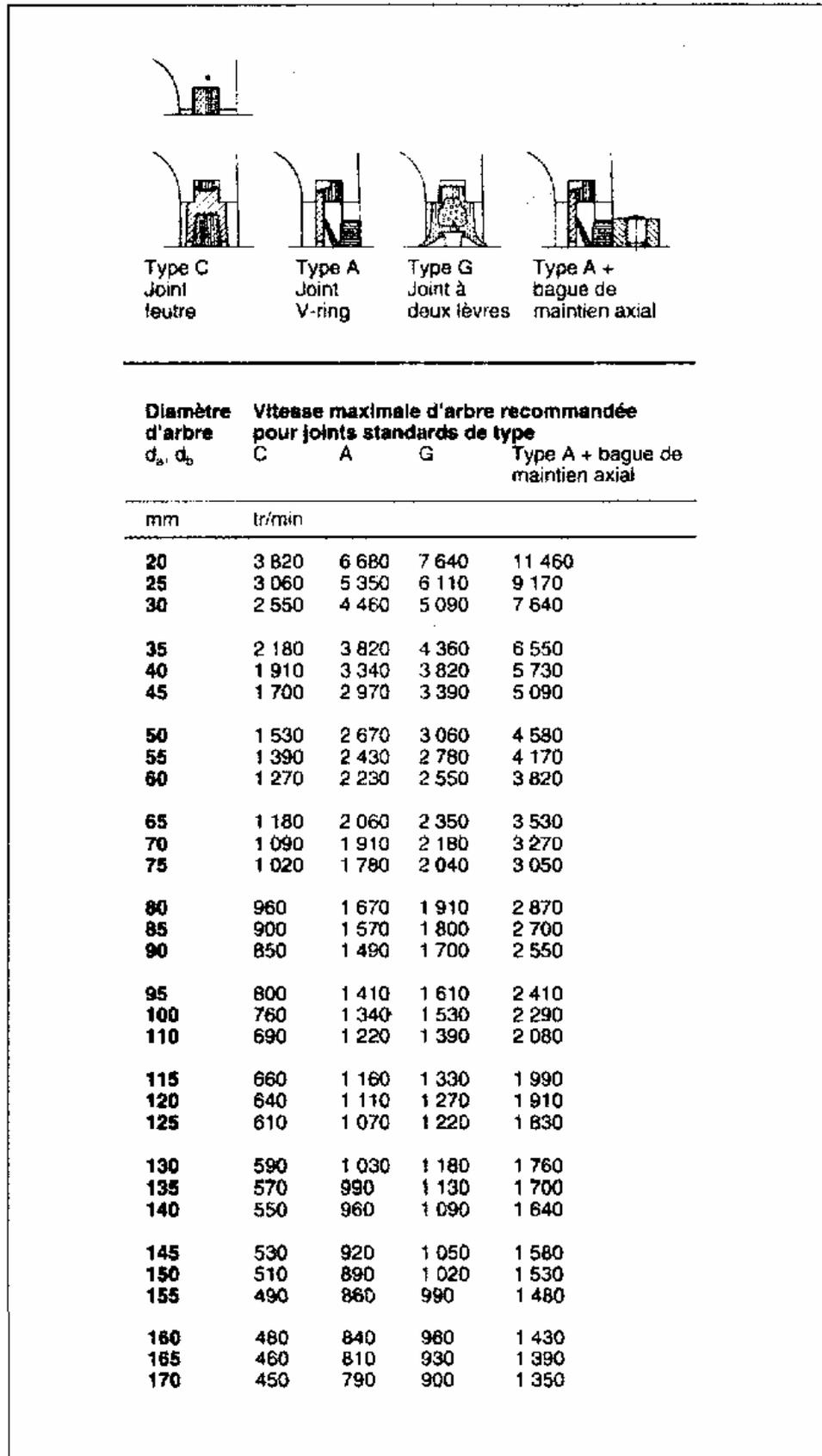
Les types les plus utilisés sont les paliers à semelle SNH en Europe et SAF aux Etats-Unis.

Les types de paliers européens SNH sont fabriqués en fonte et peuvent recevoir des roulements à double rangée de billes montés sur manchon conique pour supporter des charges normales.

Les joints d'étanchéité sont interchangeables selon leur utilisation dans l'environnement.

Montage des paliers SNH

Selon la vitesse et l'environnement, vous utiliserez différents types de joints pour le montage de ces paliers (figure 66).



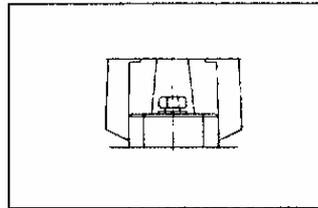
SKF

Figure 66 – Tableau de vitesse maximale des joints

Par exemple, il est recommandé d'utiliser un joint de type A sur un palier de 90 mm d'arbre tournant à 1490 r/min. Après avoir déterminé le type de palier à assembler, vous pourrez procéder à l'assemblage du palier dont voici les procédures générales d'assemblage.

1. Mettez en place la moitié du palier et insérez les vis de fixation dans la semelle sans les serrer (figure 2.131).

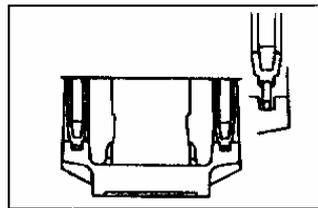
Figure 2.131 Étape 1



SKF

2. Selon le type de palier, montez les demi-joints dans les rainures et lubrifiez si nécessaire (figure 2.132).

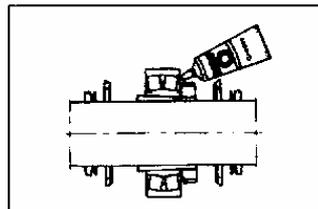
Figure 2.132 Étape 2



SKF

3. S'il s'agit d'un joint en V ou d'une collette, montez-en un avant d'installer le roulement (figure 2.133).

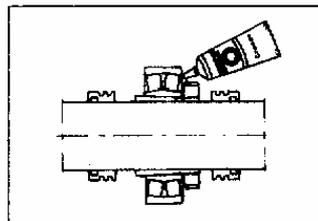
Figure 2.133 Étape 3



SKF

4. Montez le roulement sur l'arbre, ajustez, garnissez-le de graisse (figure 2.134).

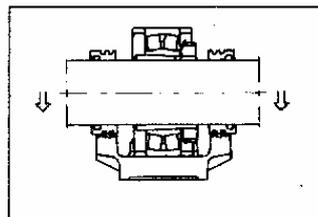
Figure 2.134 Étape 4



SKF

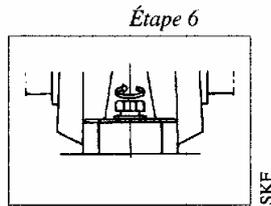
5. Placez l'arbre complet avec l'ensemble roulement dans la moitié inférieure du palier (figure 2.135).

Figure 2.135 Étape 5

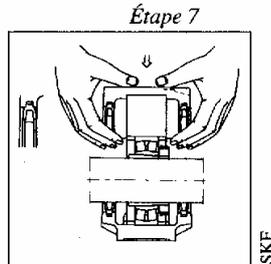


SKF

6. Vérifiez l'alignement de la semelle et les tolérances de positionnement du palier, puis serrez l'écrou de fixation (figure 2.136).

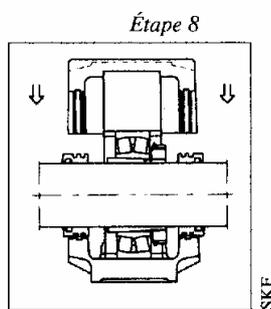


7. S'il y a des joints feu-trés avec armature, montez-les dans le chapeau (figure 2.137).



8. Déposez le chapeau du palier et vérifiez continuellement l'emplacement des joints (figure 2.138).

Le chapeau n'est pas interchangeable.

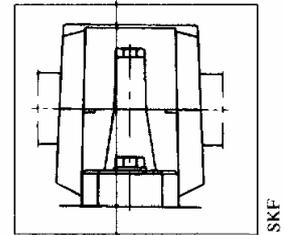


9. Serrez le chapeau du palier selon le couple recommandé (figures 2.139 et 2.140)

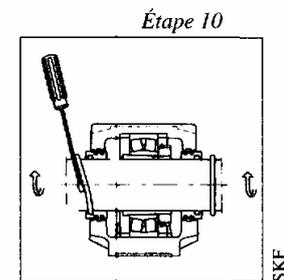
Figure 2.140 Couple de serrage

Jusqu'à 510-608		50 Nm
Jusqu'à 210		
511-609	à	517-613
211	à	217
518-615	à	519-616
218	à	219
520-617	à	524-620
220	à	224
528	à	532
		350 Nm

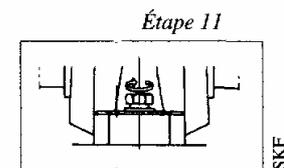
Figure 2.139 Étape 9



10. Si le montage est avec un joint en V ou une collerette, placez le joint à l'aide d'un tournevis en faisant tourner l'arbre (figure 2.141).



11. Pour terminer, serrez les vis de fixation du palier sur l'assise (figure 2.142).



6. MONTAGE ET DÉMONTAGE DES COUSSINETS

6.1. Démontage des coussinets

Pour démonter les douilles de coussinets dans les paliers, la méthode la plus simple consiste à repousser le coussinet dans son logement, soit à l'aide d'une presse à mandrin et d'une douille légèrement plus petite que le manchon (figure 67), soit en utilisant un extracteur muni d'un chasse-douille.

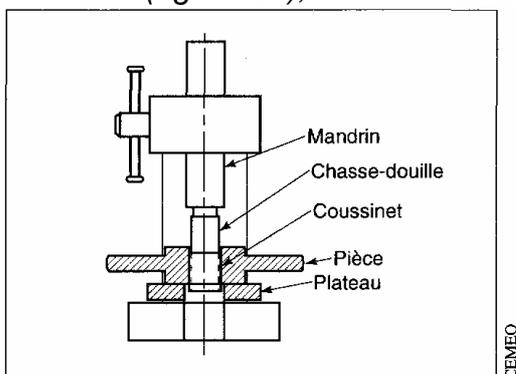


Figure 67 – Extraction à la presse

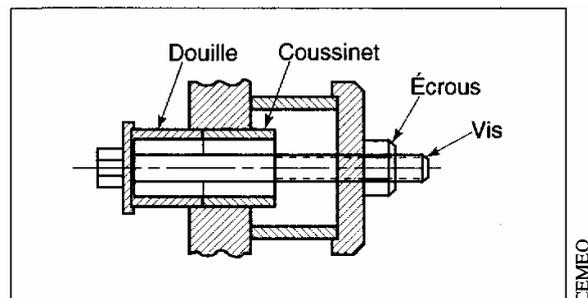


Figure 68 – Extracteur de douilles

On peut les enlever tout simplement en utilisant un marteau et une douille de frappe. Lors du démontage, il faut faire en sorte que le coussinet glisse sans accrochage sur les pièces externes afin d'éviter des bris dans le manchon.

6.2. Montage des coussinets

Il existe plusieurs méthodes pour monter un coussinet dans son logement. Le mode choisi dépendra de l'application, mais aussi de la facilité de montage et de démontage.

L'ajustement avec serrage est un mode de montage courant et efficace qui consiste à ajuster le coussinet dans son logement avec serrage. Cette méthode permet de maintenir une épaisseur uniforme des parois sur toute la longueur du palier.

6.3. Mode de fixation

Il existe plusieurs méthodes pour maintenir la position du coussinet par rapport à son logement en les fixant l'un à l'autre. La figure 3.18 montre quelques-unes de ces méthodes : a) à vis de blocage, b) à clavettes disques ou Woodruff, c) à bride boulonnée, d) à coussinet vissé, e) à goupille cylindrique et f) à couvercle de logement.

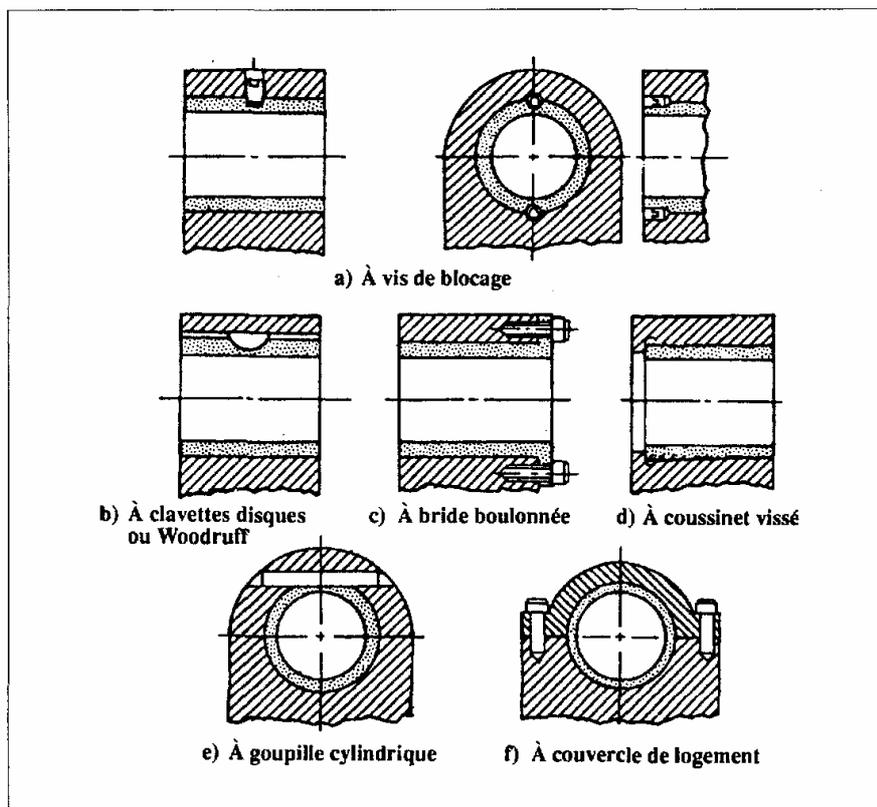


Figure 69 – Modes de fixation des coussinets

6.4. Montage des coussinets monopières

Les coussinets cylindriques droits sont emmanchés à force dans les paliers; la diminution du diamètre intérieur qui en résulte est compensée par le serrage. Les coussinets possèdent, sur une des extrémités, une partie conique de 5° qui facilite l'emmanchement (figure 70). Les douilles doivent être emmanchées bien d'aplomb; vous pouvez utiliser un marteau avec tampon de protection et une douille de frappe (figure 71).

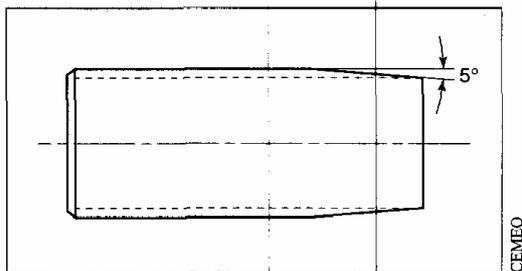


Figure 70 – Coussinet

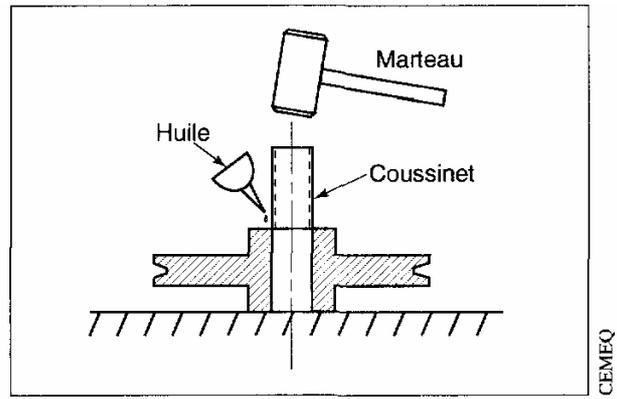


Figure 71 – Montage avec marteau à tampon

6.5. Lubrification

La lubrification des coussinets se fait par l'intermédiaire des rainures qui sont pratiquées sur sa surface de glissement. Ces rainures ont deux fonctions : établir et maintenir un filon d'huile entre les surfaces, et favoriser le refroidissement du palier. Pour des raisons pratiques, l'entrée du lubrifiant doit se faire dans une section du coussinet où la pression est faible.

6.6. Diagnostic des bris des coussinets

Après le démontage des coussinets, il est important de déterminer la cause de l'usure prématurée et les bris sur les surfaces de contact.

La majorité des bris est liée à des erreurs de montage, à la malpropreté, au manque de lubrifiant, aux surcharges et à la corrosion.

6.7. Erreurs de montage

Une des premières erreurs concerne l'assise des coussinets qui peut être défectueuse dans le palier. Dans ce cas, les charges sont mal réparties et mal soutenues, ce qui occasionne la destruction de surfaces de frottement, une mauvaise évacuation de la chaleur produite par le frottement, pouvant produire un échauffement dangereux.

Les vis des chapeaux mal serrées produisent le martèlement des demi-coussinets d'où la détérioration des surfaces de frottement.

Les faux ronds et le mauvais alignement lors du montage occasionnent des bris sur les surfaces de frottement, une pression exagérée sur les bords, un échauffement exagéré et une mauvaise lubrification.

6.8. Malpropreté

Les coussinets doivent être nettoyés fréquemment et exempts de poussière. L'huile utilisée pour la lubrification doit être propre. La poussière peut s'introduire dans la surface de frottement du coussinet et causer une usure prématurée.

6.9. Lubrification insuffisante

Lorsqu'il y a manque de lubrification, le coussinet peut saisir sur l'arbre et se détériorer en laissant des marques granuleuses et des bris considérables. À la limite, le coussinet peut être entraîné avec l'arbre et produire des dommages au palier.

6.10. Surcharge

Un coussinet surchargé risque de chauffer et de s'user beaucoup plus rapidement. Dans ce cas, il faut vérifier les tolérances d'ajustement.

6.11. Corrosion

La corrosion d'un coussinet est souvent causée par l'effet d'humidité ou un mauvais choix du lubrifiant, la présence de produits toxiques peut occasionner une détérioration de la matière. La corrosion peut se prévenir par le choix de la matière dont est fabriqué le coussinet et par l'utilisation du bon type de lubrifiant

7. SYMPTÔMES ET DÉPANNAGE DES ROULEMENTS

Les roulements sont conçus pour fonctionner parfaitement dans un environnement propre et dans des conditions idéales.

7.1. Pannes causées par l'encrassement et l'intrusion de corps étrangers

L'encrassement est une des causes fréquentes de pannes des roulements. Cette cause est détectée en observant l'intérieur de la cage. Les voies de roulement ont été polies, les rouleaux et les billes aussi. S'il n'y a aucun défaut sur la surface des éléments mobiles et si la voie de roulement est nettement marquée, il est certain que la poussière s'est introduite dans le roulement pendant qu'il fonctionnait.

Pour vérifier un roulement à gorge profonde, il faut placer le roulement sur une surface plane et maintenir une de ces bagues. Si l'autre bague peut bouger en parallèle, c'est qu'il y a usure de la pièce.

Un roulement à rouleaux ou à billes toujours propre et bien graissé ne s'use pas. Lorsque les roulements sont soumis à de très grandes charges et qu'ils atteignent leur limite de résistance, ils s'écaillent.

Si de l'eau ou d'autres corps corrosifs pénètrent à l'intérieur du roulement, l'usure sera prématurée.

Il est important de procéder à un examen pour vérifier les conditions dans lesquelles les roulements fonctionnent. Premièrement, on vérifie si les joints d'étanchéité sont bons.

7.2. Pannes résultant d'un mauvais graissage

L'usure prématurée est souvent la conséquence d'un graissage inadéquat ou insuffisant. Si le roulement fonctionne bruyamment et qu'il y a une élévation rapide, de température, c'est l'indice d'une lubrification insuffisante ou d'un excès d'huile. Il faudra y remédier.

7.3. Pannes causées par de mauvaises tolérances

Si le diamètre de l'arbre est trop grand ou si l'alésage est trop étroit, il se produit une déformation des bagues, et il en résulte un écaillage sur les voies de roulement.

Si l'alésage du logement n'est pas circulaire ou est trop étroit, la bague extérieure sera déformée. Dans ce cas, il se produit aussi une déformation de l'alésage du logement. Même si les dimensions du logement sont exactes, il peut y avoir grippage du roulement.

7.4. Pannes causées par le mauvais montage et l'usage abusif

Lorsqu'une des voies d'un roulement à gorge est mal ajustée, ce dernier est soumis à des charges indéterminées qui s'ajoutent à la charge normale, provoquant une surcharge qui détériore l'ensemble. Un défaut d'alignement impose une tension anormale sur la cage. Cette anomalie ainsi qu'une mauvaise lubrification sont les deux principales causes d'avaries des roulements. Un mauvais alignement laisse une rayure sur la bague extérieure. Si la rayure apparaît sur la bague intérieure, cela signifie qu'elle est coincée sur l'arbre ou que l'épaulement de l'arbre n'est pas perpendiculaire à la surface d'appui ou que l'arbre est courbé.

la soudure à exécuter, pour éviter que le courant passe par les roulements. Il arrive fréquemment que la bague interne des roulements se fende. Le problème réside dans le fait que l'arbre est trop gros et que la bague interne est excessivement dilatée ou que la bague intérieure ait été forcée lorsqu'elle était coincée.

Il n'est pas conseillé de frapper sur la bague interne d'un roulement avec un marteau, car cela peut occasionner des cassures qui risquent d'endommager les autres parties du roulement à cause des particules de métal qui pourraient se loger dans la cage.

8. ENTRETIEN PRÉVENTIF

8.1. Entretien régulier

Il faut vérifier les signes critiques de détérioration d'un roulement tels que le bruit, l'augmentation de la température et les vibrations.

8.2. Méthodes de surveillance

Une façon d'identifier une irrégularité de fonctionnement est d'écouter. On peut déceler un bruit anormal à l'aide d'un stéthoscope électronique et être capable, selon son expérience et ses connaissances, de trouver spécifiquement l'élément défectueux. Un roulement en bon état émet un léger ronronnement continu. Lorsque le bruit est fort et irrégulier, accompagné de craquements, vous êtes en présence d'un roulement en mauvais état. Un crissement peut être causé par une lubrification inadéquate. Un jeu insuffisant laisse entendre un son métallique, soit

un sifflement. Les vibrations produisent un son clair et uniforme. Si vous êtes en présence de sons qui varient sous différentes vitesses, cela indique qu'une bague est endommagée par un écaillage ou des coups. Les bruits intermittents indiquent la détérioration d'un élément roulant.

Les mesures de sécurité doivent être prises en présence des pièces en mouvement. À défaut d'un stéthoscope électronique, la méthode du tournevis ou d'un manche de bois appuyé contre le palier et l'oreille peut aider.

Une méthode différente pour identifier des anomalies sur les roulements consiste à vérifier les températures. Une température élevée indique le dysfonctionnement d'un roulement. Le lubrifiant lui-même peut être une cause de l'échauffement. Il faudra éviter un fonctionnement à des températures de 125 °C et plus. Les autres causes qui peuvent produire l'élévation de température sont les impuretés dans le lubrifiant, une surcharge, une détérioration du roulement, un jeu insuffisant, un pincement du roulement ou un frottement des joints d'étanchéité. Tout changement dans la température indique un mauvais fonctionnement.

La température d'un roulement peut être contrôlée de façon routinière et précise à l'aide d'un thermomètre de surface.

Une autre façon de détecter des anomalies est de regarder et d'observer le comportement des roulements et de leurs joints.

***Module 20 : ARBRES, ROULEMENTS,
COUSSINETS
GUIDE DE TRAVAUX PRATIQUES***

TP1 – Démontage et remontage d'un arbre de transmission

1.1. Objectif visé

Effectuer le démontage et le remontage d'un arbre de transmission dans une boîte d'engrenage droit selon les méthodes et les techniques appropriées.

1.2. Durée du TP

Le travail pratique proposé est d'une durée de 1 heure.

1.3. Equipements et matière d'œuvre par équipe

- réducteur de vitesse à engrenage droit
- coffre à outils
- tour d'usinage
- comparateurs à cadran (2)
- panne
- solvant

1.4. Déroulement du TP

- 1) Faire la lecture complète des diverses étapes du TP.
- 2) Étudier le dessin d'ensemble d'un réducteur de vitesse de préférence à engrenage droit.
- 3) Nettoyer et vidanger la transmission.
- 4) Enlever le couvercle.
- 5) Observer le mécanisme et établir une gamme de démontage. Envisager la dépose des pièces dans une panne.
- 6) Avant d'enlever l'arbre, contrôler sur place la concentricité, le voilage et le jeu de celle-ci.
- 7) Enlever les éléments qui retiennent l'arbre.
- 8) Enlever l'arbre en le faisant glisser dans ses éléments.
- 9) Finir le déshabillage de l'arbre avec un extracteur ou à l'aide d'une presse, puis faire le nettoyage
- 10) Faire les vérifications de cylindricité, de rectitude et des surfaces d'appui.
- 11) À l'aide du plan d'assemblage, reposer sur l'arbre les éléments qui peuvent être installés avant le montage de l'arbre dans le carter.
- 12) Vérifier l'alignement des axes de l'arbre dans le carter.
- 13) Induire les éléments assemblés d'une mince couche d'huile et faites glisser l'arbre dans le carter.
- 14) Installer les éléments de fixation et contrôler le jeu entre les éléments.
- 15) Fermer les couvercles et emplir la transmission à son niveau d'huile recommandé.

TP2 – Démontage et identification des roulements

2.1. Objet du TP :

Démonter différentes sortes de roulements en utilisant différents outils selon les bonnes techniques.

2.2. Durée du TP

Le travail pratique proposé est d'une durée de 4 heures.

2.3. Equipements et matière d'œuvre par équipe

- gants d'amiante et lunettes de protection
- bague chauffante
- ensemble d'extracteur de roulement
- écrous hydrauliques
- bancs de montage d'extraction de roulement
- roulement à alésage cylindrique droit
- roulement à alésage cylindrique conique avec cuvette
- roulement à alésage conique
- roulement à rouleaux cylindriques sur alésage conique.

2.4. Déroulement du TP

- 1) Faire d'abord la lecture complète des diverses étapes du TP.
- 2) Procéder à l'extraction et à l'identification des différents roulements (à billes à alésage cylindrique, conique à alésage cylindrique et sa cuvette, à alésage conique, à rouleau cylindrique, etc) selon la disponibilité dans les ateliers.
 - a) Sélectionner l'outil d'extraction.
Nom de l'outil :
 - b) Installer l'outil d'extraction.
Respecter la méthode d'installation.
 - c) Enlever le roulement.
Respecter la technique de démontage.
 - d) Identifier le roulement.

TP3 – Montage d'un roulement à billes

3.1. Objet du TP :

Monter un roulement à alésage cylindrique à billes en utilisant une douille de frappe ou une presse.

3.2. Durée du TP

Le travail pratique proposé est d'une durée de 1 heure.

3.3. Equipements et matière d'œuvre par équipe

- presse
- gants d'amiante
- coffre à outils
- roulement de 50 à 100 mm d'alésage
- banc de montage
- douille de frappe et marteau
- lunettes de protection
- thermomètre.

3.4. Déroulement du TP

- 1) *Faire d'abord la lecture complète des diverses étapes du TP.*
- 2) *Identifier le roulement.*
Numéro :
- 3) *Mesurer le diamètre de l'arbre*
- 4) *Calculer la valeur de serrage sur l'arbre*
- 5) *À l'aide d'une douille de frappe et d'un marteau ou d'une presse, installer le roulement sur l'arbre.*

TP4 – Montage d'un roulement à rouleaux coniques

4.1. Objet du TP :

Monter dans leur logement deux roulements à rouleaux coniques.

4.2. Durée du TP

Le travail pratique proposé est d'une durée de 1 heure.

4.3. Equipements et matière d'œuvre par équipe

- douille de frappe et marteau
- appareil à induction
- gants d'amiante
- banc d'essai (2 roulements coniques et cuvette)
- comparateur à cadran
- coffre à outils
- lunettes de protection.

4.4. Déroulement du TP

- 1) *Faire d'abord la lecture complète des diverses étapes du TP.*
- 2) *Identifier le roulement.*
 Numéro :
 Diamètre de la cuvette :
 Diamètre de la bague intérieure :
- 3) *Assembler les deux cuvettes.*
- 4) *Monter un roulement sur l'arbre en utilisant une douille de frappe.*
- 5) *Monter le deuxième roulement.*
- 6) *Vérifier le jeu axial.*
- 7) *Faire les ajustements du jeu selon les recommandations.*
 Jeu :

TP5 – Assemblage des paliers SAF

5.1. Objet du TP :

Assembler et ajuster différents types de paliers.

5.2. Durée du TP

Le travail pratique proposé est d'une durée de 1 heure 30 minutes.

5.3. Equipements et matière d'œuvre par équipe

- *banc d'essai*
- *paliers à joint diamétral avec roulement (2)*
- *coffre à outils.*

5.4. Déroulement du TP

- 1) *Faire d'abord la lecture complète des diverses étapes du TP.*
- 2) *Positionner le demi-palier inférieur.*
- 3) *Placer sur l'arbre les collerettes ou les joints inférieurs.*
- 4) *Monter les roulements sur l'arbre.*
- 5) *Placer sur l'arbre les deuxièmes collerettes.*
- 6) *Placer l'arbre dans le palier inférieur.*
- 7) *Placer les bagues s'il y en a.*
- 8) *Vérifier l'alignement de la semelle.*
- 9) *Monter le chapeau de palier et serrez les vis d'assemblage.*
Couple de serrage :
- 10) *Serrer parfaitement les vis de fixation sur l'assise.*
- 11) *Placer les joints axialement sur l'arbre si nécessaire.*

***Module 20 : ARBRES, ROULEMENTS,
COUSSINETS***

EVALUATION DE FIN DE MODULE

O.F.P.P.T.
EFP

MODULE 20 : ARBRES, ROULEMENTS, COUSSINETS

FICHE DE TRAVAIL

Stagiaire : _____

Code : _____

Formateur : _____

Durée : 3 heures

(Exemple)

But : Démonter, nettoyer, remonter et ajuster un roulement dans son palier.

Matériel requis :

- banc d'essai comprenant un ensemble de roulements
- coffre à outils
- jeu de lames calibrées
- roulement à rouleau cylindrique à alésage conique monté sur manchon conique
- extracteur hydraulique
- appareil de graissage
- gants et chiffon propre
- marteau et douille de frappe
- manuel d'ajustement des jeux de roulements.

Marche à suivre :

1. Démonter les chapeaux des paliers.
2. Enlever les joints d'étanchéité.
3. Démonter les manchons de roulement.
4. Enlever le roulement.
5. Nettoyer le roulement.
6. Nettoyer le palier.
7. Inspecter le roulement et faites le diagnostic du bris.
8. Examiner l'arbre et l'ensemble des composants du palier.
9. Mesurer le diamètre de l'arbre :
10. Identifier le roulement.
N°• _____
Diamètre intérieur • _____
Diamètre extérieur • _____
Largeur • _____
Préfixe • _____
Suffixe : _____
11. Identifier le palier.
N°• _____

12. *Relever le jeu radial du roulement de remplacement.*
13. *Déterminer le jeu résiduel après montage.*
14. *Monter le manchon et le roulement, et faire les ajustements du jeu radial et du positionnement.*
15. *Monter l'arbre et ses roulements dans les paliers.*
16. *Installer des joints d'étanchéité.*
17. *Serrer l'embase du palier et installer les chapeaux des paliers.*
18. *Lubrifier le roulement dans son palier.*

O.F.P.P.T.
E.F.P.

Filière : EM
Niveau : Qualification

Examen de fin de module

FICHE D'EVALUATION

Stagiaire :

N°	Description	Barème	Note
1	Identification des éléments de l'ensemble	5	
2	Démontage des éléments de l'ensemble	20	
3	Nettoyage des éléments de l'ensemble	5	
4	Inspection du roulement et le diagnostic du bris	10	
5	Examen de l'arbre et l'ensemble des composants du palier	10	
6	Montage des éléments de l'ensemble	35	
7	Lubrification des pièces	5	
8	Respect des règles de santé et sécurité	5	
9	Rangement de l'outillage et propreté des lieux	5	
	TOTAL	100	

COMMISSION:

- 1.
- 2.

LISTE DE REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

<i>Ouvrage</i>	<i>Auteur</i>	<i>Edition</i>
<i>Arbre, roulements et coussinets</i>		<i>CEMEQ, 1996</i>