

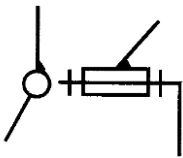
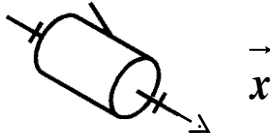
GUIDAGE EN ROTATION

1 Généralité au sujet du Guidage en Rotation

La solution constructive qui réalise une liaison pivot est appelée *guidage en rotation*.

Le guidage en rotation est nécessaire dans de nombreux cas (moteurs, roues de véhicules, hélices d'avion ou de turbine...).

On appelle **arbre** ou **axe** le contenu, **logement** ou **alésage** ou **moyeu** le contenant.

Représentation normalisée en projection orthogonale	Représentation spatiale	Degrés de liberté		
		T	R	
				$n_c = 1$
		0	Rx	
		0	0	
		0	0	

2 Fonctions à assurer

Le guidage en rotation en phase d'utilisation doit assurer les fonctions suivantes :

- Positionner l'arbre et le logement : notions de jeu et de précision de guidage ;
- Permettre un mouvement relatif (rotation) : notions de rendement et de vitesse de rotation ;
- Transmettre les efforts : dimensionnement des pièces et durée de vie du montage ;
- Résister au milieu environnant : fiabilité, matériaux, étanchéité, protection, etc...
- Etre d'un encombrement adapté (voire minimal) ;
- Minimiser les niveaux de bruit et de vibrations.
-

3 Les solutions constructives

- **Liaison DIRECTE** : Les pièces sont en contact direct.
- **Liaison INDIRECTE avec ÉLÉMENTS ANTIFRICTION (bagues de frottement, paliers lisses)**
Coussinets en métal fritté autolubrifiants.
Coussinets composites
- **Liaison INDIRECTE avec ÉLÉMENTS ROULANTS (roulements)** :
Cette solution constructive est très utilisée. Le guidage est assuré avec précision avec un frottement minimal.

3.1 Contact direct

Le guidage en rotation est obtenu par contact direct des surfaces cylindriques arbre/logement (figure 1). Des arrêts suppriment les degrés de liberté en translation.

Avantages	Inconvénients
Coût peu élevé	Frottements

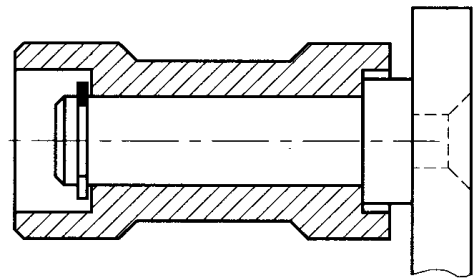


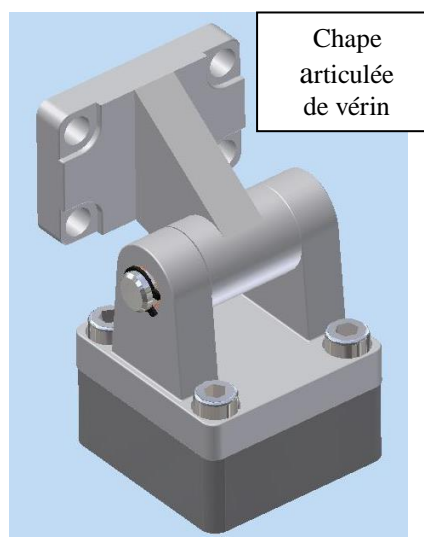
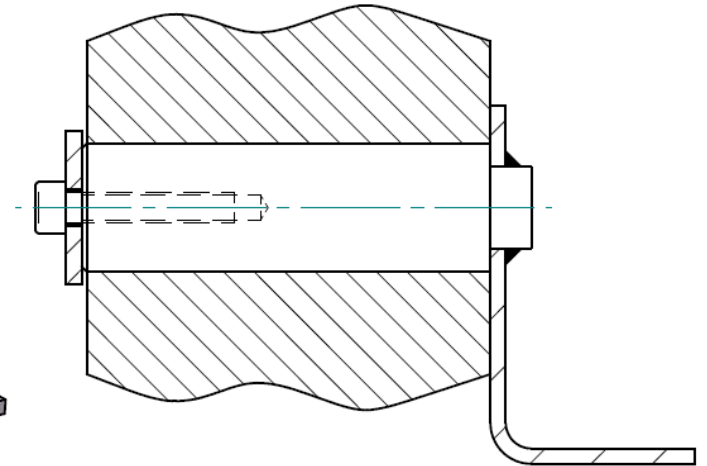
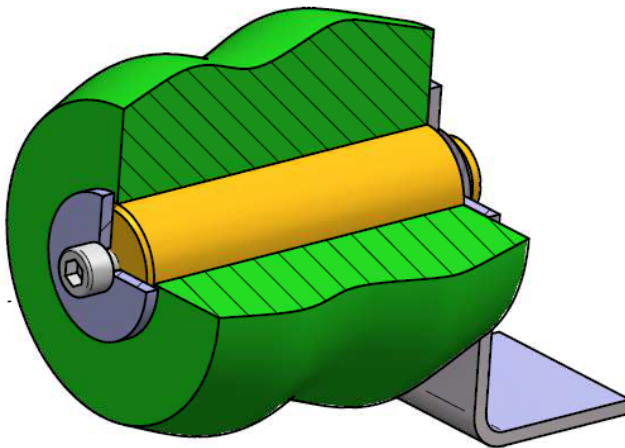
figure 1. Contact direct

Domaine d'utilisation :

A cause des risques d'échauffement, cette solution est à réserver aux domaines suivants :

- ☞ Faibles vitesses ;
- ☞ Efforts transmissibles peu élevés.

Exemples :



3.2 Bagues de frottement

Le principe du contact direct est amélioré en interposant des bagues de frottement qui vont :

- Diminuer le coefficient de frottement ;
- Augmenter la durée de vie de l'arbre et du logement ;
- Diminuer le bruit ;
- Reporter l'usure sur les bagues.

Matériaux utilisés : Bronze frittés autolubrifiant, Acier recouvert de PTFE (téflon), polyamide, nylon

3.2.1 Coussinets

Les coussinets sont des bagues cylindriques en bronze ou en matière plastique (figure 2), montées **serrées dans l'alésage**. L'arbre est monté glissant dans le coussinet. Lorsque le coussinet dispose d'une collerette (comme celui représenté à gauche) il supporte des efforts axiaux.

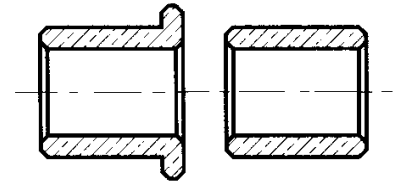
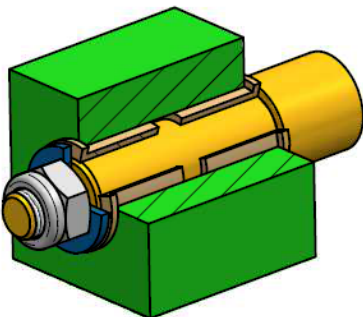


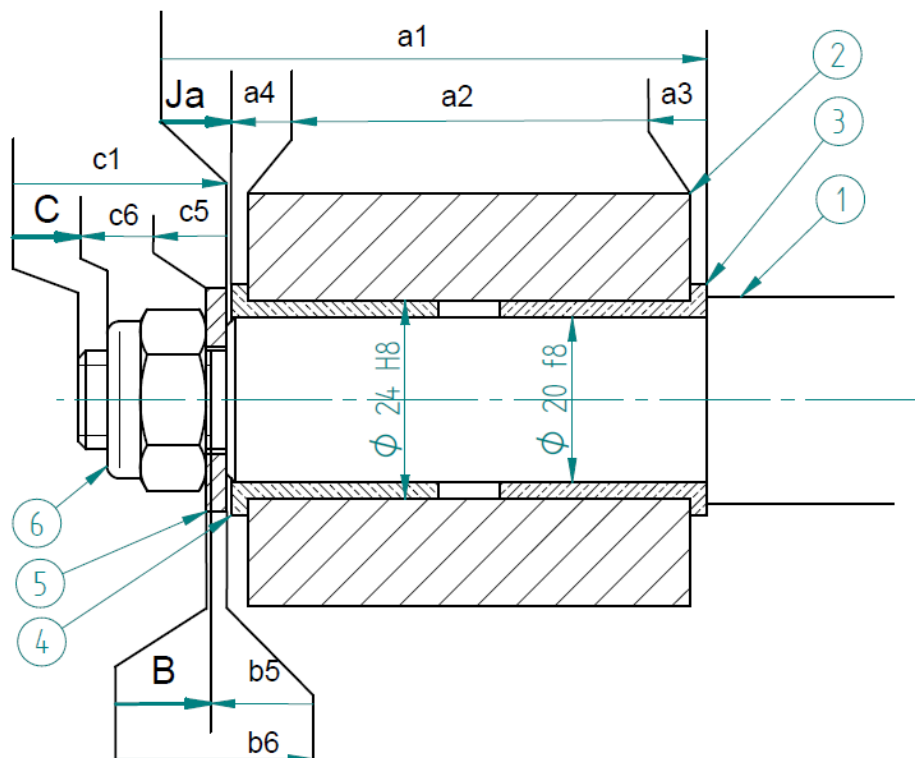
figure 2. Coussinets

3.2.2 Exemple

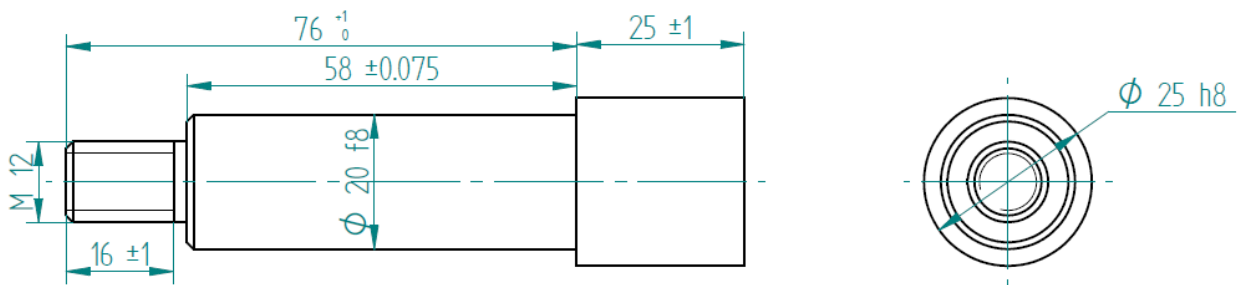
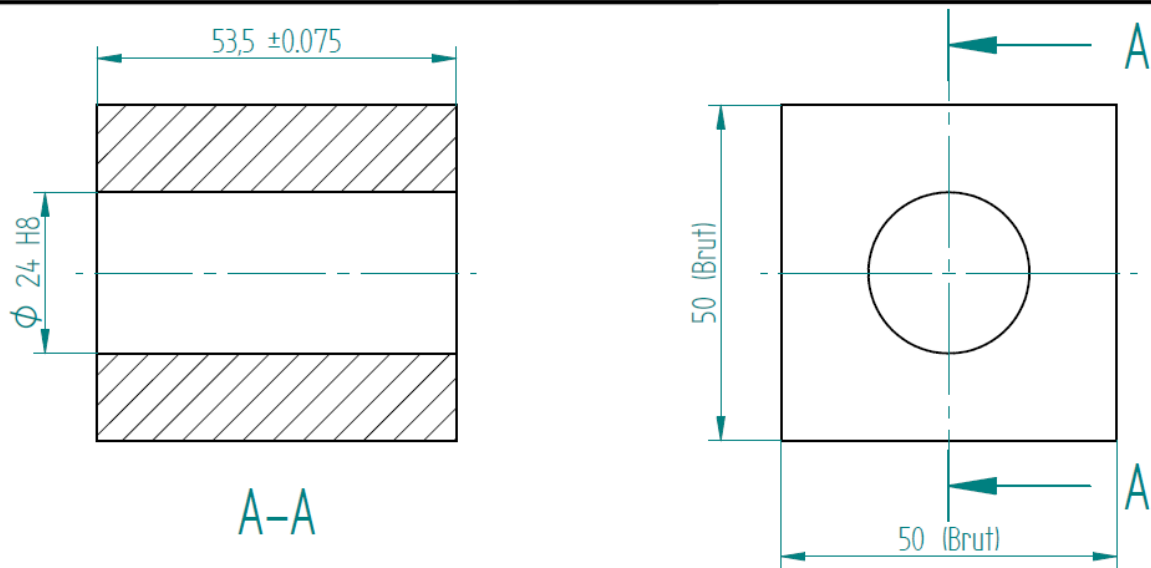
Rmq: Bagues bronze autolubrifiantes 20-24-25



Ja : jeu fonctionnel liaison pivot
B : réserve de filetage pour serrage
C : réserve de filetage mini



Ci-dessous, les dessins de définition des pièces de la liaison pivot 2 avec bagues



Exemple de calcul jeu Ja

Écriture des équations :

$$J_a = a_1 - a_2 - a_3 - a_4 \quad (1)$$

$$J_{aMax} = a_{1Max} - a_{2min} - a_{3min} - a_{4min} \quad (2)$$

$$J_{aMin} = a_{1min} - a_{2Max} - a_{3Max} - a_{4Max} \quad (3)$$

$$ITJ_a = \sum_{i=1}^n ITa_i \quad (4)$$

Données :

$$a_1 = 58 \text{ mm}$$

$$a_3 = a_4 = 2 \text{ } j_8/14 = 2 \pm 0,125 \text{ (donnée fabricant de bagues)}$$

Choix :

$$Ja = 0,5 \pm 0,4$$

On choisit de répartir l'intervalle de tolérance disponible de façon égale sur les cotes de la chaîne. (celles qui ne sont pas déjà tolérancées)

$$(4) \Rightarrow ITJ_a = ITa_1 + ITa_2 + ITa_3 + ITa_4$$

$$0,8 = ITa_1 + ITa_2 + 0,25 + 0,25$$

$$ITa_1 + ITa_2 = 0,3 \quad \text{donc } ITa_1 = ITa_2 = 0,15$$

$$(1) \Rightarrow 0,5 = 58 - 2 - 2 - a_4$$

$$a_4 = 53,5 \quad \text{et} \quad \boxed{a_4 = 53,5 \pm 0,075}$$

$$(2) \Rightarrow 0,9 = a_{1max} - 1,875 - 1,875 - 53,425$$

$$a_{1max} = 58,075$$

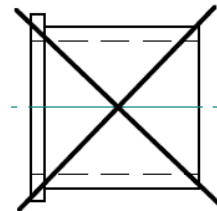
$$(3) \Rightarrow 0,1 = a_{1min} - 2,125 - 2,125 - 53,575 \quad \text{donc} \quad \boxed{a_1 = 58 \pm 0,075}$$

Pas besoin de dessin de définition de la Bague.

Bague normalisée : 20-24-25

Pour que la bague soit montée serrée dans l'alésage le fournisseur indique l'ajustement à avoir sur l'alésage (H8) et sur l'arbre (f7).

Rem : Ici, la tolérance indiquée pour l'arbre est f8 pour être cohérent avec les moyens de production de l'atelier GCP



3.3 Les roulements

3.3.1 Principe

En remplaçant le *frottement de glissement* par du *frottement de roulement*, on diminue la puissance absorbée. Le rendement du guidage en rotation est donc meilleur.

On place alors des éléments de roulement (billes, rouleaux ou aiguilles) entre deux bagues. L'une (la bague intérieure) est ajustée sur l'arbre, l'autre (la bague extérieure) est ajustée sur l'alésage.

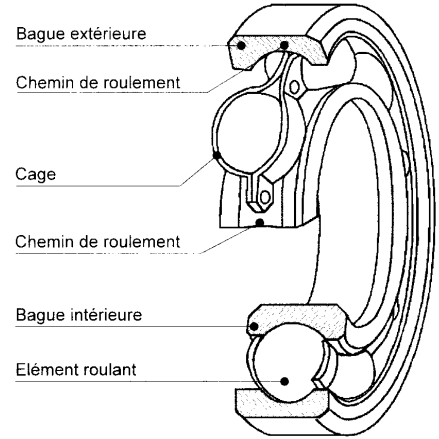
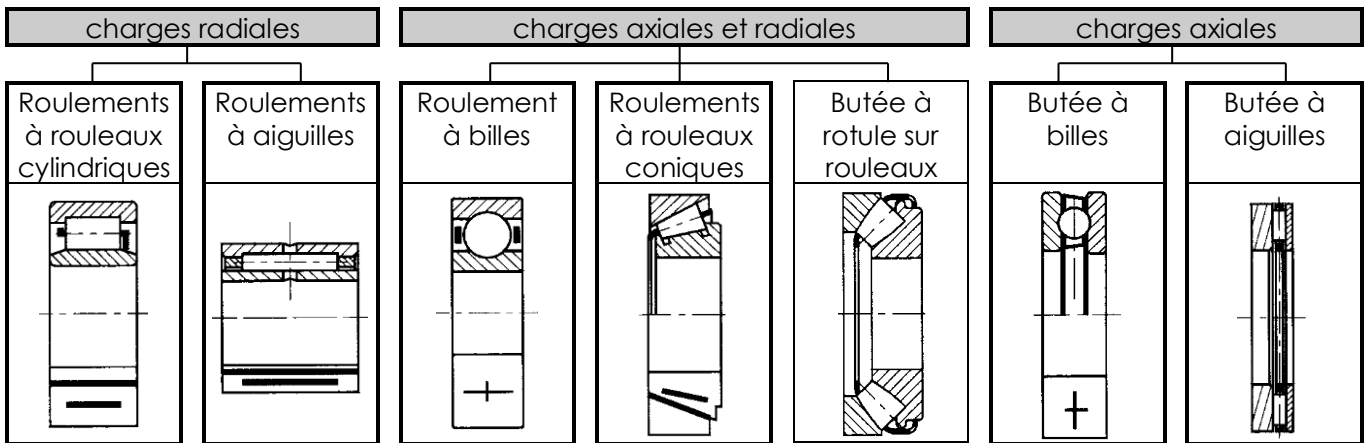


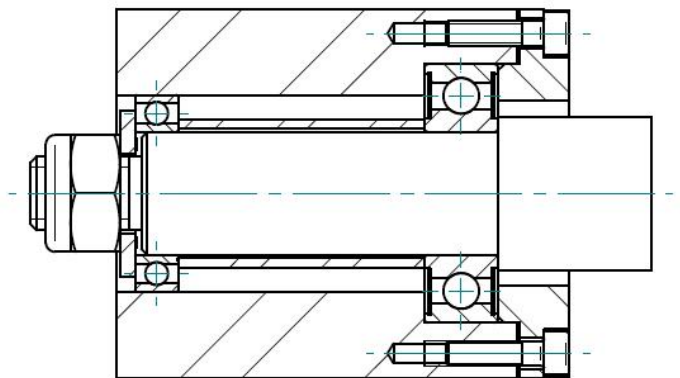
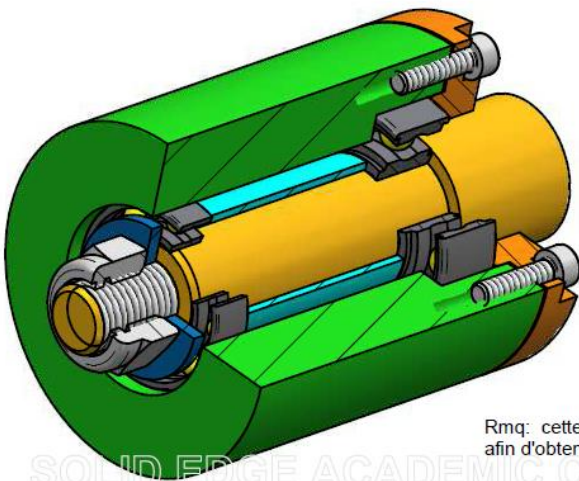
figure 5. Constitution d'un roulement

3.3.2 Typologie des roulements

Il existe différents types de roulements. On peut les classer en fonction du type de charges (Axiale et/ou Radiale) qu'ils peuvent supporter.



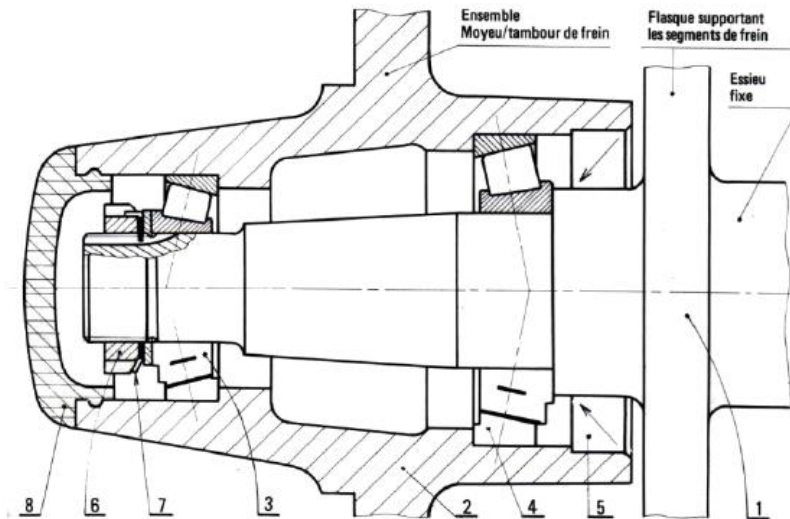
Exemples :



Rmq: cette configuration permet d'usiner sans démonter la pièce (arbre et bloc porte roulement) afin d'obtenir des surfaces fonctionnelles coaxiales (mise en position des roulements)

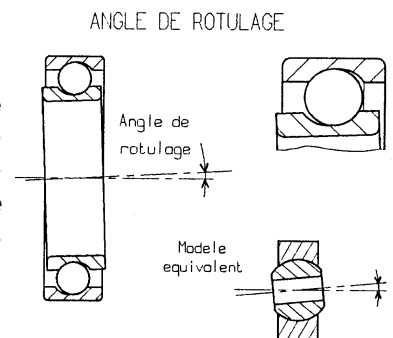
SOLID EDGE ACADEMIC COPY

Roue de caravane



3.3.3 Angle de rotulage d'un roulement à billes

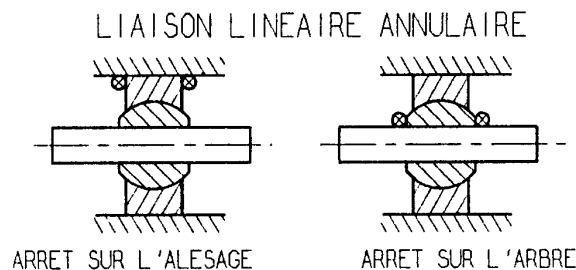
Il existe toujours un jeu, aussi minime soit-il, entre les billes et leur chemin de roulement. Ce jeu a pour conséquence de permettre une rotation relative des bagues du roulement, autour des axes perpendiculaires à l'axe principal du roulement. L'amplitude de cette rotation est appelée : **angle de rotulage**. Par conséquent, **un unique roulement à billes ne réalise pas une liaison pivot**.



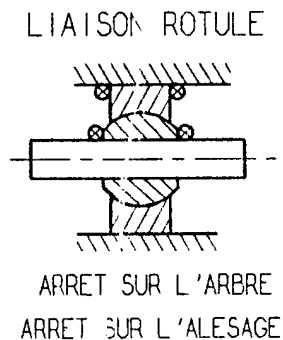
3.3.4 Liaisons réalisées par l'intermédiaire des roulements à billes

En fonction de l'existence d'arrêts axiaux O placés entre le roulement et l'arbre ou l'alésage, la liaison ainsi réalisée sera assimilable à :

- Une **liaison sphère cylindre** → Arrêts axiaux sur une seule bague :

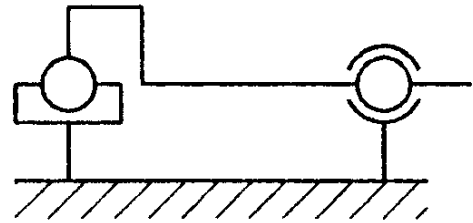
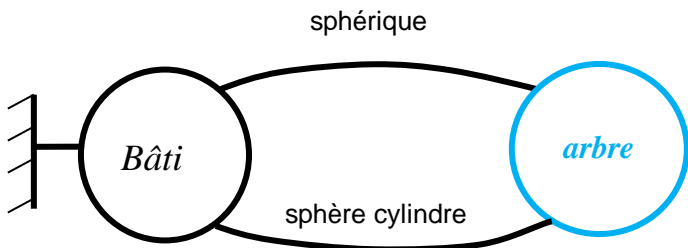


- Une **liaison sphérique** → Arrêts axiaux sur les deux bagues :



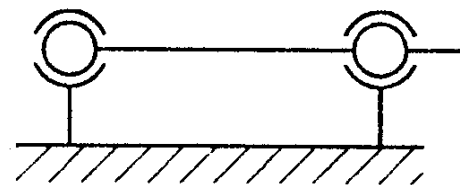
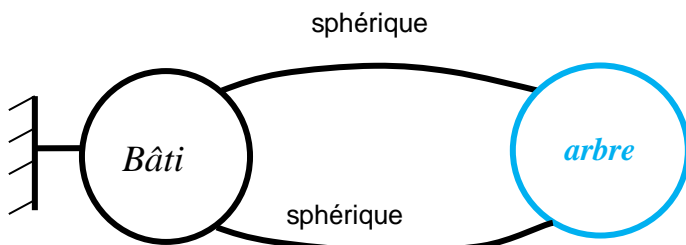
3.3.5 Réalisation d'une liaison pivot

Les associations des deux liaisons qui conduisent à une liaison pivot sont les associations suivantes :



$h=0$ (Isostatique)

OU



$h=1$ (Hyperstatique d'ordre 1)

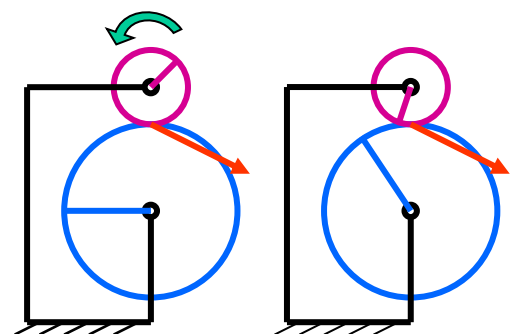
3.3.6 Montage des roulements

On appelle **charge** l'action mécanique qui est transmise de l'arbre au carter par l'intermédiaire des roulements.

La charge est dite **fixe** si sa direction reste constante dans le temps.

Exemples:

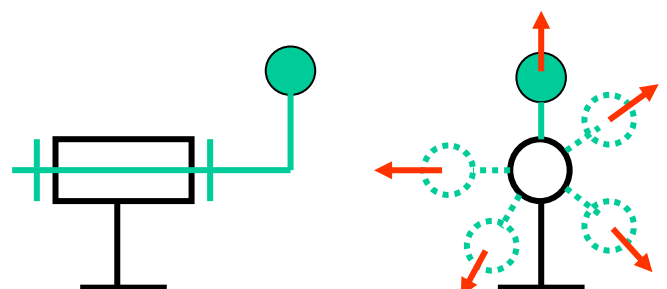
La charge provient d'un engrenage, d'un système poulie courroie, pignon chaîne...

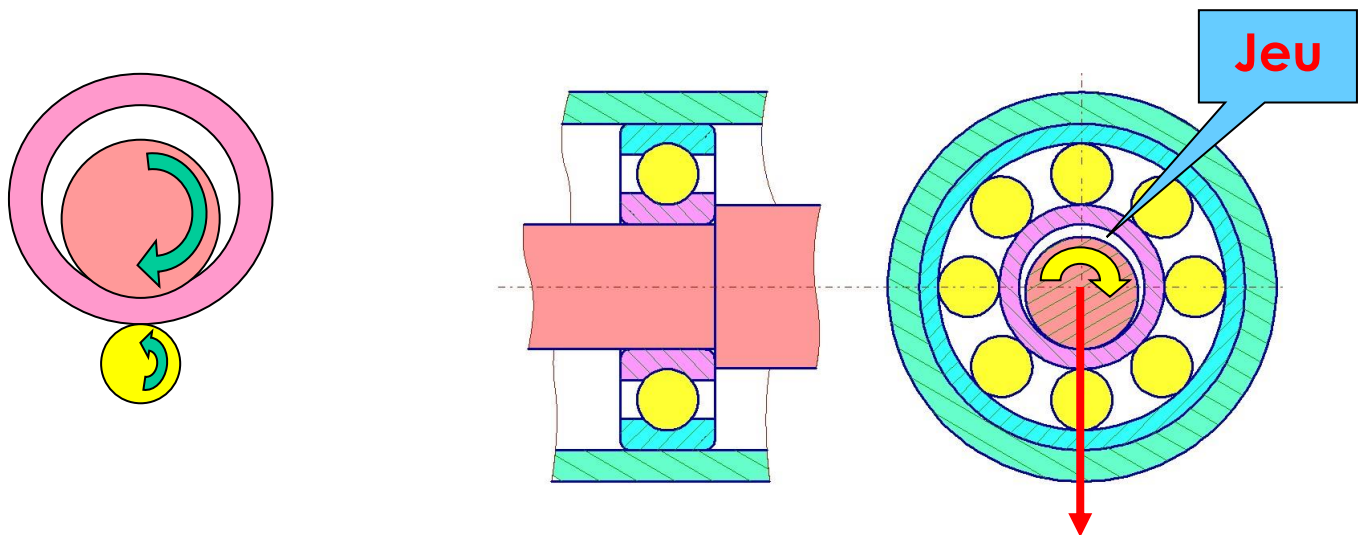


La charge est dite **tournante** si sa direction change dans le temps.

Exemple:

Le centre de gravité de la partie tournante n'est pas sur l'axe de rotation. Cela entraîne un balourd, dû à la force centrifuge.





Pour minimiser le phénomène de **laminage** (écrasement de matière) entre les surfaces soumises à des charges importantes, il faut supprimer le jeu au niveau de la bague tournante par rapport à la charge.

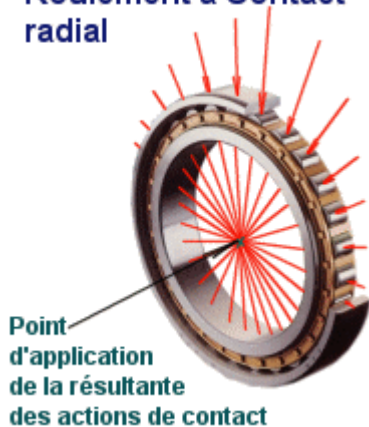
On retiendra :

- La bague **qui tourne** par rapport à **la direction de la charge** appliquée sur le roulement est ajustée **avec serrage**. Cette même bague doit être complètement immobilisée axialement.
- La bague **fixe** par rapport à **la direction de la charge** appliquée sur le roulement, doit être ajustée **avec jeu**. Elle doit assurer le positionnement axial de l'ensemble tournant par rapport à la partie fixe.

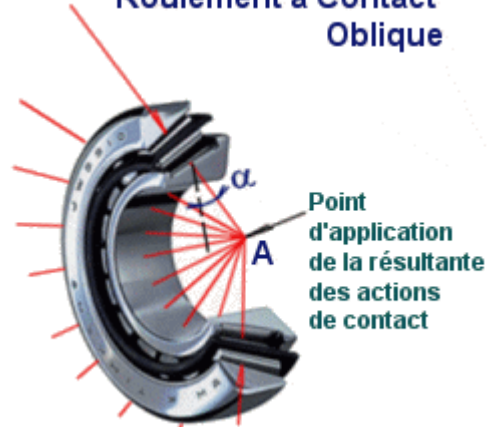
Il faut éviter toute fixation surabondante.

Le tableau en page suivante propose des associations possibles d'arrêts axiaux. Le nombre important de paramètres intervenants dans le choix d'un montage ou d'un autre ne permet pas de faire un tableau exhaustif. Les associations représentées ici ne sont données qu'à titre d'exemples.

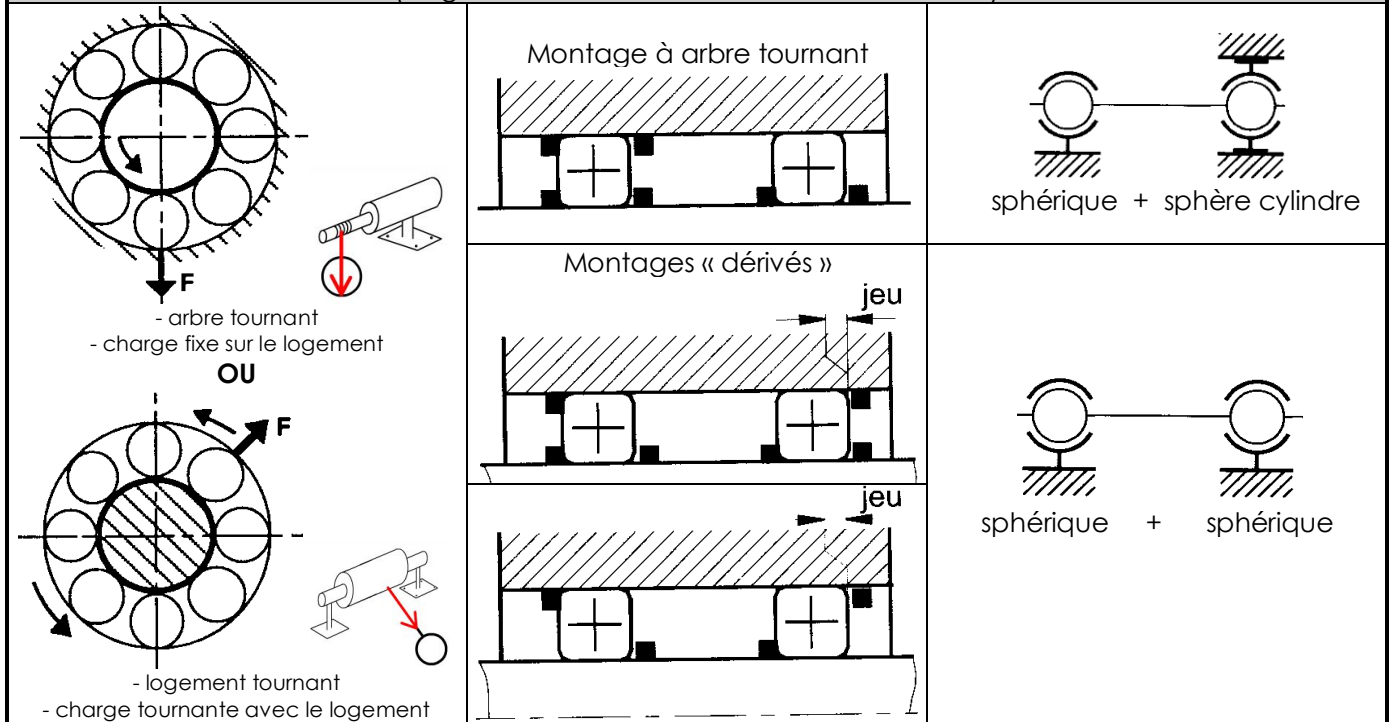
Roulement à Contact radial



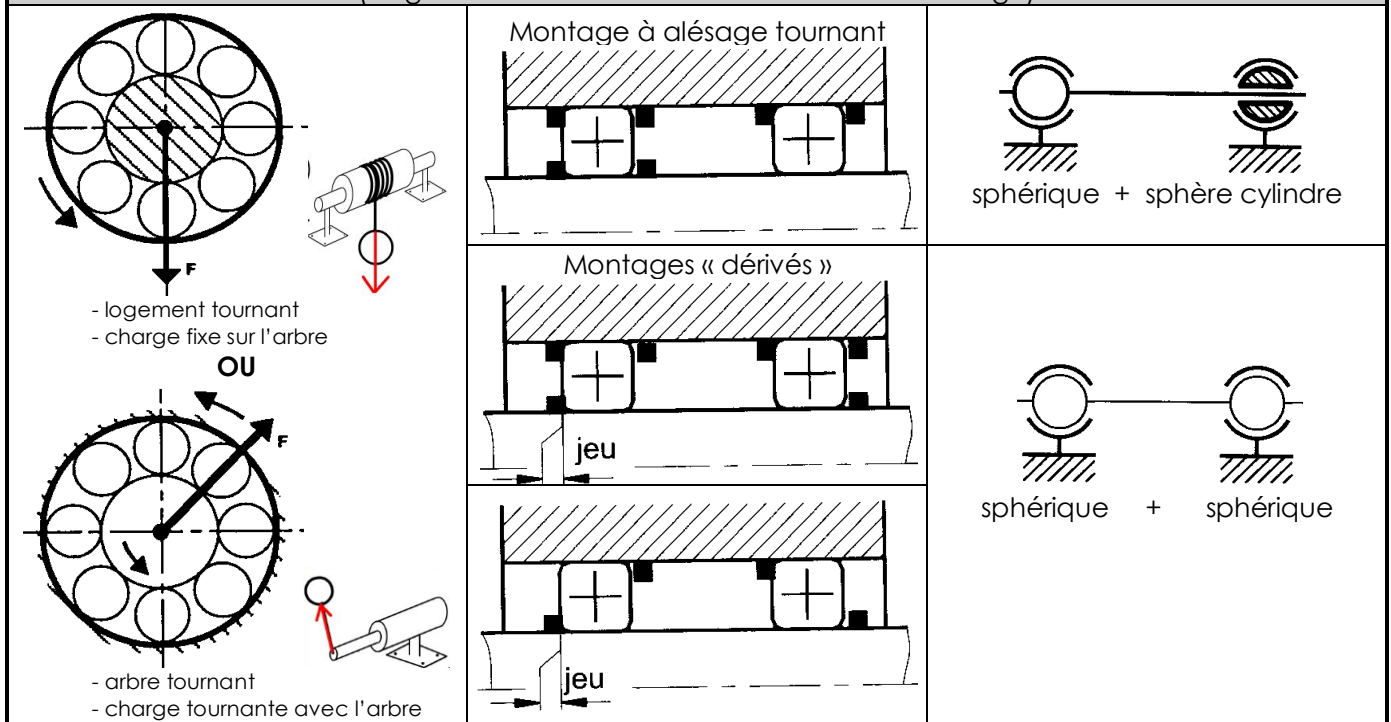
Roulement à Contact Oblique



Bague intérieure tournante par rapport à la direction de la charge
(bagues intérieures montées serrées sur l'arbre)

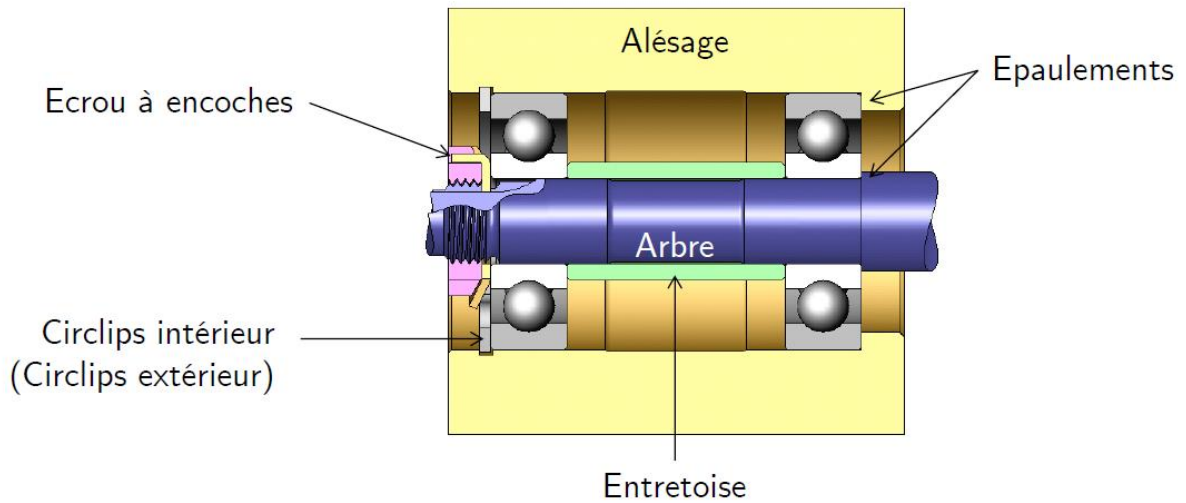


Bague extérieure tournante par rapport à la direction de la charge
(bagues extérieures montées serrées dans l'alésage)



Vos remarques :

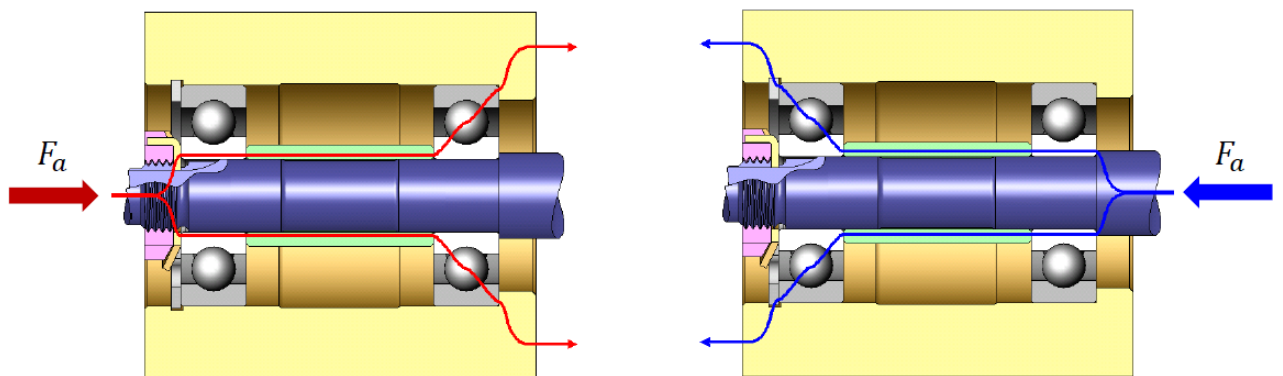
Les éléments d'arrêts en translation:



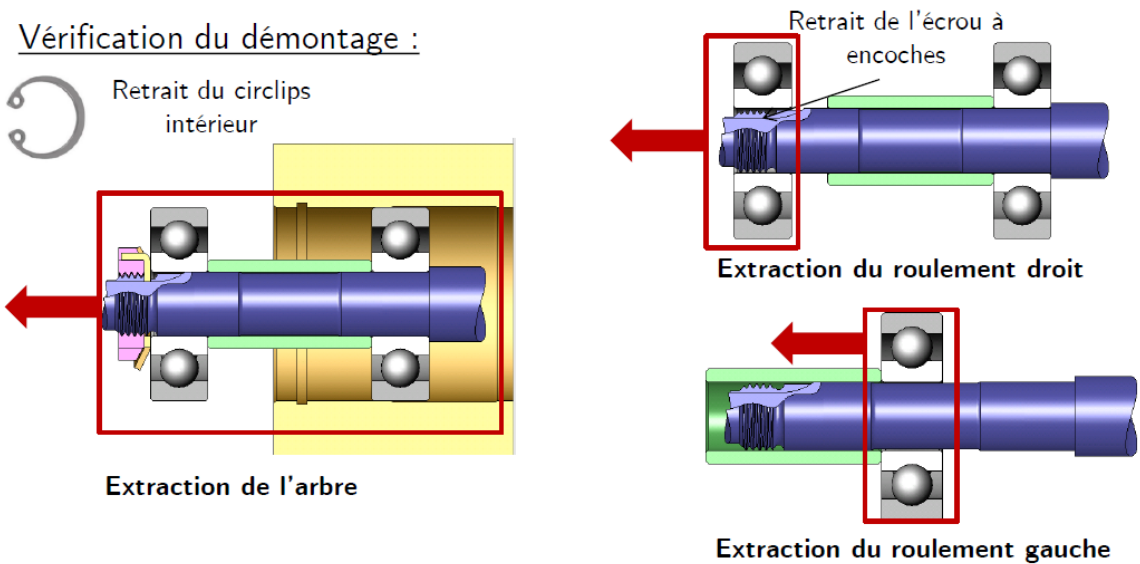
Critères de choix des arrêts

- Assurer l'**immobilisation** du montage
- Permettre la **transmission des efforts axiaux**
- Permettre le **montage/démontage** de la liaison

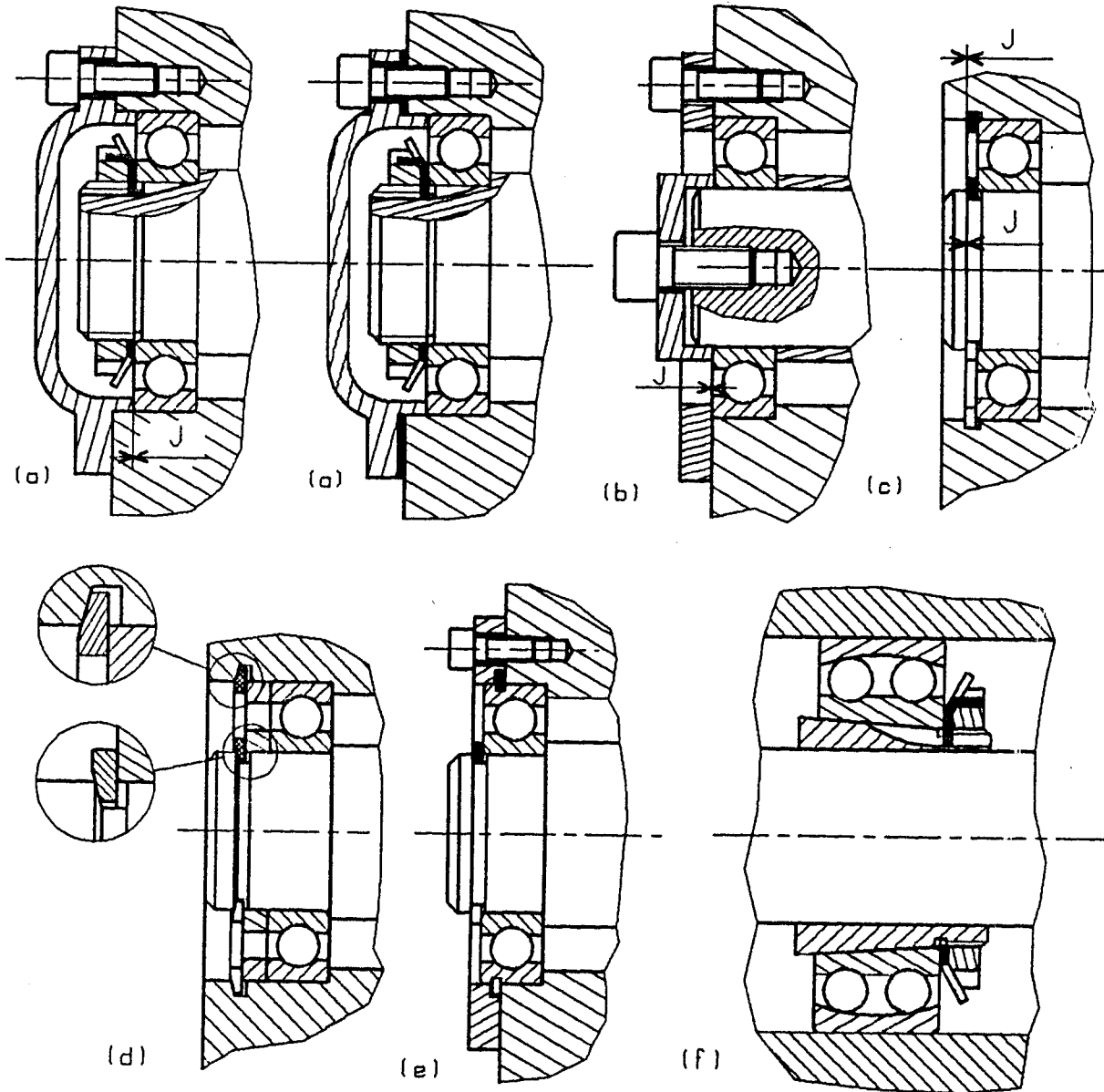
Illustration du chemin suivi par un effort axial :



Vérification du démontage :



ARRÊTS AXIAUX



Arrêts axiaux usinés

- (a) (b) (c) (d) Arrêt axial par épaulement usiné dans le logement.
(a) (c) (d) Arrêt axial usiné sur l'arbre.

Arrêts axiaux rapportés pour Bague Extérieure

- (a) Arrêt axial de la bague extérieure par chapeau centré maintenu par des vis. Cette solution est recommandée dans le cas d'un alésage tournant pour éviter les phénomènes de balourd. Une cale de réglage, placée sous le chapeau, permet d'éliminer le jeu J tout en assurant son appui.
- (b) Arrêt axial de la bague extérieure par rondelle maintenue par des vis.
- (c) Arrêt axial de la bague extérieure par anneau élastique.
- (d) Arrêt axial de la bague extérieure par anneau élastique chanfreiné. Cette solution permet d'éliminer le jeu axial entre le roulement et l'alésage.
- (e) Arrêt axial de la bague extérieure par segment prévu sur la bague extérieure du roulement.

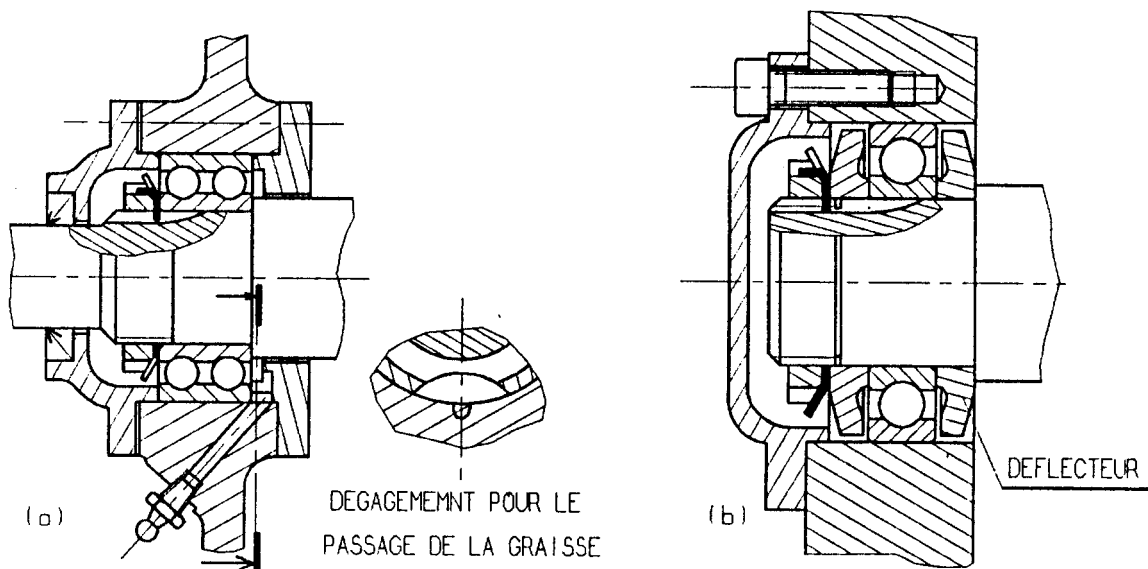
Arrêts axiaux rapportés pour Bague Intérieure

- (a) Arrêt axial de la bague intérieure par écrou à encoches.
- (b) Arrêt axial de la bague intérieure par rondelle maintenue par une vis en bout d'arbre. Dans le cas d'un arbre tournant, il est recommandé de centrer la rondelle pour éviter les phénomènes de balourd. Pour des arbres de diamètre important, la rondelle peut être fixée par plusieurs vis réparties sur une circonférence.
- Arrêt axial de la bague intérieure par entretoise. Cette solution est aussi applicable pour la bague extérieure.
- (c) Arrêt axial de la bague intérieure par anneau élastique.
- (d) Arrêt axial de la bague intérieure par anneau élastique chanfreiné. Cette solution permet d'éliminer le jeu axial entre le roulement et sa portée sur l'arbre.
- (e) Arrêt axial de la bague intérieure par anneau élastique.
- (f) Arrêt axial de la bague intérieure par manchon conique. Cette solution permet d'éviter l'usinage d'un épaulement sur un arbre long.

3.3.7 Lubrification des roulements

Lubrification à la graisse

LUBRIFICATION A LA GRAISSE

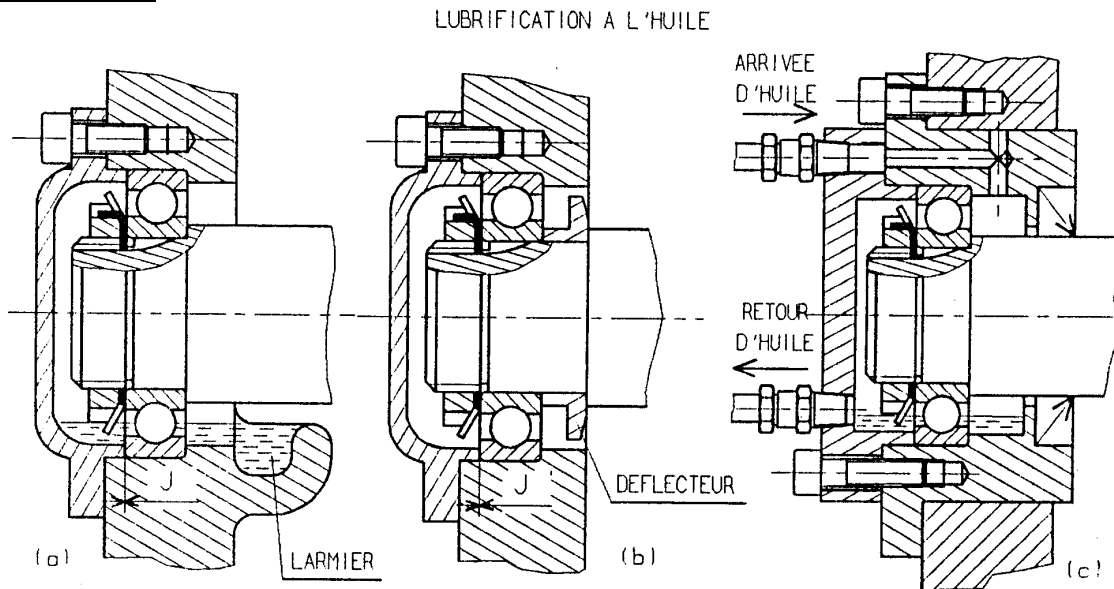


En version « étanche », les roulements sont lubrifiés à vie.

En version « non étanche » et dans le cas de vitesses de rotation élevées, les roulements sont lubrifiés au montage en respectant la quantité de graisse préconisée par le constructeur (risque d'échauffement). Dans le cas de vitesses de rotation basses où l'excès de graisse ne provoquera pas d'échauffement, on peut prévoir un graisseur qui permettra d'injecter de la graisse neuve, celle-ci poussant la graisse usagée vers l'extérieur (figure a).

Pour des vitesses de rotations élevées, la graisse sera maintenue au voisinage du roulement, par des déflecteurs placés de chaque côté du roulement (figure b).

Lubrification à l'huile



Par bain d'huile :

Le niveau d'huile ne doit pas dépasser le centre de la bille la plus basse. Pour les roulements qui ne se situent pas en partie basse du mécanisme, il faudra prévoir des récupérateurs appelés larmiers (figure a) qui seront remplis par projection, ou assurer une circulation d'huile par pompage (figure c). Si les projections d'huile sont trop importantes, elles pourront être limitées par un déflecteur (figure b).

Par brouillard d'huile :

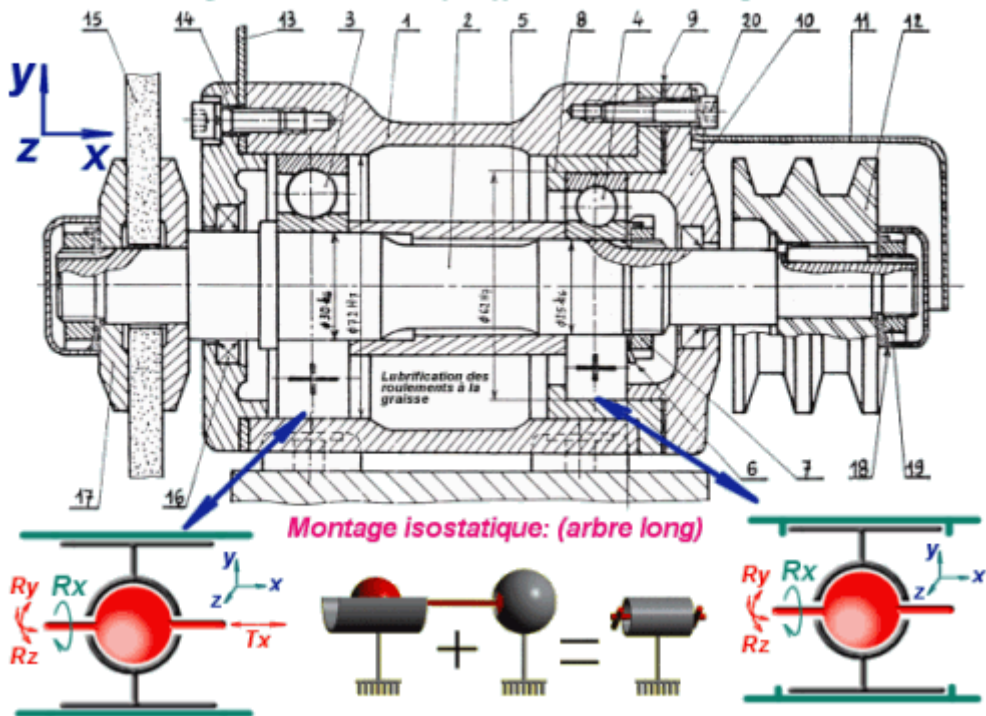
Ce type de lubrification nécessite une installation importante (pulvérisation d'un mélange air+huile). Il est réservé aux broches de machines outils tournant à grande vitesse.

EXEMPLES

Touret à meuler

Liaison pivot réalisée par deux roulements rigides à billes.

Bagues intérieures tournantes par rapport à la direction de la charge



Pignon crémaillère

