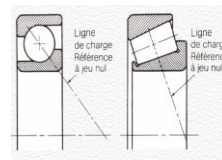
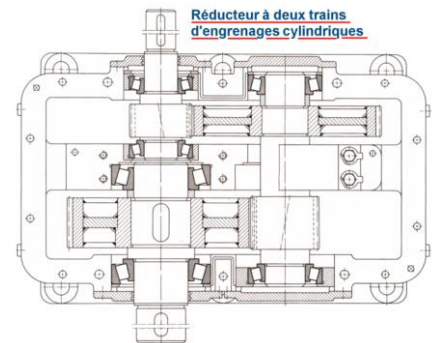


Cycle 2: Concevoir, étudier et réaliser des architectures et solutions technologiques

Chapitre 8 – Architecture de la liaison pivot – Guidage en rotation par roulements à contacts obliques

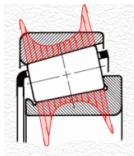
Quelles solution utilisent les industriels pour réaliser des guidages en rotation par roulements ?

Nous allons voir dans ce chapitre les différentes solutions, les contraintes de conception et de montage des roulements à contacts obliques. Nous allons apprendre à valider une solution par le dimensionnement (efforts, durée de vie L90...)



Problématique

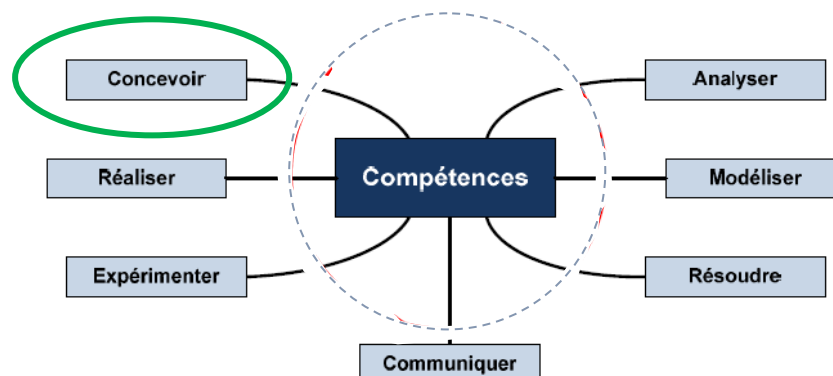
Quelles sont les principales architectures pour le guidage en rotation avec éléments roulants ?
Comment dimensionner un montage de roulements à contacts obliques ?



Savoir

E. Concevoir:

- Proposer une architecture fonctionnelle et structurelle de guidage en rotation par roulements
- Connaître les différentes architectures de montage
- Choisir et justifier une solution d'architecture
- Dimensionner un guidage en rotation par roulements (durée de vie, efforts...)





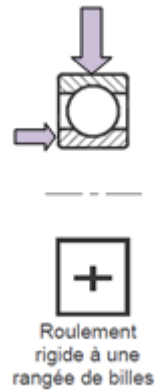
Architecture du guidage en rotation - Roulements à contacts obliques

1. Rappels

Nous avons vu dans le chapitre 2, les différents types de roulements présents dans les mécanismes et avons fait le détail des caractéristiques technologiques **des roulements à simple rangée de billes**.

Ils sont utilisés pour réaliser (par paire) des **liaisons pivots** dont les **chargements radiaux sont moyens** et pour des **charges axiales très faibles** (gorge profonde).

Nous avons vu également le **principe de dimensionnement** de ces roulements, avec un algorithme, qui permet de choisir la **capacité minimale C** du roulement en fonction de la **charge équivalente P** appliquée à celui-ci. Ces calculs valident la **durée de vie du roulement L**.



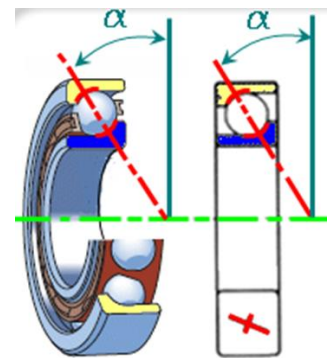
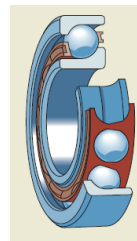
Dans ce chapitre, nous aborderons les caractéristiques des autres roulements couramment utilisés, les montages ainsi que le dimensionnement de ceux-ci :

- Roulement à billes à contacts obliques,
- Roulement à rouleaux coniques,
- Roulements à aiguilles,
- Butée à billes ou à rouleaux,
- Roulement à rouleaux cylindriques

2. Roulements à contacts obliques

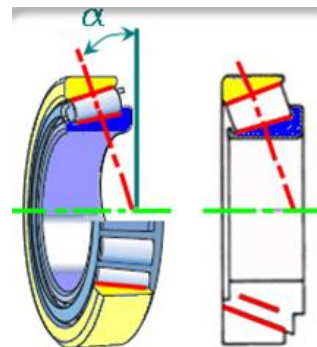
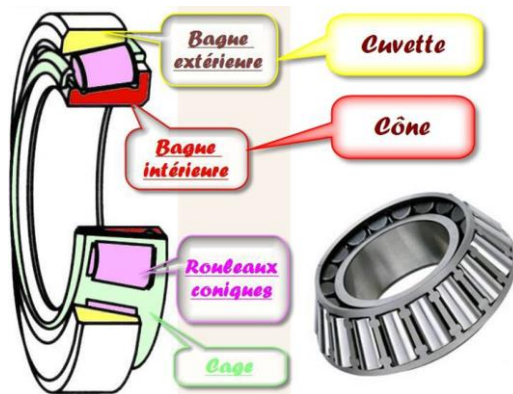
2.1. Présentation des contacts obliques à billes

Ces roulements sont appelés ainsi car l'axe passant par les points de contact des billes avec les pistes forme un **angle α** par rapport au plan radial du roulement. Les roulements à 1 rangée de billes à contacts obliques **ne sont pas séparables**.



2.2. Présentation des rouleaux coniques

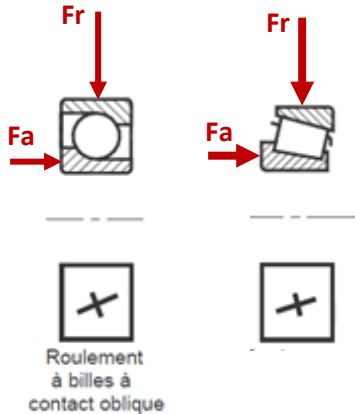
Dans ces roulements des rouleaux coniques remplacent les billes. Ils encaissent de très importants efforts radiaux et axiaux. Comme pour les contacts obliques, l'**angle α** positionne sur l'axe les centres de poussées.





Architecture du guidage en rotation - Roulements à contacts obliques

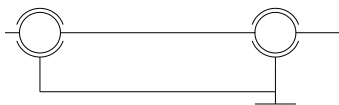
2.3. Chargement des roulements à contacts obliques (billes et rouleaux)



Les roulements à contacts obliques encaissent des **efforts radiaux importants** et **axiaux moyens** mais dans **un seul sens**.

Les roulements à **rouleaux coniques** encaissent des **efforts radiaux très importants** et **axiaux importants** mais dans **un seul sens**.

2.4. Montage en « O » ou en « X »



Les deux roulements sont modélisés par **des rotules**. La liaison composée en série obtenue est une **liaison pivot hyperstatique d'ordre 1**. Il y a ici également un **problème de réglage convenable du jeu axial**.

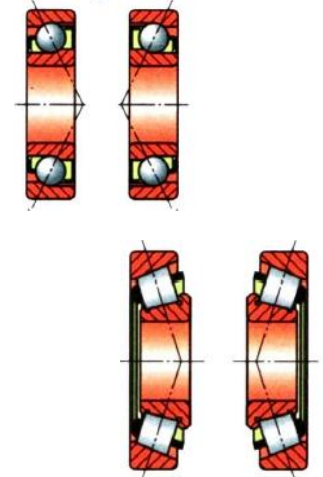
Les roulements à contacts obliques peuvent se monter en « O » ou en « X ».

2.4.1. Montage en « X »

Le montage en « X » est préféré dans les cas où, pour des raisons de **compacité**, on a un **arbre très court**. Les **bagues intérieures sont alors montées serrées**, car le **réglage du jeu axial se fait sur les bagues extérieures montées « glissantes »**. L'accès au réglage est facilité car en général il se fait à l'extérieur sur les logements qui sont fixes.

Il faut veiller à **écarter le plus possible les roulements** car ce type de montage conduit à rapprocher les centres de poussées et à diminuer la stabilité du guidage de l'arbre par rapport au logement.

Montage en X



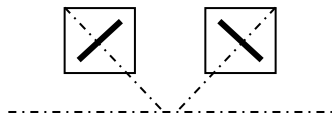
Réglage du jeu axial :

- par cales ou cliquant (pelable) sur couvercle d'appui,
- par filetage à pas fin,
- par ressort : rattrapage automatique du jeu et compensation d'usure.

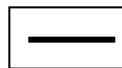
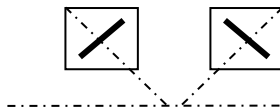


Architecture du guidage en rotation - Roulements à contacts obliques

Remarque :



Parfois, on cherche à avoir des centres de pression confondus. La paire de roulement se comporte alors comme une seule rotule et cette considération l'emporte sur le problème de réglage du jeu. Cette paire de roulement constitue une butée axiale bilatérale à forte capacité de charge radiale.



Pour compléter le montage, cette paire est associée à un autre roulement chargé uniquement radialement, le plus souvent à rouleaux cylindriques.

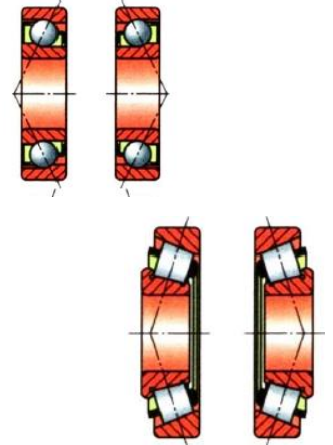
2.4.2. Montage en « O »

Le montage en « O » est préféré dans le cas où les **bagues extérieures sont montées serrées**. Le réglage du jeu axial se fait alors sur les bagues intérieures montées glissantes.

On peut aussi utiliser le montage en « O » avec des bagues intérieures serrées pour augmenter la stabilité d'un arbre. En effet, **les centres de poussées se retrouvent en « O » rejetés à l'extérieur** des roulements.

Ce montage assure une bonne sécurité en cas de trop forte dilatation de l'arbre sous l'effet de la chaleur en prenant du jeu.

Montage en O

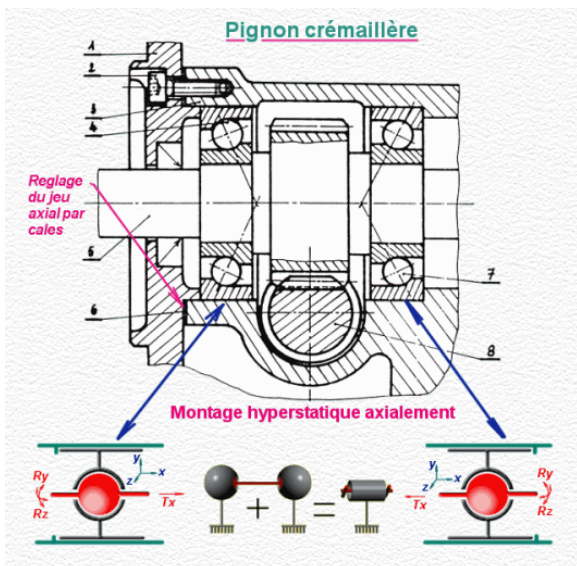


Réglage du jeu axial :

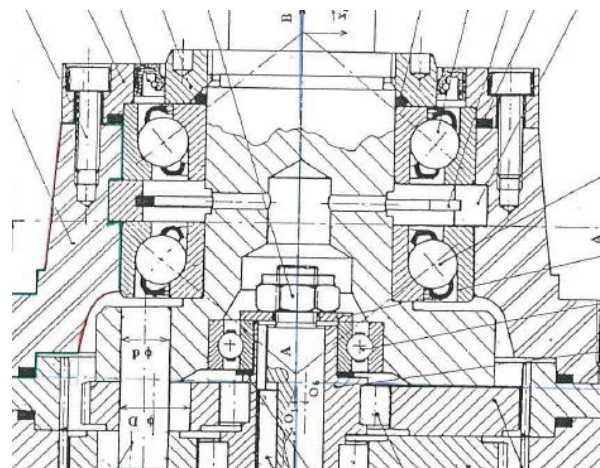
- par écrous (à encoche SKF, freiné Nylstop)

2.4.3. Exemples

Montage en « X »

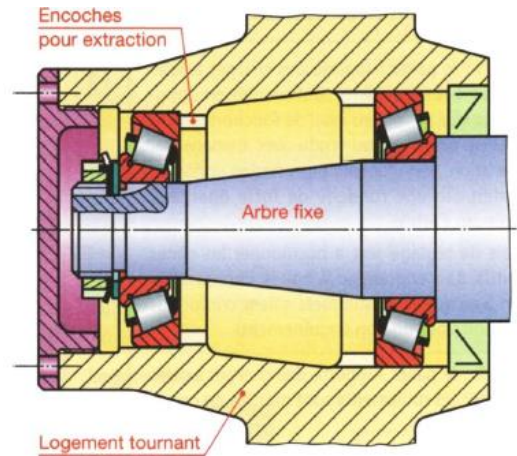
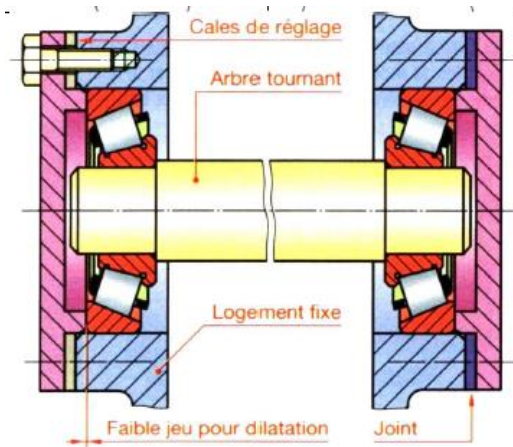


Montage en « O »

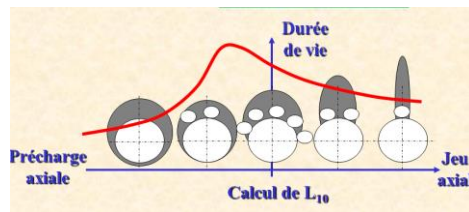




Architecture du guidage en rotation - Roulements à contacts obliques



ATTENTION : le réglage du jeu axial est très important. Il permet de précharger les roulements au montage pour augmenter leur durée de vie, augmente la rigidité et diminue le bruit.



2.5. Chargement et efforts axiaux induits



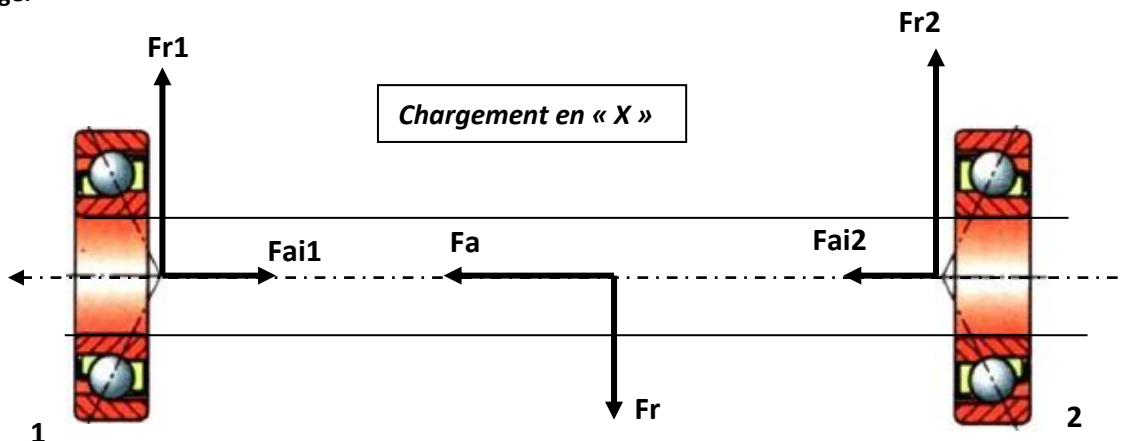
Du fait de leur géométrie, les roulements à contacts obliques ou rouleaux coniques engendrent, sous l'action d'une charge radiale, une charge axiale induite qui intervient dans l'équilibre axial de l'arbre. Les charges des roulements sont appliquées au centre de pression qui ne se situe pas, comme pour un roulement à contact radial, dans le plan médian du roulement. On a donc des montages à centres de pression rapprochés ou "en X" et des montages à centres de pression éloignés ou "en O".

2.5.1. Chargement des montages en « X »

La figure ci dessous représente l'arbre et les bagues intérieures de roulements à contacts obliques. Considérons un chargement de l'arbre avec une charge radiale F_r qui se répercute (via calcul de statique) en 2 efforts au niveau des 2 centres de poussées : F_{r1} et F_{r2} , ainsi qu'une charge axiale F_a .

ATTENTION:

F_{r1} et F_{r2} sur ces roulements génèrent des charges axiales induites F_{ai1} et F_{ai2} dirigées vers l'intérieur du montage.





Architecture du guidage en rotation - Roulements à contacts obliques

Calcul des charges axiales induites :

$$F_{ai} = F_r / 2Y$$

Convention : le roulement qui s'oppose à la force axiale externe (F_a) sans prendre en compte les forces axiales induites, est repéré 1, l'autre est noté 2.

On étudie l'expression suivante : $F_a + F_{ai2} - F_{ai1} = R$

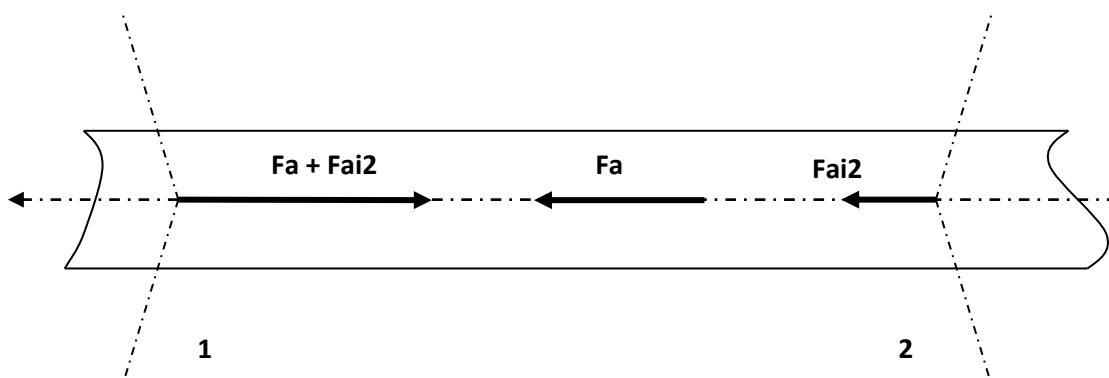
- Cas a : $R > 0$ alors le roulement 1 travaille en butée et le roulement 2 est déchargé.
- Cas b : $R < 0$ alors le roulement 2 travaille en butée et le roulement 1 est déchargé.

Equilibre axial :

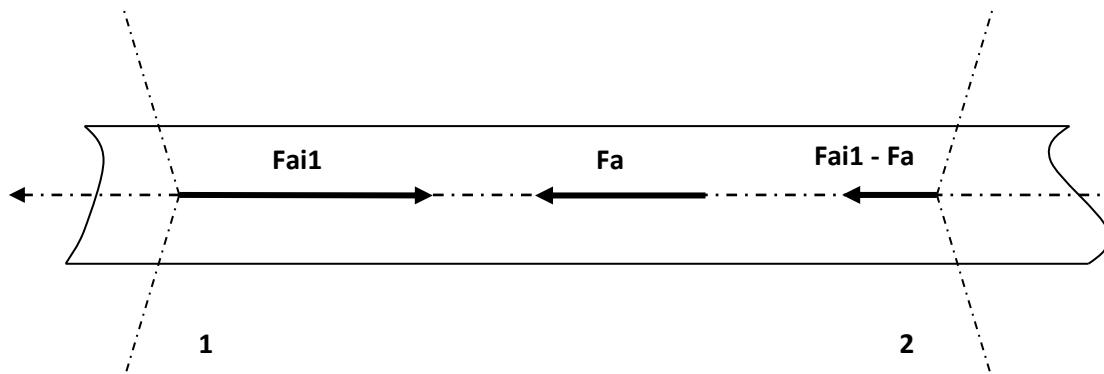
Pour assurer l'équilibre statique, on applique la règle suivante

Règle: le roulement qui ne travaille pas en butée subit sa charge axiale induite et le roulement qui travaille en butée assure l'équilibre axial.

- **Cas 1:** $F_{a1} = F_a + F_{ai2}$ et $F_{a2} = F_{ai2}$.



- **Cas 2:** $F_{a1} = F_{ai1}$ et $F_{a2} = F_{ai1} - F_a$



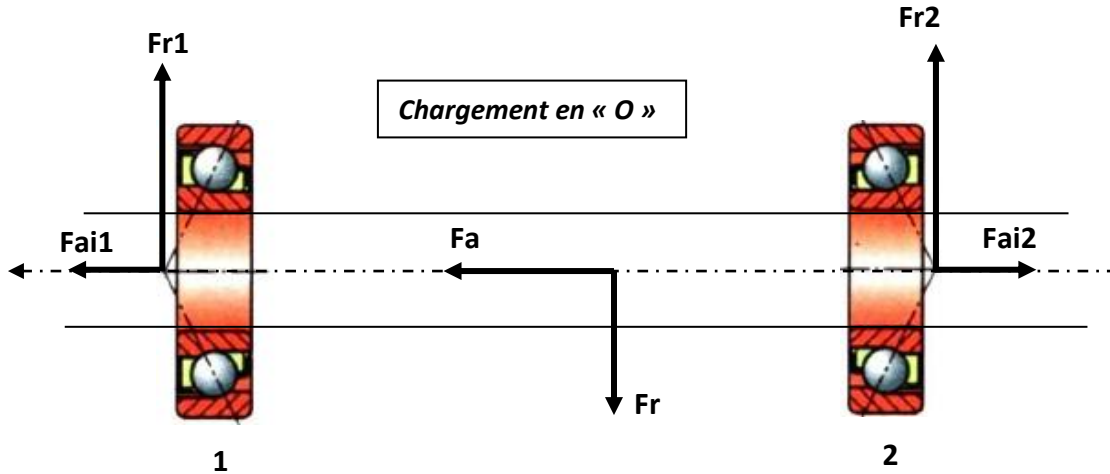
L'équilibre axial du montage permet donc de définir les efforts axiaux (F_a) et radiaux (F_r) encaissés par chaque roulement, données nécessaires au **calcul de leur durée de vie**.

2.5.2. Chargement des montages en « O »



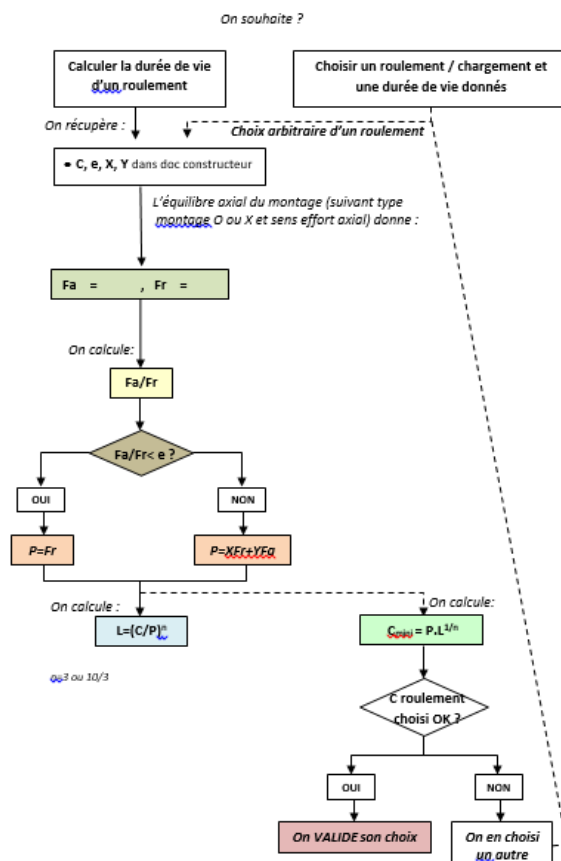
Architecture du guidage en rotation - Roulements à contacts obliques

Les charges axiales induites **Fai1** et **Fai2** sont dirigées vers l'extérieur du mécanisme. On applique la même convention et la même règle que pour le montage en « X ».



2.6. Dimensionnement, choix des roulements et durée de vie

Le principe de calcul des roulements à contacts obliques et rouleaux coniques suit la logique de dimensionnement des simples rangées de billes vue dans le chapitre 2. Voici la méthodologie à connaître :





3. Roulements à aiguilles

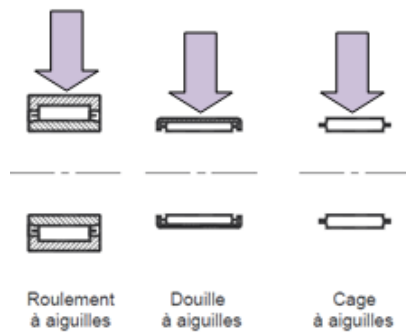
3.1. Présentation

Leur **faible hauteur** de section permet d'intégrer les **roulements à aiguilles dans des espaces très réduits** au niveau radial.

Grâce à des exécutions très variées, les roulements à aiguilles s'avèrent totalement polyvalents et rendent les montages à la fois **compacts, simples et économiques**.



3.2. Chargement et différents types



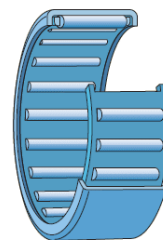
Ils peuvent supporter de **fortes charges radiales** mais **pas de charges axiales**.

On distingue 3 types de roulements à aiguilles :

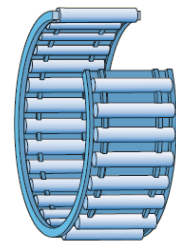
- le **roulement à aiguilles** avec ses 2 bagues,
- la **douille à aiguilles** avec seulement une bague extérieure (les aiguilles roulent sur l'arbre),
- la **cage à aiguilles** sans bagues.



Roulement à aiguilles



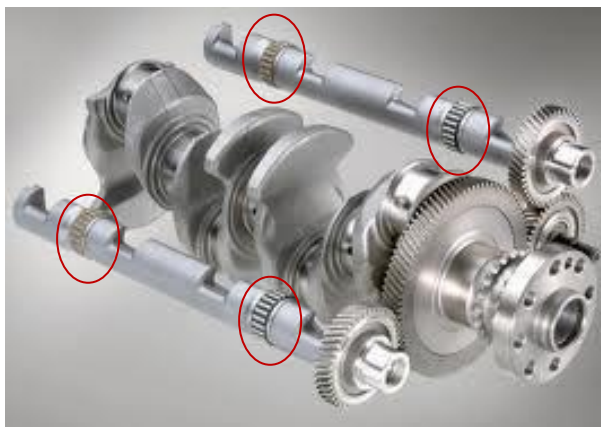
douille



cage

3.3. Exemple de montage (cf TD)

- *paliers vilebrequin moteur thermique*





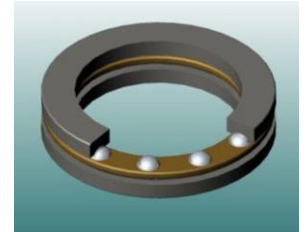
Architecture du guidage en rotation - Roulements à contacts obliques

4. Les butées

4.1. Présentation

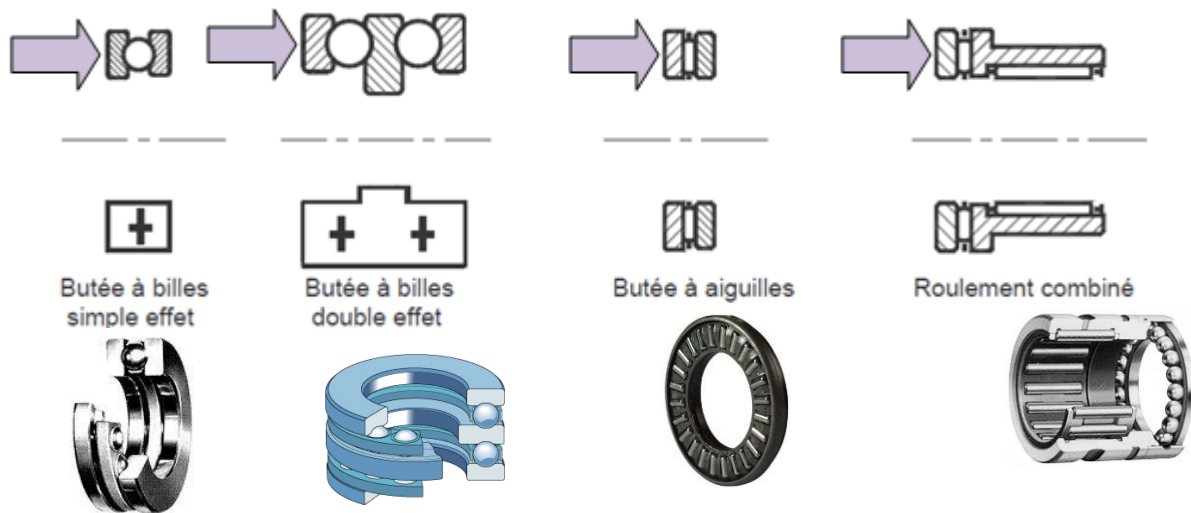
Ce type de roulement ne supporte **que des efforts axiaux**. Ils sont utilisés **en supplément d'autres roulements** supportant les charges radiales de la liaison.

On distingue les butées à simple effet qui ne supportent des forces que dans un seul sens, des butées à double effet qui supportent des charges dans les deux sens.

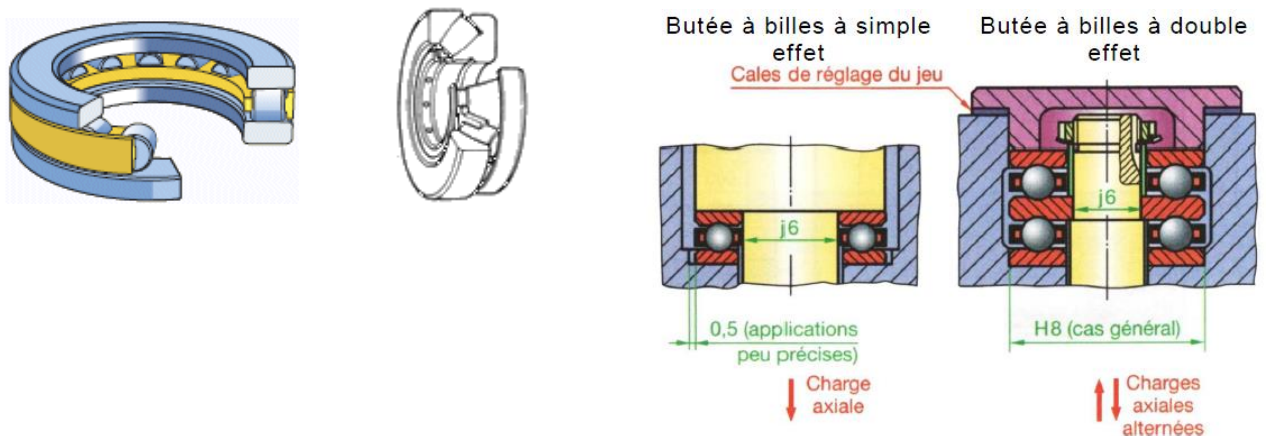


4.2. Différents types

Comme pour les roulements classiques, les éléments roulants peuvent être **des billes, des rouleaux ou des aiguilles**. Les **butées à billes** ne supportent que **de faibles vitesses de rotation**. Les **butées à aiguilles ou rouleaux** supportent des **charges plus fortes que celles à billes**.



Les butées à rouleaux cylindriques ou coniques:

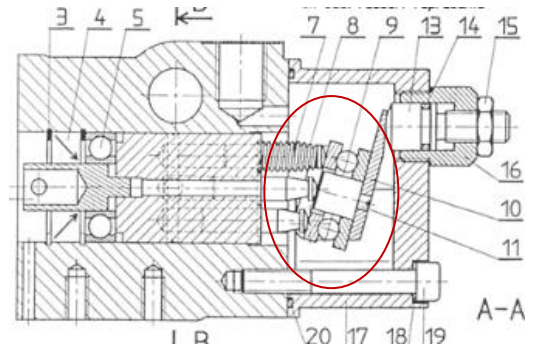




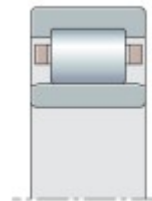
Architecture du guidage en rotation - Roulements à contacts obliques

4.3. Exemples (cf TD)

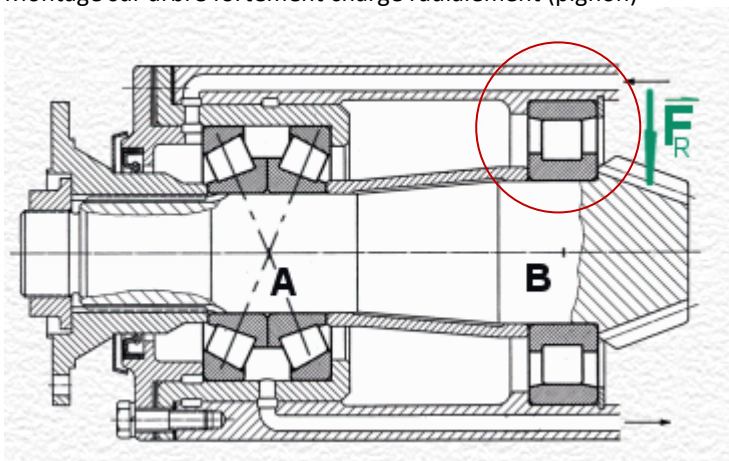
- Le **plateau cyclique d'un hélicoptère** s'appuie sur ce type de composant dans la **commande de portance des pales**.
- Butée de **contre pointe de poupée mobile de tour**
- Butée de **plateau inclinable de pompe à pistons axiaux**

**5. Les roulements à rouleaux cylindriques****5.1. Présentation**

Ce type de roulement supporte **des efforts radiaux importants mais pas d'efforts axiaux**. Ils sont souvent utilisés **en supplément d'autres roulements** supportant les charges axiales.

**5.2. Exemple (cf TD)**

- Montage sur arbre fortement chargé radialement (pignon)



Vous noterez que l'on a formé une seule rotule de l'autre côté avec 2 coniques collés montés en X.



6. Les roulements à doubles rangées

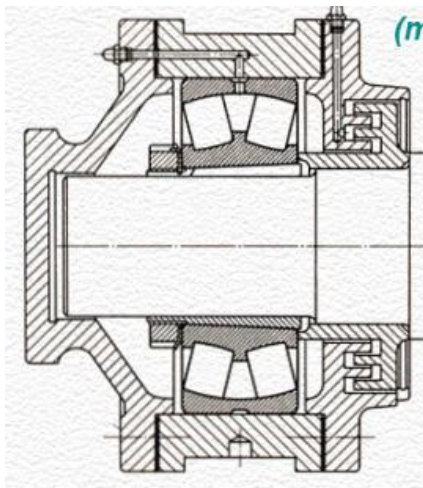
6.1. Présentation

Ce type de roulements, qui peuvent être à billes ou à rouleaux, encaissent de plus importants efforts (radiaux souvent). On les place prêt de la charge et on les double souvent d'un roulement à rouleaux cylindriques.

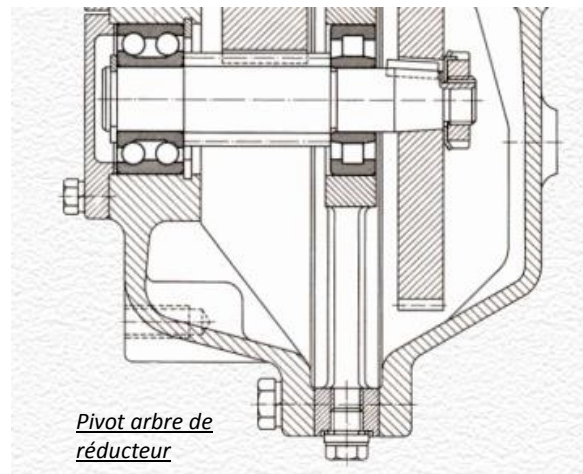
Ils peuvent être **ROTULES** ou non.



6.2. Exemple (cf TD)



Palier rotulé



Pivot arbre de réducteur