

TECHNOLOGIE DES MECANISMES

Solutions constructives associées aux liaisons : *Guidage en rotation*

1. Définition :

Un guidage en rotation est la solution constructive qui réalise une liaison pivot.

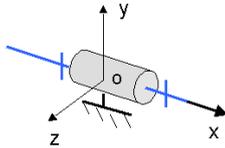


Fig1-Schéma cinématique minimal

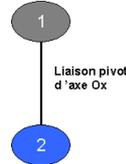


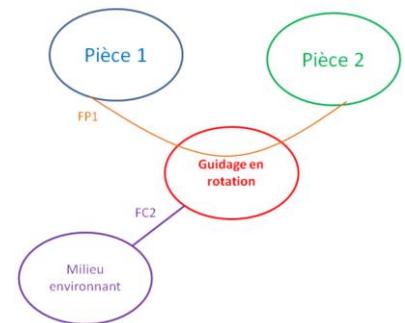
Fig2-Graphe des liaisons

2. Analyse fonctionnelle du besoin :

Diagramme des interacteurs pour un guidage en rotation.

FP1 : guider en rotation la pièce 1 par rapport à la pièce 2.

FC2 : Résister au milieu environnant.



Fonctions techniques de base permettant d'assurer FP1

FT11 : Faciliter le mouvement relatif de rotation autour d'un axe.

FT12 : Interdire les autres mobilités :

- Mettre en position les deux pièces entre elles.
- Assurer la précision du guidage.
- Transmettre et supporter les efforts.

3. Critères de choix du type de guidage :

La qualité de la solution constructive repose sur la bonne réalisation des fonctions à assurer. Pour chaque fonction citée ci-dessus, il existe des critères qui permettent de mesurer la qualité du guidage en rotation. Ces critères sont appelés « indicateurs de qualité ». (On notera IQ dans la suite).

FT11 : Le mouvement de rotation se fait à une certaine vitesse

⇒ IQ : **valeur des vitesses de rotation**

FT12 : On peut positionner les deux pièces avec plus ou moins de précision

⇒ IQ : **précision de guidage**

· Le guidage réalisé peut transmettre et supporter certains efforts plus ou moins grands selon le type de composants et les matériaux utilisés.

⇒ IQ : **intensité des actions mécaniques transmissibles**

⇒ IQ : **durée de vie des composants**

FC2 : Le guidage doit résister au milieu environnant pendant une certaine durée (durée de vie) avant d'être entretenu ou remplacé (maintenance).

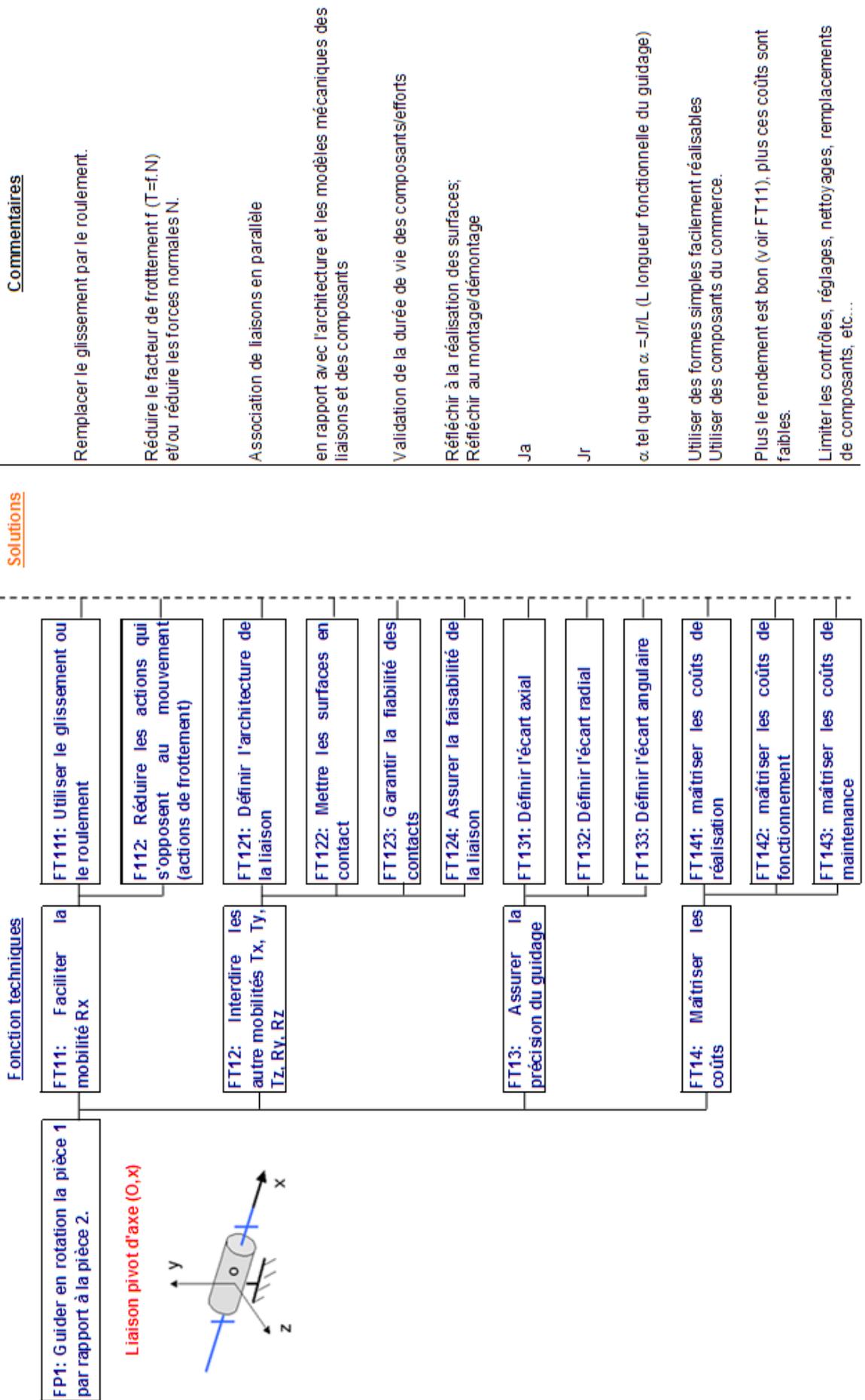
⇒ IQ : **durée de vie des composants**

⇒ IQ : **maintenance** (espacement des visites d'entretien)

Ces critères permettent de rédiger un cahier des charges pour une application donnée.

4. FAST générique d'un guidage en rotation :

Fast générique d'un guidage en rotation



5. Forme générale du cahier des charges fonctionnel :

On peut décrire le cahier des charges que doit satisfaire un guidage en rotation dans sa phase d'utilisation sous la forme d'un tableau comme celui situé ci-dessous :

Fonctions	Caractéristiques des fonctions		
	Critères	Niveau des critères	Flexibilité des critères
FT11:Faciliter le mouvement relatif de rotation autour d'un axe	Rendement	η mini en %	
	Vitesse de rotation	En rad/s ou en tr/min	
FT12 : Interdire les autres mobilités	Jeu axial	Ja en mm	Les valeurs correspondent à des maximas
	Jeu radial Jeu angulaire	Jr en mm $J\alpha$ en ° ou en radians	
	Efforts transmissibles	en Newtons N	
	Durée de vie	Lh en heures de fonctionnement	Minimum
FC2:Résister au milieu environnant	Espacement des visites d'entretien	Lh max en heures de fonctionnement	
	Durée de vie	Lh en heures de fonctionnement	Minimum

6. Les différents types de guidage en rotation:

Il existe quatre types de guidages en rotation qui s'appuient sur différents principes et mettent en œuvre des technologies diverses :

- guidage en rotation par contact direct entre surfaces ;
- guidage en rotation par interposition de bagues de frottement ;
- guidage en rotation par interposition d'éléments roulants ;
- guidage en rotation par interposition d'un film d'huile.

6.1. Guidage en rotation par contact direct

6.1.1. Réalisation de la fonction « Positionner les pièces entre elles »

Le positionnement est obtenu à partir :

- du contact entre 2 surfaces cylindriques complémentaires (suppression de 4 ddl : 2 T et 2 R)
- 2 arrêts axiaux (suppression du dernier ddl en translation suivant l'axe)

Il ne reste donc qu'un ddl en rotation.

Deux types de solutions :

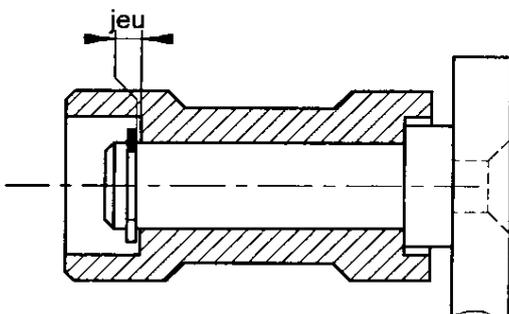


Fig3- Montage en porte à faux

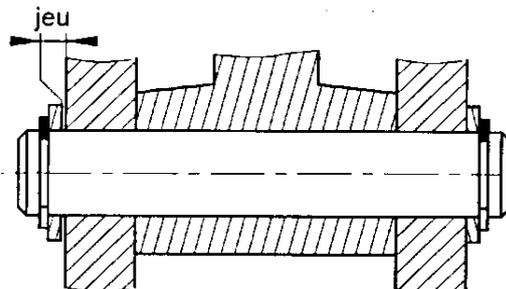
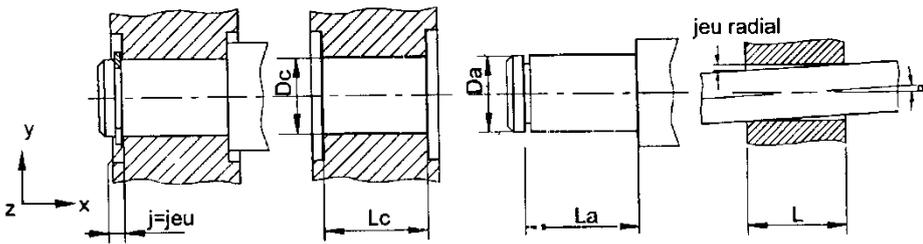


Fig4- Montage en chape

6.1.2. Précision du guidage

La précision du guidage est défini par : jeu axial **Ja** , jeu radial **Jr** , décalage angulaire α .

Plus ces jeux sont petits plus le guidage est précis. Un minimum pour Ja et Jr est nécessaire. Ja et Jr $\neq 0$.



e : épaisseur de l'anneau élastique

Ja = La - Lc - e avec Ja > 0

Jr = Dc - Da avec Jr > 0

Tan α = Jr / L

6.1.3. Critères de choix :

- Pression maximale admissible par les surfaces en contact.
- Coefficient de frottement des matériaux en contact.
- Comportement thermique des matériaux (résistance à l'échauffement dû au frottement).
- Durée de vie du guidage souhaitée.

6.1.4. Avantages et inconvénients

Avantages	Inconvénients
Coût peu élevé	Utilisation à faible vitesse Efforts transmissibles modérés (sinon échauffement important des pièces)

6.2. Guidage en rotation par interposition de bagues de frottement

L'interposition de bagues de frottement entre deux pièces en rotation relative permet (en comparaison avec deux pièces en contact direct) :

- Une réduction du facteur de frottement
- Une augmentation de la durée de vie des pièces
- Un report de l'usure sur les bagues.



Deux catégories : les coussinets et les bagues en tôle roulée.

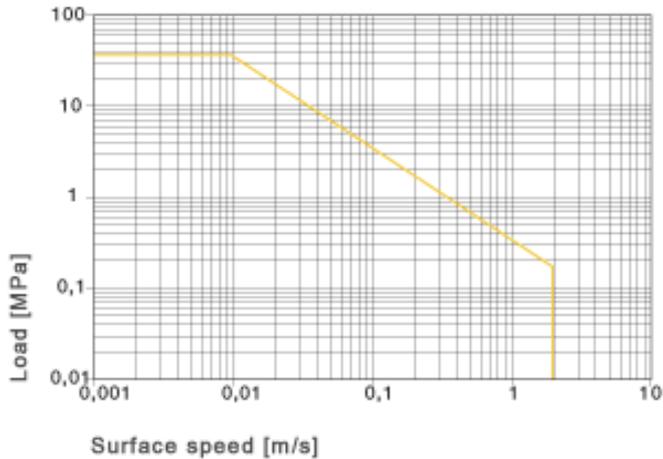
Les dimensions des coussinets sont déterminées en fonction :

- de la pression diamétrale p (N/mm² ou MPa)
- du facteur p.V, puissance surfacique (W/mm²) qui traduit l'énergie dissipée avec p la pression diamétrale (N/mm²) et V la vitesse circonférentielle en m/s.

Calcul de la pression diamétrale p	Calcul de la vitesse circonférentielle V
<p>$P = \frac{F}{D \times L}$</p> <p>F : charge sur le palier (N) d : diamètre de l'alésage (mm) L : longueur du coussinet (mm) P : pression diamétrale (MPa ou N/mm²)</p>	<p>arbre de diamètre D qui tourne à la vitesse ω en rad/s</p> <p>$V = \omega \times R$ $V = \omega \times D/2$</p> <p>Vérification du facteur $p \times V_{admissible}$:</p> <p>$p \times V \leq p \times V_{admissible}$ avec $p = F / (D \times L)$</p> <p>on en déduit :</p> <p>$(F \times V) / (D \times L) \leq p \times V_{admissible}$</p> <p>D'où</p> <p>$L_{mini} \geq (F \times V) / (D \times p \times V_{admissible})$</p>

On obtient la longueur minimale du coussinet.

Visualisation du facteur $p \times V_{admissible}$ (extrait du catalogue Iigus)



Facteurs p x v admissibles

Pour des Paliers Lisses iglidur® J avec des parois de 1 mm d'épaisseur en fonctionnement à sec, avec un arbre et un alésage en acier, à 20°C.

Les Paliers Lisses iglidur® J se distinguent avant tout par des coefficients de frottement extrêmement faibles en fonctionnement à sec et une très faible tendance au stick-slip.

Voir catalogues et logiciels de calculs constructeurs pour la prise en compte d'autres facteurs : résistance chimique, température, service, usure, etc... :

- **Glacier** : bagues en PTFE ;
- **Metafram** : coussinet autolubrifiants en bronze BP25 et alliage ferreux FP15
- **Iigus** (www.igus.fr), coussinets polymères.

Exercice 1 - Facteur ou produit $p \times V$

Le produit $p \times V$ est déterminant, sa valeur permet de mesurer la capacité du matériau à supporter l'énergie engendrée par le frottement. En cas de dépassement, la température du palier augmente et la destruction est rapide.

Un palier supporte une charge radiale F de 100 daN ; le diamètre de l'arbre est de 40 mm ; la vitesse de rotation de 500 tr/min et la largeur du coussinet de 50 mm.

Déterminer la valeur du produit $p \times V$

Si l'on impose un $p \times V$ admissible de 2 W/mm², déterminer la longueur minimale du coussinet

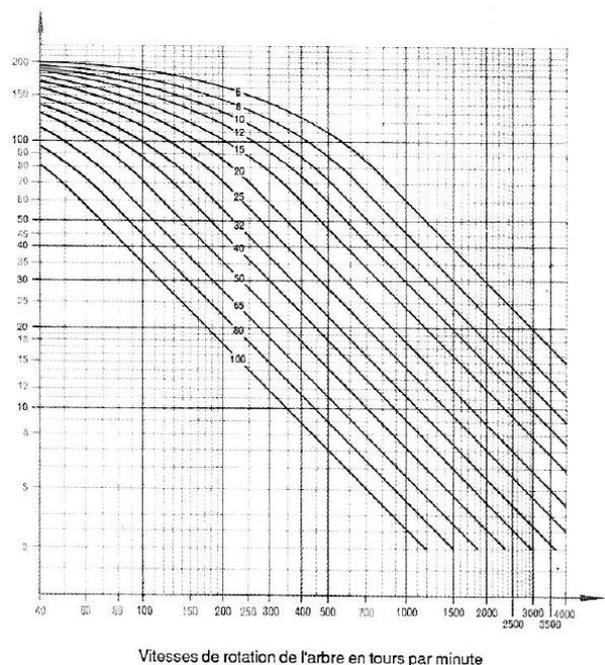
Exercice 2 – Charge totale admise et longueur de coussinet

L'abaque ci-dessous indique les charges admissibles en fonction des vitesses de rotation de coussinets autolubrifiés METAFRAM BP25 en bronze et FP15 en acier pour des diamètres d'arbre donnés.

da N/cm² Ø de l'arbre en mm

1-Déterminer la charge totale admise pour un coussinet de Øint 20mm, de longueur 25mm tournant à une vitesse de 1000 tr/min.

2-Déterminer la longueur d'un coussinet supportant une charge totale de 175 daN pour un arbre de Ø20mm tournant à 500 tr/min.



Exercice 3 – Calcul d’un coussinet

Un coussinet de longueur supporte une charge radiale de 500N. La vitesse de rotation de l’arbre de diamètre 20mm est 800 tr/min.

Déterminer, à l’aide du tableau des valeurs des coefficients (ordre de grandeur) permettant le calcul des coussinets, la longueur minimale du coussinet en bronze fritté si

$$p \times V_{admissible} = 1.8W/mm^2$$

Avec lubrification continue	Valeurs de p , V et $p \times V_{admissible}$		
	V (m/s)	P (N/mm ²)	p.V (W/mm ²)
Coussinet en bronze au plomb	15 à 25	15 à 60	35
Coussinet en bronze à l’étain	15 à 25	3 à 100	35
Coussinet en bronze fritté autolubrifié *	7	25	1 à 1.8
Coussinet en nylon	2	6	0.04

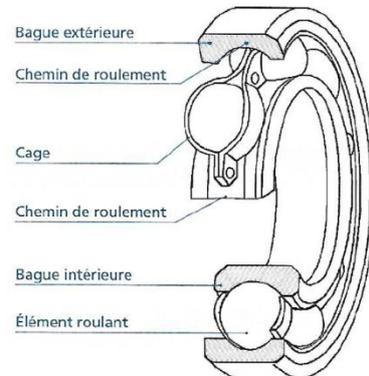
* Les coussinets autolubrifiants sont obtenus à partir d’un métal fritté (poudre comprimée et chauffée en atmosphère contrôlée) dont la porosité varie entre 10% et 30% du volume du coussinet. Ils sont imprégnés d’huile jusqu’à saturation ou chargés de lubrifiant solide (graphite, plomb, etc.). Sous l’effet de la rotation et de l’élévation de la température, l’huile est aspirée et crée une excellente lubrification. À l’arrêt de l’arbre, du fait de la porosité du coussinet, le lubrifiant reprend place.

6.3. Guidage en rotation par roulements

6.3.1. Introduction

Un roulement est constitué d’éléments (billes, rouleaux ou aiguilles) interposés entre une bague intérieure ajustée sur l’arbre à guider et une bague extérieure qui positionne le roulement dans l’alésage. Une cage d’espacement maintient les éléments roulants à intervalles égaux si nécessaire.

Le frottement de roulement ou résistance au roulement est plus faible que le frottement de glissement. Il est donc intéressant de remplacer les contacts avec frottement de glissement par des roulements. La puissance absorbée étant très inférieure, le rendement du mécanisme s’en trouve amélioré.



$f_{min} = 0.0010 \leq \text{valeurs des coefficients de frottement internes des roulements} \leq f_{max} = 0.0045$

Ces valeurs sont faibles en comparaison des coefficients de frottement des paliers lisses.

$0.01 \leq \text{coefficient de frottement résine PTFE/acier d'un coussinet} \leq 0.05$

6.3.2. Choix d’un type de roulement

L’idéal est toujours d’envisager une solution utilisant les roulements économiques : billes à contact radial, rouleaux cylindriques et aiguilles. (80% des roulements vendus)

Un roulement plus couteux au départ peut parfois simplifier le montage, les opérations de maintenance et diminuer le coût global d’un mécanisme.

Critères de choix
– Nature des charges : axiale, radiale ou combinée
– Importance des charges (intensité)
– Vitesse de rotation
– Perturbations : chocs, vibrations...
– Conditions de montage : mise en place, accessibilité, réglage...
– Précision exigée : coaxialité, faux rond ...
– Rigidité exigée : déformations admissibles...
– Encombrement, place disponible
– Longévité, durée de vie souhaitée
– Conditions ambiantes : pollution, températures, lubrification...

6.3.3. Charges supportées par les roulements

Les actions mécaniques exercées sur l'une ou l'autre bague sont schématisées par des forces ou des charges.

On observe 3 cas :

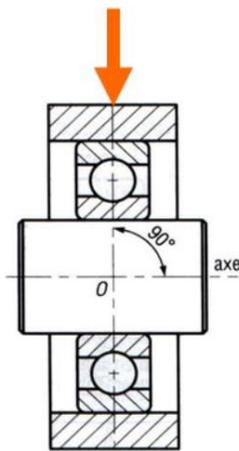


Fig5- Charge radiale (F_r)

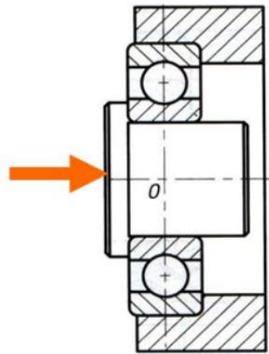


Fig6- Charge axiale (F_a)

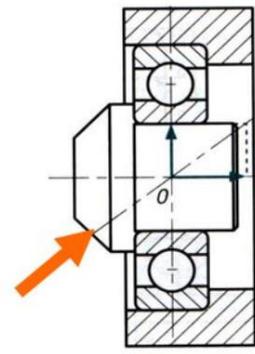
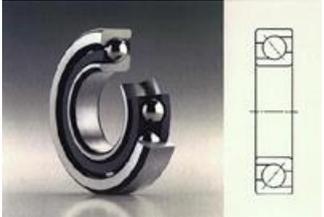
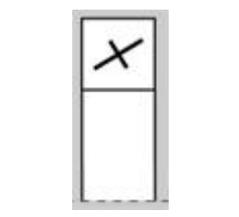
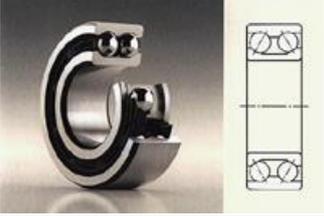
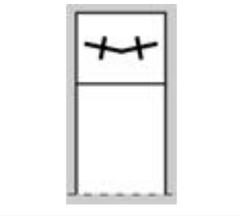
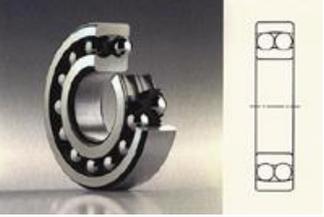
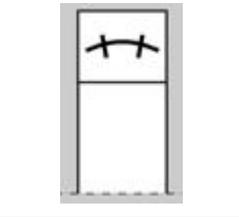
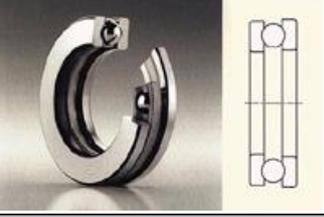
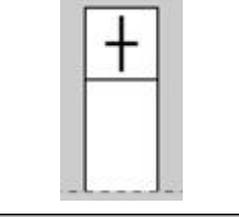
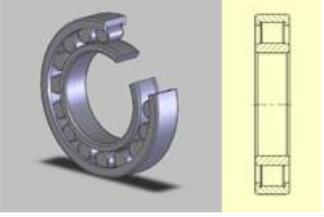
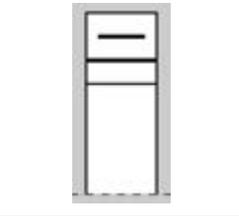
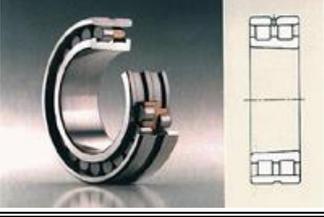
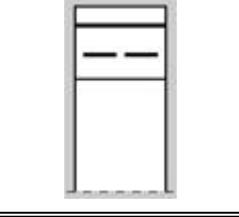


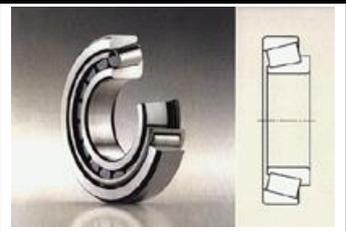
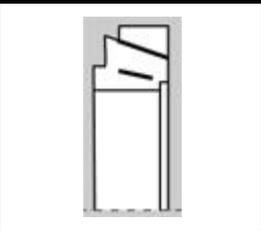
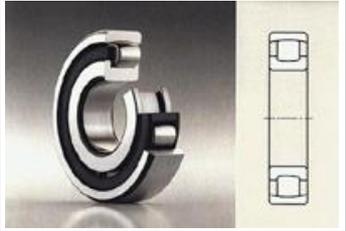
Fig7- Charge combinée (F)

La charge combinée (F) est la combinaison des deux cas précédents. La direction de F , quelconque, par le centre géométrique du roulement. Sa projection donne une composante axiale F_a et une composante radiale F_r .

6.3.4. Les roulements les plus courants

Nom	Image et représentation	Représentation schématique	Code type
Les roulements à billes			
Roulement à une rangée de billes à contact radial			6
Très économiques, les plus utilisés en petites et moyennes dimensions, supportent les 3 types de charges (modérées à moyennes). Il existe des versions avec rainure, segment d'arrêt et étanches.			

Roulement à une rangée de billes à contact oblique			7
Roulement à deux rangées de billes à contact oblique			4
<p align="center"><i>Supportent tous types de charges mais uniquement des charges axiales dans un seul sens. Doivent être montés par paire et en opposition. Possibilité de régler le jeu interne de la liaison par précharge du montage</i></p>			
Roulement sphérique à deux rangées de billes			1 ou 2
<p>Le chemin extérieur est sphérique. Supportent tous les types de charges mais faiblement les charges axiales. L'angle de rotulage important autorise des défauts d'alignement des portées de paliers et des flexions d'arbres élevées.</p>			
Butée à billes simple effet			5
<p><i>Peu utilisées, supportent des charges axiales uniquement. Vitesse de rotation limitée à cause de la force centrifuge sur les billes. Doivent être montées avec d'autres roulements car ne réalisent aucun centrage arbre/logement.</i></p>			
<p align="center">Les roulements à rouleaux : <i>Supportent des charges plus importantes que les roulements à bille (contact rouleau/chemin de roulement réparti sur une ligne). Conseillés en cas de chocs, vibrations et surcharges possibles. Vitesses de rotation un peu plus faible que les roulements à billes. Sont plus coûteux.</i></p>			
Roulement à une rangée de rouleaux cylindriques Bague extérieure à deux épaulements Bague intérieure sans épaulement			NU
Roulement à deux rangées de rouleaux cylindriques Bague extérieure sans épaulement Bague intérieure à quatre épaulements			NN
<p>Supportent des charges radiales importantes mais pas les charges axiales. Vitesses de rotation élevées. Bagues séparables qui facilitent le montage. Ne compensent pas les défauts d'alignement et les flexions d'arbre. Imposent une bonne coaxialité des portées d'arbre et de logement.</p>			

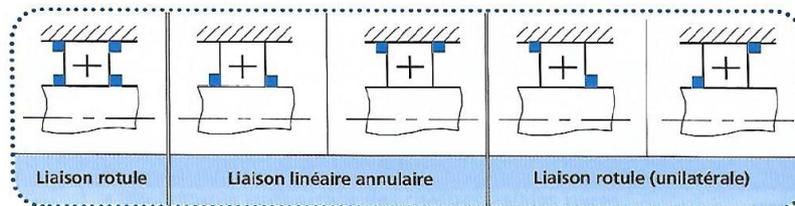
Roulement à rouleaux coniques			3 ou T
Même caractéristiques que les billes à contact oblique. Charges axiales dans un seul sens. Montage par paire et en opposition. Fréquence de rotation moyenne. Le rapport « capacité de charge/poids » élevé. Possibilité de réglage du jeu interne de fonctionnement par précharge.			
Roulement sphérique à une rangée de rouleaux (tonneaux)			2
Même caractéristiques que versions à billes. Rouleaux en forme de tonnelet. Capacité de charge élevée, vitesse de rotation modérée. Frottements internes imposent une lubrification à l'huile.			

6.3.5. Montage des roulements

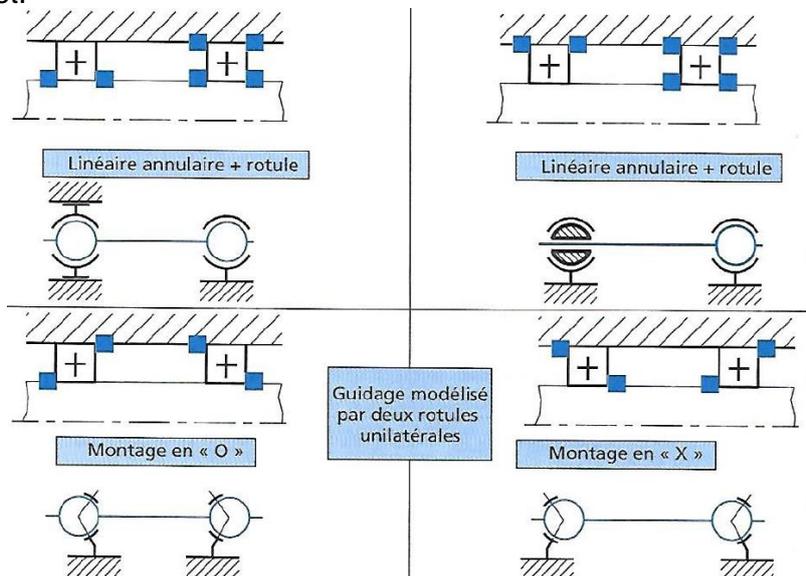
Roulements rigides à une rangée de billes.

Une liaison pivot est toujours composée de deux roulements au minimum :

- Un roulement avec 4 arrêts correspond à une liaison rotule
- Un roulement avec 2 arrêts sur l'arbre ou sur le logement correspond à une liaison Linéaire annulaire
- Un roulement avec 2 arrêts, un sur l'arbre l'autre sur le logement correspond à une liaison rotule unilatérale



Le tableau ci-dessous présente les associations de deux roulements permettant de réaliser une liaison pivot.



6.3.6. Phénomène de laminage

Il existe différents contextes :

Cas N°1	Cas N°2
Bague intérieure tournante par rapport à la direction de la charge	Bague intérieure fixe par rapport à la direction de la charge
« Cas d'un axe de poulie »	« Cas d'une roue de vélo »
<p>si la bague intérieure tournante par rapport à la direction de la charge est montée avec un ajustement libre, elle « roule sur l'arbre ». Il y a donc une différence de vitesse entre l'arbre et la bague intérieure. Ceci produit un phénomène de laminage entre l'arbre et la bague intérieure qui provoque une usure rapide de l'arbre et de la bague intérieure.</p>	<p>si la bague extérieure tournante par rapport à la direction de la charge est montée avec un ajustement libre, elle « roule sur le moyeu ». Il y a donc une différence de vitesse entre le moyeu et la bague extérieure. Ceci produit un phénomène de laminage entre le moyeu et la bague extérieure qui provoque une usure rapide du moyeu et de la bague extérieure.</p>

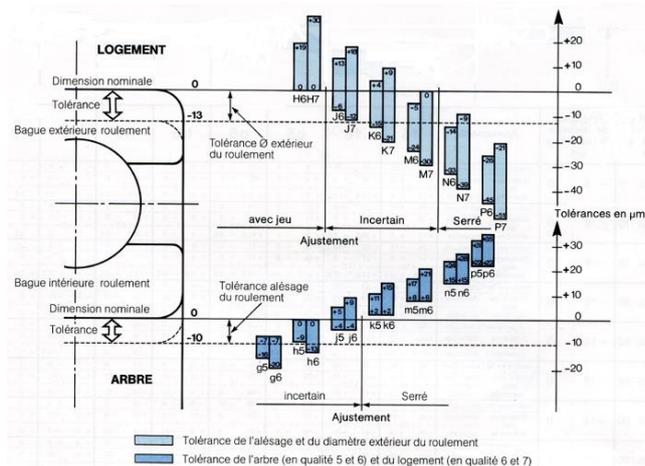
Pour éviter ce phénomène de laminage, il suffit de supprimer le jeu au niveau de la bague tournante par rapport à la charge.

6.3.7. Règles de montage

La bague qui tourne par rapport à la direction de la charge appliquée sur le roulement doit être ajustée avec serrage (montée serrée).

La bague fixe par rapport à la direction de la charge appliquée sur le roulement doit être ajustée avec jeu (montée glissante).

Exemples de valeurs d'ajustement pour roulement SNR6305



Dans le cas N°2 l'ajustement serré est obtenu par un choix approprié des tolérances d'exécution de l'alésage :

- Charge importante avec chocs : P6-P7
- Charge normale ou importante : N6-N7
- Charge faible et variable : M6-M7

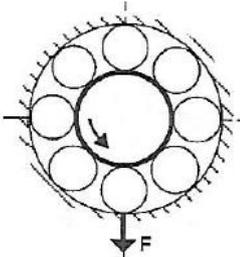
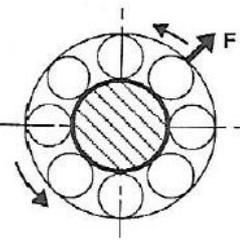
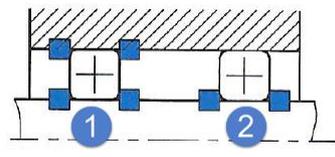
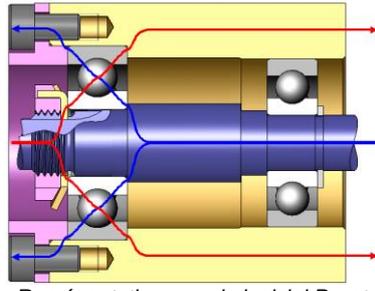
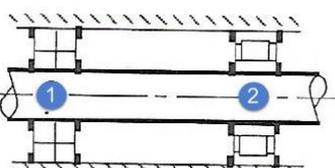
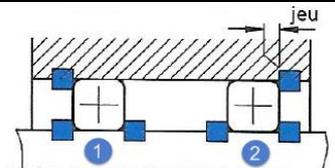
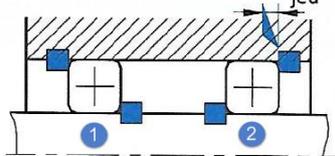
6.3.8. Immobilisation latérale des bagues d'un roulement

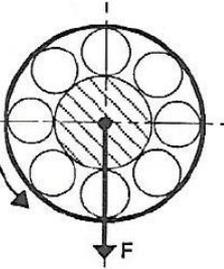
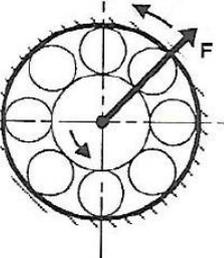
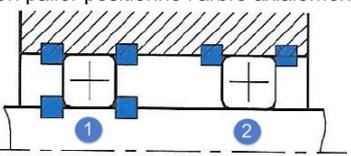
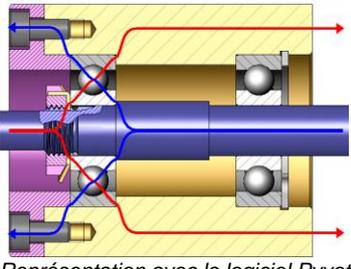
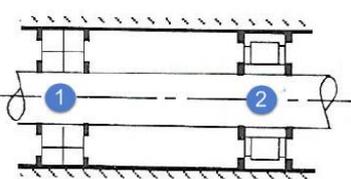
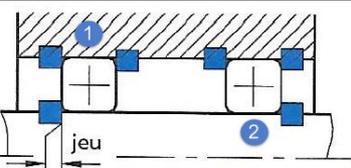
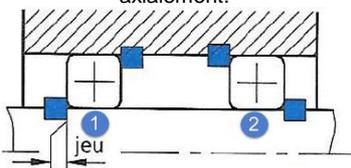
Les bagues tournantes par rapport à la direction de la charge, ajustées serrées, doivent être complètement immobilisées axialement.

Les bagues immobiles par rapport à la direction de la charge, ajustées avec jeu, assurent la mise en position de l'ensemble tournant par rapport à la partie fixe du mécanisme.

Ce positionnement doit éliminer toute translation entre l'arbre et le logement. Pour ce faire, **il suffit d'installer un seul arrêt dans chaque sens sur l'ensemble des bagues montées glissantes.**

Le tableau ci-dessous donne les associations possibles d'arrêt axiaux pour les montages de roulements.

Direction charge/rotation	Montage des bagues	Sol.	cas type d'arrêts axiaux et de serrage des bagues	Exemples de roulements / utilisation	
<p>Bague intérieure tournante / charge</p>  <p>- arbre tournant - charge fixe sur le logement</p> <p>OU</p>  <p>- logement tournant - charge tournante avec le logement</p>	<p>Bagues intérieures ajustées serrées</p>		<p>Un palier positionne l'arbre axialement</p> 	<p>Paliers 1 et 2 :</p> <ul style="list-style-type: none"> - billes à contact radial - à 2 rangées de billes - à rotule sur bille ou sur rouleaux <p>Le palier 1 supporte Fa</p> <ul style="list-style-type: none"> - N'exige pas de jeu axial ; - Utilisée pour des roulements avec bagues non séparables ; - Souvent utilisée si le rlt de gauche est plus gros que le roulement de droite (démontage aisé par la gauche). - Insensible à la dilatation. - Intéressant si Longueur entre rlt grande 	
		1	 <p>Représentation avec le logiciel Pylvot</p>		<p>Palier 1</p> <ul style="list-style-type: none"> - billes à contact radial - à 2 rangées de billes - à rotule sur bille ou sur rouleaux <p>Palier 2</p> <ul style="list-style-type: none"> - rouleaux cylindriques NU ou N <p>Le palier 1 supporte Fa</p>
		1'			<p>Le jeu est nécessaire pour permettre la dilatation de l'ensemble et éviter la création de charges internes parasites. La distance entre les roulements doit être réduite.</p> <p>Le positionnement axial est moins précis puisque le montage exige un jeu.</p>
		2			<p>Paliers 1 et 2 :</p> <ul style="list-style-type: none"> - billes à contact radial - à 2 rangées de billes - à rotule sur bille ou sur rouleaux - à contact oblique, montage en « X » <p>C'est une variante économique des solutions précédentes. Solution envisagée pour de faibles charges axiales.</p>
		3	<p>Les 2 paliers positionnent l'arbre axialement.</p> 		

Direction charge/rotation	Montage des bagues	Sol.	cas type d'arrêts axiaux et de serrage des bagues	Exemples de roulements / utilisation	
<p>Bague extérieure tournante / charge</p>  <p>- logement tournant - charge fixe sur l'arbre</p> <p align="center">OU</p>  <p>- arbre tournant - charge tournante avec l'arbre</p>	<p>Bagues extérieures ajustées serrées</p>		<p>Un palier positionne l'arbre axialement</p> 	<p align="center">Paliers 1 et 2 :</p> <ul style="list-style-type: none"> - billes à contact radial - à 2 rangées de billes - à rotule sur bille ou sur rouleaux <p align="center">Le palier 1 supporte Fa</p> <ul style="list-style-type: none"> - N'exige pas de jeu axial ; - Utilisée pour des roulements avec bagues non séparables ; - Souvent utilisée si le rlt de gauche est plus gros que le roulement de droite (démontage aisé par la gauche). - Insensible à la dilatation. - Intéressant si Longueur entre rlt grande 	
		4	 <p align="center"><i>Représentation avec le logiciel Pyvot</i></p>		<p align="center">Palier 1</p> <ul style="list-style-type: none"> - billes à contact radial - à 2 rangées de billes - à rotule sur bille ou sur rouleaux <p align="center">Palier 2</p> <ul style="list-style-type: none"> - rouleaux cylindriques NU ou N <p align="center">Le palier 1 supporte Fa</p>
		4'			<p>Le jeu est nécessaire pour permettre la dilatation de l'ensemble et éviter la création de charges internes parasites. La distance entre les roulements doit être réduite.</p> <p>Le positionnement axial est moins précis puisque le montage exige un jeu.</p>
		5			<p align="center">Paliers 1 et 2 :</p> <ul style="list-style-type: none"> - billes à contact radial - à 2 rangées de billes - à rotule sur bille ou sur rouleaux - à contact oblique, montage en « O » <p align="center">C'est une variante économique des solutions précédentes. Solution envisagée pour de faibles charges axiales.</p>
		6	<p>Les 2 paliers positionnent l'arbre axialement.</p> 		

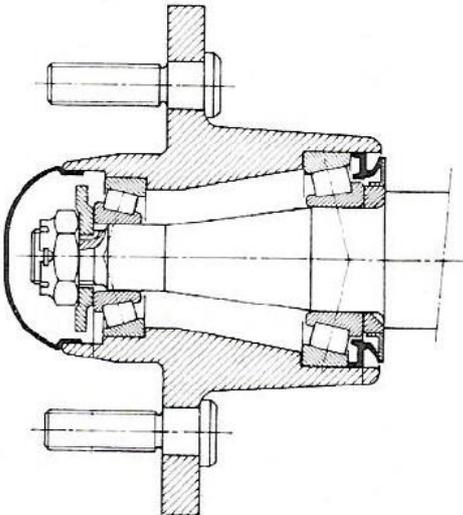
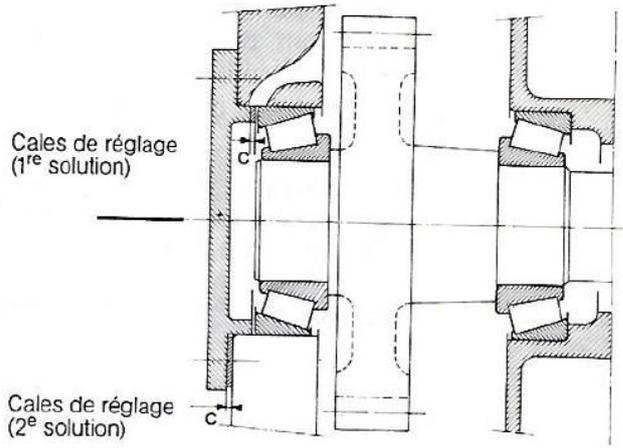
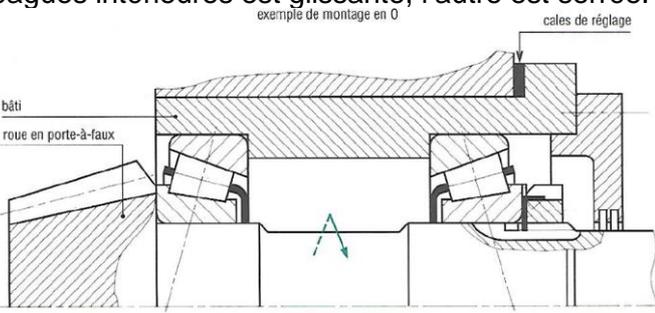
6.3.9. Montage des roulements à contact oblique et à rouleaux coniques

De fait de leur structure particulière, ces roulements doivent être montés par paire et en opposition.

Ces roulements exigent des usinages précis des arbres et logements, et des réglages précis lors du montage.

Les roulements à contacts obliques ou à rouleaux coniques peuvent être disposés de manière différente :

- montage en « X »
- montage en « O »

Le montage en « O »	Le montage en « X »
<p>Exemple de moyeu de roue non motrice</p>  <p>Les bagues extérieures sont montées serrées dans le logement contre un épaulement. Le réglage du jeu ou de la précharge est réalisé par l'intermédiaire des bagues intérieures.</p>	<p>Exemple d'arbre intermédiaire :</p>  <p>Les bagues intérieures sont montées serrées sur l'arbre contre un épaulement. Le réglage du jeu ou de la précharge est réalisé par l'intermédiaire des bagues extérieures.</p>
<p>Intérêts et utilisation du montage en « O » :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Il permet d'éloigner le point d'application des charges à l'extérieur des roulements et par conséquent, il permet de réaliser des montages rigides et compacts. - il est utilisé en priorité lorsque le logement est tournant par rapport à la direction de la charge. Dans ce cas, les bagues extérieures sont montées serrées, les bagues intérieures sont montées glissantes. - Pour la dilatation, il est moins sensible aux variations de températures que le montage en « X » 	<p>Intérêts et utilisation du montage en « X » :</p> <ul style="list-style-type: none"> - il est utilisé en priorité lorsque l'arbre est tournant par rapport à la direction de la charge. Dans ce cas, les bagues intérieures sont montées serrées sur l'arbre contre un épaulement, les bagues extérieures sont montées glissantes avec possibilité de réglage. - Il permet des solutions simples et économiques de montage de l'arbre dans le carter. - Le réglage du jeu axial se fait en général à l'aide de cales de réglage. Il est effectué sur les bagues extérieures. - La dilatation de l'arbre a tendance à charger un peu plus les roulements et à diminuer le jeu interne.
<p>S'il est utilisé dans le cas de l'arbre tournant par rapport la direction de la charge, une des deux bagues intérieures est glissante, l'autre est serrée.</p> <p>exemple de montage en O</p> 	<p>Pignon crémaillère</p> 