

GUIDAGES EN ROTATION PAR ROULEMENTS

Aspects technologiques

Éléments de dimensionnement

Conditions de montage

Introduction

Certaines conditions de fonctionnement ne permettent plus d'envisager des guidages ou des transmissions par contact direct (contacts cylindriques ou plans) ou par interposition d'éléments facilitant le glissement (bagues auto-lubrifiées, etc.) :

- Une intensité des actions mécaniques trop importante
- Des vitesses de glissement trop élevées
- Un besoin d'une meilleure précision de guidage
- Un besoin de minimiser les pertes énergétiques

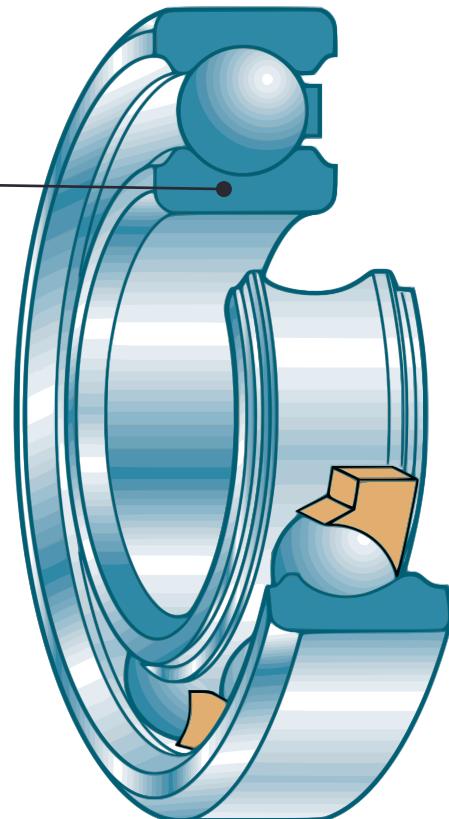


TYPOLOGIE DES ROULEMENTS

Constitution d'un roulement

Un roulement est généralement constitué des éléments suivants :

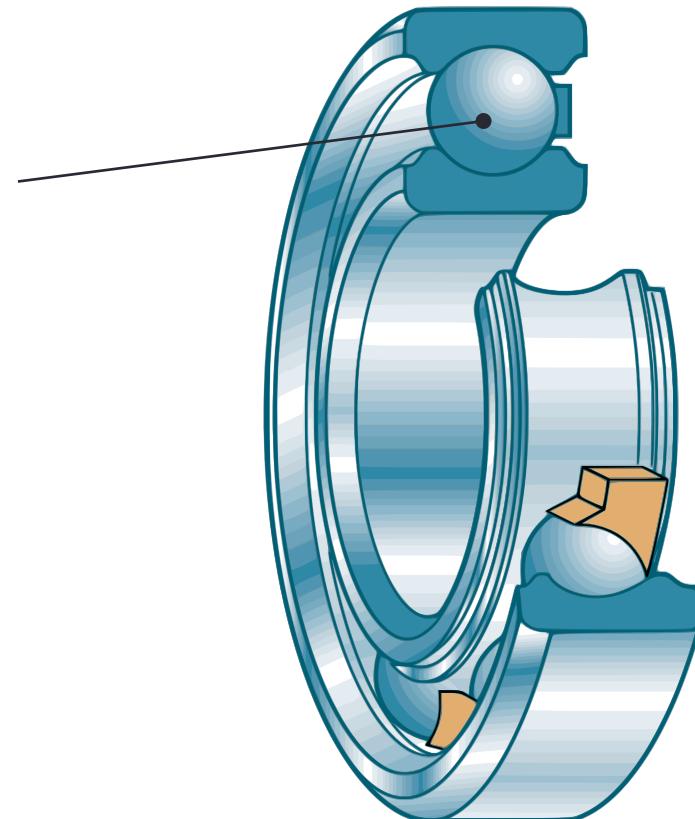
une bague intérieure liée à l'arbre



Constitution d'un roulement

Un roulement est généralement constitué des éléments suivants :

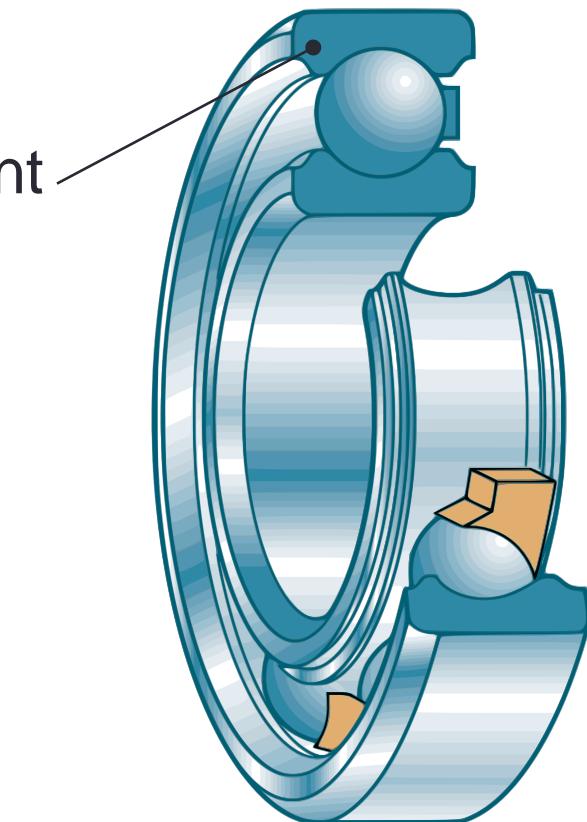
Des éléments roulants interposés entre les deux bagues



Constitution d'un roulement

Un roulement est généralement constitué des éléments suivants :

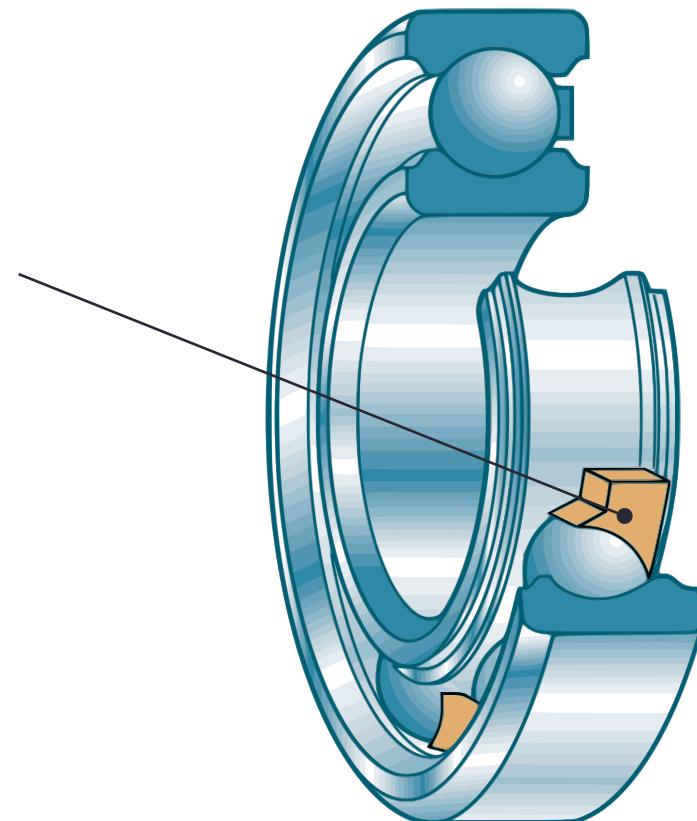
Une bague extérieure liée au logement



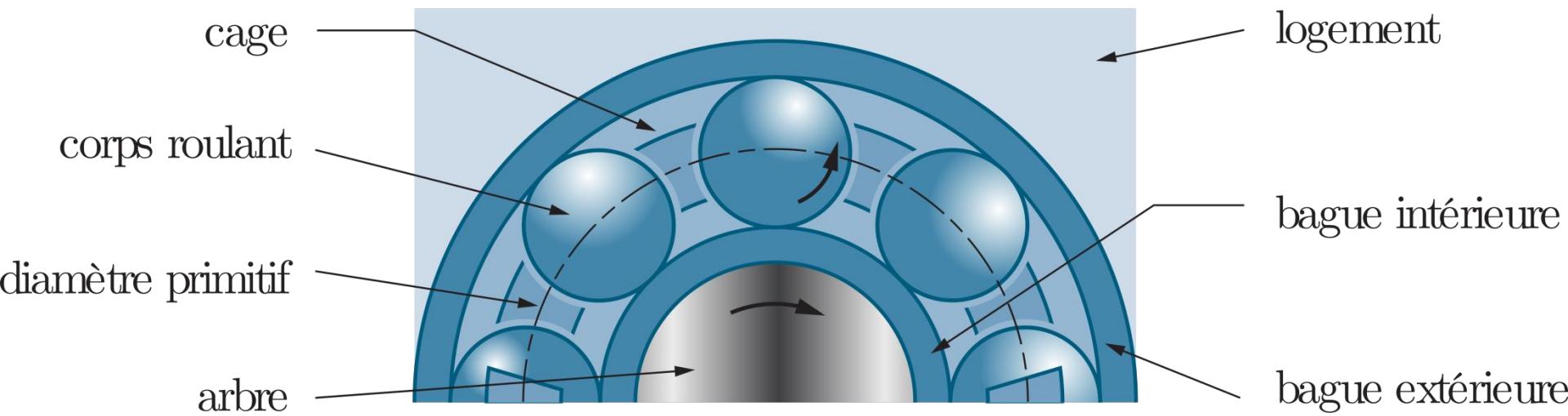
Constitution d'un roulement

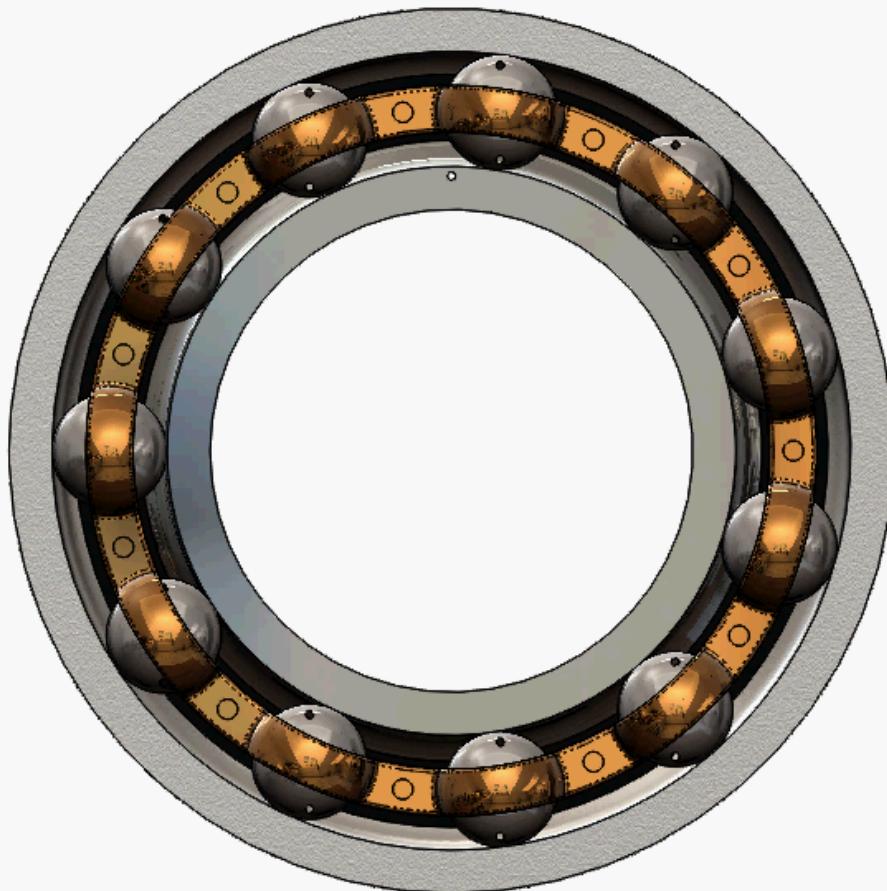
Un roulement est généralement constitué des éléments suivants :

Une cage assurant la bonne répartition des éléments roulants

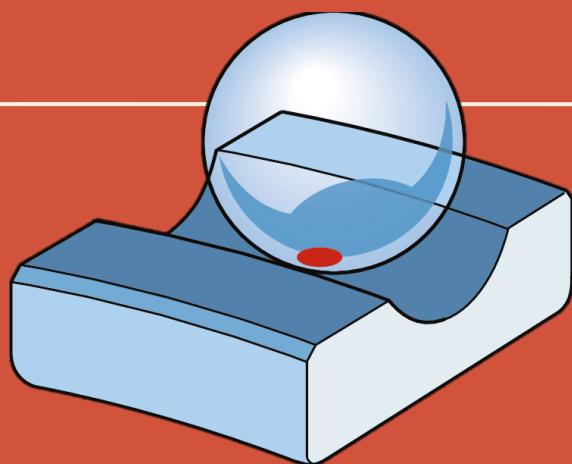


Constitution d'un roulement

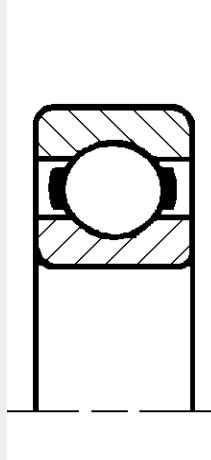
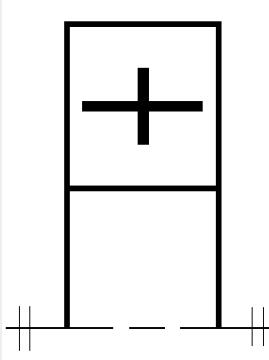




ÉLÉMENTS ROULANTS DE TYPE BILLES

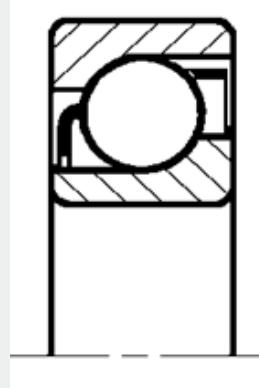
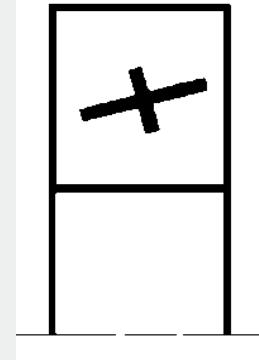


Roulement rigide à une rangée de billes

Représentation	Schémas	Caractéristiques
	 	<ul style="list-style-type: none">- Ne se démontent pas- Convient pour charges radiales et axiales élevées- Convient pour des vitesses élevées.- Nécessitent l'alignement des paliers (écart maximum de déversement entre bagues intérieures et extérieures 10').- Désignation: 30 BC 02

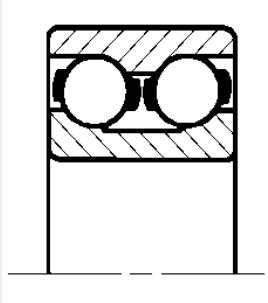
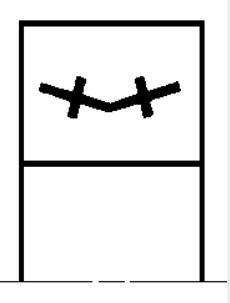


Roulement à une rangée de billes à contact oblique

Représentation	Schémas	Caractéristiques
	 	<ul style="list-style-type: none">- Se démontent- Supportent des charges axiales élevées mais dans un seul sens.- Pour supporter des charges dans les deux sens, ces roulements se montent en opposition; le jeu axial de fonctionnement doit être nul.- Désignation: 30 BT 03



Roulement à deux rangées de billes à contact oblique

Représentation	Schémas	Caractéristiques
	 	<ul style="list-style-type: none">- Supportent des charges axiales et radiales élevées <p>Guidage d'un arbre court Utilisation d'un seul roulement qui réalise la liaison pivot.</p> <p>Guidage d'un arbre long Le roulement joue le rôle de palier fixe et sera donc accouplé à un roulement à rouleaux cylindriques pour le palier libre</p> <p>30 BE 32</p>

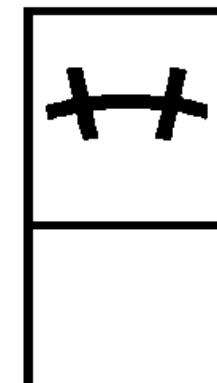
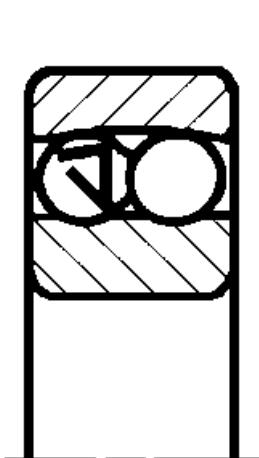


Roulements à rotule sur deux rangées de billes

Représentation



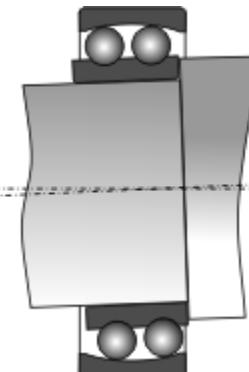
Schémas



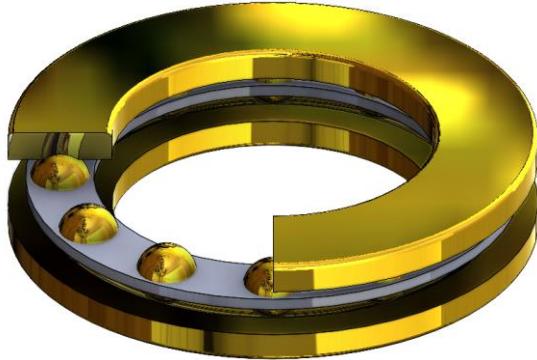
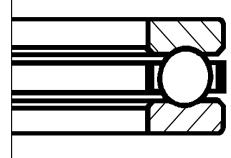
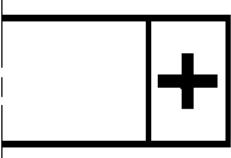
Carac

- Basculement de la bague intérieure par rapport à la bague extérieure (déversement admis 2°).
- Convient pour des arbres longs se déformant à la flexion.
- Ne se démontent pas.
- Convient pour des charges axiales faibles et des charges radiales élevées.

20 BS 03

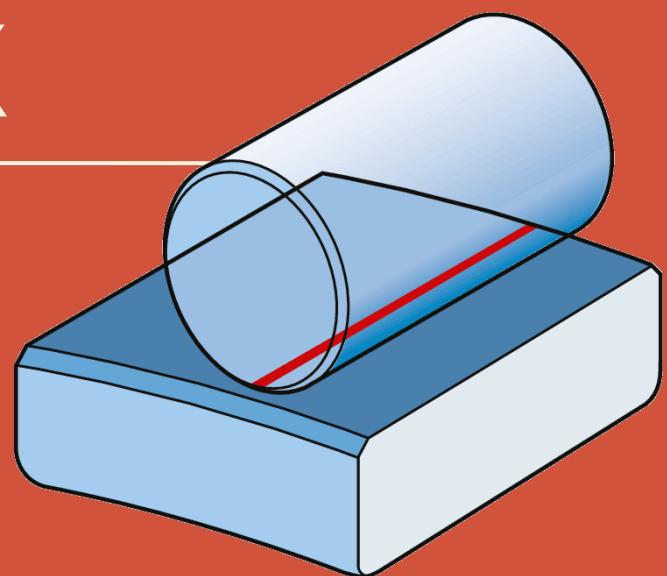


Butée à billes

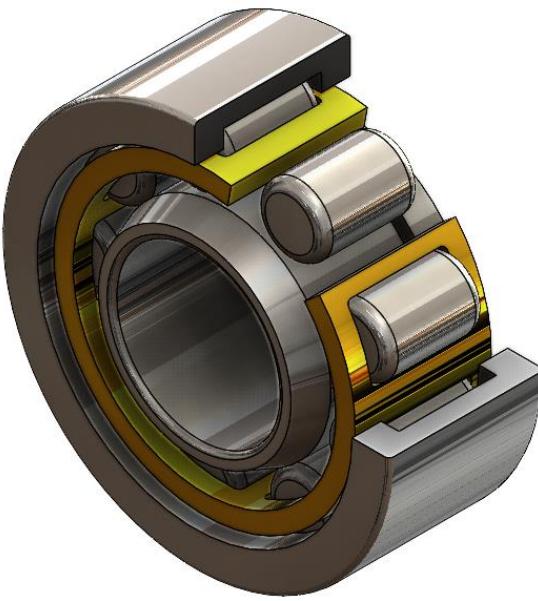
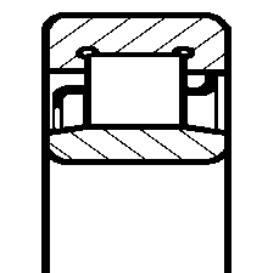
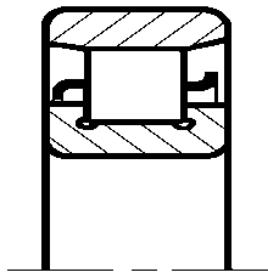
Représentation	Schémas	Caractéristiques
	 	<ul style="list-style-type: none">- Supportent uniquement des charges axiales.- Ne peuvent être utilisées comme palier.- Nécessitent un effort axial minimum. <p>Butée à simple effet: Supportent des charges axiales dans un seul sens.</p> <p>Butée à double effet: Supportent des charges axiales dans les deux sens.</p>



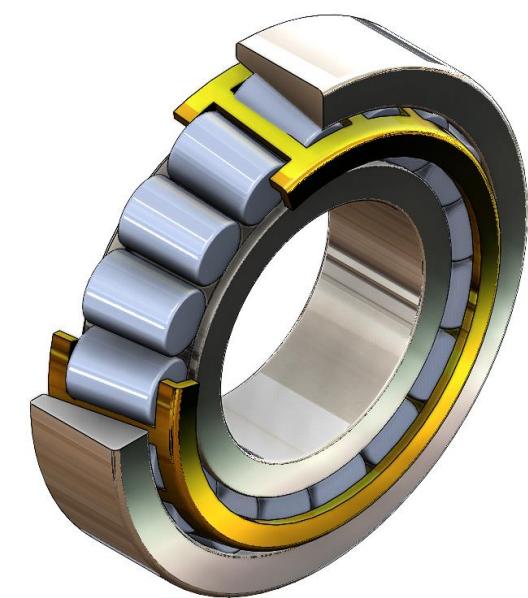
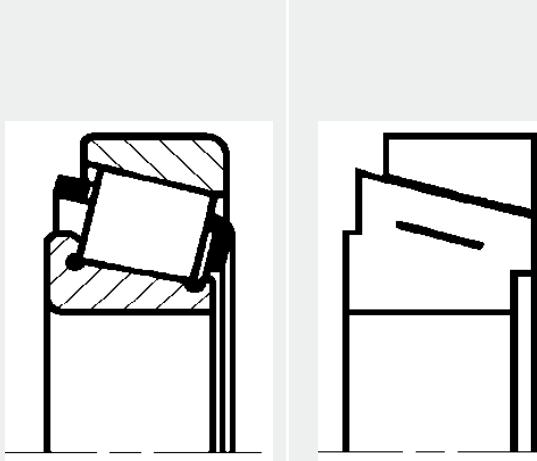
ÉLÉMENTS ROULANTS DE TYPE ROULEAUX



Roulements à rouleaux cylindriques

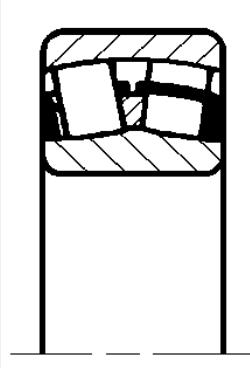
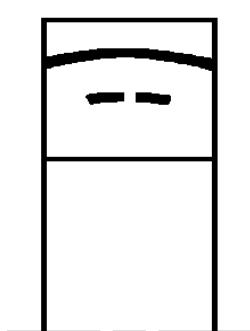
Représentation	Schémas	Caractéristiques
	 	<ul style="list-style-type: none">- Sont à bagues séparables.- Ne peuvent supporter des charges axiales.- Permettent un mouvement relatif de translation entre la bague intérieure et la bague extérieure.- Convient pour de grandes vitesses de rotation.- Convient pour des charges radiales élevées. <p>30 BU 03</p>

Roulements à rouleaux coniques

Représentation	Schémas	Caractéristiques
		<ul style="list-style-type: none">- Admettent des charges axiales élevées mais dans un seul sens- Admettent des charges radiales élevées.- Pendant le fonctionnement le jeu interne doit être nul. <p>25 KB 03</p>



Roulements à rotule sur rouleaux

Représentation	Schémas	Caractéristiques
	 	<ul style="list-style-type: none">- Sont du même type que les roulements à rotule sur deux rangées de billes.- Supportent des charges radiales plus élevées mais permettent des vitesses moins importantes. <p>30 SC 22</p>



CRITÈRES DE CHOIX DES ROULEMENTS

Critères principaux

La grande variété des roulements disponibles conduit à identifier des critères de choix pertinents qui conduisent systématiquement à déterminer le meilleur compromis entre les performances attendues et le prix.

Les critères de comparaison et de choix sont :

La capacité du roulement à supporter les types de charges, axiale et radiale

Nota : pour certains roulements, la charge axiale est unilatérale ce qui signifie que le roulement ne tolère d'effort axial que dans un seul sens. Il s'agit de roulements dits à bagues séparables. Ces roulements sont nécessairement montés par paire.



Critères principaux

La grande variété des roulements disponibles conduit à identifier des critères de choix pertinents qui conduisent systématiquement à déterminer le meilleur compromis entre les performances attendues et le prix.

Les critères de comparaison et de choix sont :

Le régime de vitesse de rotation



Critères principaux

La grande variété des roulements disponibles conduit à identifier des critères de choix pertinents qui conduisent systématiquement à déterminer le meilleur compromis entre les performances attendues et le prix.

Les critères de comparaison et de choix sont :

Le niveau sonore



Critères principaux

La grande variété des roulements disponibles conduit à identifier des critères de choix pertinents qui conduisent systématiquement à déterminer le meilleur compromis entre les performances attendues et le prix.

Les critères de comparaison et de choix sont :

Le couple résistant

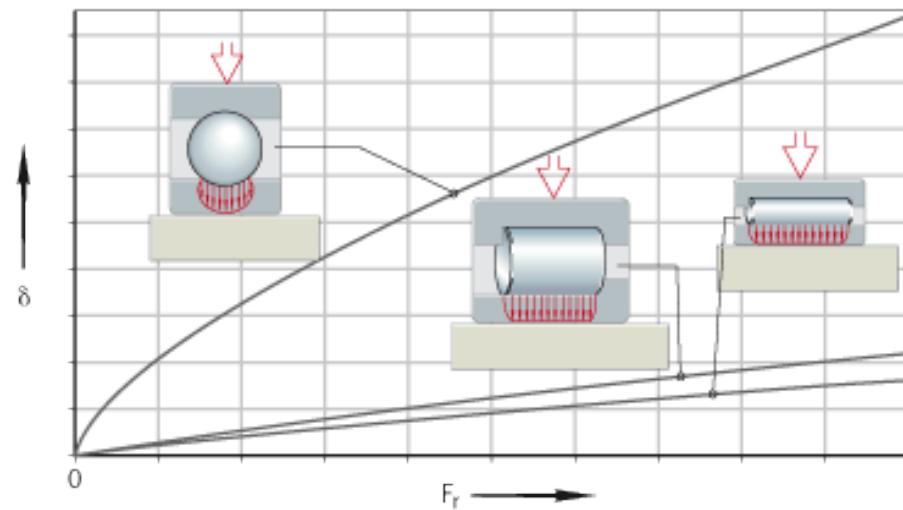


Critères principaux

La grande variété des roulements disponibles conduit à identifier des critères de choix pertinents qui conduisent systématiquement à déterminer le meilleur compromis entre les performances attendues et le prix.

Les critères de comparaison et de choix sont :

La rigidité (déformation en fonction du chargement appliqué)



Graphe d'évolution de l'écrasement en fonction de l'effort radial pour différents types de contacts



Critères principaux

La grande variété des roulements disponibles conduit à identifier des critères de choix pertinents qui conduisent systématiquement à déterminer le meilleur compromis entre les performances attendues et le prix.

Les critères de comparaison et de choix sont :

La résistance aux chocs et aux vibrations



Critères principaux

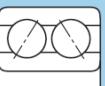
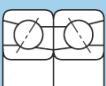
La grande variété des roulements disponibles conduit à identifier des critères de choix pertinents qui conduisent systématiquement à déterminer le meilleur compromis entre les performances attendues et le prix.

Les critères de comparaison et de choix sont :

Le désalignement autorisé en fonctionnement normal

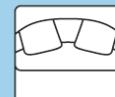
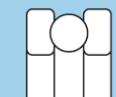
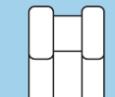
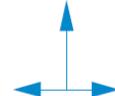
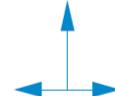


Caractéristiques comparées

Types de roulements	Roulement à gorges profondes	Roulement à contact oblique	Roulement à billes à contact oblique à deux rangées	Roulement à billes à contact oblique appariés	Roulement à billes auto aligneur	Roulement à rouleaux cylindriques	Roulement à rouleaux cylindriques	Roulement à rouleaux cylindriques à deux rangées	Roulement à aiguilles
Caractéristiques									
Direction des charges									
Charge radiale									
Charge axiale									
Vitesse de rotation élevée ^①	★★★★★	★★★★★	★★	★★★	★★	★★★★★	★★★★★	★★★★	★★★★
Précision de rotation élevée ^①	★★★	★★★	★★	★★★		★★★	★★	★★	★★★
Niveau sonore faible ^①	★★★★★	★★★★		★		★	★	★	★
Faible couple ^①	★★★★★	★★★★		★★	★	★			
Rigidité élevée ^①			★★	★★		★★	★★	★★	★★
Résistance aux chocs et vibrations ^①			★		★	★★		★★	★★
Désalignement ^①	★				★★★★	★	★★★		



Caractéristiques comparées

Roulement à rouleaux coniques	Roulement à rouleaux coniques à deux ou quatre rangées	Roulement à rouleaux sphériques	Butée à billes	Butée à rouleaux cylindriques	Butée à rouleaux sphériques		Types de roulements
							Caractéristiques
							
							
★★★	★★	★★	★	★	★	A-70	Vitesse de rotation élevée ^①
★★★★	★		★			A-35	Précision de rotation élevée ^①
			★			—	Niveau sonore faible ^①
						A-71	Faible couple ^①
★★	★★★★★	★★★		★★★	★★★	A-58	Rigidité élevée ^①
★★	★★★★	★★★		★★★	★★★	A-21	Résistance aux chocs et vibrations ^①
★		★★★		★	★★★	A-85	Désalignement ^①



DIMENSIONNEMENT DES ROULEMENTS

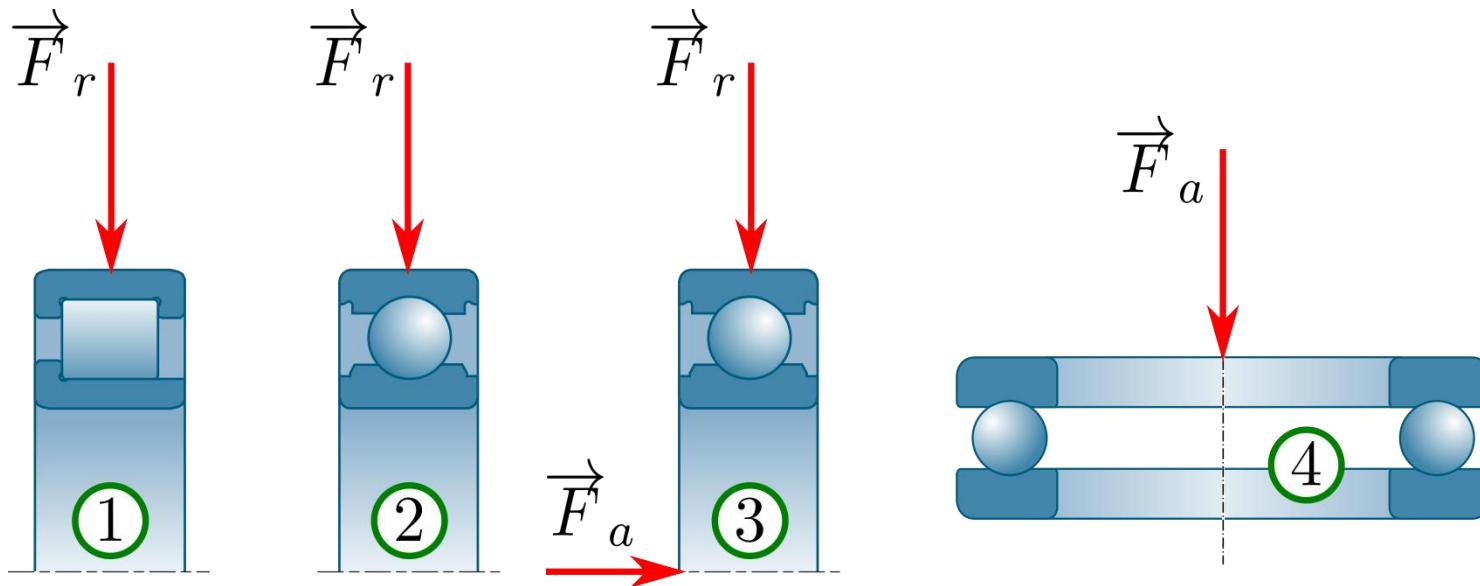
Types de chargements

Le dimensionnement d'un roulement n'est possible que si l'on a une connaissance suffisante des efforts mis en jeu. Pour caractériser ces efforts, on a l'habitude de considérer :

- Les efforts purement radiaux : colinéaires à un rayon du roulement, passant par le centre
- Les efforts purement axiaux : colinéaires à l'axe de rotation du roulement
- Les chargements combinés : constitués d'une composante axiale et d'une composante radiale



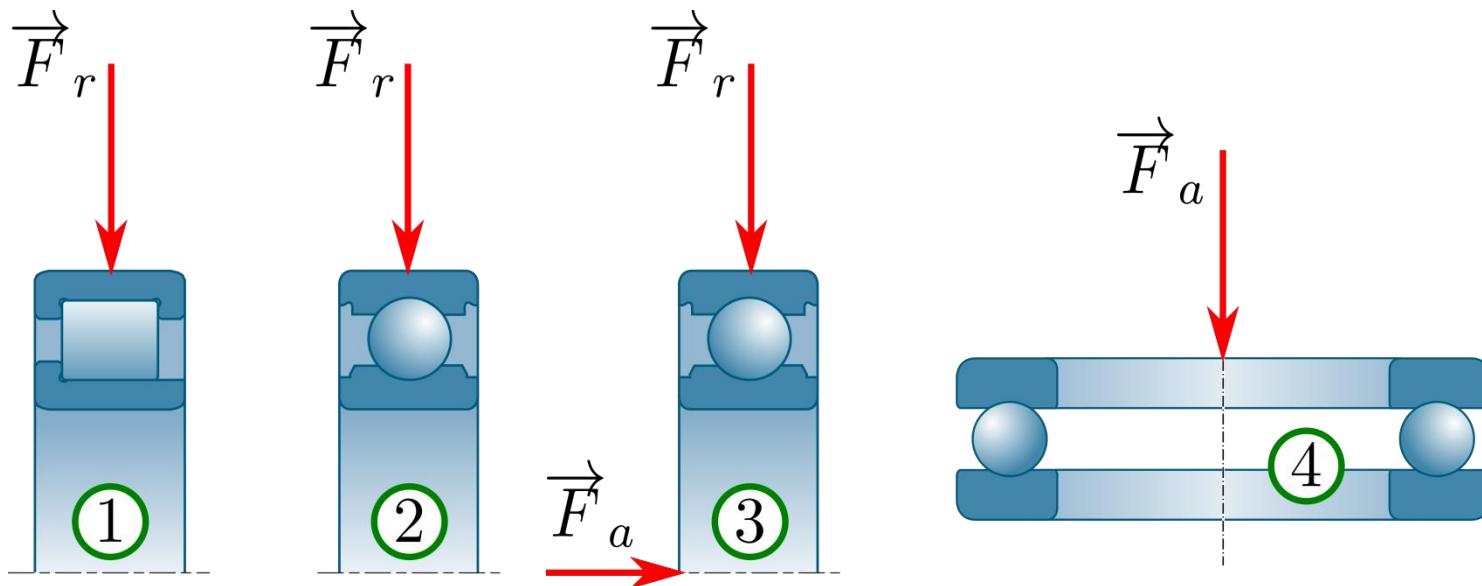
Types de chargements



Le cas 1 montre un roulement à rouleaux cylindriques soumis à une charge purement radiale (il ne supporte d'ailleurs aucune charge axiale)



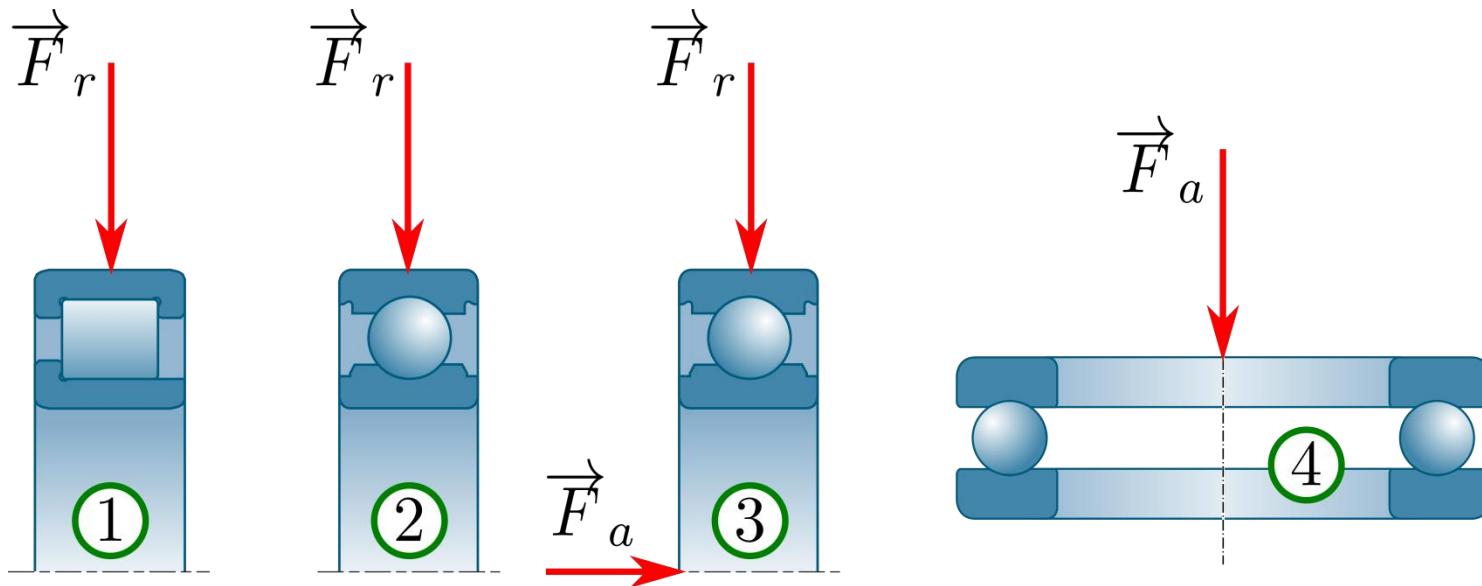
Types de chargements



Le cas 2 montre un roulement à billes uniquement soumis à un effort radial



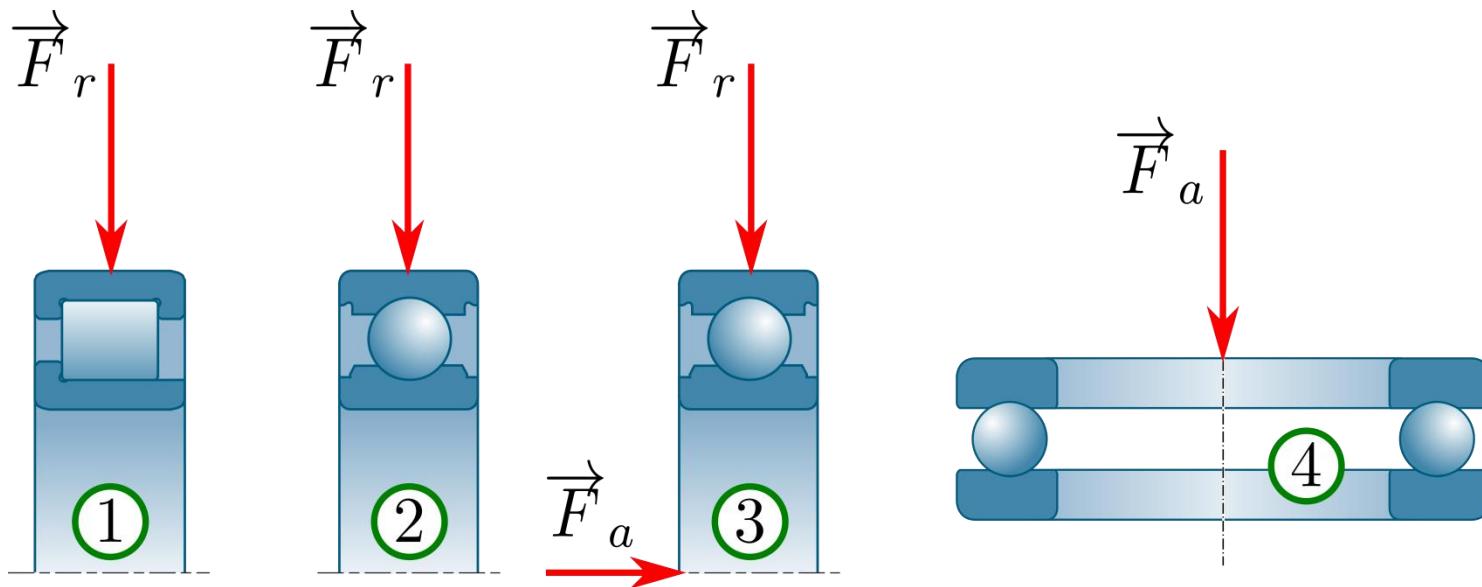
Types de chargements



Le cas 3 montre un roulement à billes soumis à une charge combinée



Types de chargements



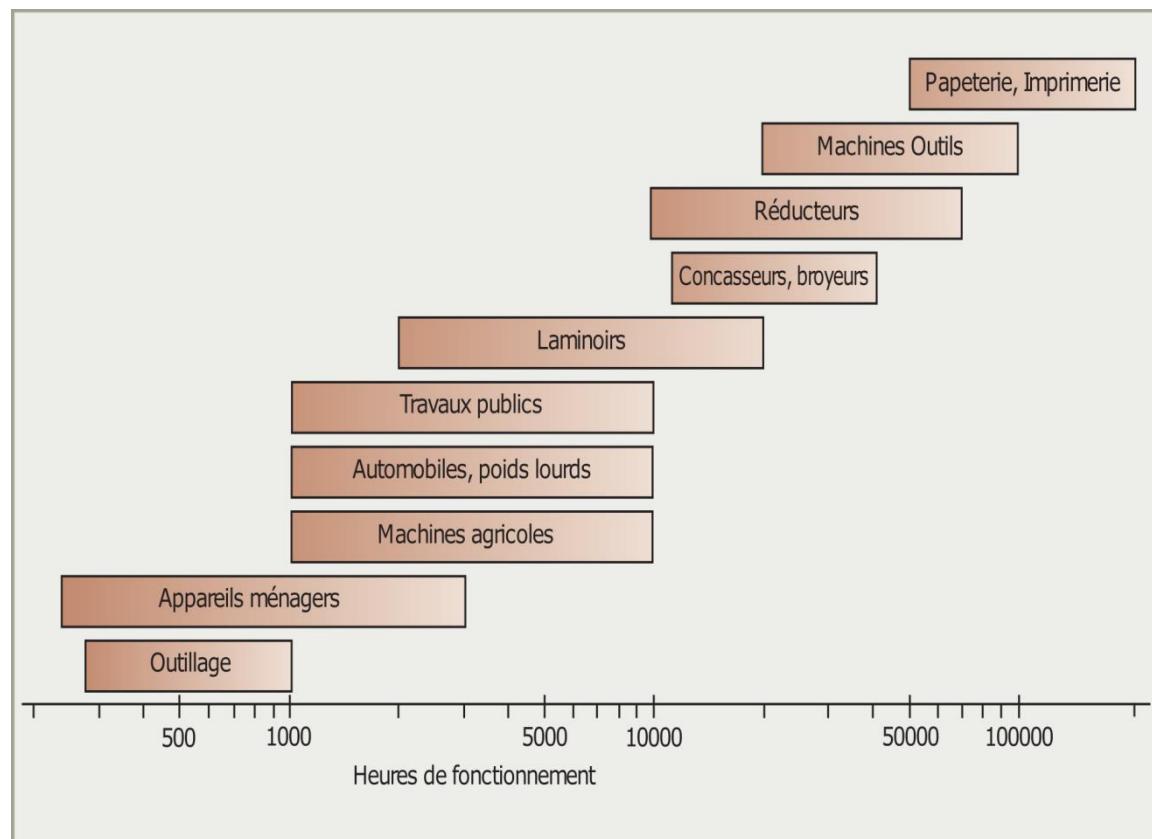
Le cas 4 montre une butée à bille soumise à une charge purement axiale



Durée de vie

- Lorsqu'un roulement est jugé apte à résister au chargement qui lui est appliqué, un critère déterminant de dimensionnement est la durée de vie :

Ordres de grandeur des durées de vie en fonction du secteur d'activité



Durée de vie

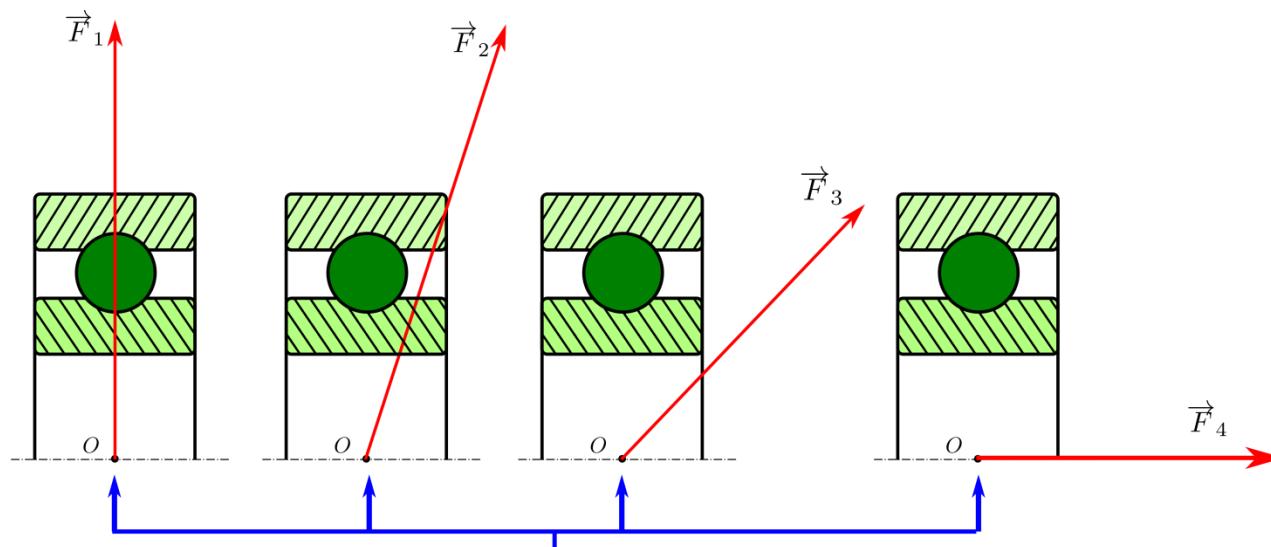
Le calcul de la durée de vie d'un roulement s'établit en fonction du type de roulement, de l'intensité des efforts et de leur répartition axiale – radiale. La norme ISO 281 propose une démarche simplifiée de la détermination de la durée de vie.

Les variations de durée de vie sur une population de roulements identiques soumis au même cas de charge peuvent être importantes. C'est la raison pour laquelle on considère souvent comme durée de vie nominale, la durée de vie atteinte par 90% des roulements d'une population.



Charge radiale dynamique équivalente

On peut expérimentalement déterminer la durée de vie :

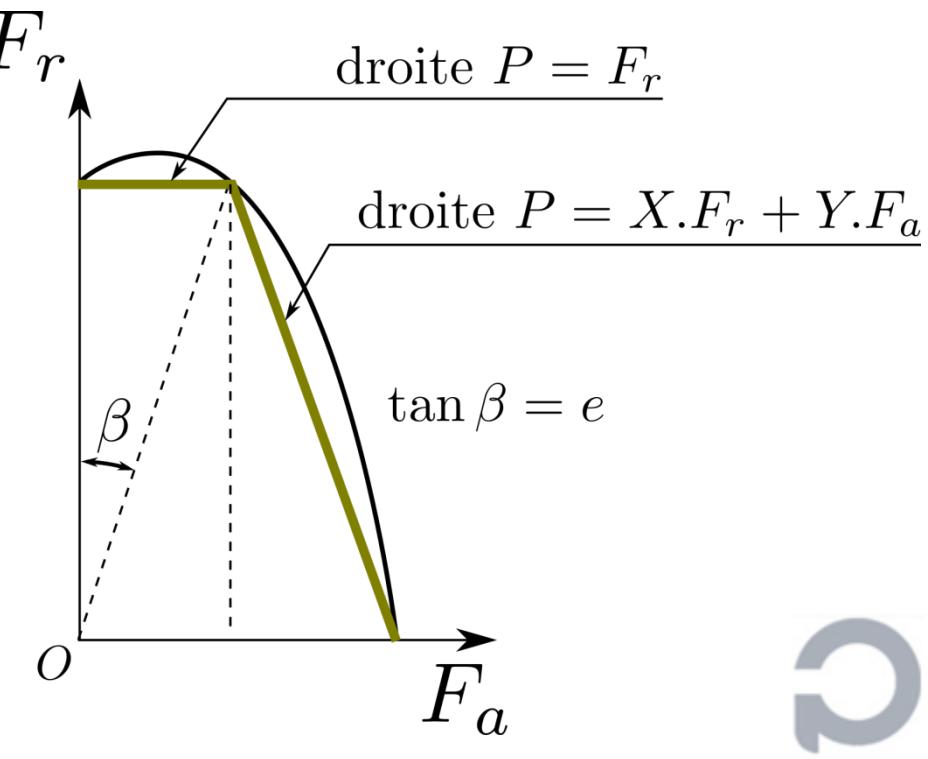
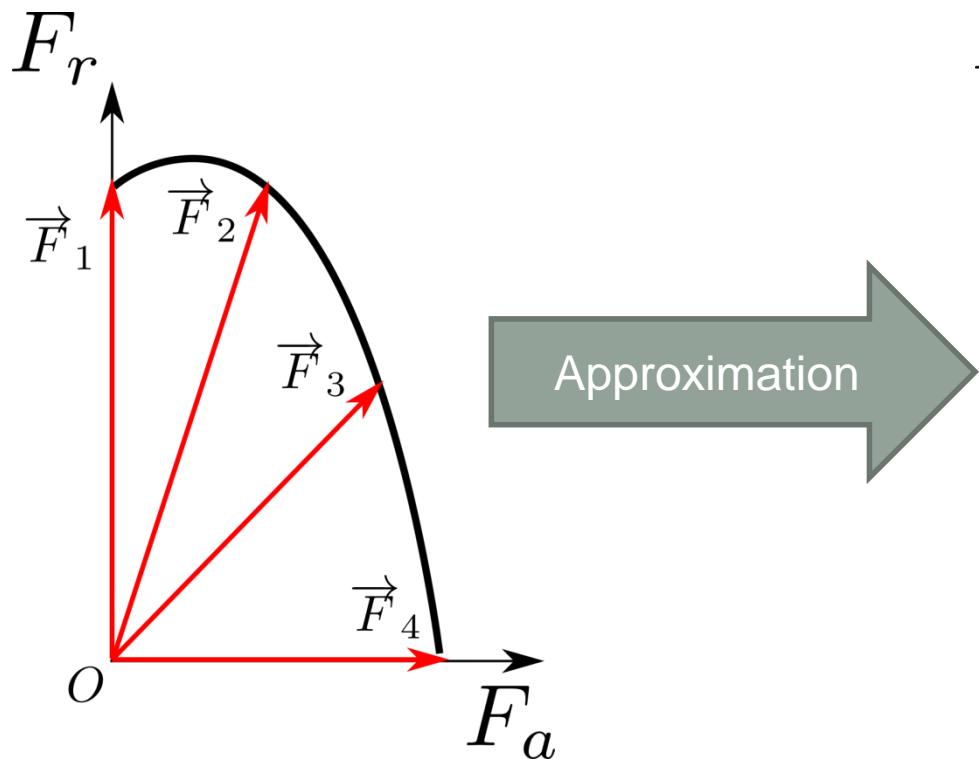


La durée de vie L_{10} est la même dans les 4 cas



Charge radiale dynamique équivalente

Pour faciliter le calcul, les manufacturiers simplifient cette courbe d'équidurée de vie et font l'approximation de cette courbe en deux portions linéaires. On compare alors le rapport F_A/F_R à la valeur de e pour savoir quelle est la loi à considérer.



Charge radiale dynamique équivalente

- La charge équivalente P vaut donc :

Pour $\frac{F_A}{F_R} < e$: $P = F_R$ (l'effet de la charge axiale est négligé)

Pour $\frac{F_A}{F_R} > e$: $P = X.F_R + Y.F_A$

les coefficients X et Y étant donnés par le fabricant



Durée de vie nominale

- On considère généralement les formules suivantes :

$$L_{10} = \left(\frac{C}{P} \right)^3$$
 pour les roulements à billes

$$L_{10} = \left(\frac{C}{P} \right)^{10/3}$$
 pour les roulements à rouleaux

avec :

- C La charge dynamique de base (N) : charge constante supportée par un roulement pour atteindre une durée de vie de 1 million de tours.
- L_{10} La durée de vie nominale (en millions de tours)
- P La charge dynamique équivalente appliquée (N)



Charge dynamique de base

- Selon l'ISO, pour un roulement à billes :

$$C = f_c \cdot i \cdot \cos \alpha^{0,7} Z^{2/3} D_W^{1,8}$$

Pour les roulements à rouleaux :

$$C = f_c \cdot i.l \cdot \cos \alpha^{7/9} Z^{3/4} D_W^{29/27}$$

Pour les butées à billes :

$$C = f_c \cdot Z^{2/3} D_W^{1,8}$$



Charge dynamique de base

- Dans ces formules :
- C désigne la charge dynamique de base du roulement
- Z désigne le nombre d'éléments roulants
- D_W désigne le diamètre du corps roulant
- l désigne la longueur du contact
- i désigne le nombre de rangées de corps roulants
- α désigne l'angle de contact
- fc est un coefficient correctif dépendant des caractéristiques géométriques du roulement



Capacité de charge statique

Lorsque le roulement est :

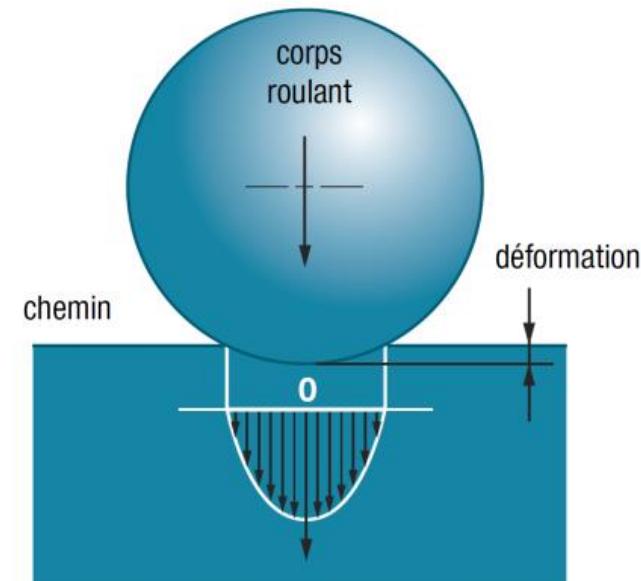
- à l'arrêt ou effectue des oscillations de faible amplitude ET QUE le roulement supporte des charges (continues ou non)
- soumis à des chocs lors de sa rotation normale

Alors il faut considérer la charge statique comme critère de dimensionnement.



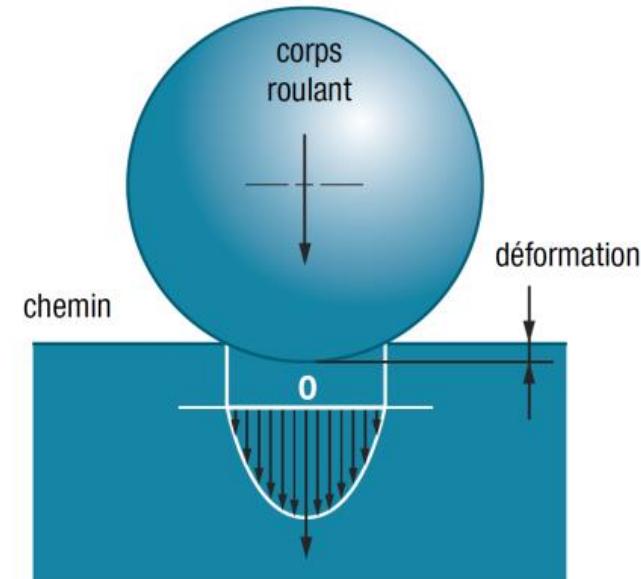
Capacité de charge statique

- Le schéma ci-contre représente le comportement au voisinage du contact lors de l'application d'une charge statique.
- La théorie de Hertz permet alors de déterminer des caractéristiques fondamentales telles que les dimensions de la surface de contact, l'évolution de la pression sur la surface de contact, les contraintes dans les différents éléments.



Capacité de charge statique

- Le risque de déformation permanente localisée est réel et préjudiciable au bon fonctionnement du roulement. Il est donc important de définir et de déterminer une charge maximale au-delà duquel les contraintes deviennent trop importantes.



Capacité de charge statique

Capacité statique de base d'un roulement C_0

La norme ISO 76 définit cette valeur comme la charge radiale (ou axiale s'il s'agit d'une butée) qui conduit à une pression de contact de :

- 4000 MPa pour les roulements ou butées à rouleaux
- 4200 MPa pour les roulements ou butées à billes
- 4600 MPa pour les roulements à rotule sur billes



Capacité de charge statique

Charge statique équivalente P_0

- Le calcul de P_0 présente des similitudes avec le calcul de P . Ainsi, on prendra pour la plus grande des valeurs entre :

$$P_0 = F_r$$

et

$$P_0 = X_0 \cdot F_r + Y_0 \cdot F_a$$

Où X_0 et Y_0 sont des coefficients fournis par les fabricants.



Capacité de charge statique

Facteur de sécurité

Logiquement, le facteur de sécurité mesure l'écart entre la charge statique équivalente (image du chargement réellement supporté par le roulement) par rapport à la limite que constitue la capacité statique de base du roulement :

$$f_s = \frac{C_0}{P_0}$$

On a l'habitude de considérer un facteur de sécurité de 1,5 à 3 pour des exigences sévères (bruit, précision), 1 à 1,5 pour des conditions normales, 0,5 à 1 pour des fonctionnements sans exigences.



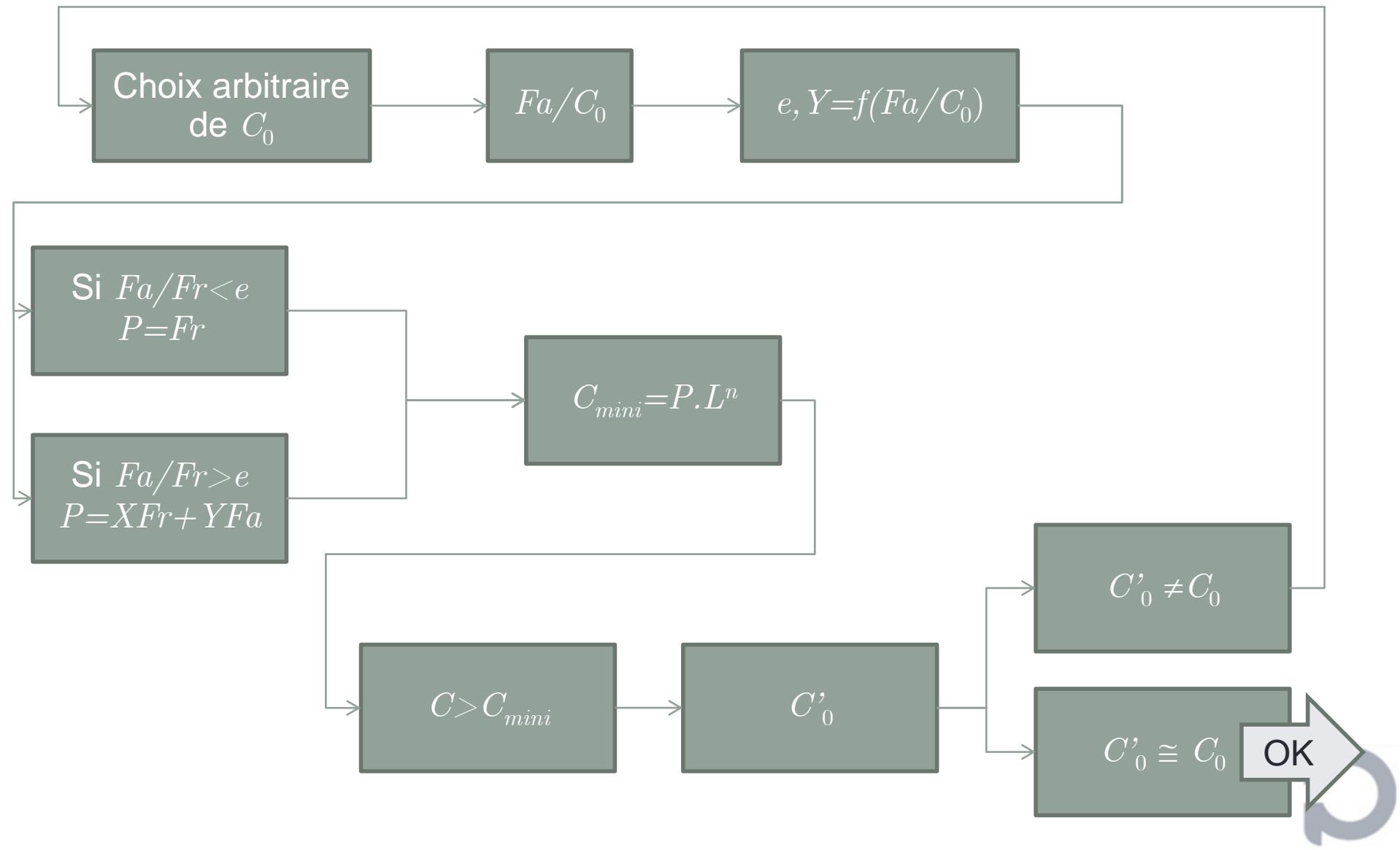
MÉTHODE DE SÉLECTION

Procédure de choix d'un roulement

- Le dimensionnement d'un roulement est un calcul délicat et itératif.
- Les données d'entrée, issues du cahier des charges et des calculs de prédimensionnement, sont :
 - ✓ La fréquence de rotation de l'arbre
 - ✓ le chargement (effort axial et radial)
 - ✓ les conditions de fonctionnement (chocs éventuels, fonctionnement oscillant, etc.)
 - ✓ la durée de vie cible



Procédure de choix d'un roulement



EXEMPLE DE DONNÉES FABRICANT

Exemples de données fabricants

	Dimensions				Charge de base		Facteur	Vitesse limite				Désignation			
					dynamique statique	dynamique statique						min ⁻¹	deux joints sans contact	joint à faible couple	à deux joints avec contact
	d	D	B	$r_s \text{ min}^{-1}$	mm	min	kN	huile ouvert Z LB	LLH	LLU	deux ouvert déflecteur				
10	15	3	0.1	—	0.855	0.435	Charge de base dynamique statique kN C_r C_{or}	12 000	—	—	6700	—	—	—	
	19	5	0.3	—	1.83	0.925		38 000	—	24 000	6800	ZZ	LLB	—	LLU
	22	6	0.3	0.3	2.7	1.27		36 000	—	21 000	6900	ZZ	LLB	—	LLU
	26	8	0.3	—	4.55	1.96		34 000	25 000	21 000	6000	ZZ	LLB	LLH	LLU
	30	9	0.6	0.5	5.10	2.39		30 000	21 000	18 000	6200	ZZ	LLB	LLH	LLU
	35	11	0.6	0.5	8.20	3.50		27 000	20 000	16 000	6300	ZZ	LLB	LLH	LLU
							0.855	0.435							
							1.83	0.925							
							2.7	1.27							
							4.55	1.96							
							5.10	2.39							
							8.20	3.50							



Exemples de données fabricants

Charge radiale dynamique équivalente

$$P_r = X F_r + Y F_a$$

$\frac{f_o \cdot F_a}{C_{or}}$	e	$\frac{F_a}{F_r} \leq e$		$\frac{F_a}{F_r} > e$	
		X	Y	X	Y
0.172	0.19				2.30
0.345	0.22				1.99
0.689	0.26				1.71
1.03	0.28				1.55
1.38	0.30	1	0	0.56	1.45
2.07	0.34				1.31
3.45	0.38				1.15
5.17	0.42				1.04
6.89	0.44				1.00

Charge radial statique équivalente

$$P_{or} = 0.6 F_r + 0.5 F_a$$

Pour $P_{or} < F_r$ prendre $P_{or} = F_r$



MODES DE DÉGRADATION DES ROULEMENTS

Modes de dégradation des roulements

On distingue 4 principaux modes de dégradation des roulements :

- Le grippage : résultant souvent d'une lubrification insuffisante
- L'écaillage profond initié en profondeur
- L'écaillage superficiel initié en surface
- L'écaillage profond initié en surface



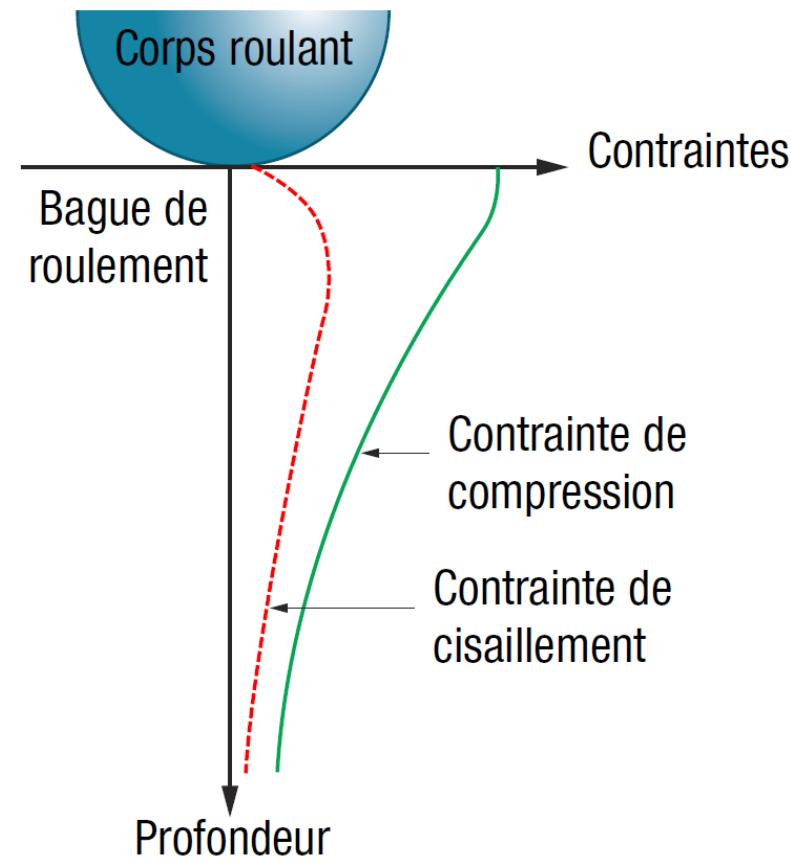
Écaillage profond initié en profondeur

On qualifie souvent cette détérioration de conventionnelle d'un roulement fonctionnant dans les conditions normales de fonctionnement.

La nature des contacts entre les éléments constitutifs du roulement conduit à l'apparition de forces localisées. La théorie de Hertz permet dans ce cas d'estimer les contraintes.

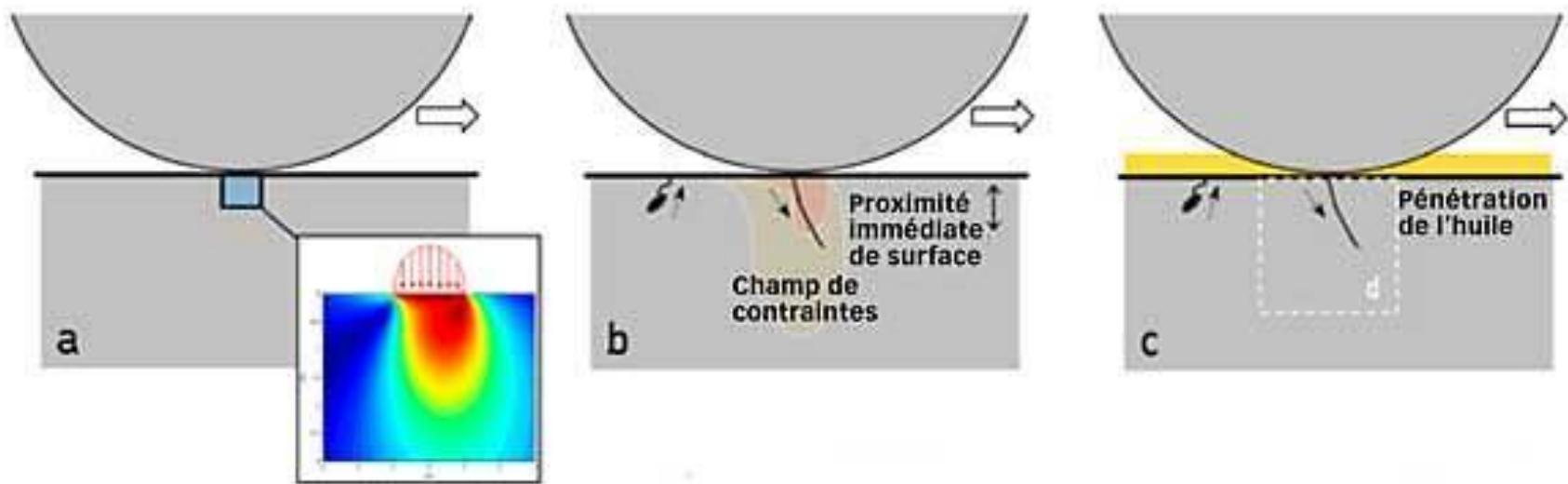
On distingue alors les contraintes de :

- compression qui sont maximales en surfaces (pouvant atteindre 3500 MPa)
- cisaillement qui sont maximales en sous couche (pouvant atteindre 1000 MPa)



Écaillage profond initié en profondeur

- Ce sont ces dernières qui sont à l'origine à long terme de fissures au sein du matériau dont la propagation conduit à l'écaillage.



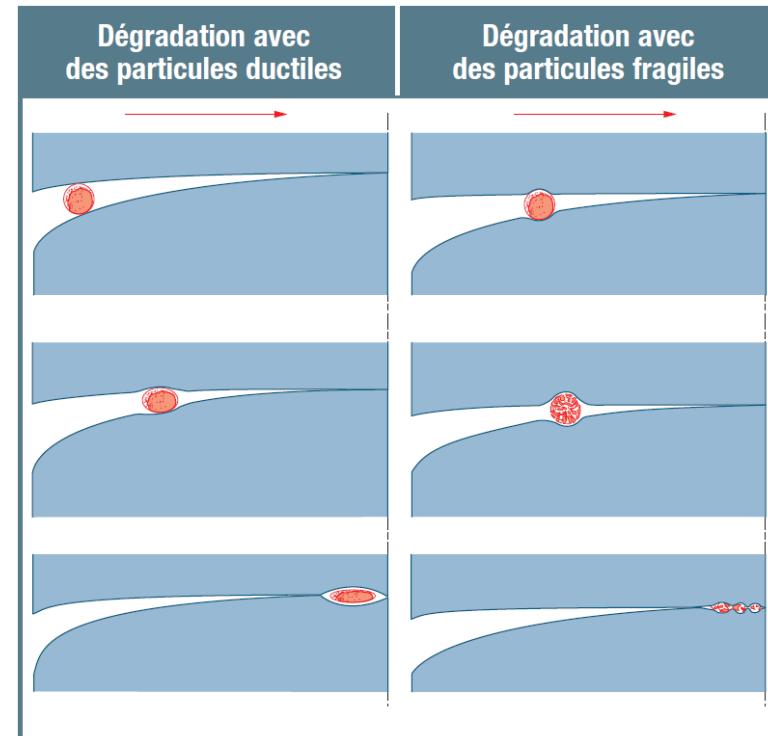
Écaillage superficiel initié en surface

- Ce mode de dégradation provient de la présence de petites particules (taille inférieure à $50 \mu\text{m}$) dont la dureté est supérieure à celle du roulement. La propagation de fissures engendrée par la présence de ces particules engendre une détérioration lente et une érosion de la surface de contact de l'ordre de quelques dizaine de mm.



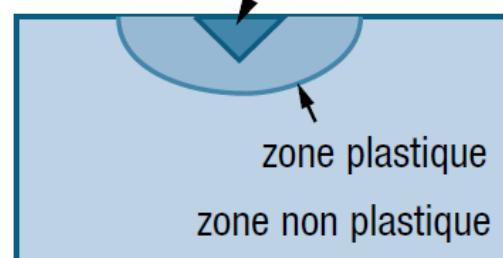
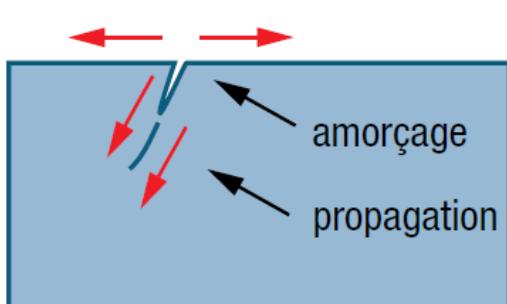
Écaillage profond initié en surface

- En cas de présence de particules de plus grandes dimensions (jusqu'à 300 µm voire au-delà) une dégradation liée au passage de la particule entre l'élément roulant et la bague apparaît. En fonction de la nature du matériau, la particule peut soit se déformer, soit se briser ce qui génère des modes de dégradations différents.



contrainte de traction

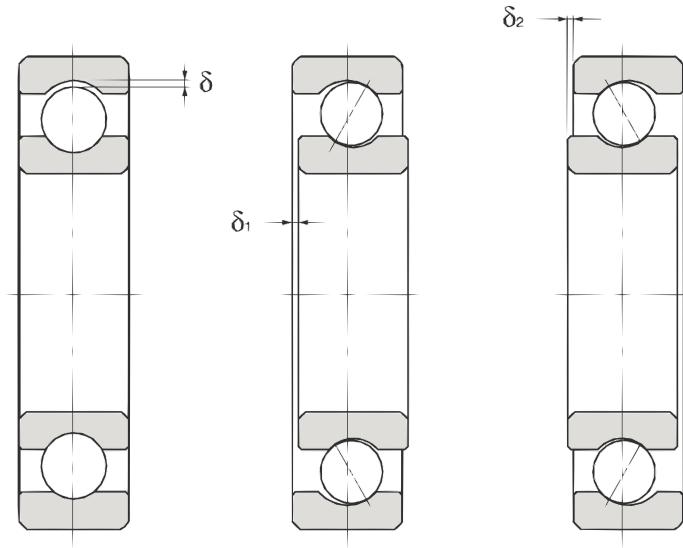
indentation



MODÉLISATION CINÉMATIQUE ET MONTAGE

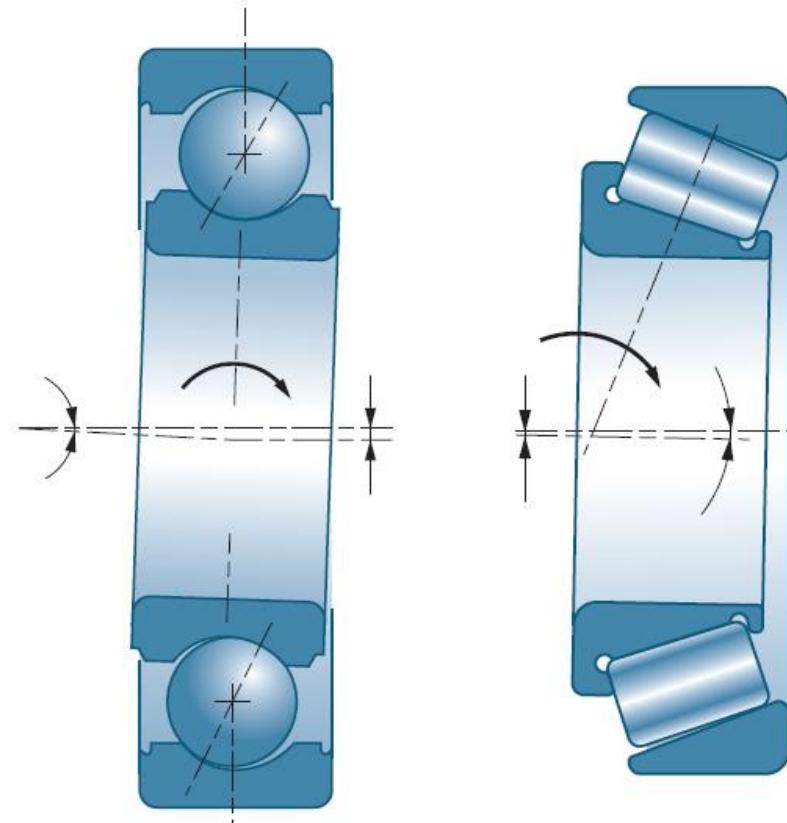
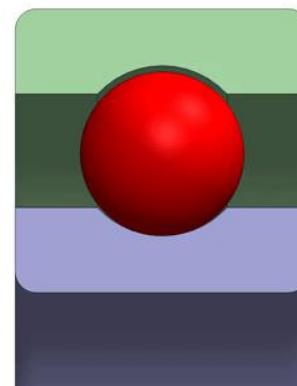
Jeu de fonctionnement et mobilités

- La constitution du composant roulement et la nécessité de disposer d'un jeu de fonctionnement entre les bagues et les éléments roulants induit la possibilité de mobilités internes.



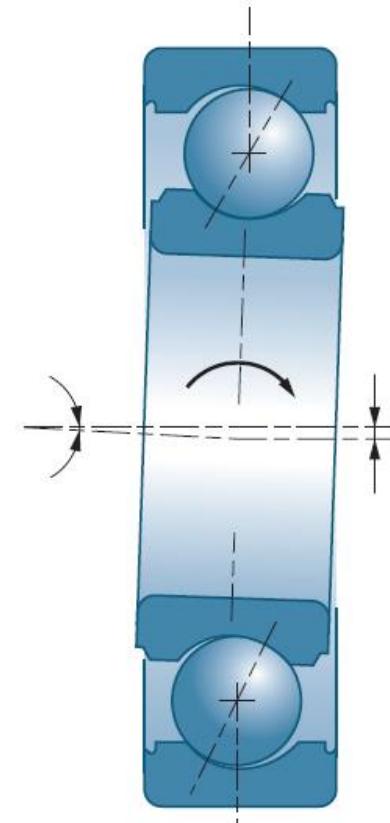
Jeu de fonctionnement et mobilités

- Ce jeu fonctionnel provoque pour le roulement une capacité de rotulage (on parle d'angle de rotulage ou d'angle de déversement) c'est-à-dire une rotation possible autour des deux axes perpendiculaires à l'axe de rotation.



Jeu de fonctionnement et mobilités

- Cet angle est très variable en fonction du type de roulement et en général de faible amplitude (de 5 à 10' d'arc pour un roulement rigide à billes) mais il n'est jamais suffisamment négligeable pour ne pas être comptabilisé comme une mobilité de la liaison réalisée.



Phénomène de laminage et règle de montage des roulements

La question est ici de préciser les conditions de montage des roulements :

- Quels doivent être les ajustements à préconiser pour le montage du roulement autour de l'arbre et dans le logement ?

Il faut écarter la possibilité d'un montage serré à la fois sur l'arbre et dans le logement car les déformations des bagues seraient de nature à provoquer un coincement des éléments roulants préjudiciable au bon fonctionnement.

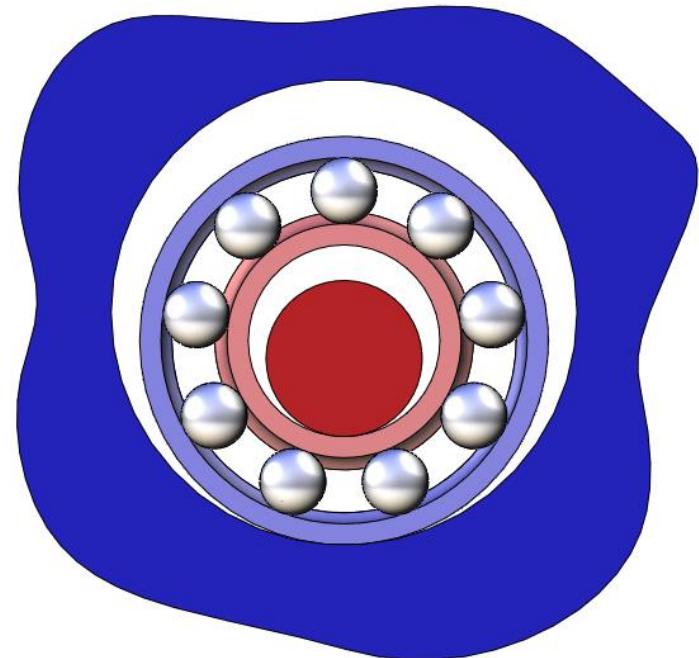


Phénomène de laminage et règle de montage des roulements

Peut-on envisager un montage glissant-glissant ?

L'expérience montre que cette configuration conduit à une ruine prématuée des bagues par le phénomène dit de laminage.

En effet, dans la configuration indiquée par la figure, la charge, représentée verticale, est supposée fixe, le mouvement de l'arbre combiné à la présence de la charge crée un écrasement de la bague intérieure.



Règle de montage

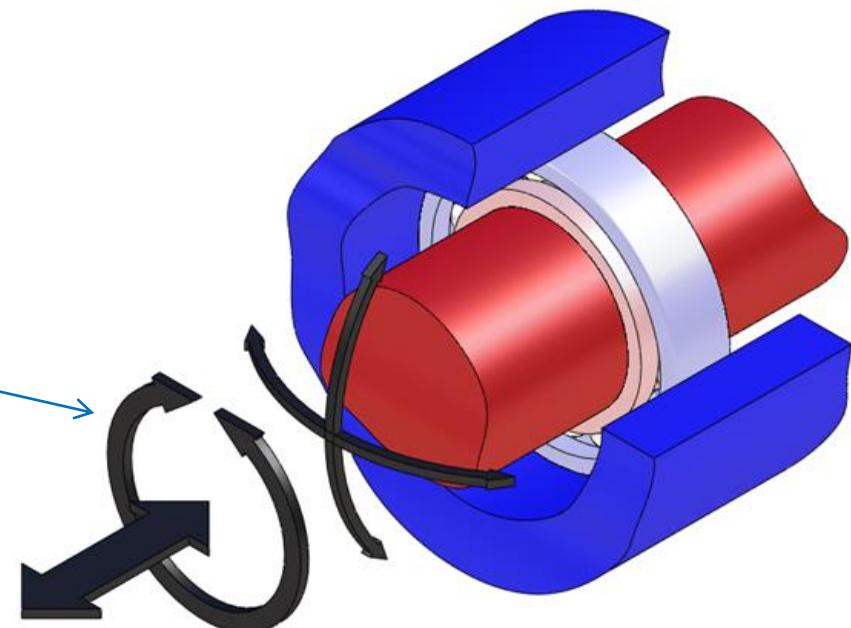
- Le montage idéal conduit donc à monter serrée l'une des bagues et laisser libre (montage glissant) l'autre bague. La description du phénomène de laminage amène au respect de la règle suivante :
- On monte **serrées** les bagues **tournantes** par rapport à la direction de la charge et on laisse **glissantes** les bagues **fixes** par rapport à la direction de la charge.



Retour aux mobilités et association des roulements

Si l'on recense les mobilités autorisées par l'assemblage d'un seul roulement représenté ci-contre, nous avons :

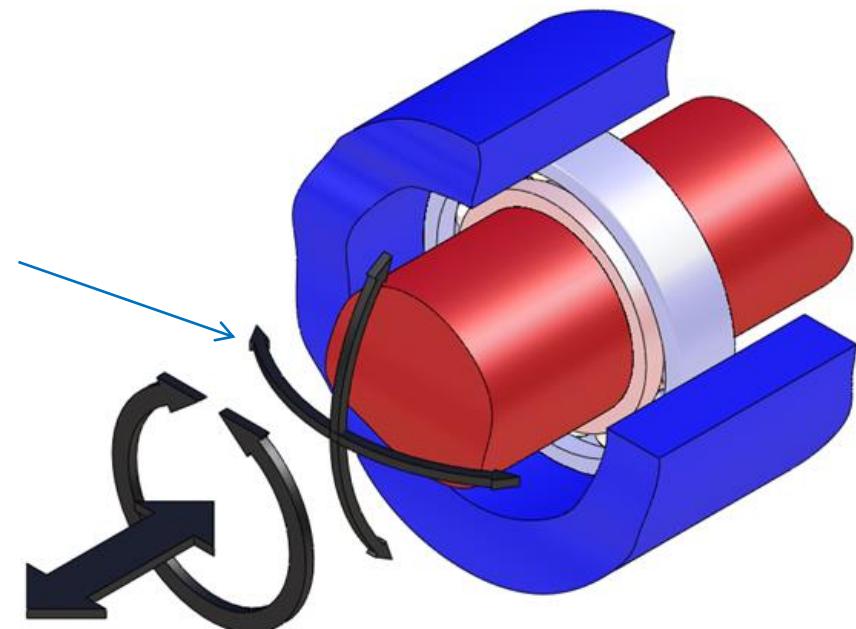
- La mobilité principale : la rotation autour de l'axe



Retour aux mobilités et association des roulements

Si l'on recense les mobilités autorisées par l'assemblage d'un seul roulement représenté ci-contre, nous avons :

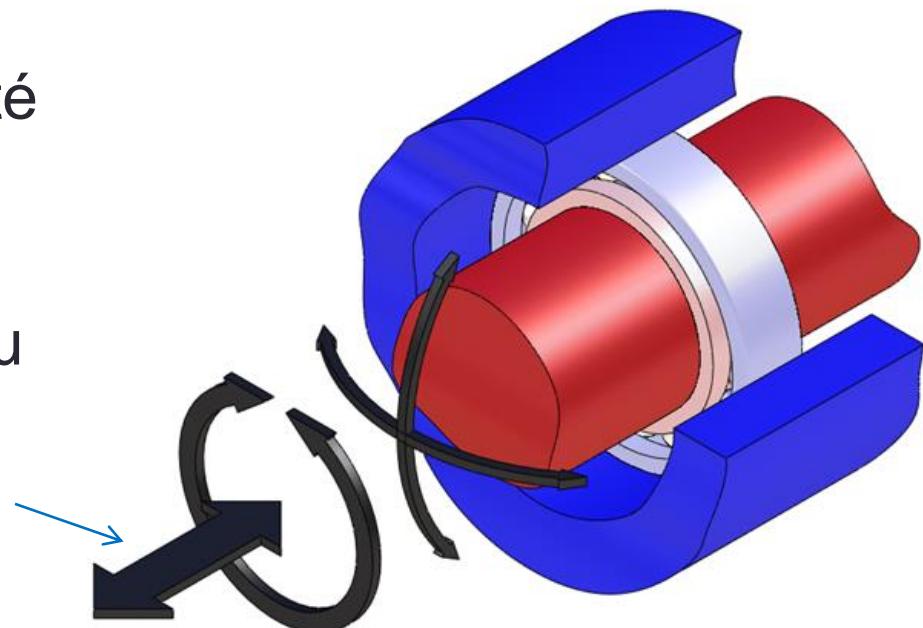
- Les mobilités internes au roulement (2 rotations supplémentaires, autour de 2 axes \perp entre eux et à l'axe principal)



Retour aux mobilités et association des roulements

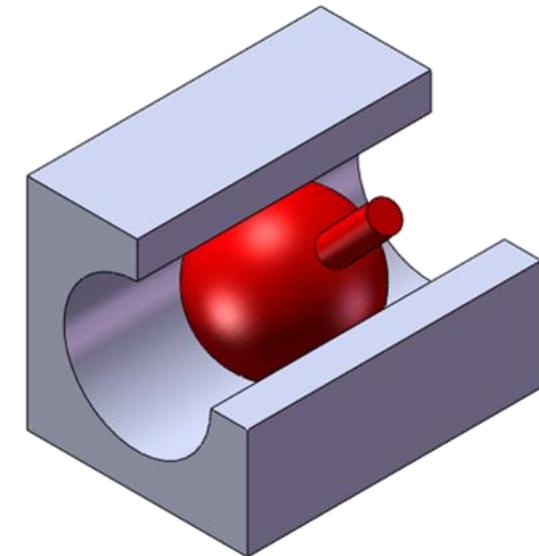
Si l'on recense les mobilités autorisées par l'assemblage d'un seul roulement représenté ci-contre, nous avons :

- La mobilité liée à la présence de jeu soit au niveau de la bague intérieure, soit au niveau de la bague extérieure



Retour aux mobilités et association des roulements

- L'analyse de l'ensemble de ces mobilités conduit à l'identification que la liaison assurée par un roulement seul est une liaison de type « linéaire annulaire »



Liaison linéaire annulaire d'axe Ox				Tx	Rx
				0	Ry
				0	Rz

$\{S_{2 \rightarrow 1}\} = \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ Y & 0 \\ Z & 0 \end{bmatrix}_{x,y,z}$



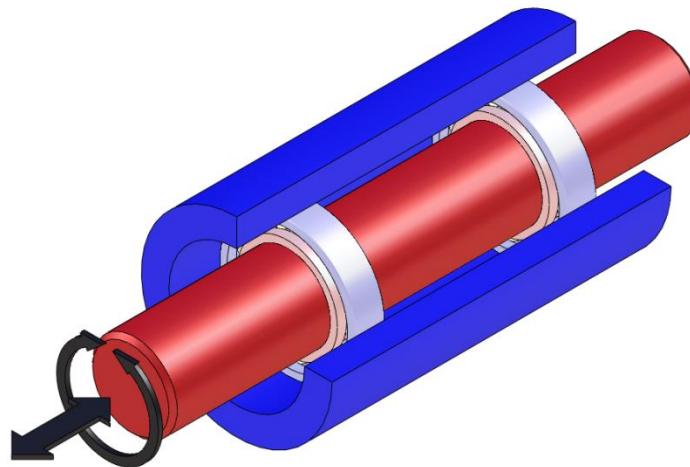
Retour aux mobilités et association des roulements

→ Pour réaliser une liaison pivot, il faut
associer plusieurs roulements.



Retour aux mobilités et association des roulements

- L'association de deux roulements permet de supprimer deux mobilités et le modèle correspondant est alors une liaison de type pivot-glissant (une translation et une rotation suivant l'axe principal).

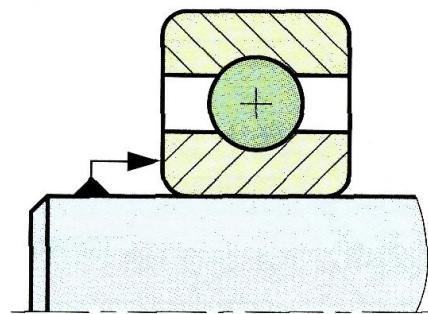


- Pour atteindre un véritable guidage en rotation, il reste donc à immobiliser le montage en translation.



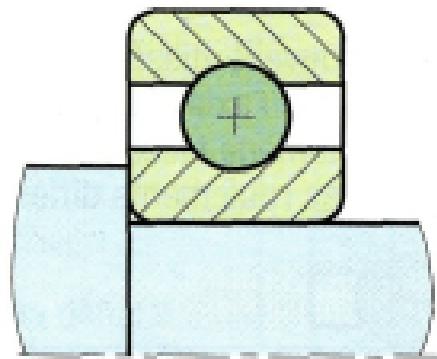
Arrêts axiaux : solutions technologiques

- Il est à noter également que le montage serré de l'une des deux bagues des roulements (en fonction du cas de charge) n'est pas de nature à supporter l'intensité des efforts axiaux. Il est donc indispensable de prévoir des dispositions constructives adéquates.



Arrêts axiaux : solutions technologiques

- La solution la plus simple et la plus économique et une des plus robustes, lorsque le procédé d'obtention de l'arbre le permet consiste à faire un épaulement sur l'arbre :

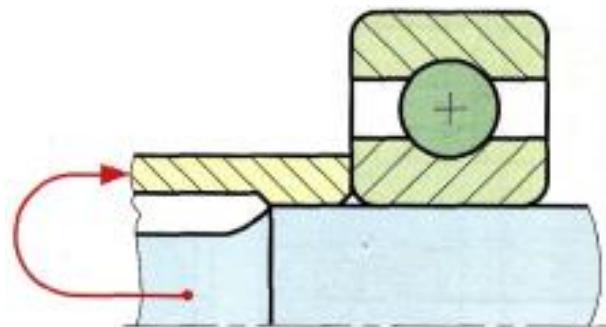


Cette solution n'est pas toujours possible, notamment pour des raisons de montabilité.



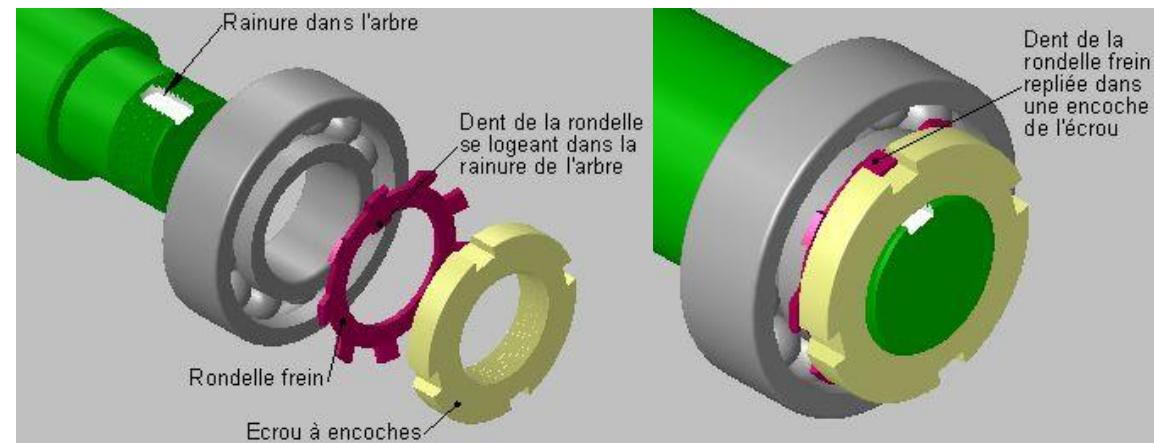
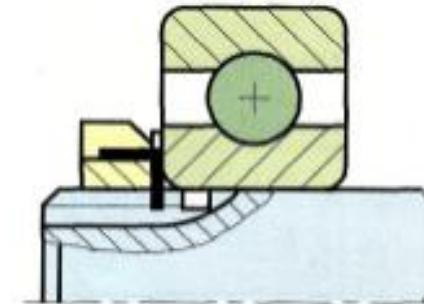
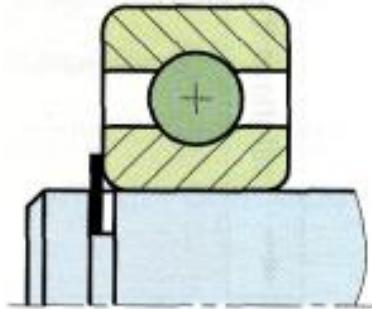
Arrêts axiaux : solutions technologiques

- Une autre solution consiste à utiliser une entretoise, pièce de forme tubulaire qui prend appui soit sur l'arbre soit sur un autre roulement :



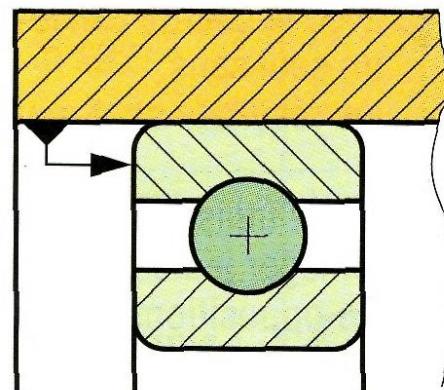
Arrêts axiaux : solutions technologiques

- On fait également appel à des éléments standards tels que les écrous à encoches ou les anneaux élastiques :



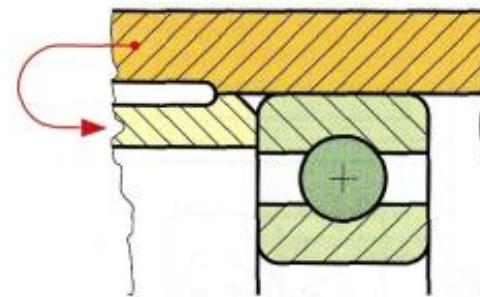
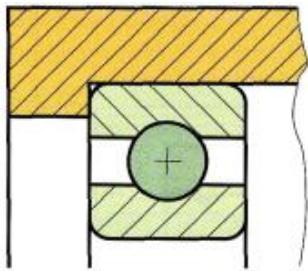
Arrêts axiaux : solutions technologiques

- Pour réaliser un arrêt de la bague extérieure dans le logement :

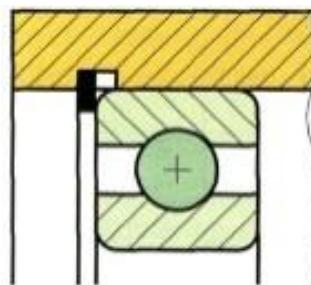


Arrêts axiaux : solutions technologiques

- Là aussi les solutions la plus simple consistent en un épaulement réalisé dans le logement ou une entretoise :

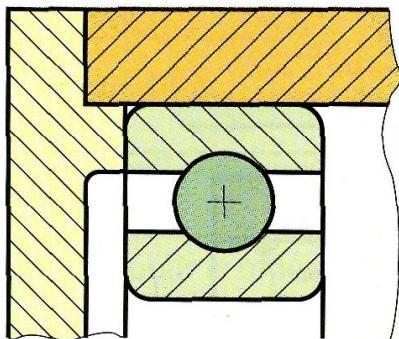


- Pour des efforts axiaux modérés, un anneau élastique peut être inséré dans le logement pour servir d'appui :

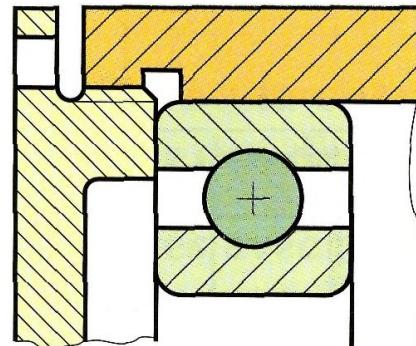


Arrêts axiaux : solutions technologiques

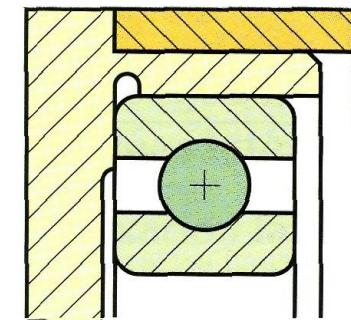
- Les arrêts réalisés par des chapeaux ou des boitiers, généralement assemblés par filetage ou par éléments filetés permettent souvent d'assurer l'étanchéité du montage :



Chapeau centré



Chapeau fileté

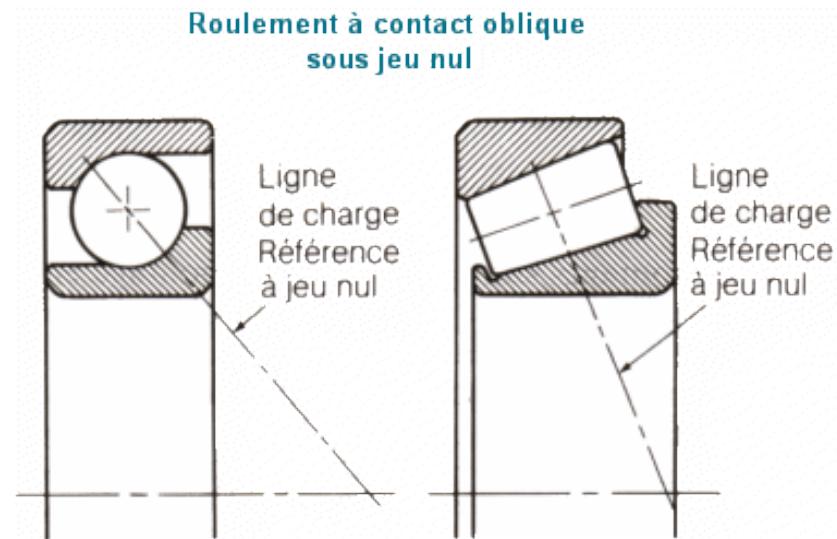


Boitier centré



Montages en opposition

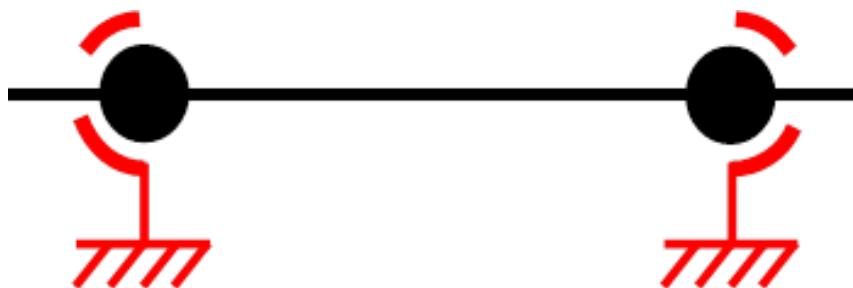
- Certains types de roulements tels que les roulements à contact obliques et les roulements à rouleaux coniques sont à bagues séparables et doivent impérativement être montés de façon spécifique.
- Pour les roulements à contacts oblique, le centre de la liaison réalisée par le roulement n'est plus le centre « géométrique » du roulement mais un point appelé centre de poussée dont la position dépend de la géométrie du roulement.



Montages en opposition

- Ces roulements étant à bagues séparables, il est délicat de les modéliser par une liaison rotule ou linéaire annulaire. On choisit généralement, une demi-rotule pour symboliser le comportement d'un roulement.

Exemple :



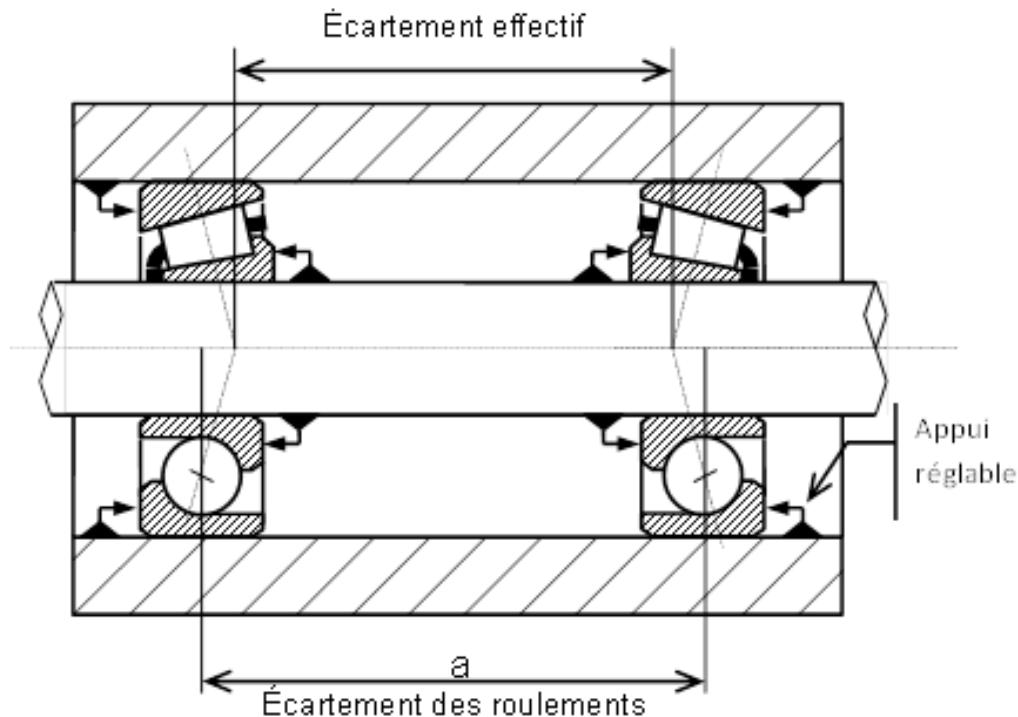
Montages en opposition

- Les montages associés sont dits montages en opposition. La disposition des roulements permet d'éloigner les centres de poussée ou de les rapprocher selon les nécessités de fonctionnement.
- Lorsque les centres de poussée sont proches, la liaison réalisée tend à se rapprocher d'une rotule tandis qu'un éloignement des centres de poussée rigidifie la liaison qui se rapproche d'une liaison pivot.



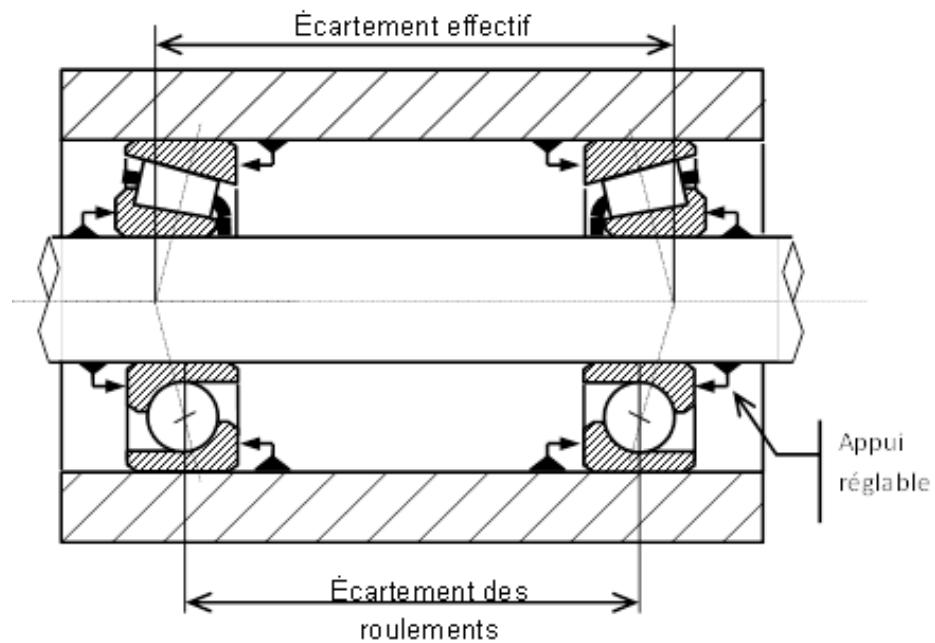
Montages en « X »

- Les axes représentant la ligne de contact qui se croisent aux centres de poussée forment un X.
- Ce type de montage a pour effet de rapprocher les centres de fonctionnement des roulements.
- Il est indispensable pour les montages en opposition de disposer d'un appui réglable pour ajuster le jeu ou la précharge (serrage) du montage.



Montages en « O »

- Les axes représentant la ligne de contact qui se croisent aux centres de poussée forment un O.
- Ce type de montage a pour effet d'éloigner les centres de fonctionnement des roulements ce qui permet de gagner en stabilité.

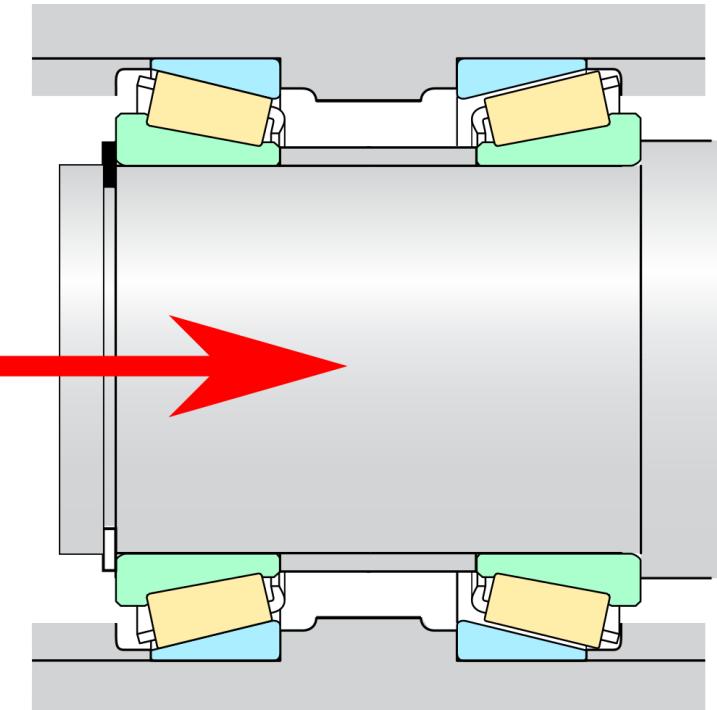
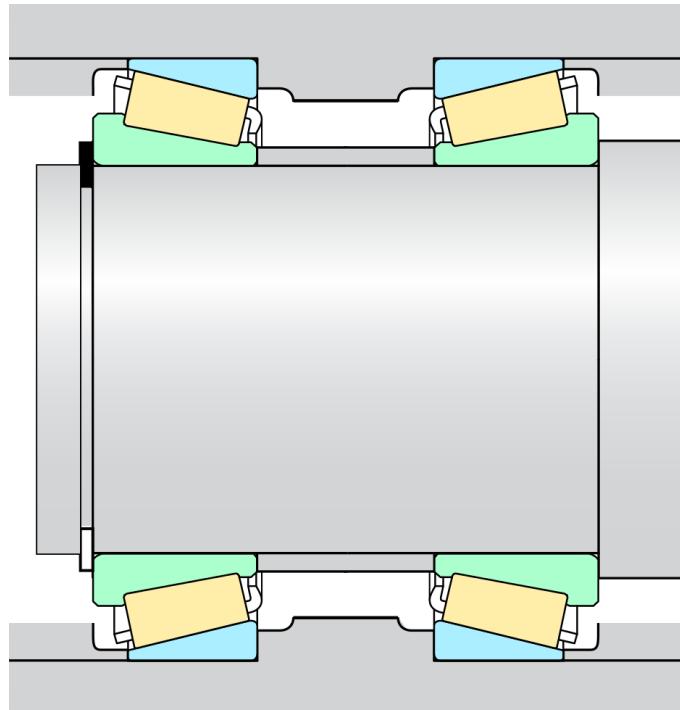


LA PRÉCHARGE DANS LES MONTAGES DE ROULEMENTS

Mise en évidence

Considérons le montage en opposition de deux roulements à rouleaux coniques suivant.

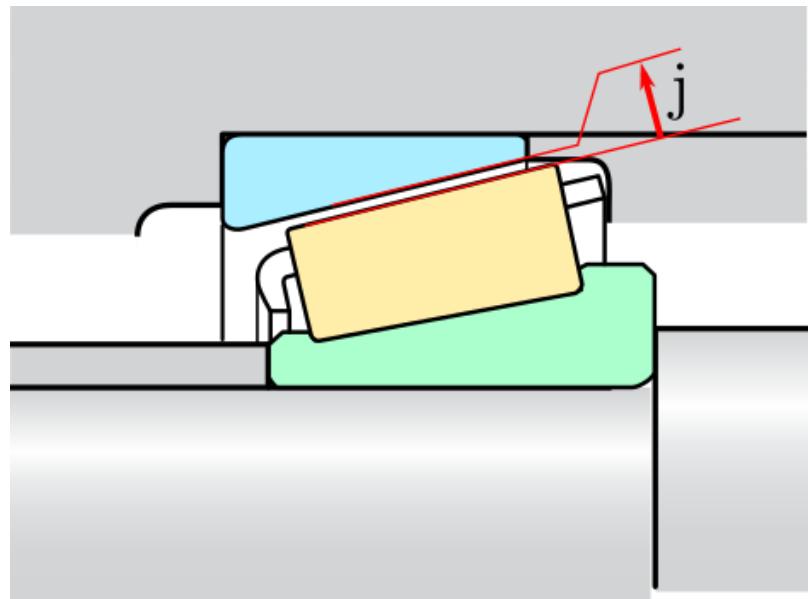
L'effet d'un chargement axial provoque une compression du roulement de gauche et des éléments d'assemblage donc une déformation.



Mise en évidence

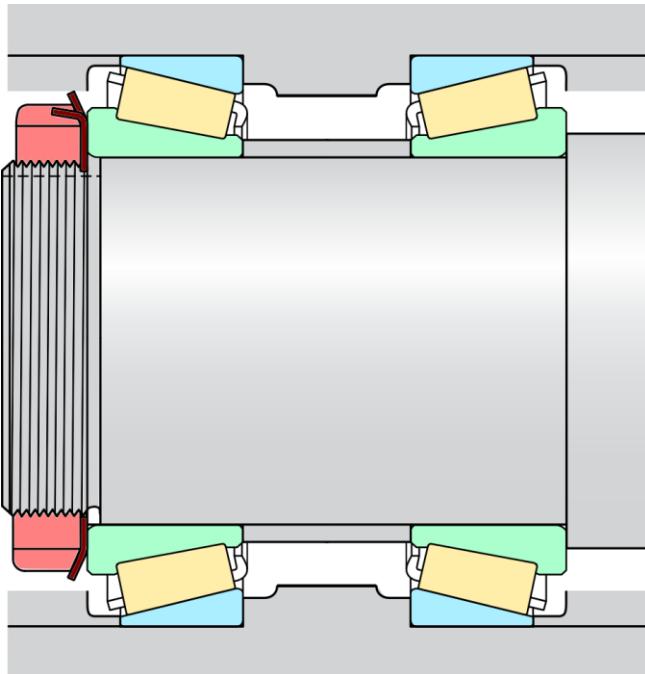
Cette déformation s'assortit d'un déplacement relatif dans le roulement de droite qui entraîne l'apparition d'un jeu.

Compte tenu de la géométrie du roulement, ce jeu a une composante axiale et une composante radiale qui peut être préjudiciable au bon fonctionnement du montage.



Remédiation

Pour pallier le phénomène décrit précédemment, il est fréquent d'installer une précharge dans le montage de roulement.



Ici, un écrou à encoches exerce un chargement initial qui comprime le montage afin que, lors de l'application de l'effort axial, le jeu représenté précédemment n'apparaisse plus.

C'est la précharge (ou précontrainte) du montage.

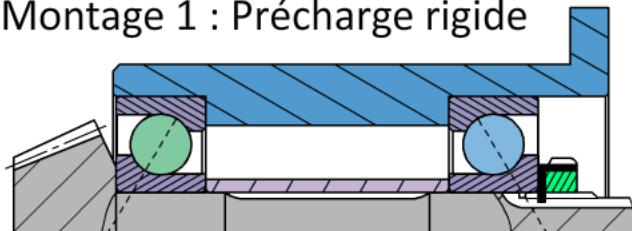
Illustration sur un exemple

- L'illustration provient d'une animation au format flash de David Noël visualisable et manipulable à l'adresse suivante :

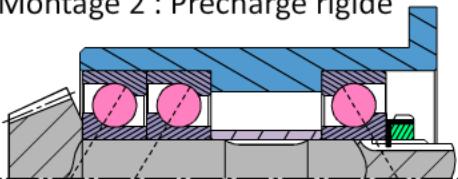
http://perso.crans.org/dnoel/enseignement/David%20NO%C3%88BL%20-%20Montages_roulements_precharges.swf



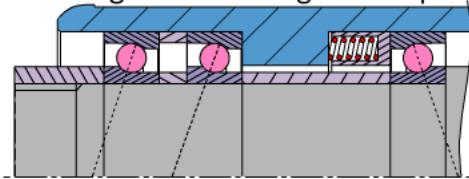
Montage 1 : Précharge rigide



Montage 2 : Précharge rigide



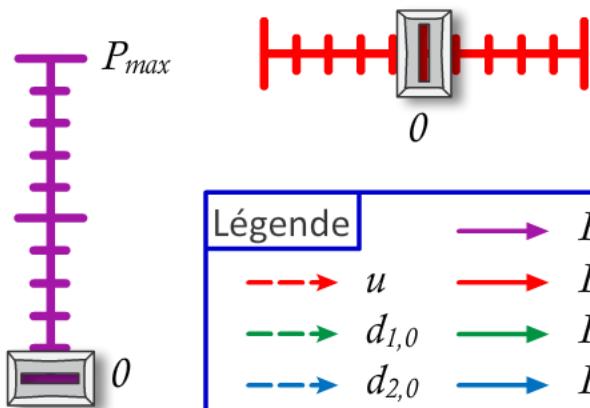
Montage 3 : Précharge élastique



Dans ce cas, la précharge est nulle et aucune charge axiale n'est appliquée

Précharge P

Charge F



Les roulements ayant une certaine raideur axiale, ils sont modélisés par des ressorts.

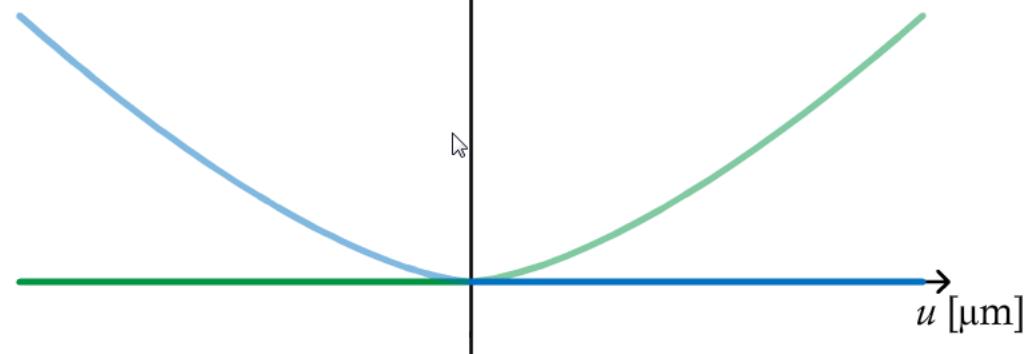
Efforts axiaux [N]

Palier droit

Palier gauche

[Retour intro](#)

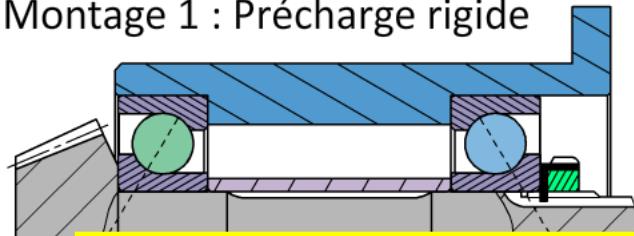
?



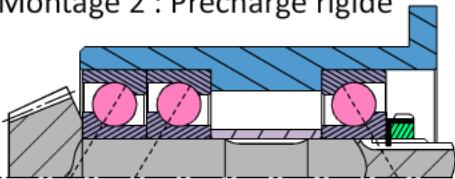
Synthèse

©

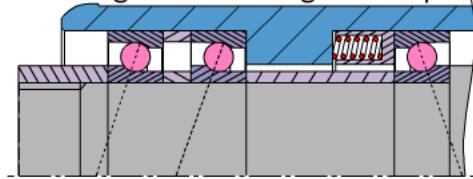
Montage 1 : Précharge rigide



Montage 2 : Précharge rigide



Montage 3 : Précharge élastique



On augmente la charge axiale

Précharge P

Charge F



Légende		
	P	
	u	F
	$d_{1,0}$	F_1
	$d_{2,0}$	F_2

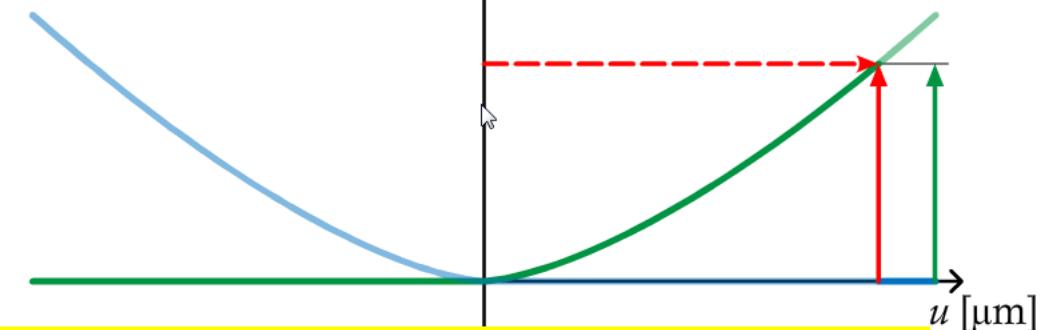
Efforts axiaux [N]

Palier droit

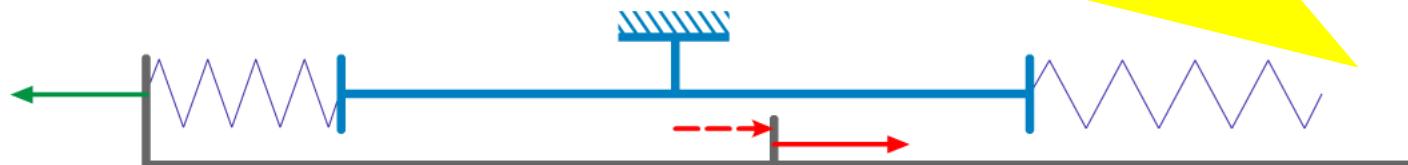
Palier gauche

[Retour intro](#)

?



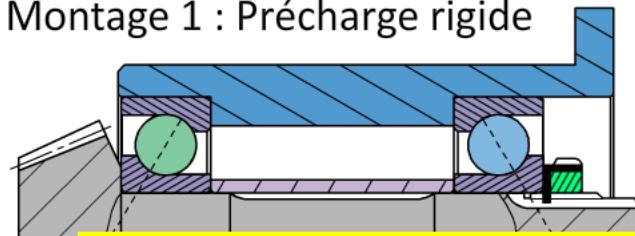
Le décollement du roulement droit est immédiat.



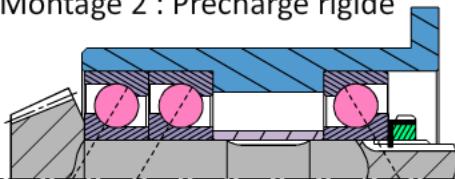
Synthèse

©

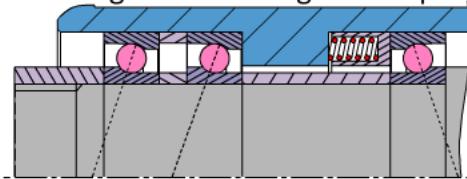
Montage 1 : Précharge rigide



Montage 2 : Précharge rigide



Montage 3 : Précharge élastique

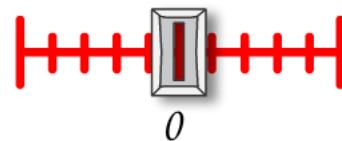


On reproduit l'expérience avec une précharge

Précharge P

P_{max}

Charge F



Légende

u

$d_{1,0}$

$d_{2,0}$

P

F

F_1

F_2

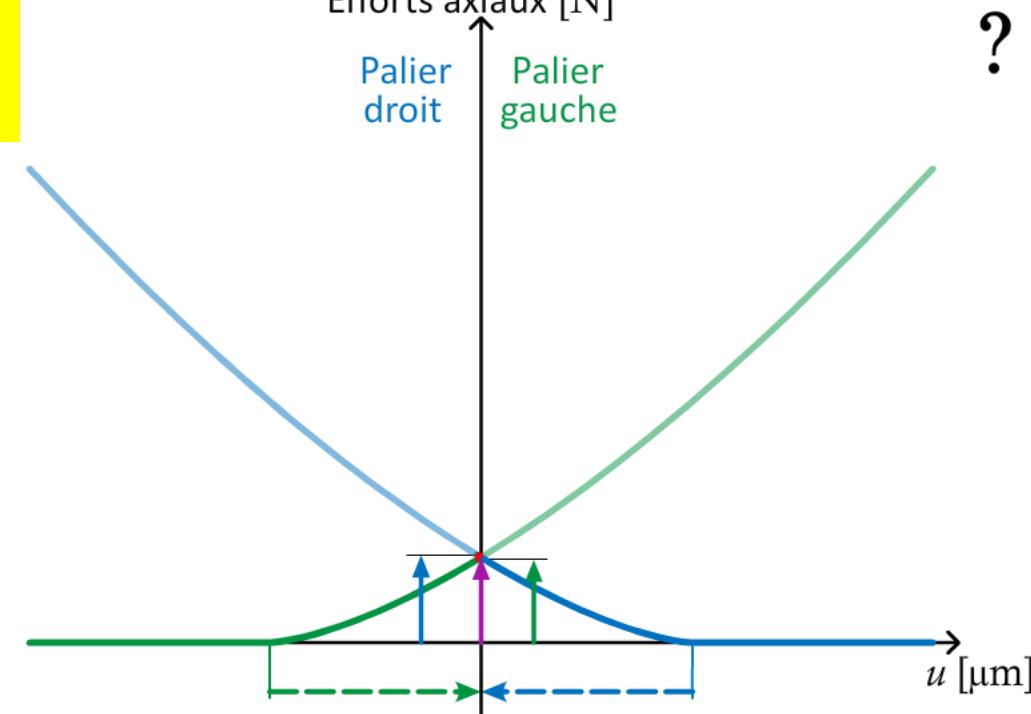
Efforts axiaux [N]

Palier droit

Palier gauche

[Retour intro](#)

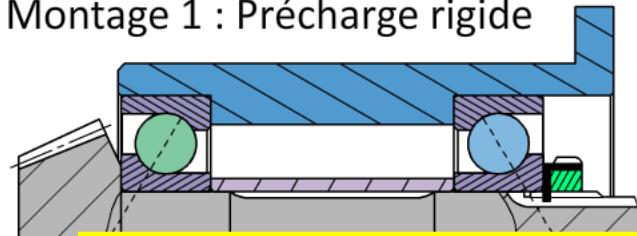
?



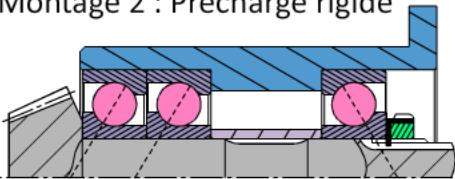
Synthèse

©

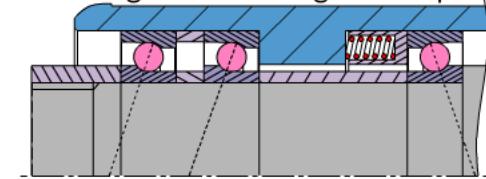
Montage 1 : Précharge rigide



Montage 2 : Précharge rigide



Montage 3 : Précharge élastique



On augmente la charge axiale

Précharge P

Charge F



Légende

$\rightarrow P$

$\rightarrow u$

$\rightarrow F$

$\rightarrow d_{1,0}$

$\rightarrow F_1$

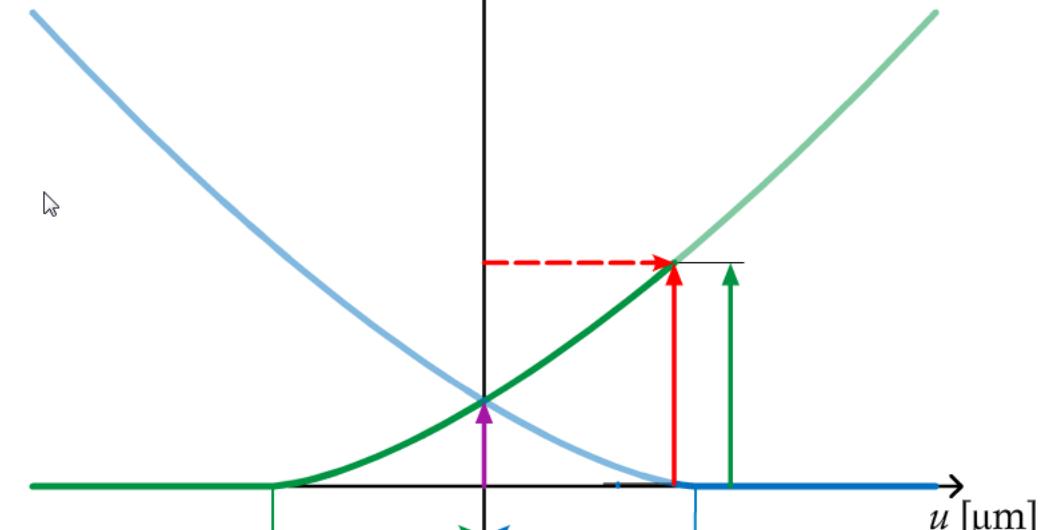
$\rightarrow d_{2,0}$

$\rightarrow F_2$

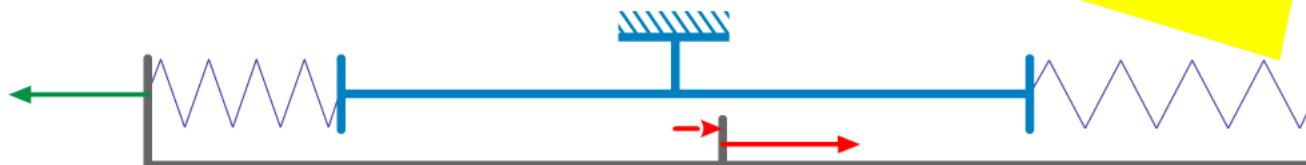
Efforts axiaux [N]

Palier droit

Palier gauche



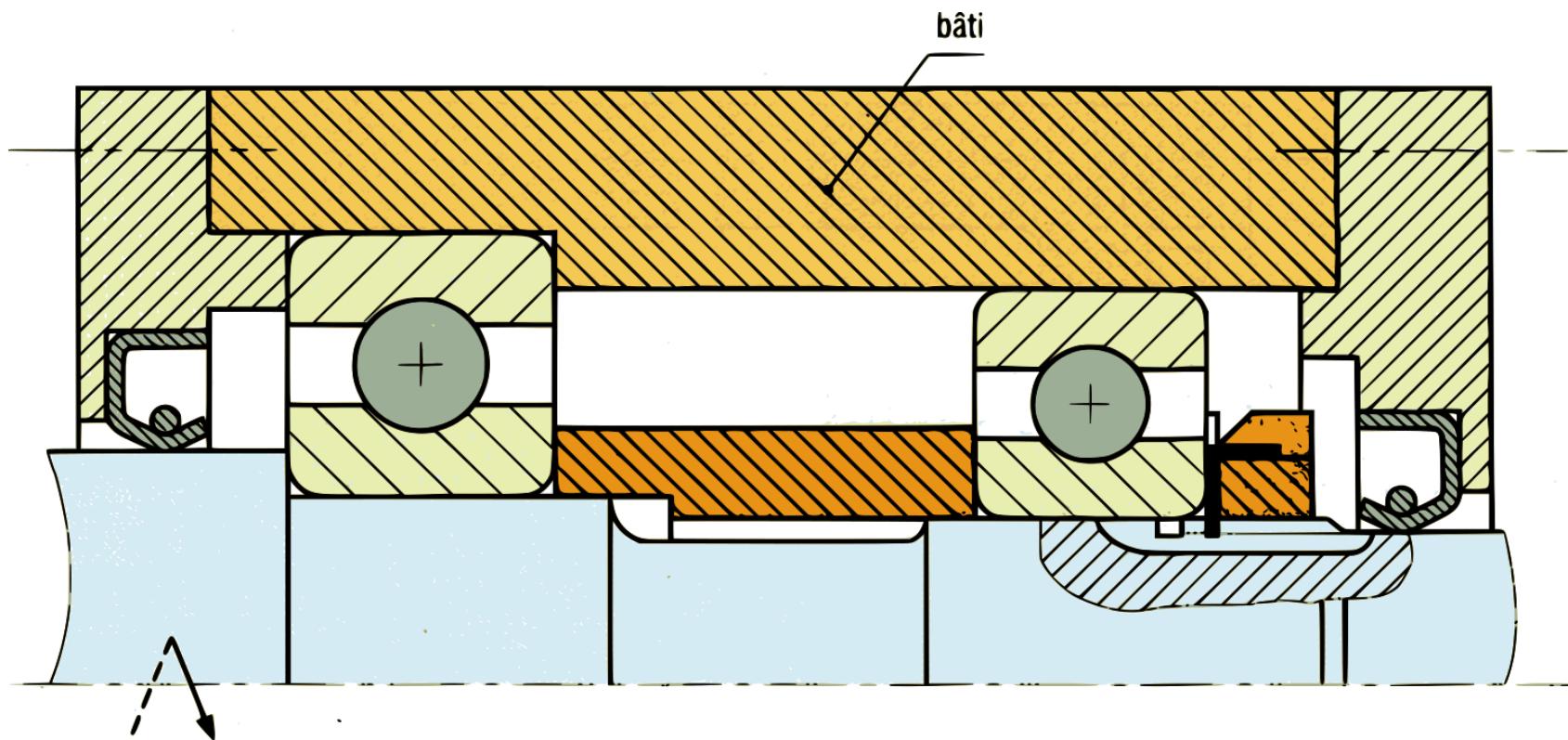
Le décollement du roulement droit ne se produit plus



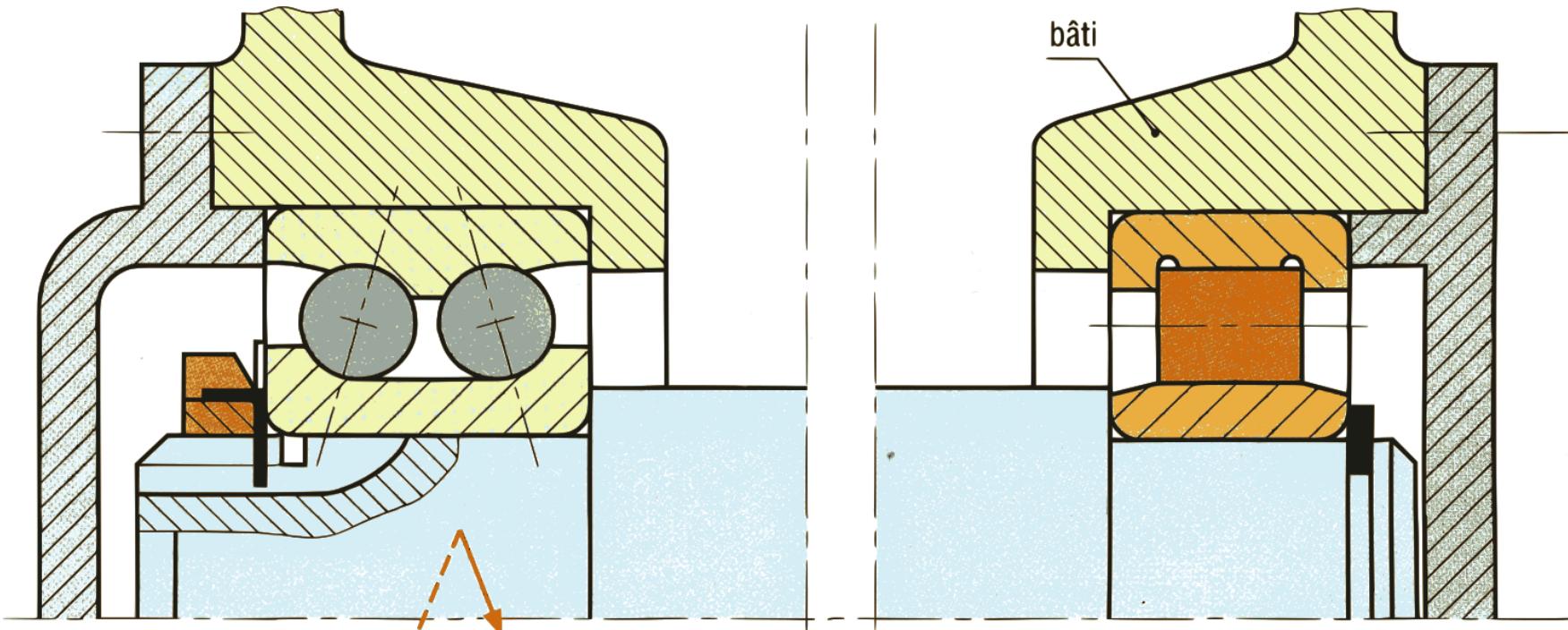
Synthèse

EXEMPLES DE MONTAGES

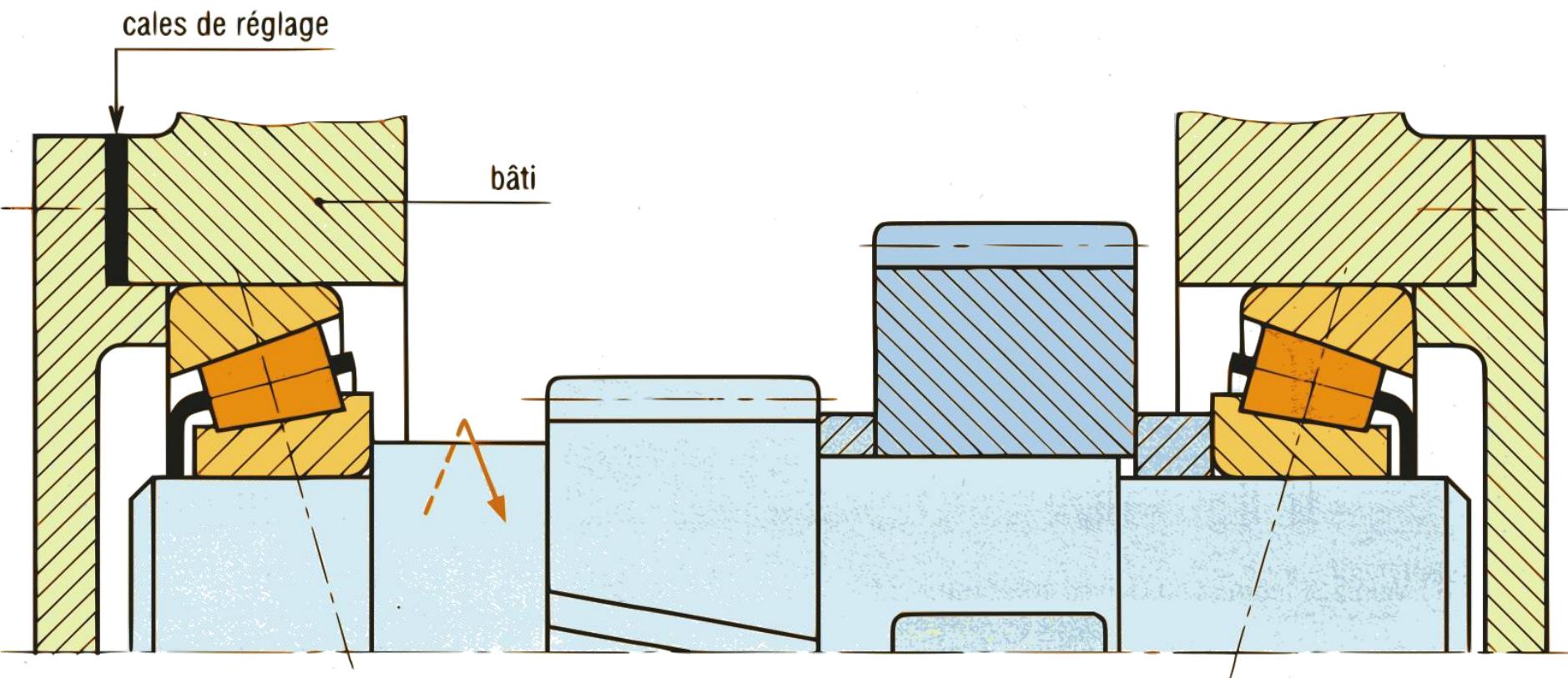
Exemples de montages



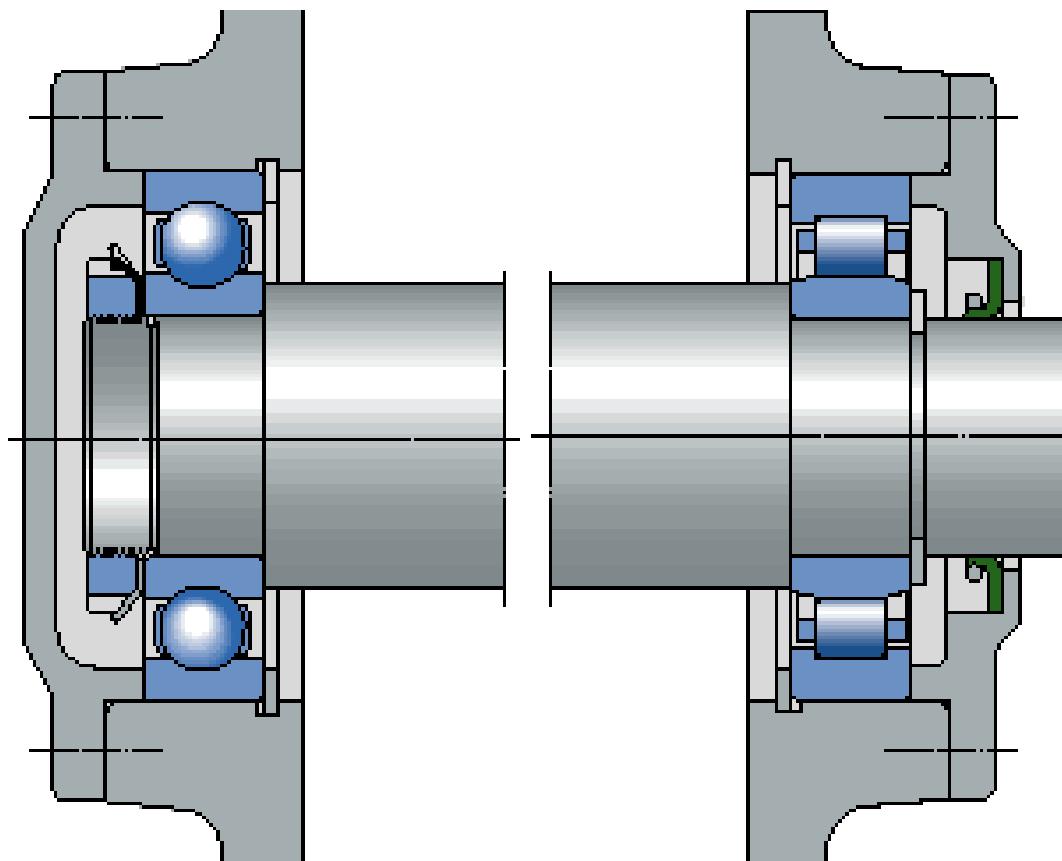
Exemples de montages



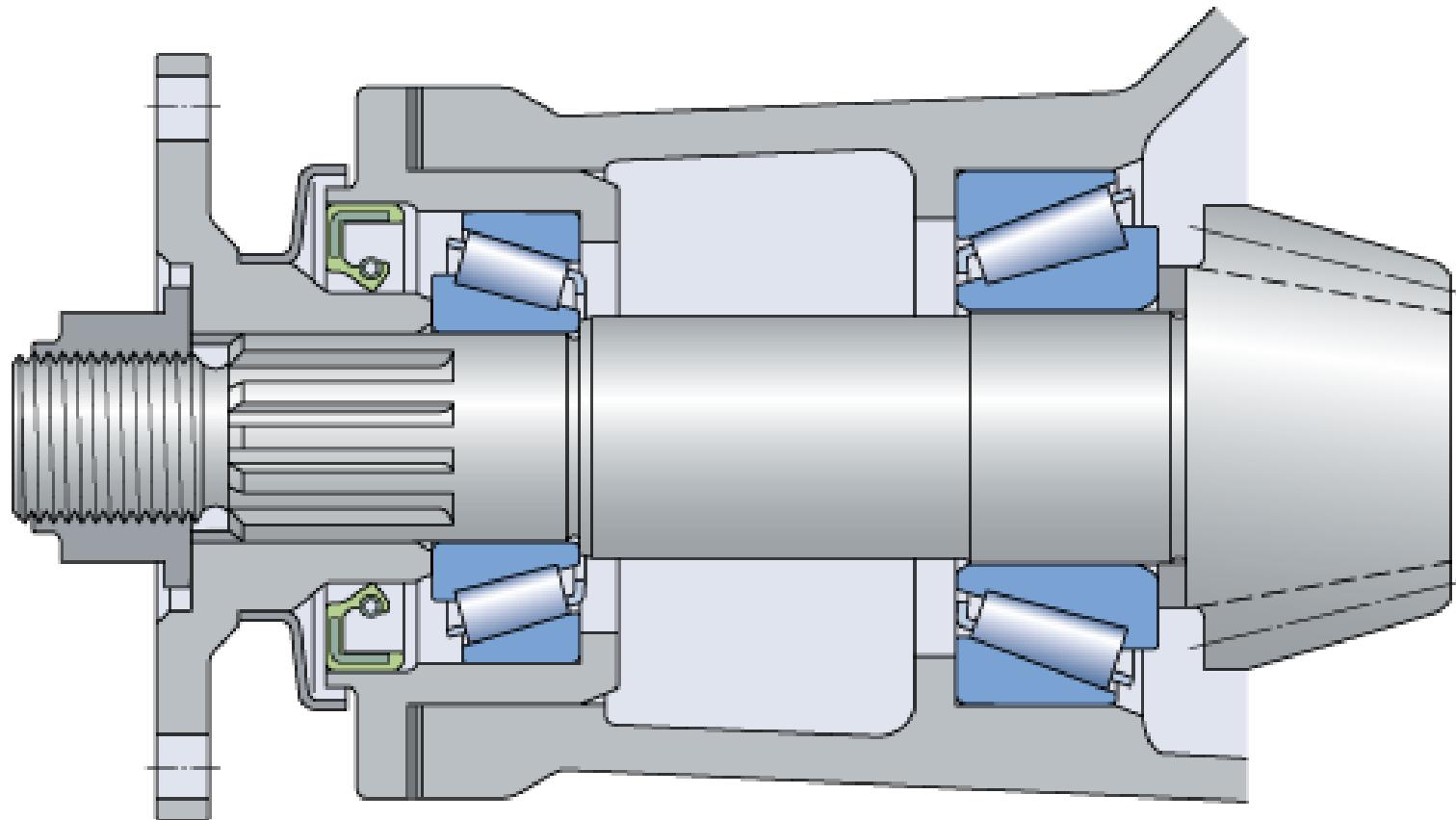
Exemples de montages



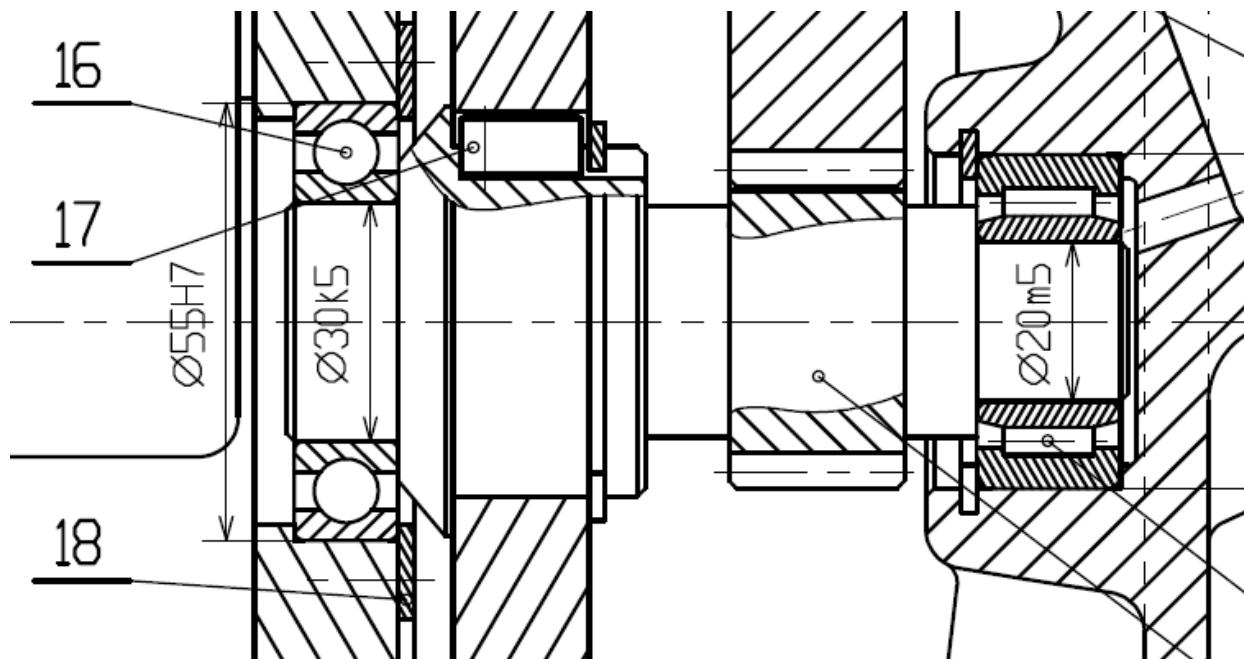
Exemples de montages



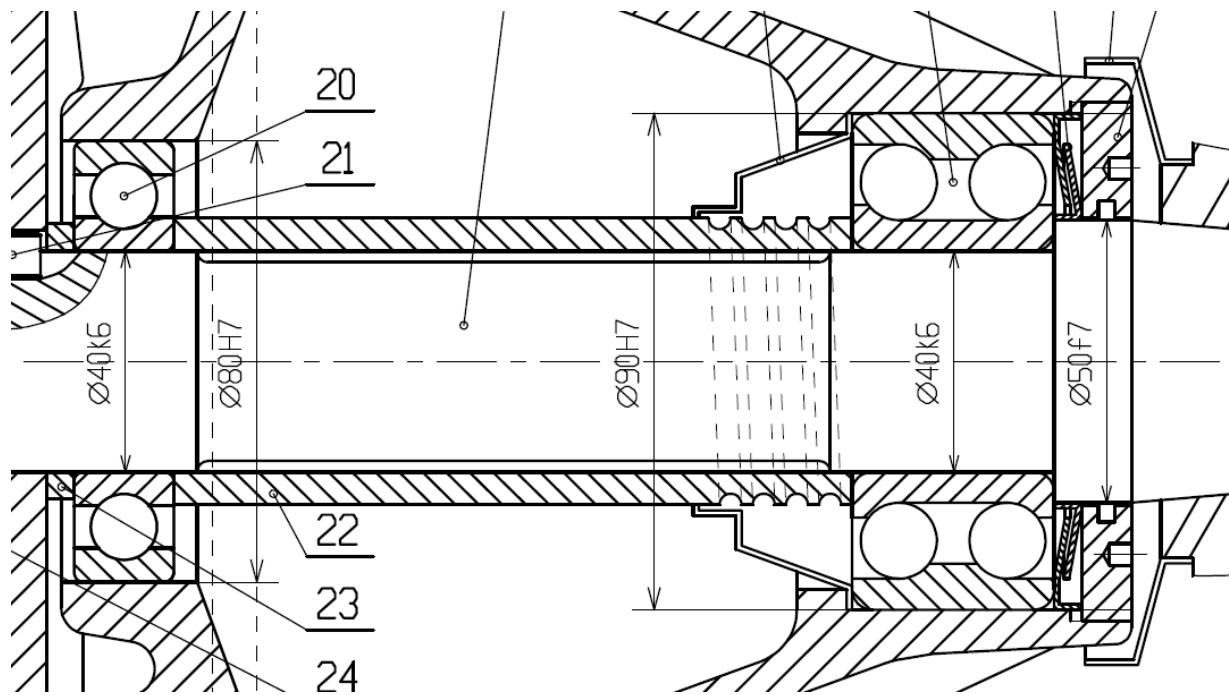
Exemples de montages



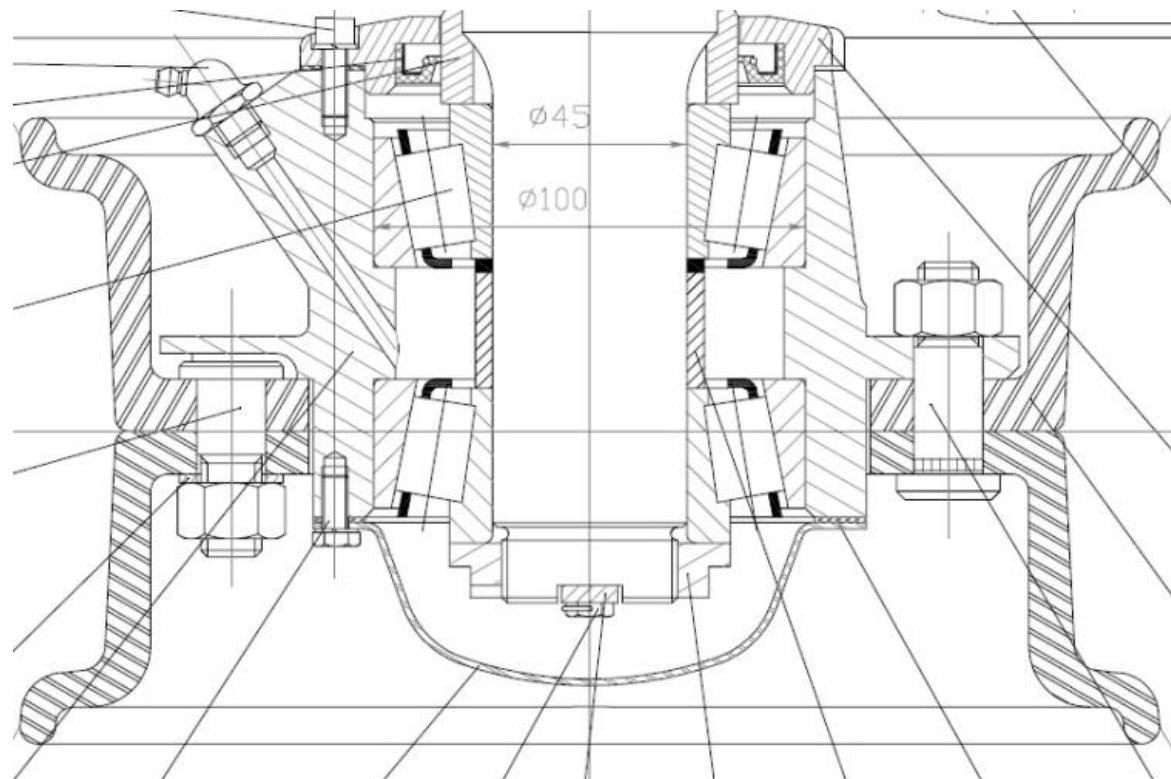
Exemples de montages



Exemples de montages



Exemples de montages



Exemples de montages

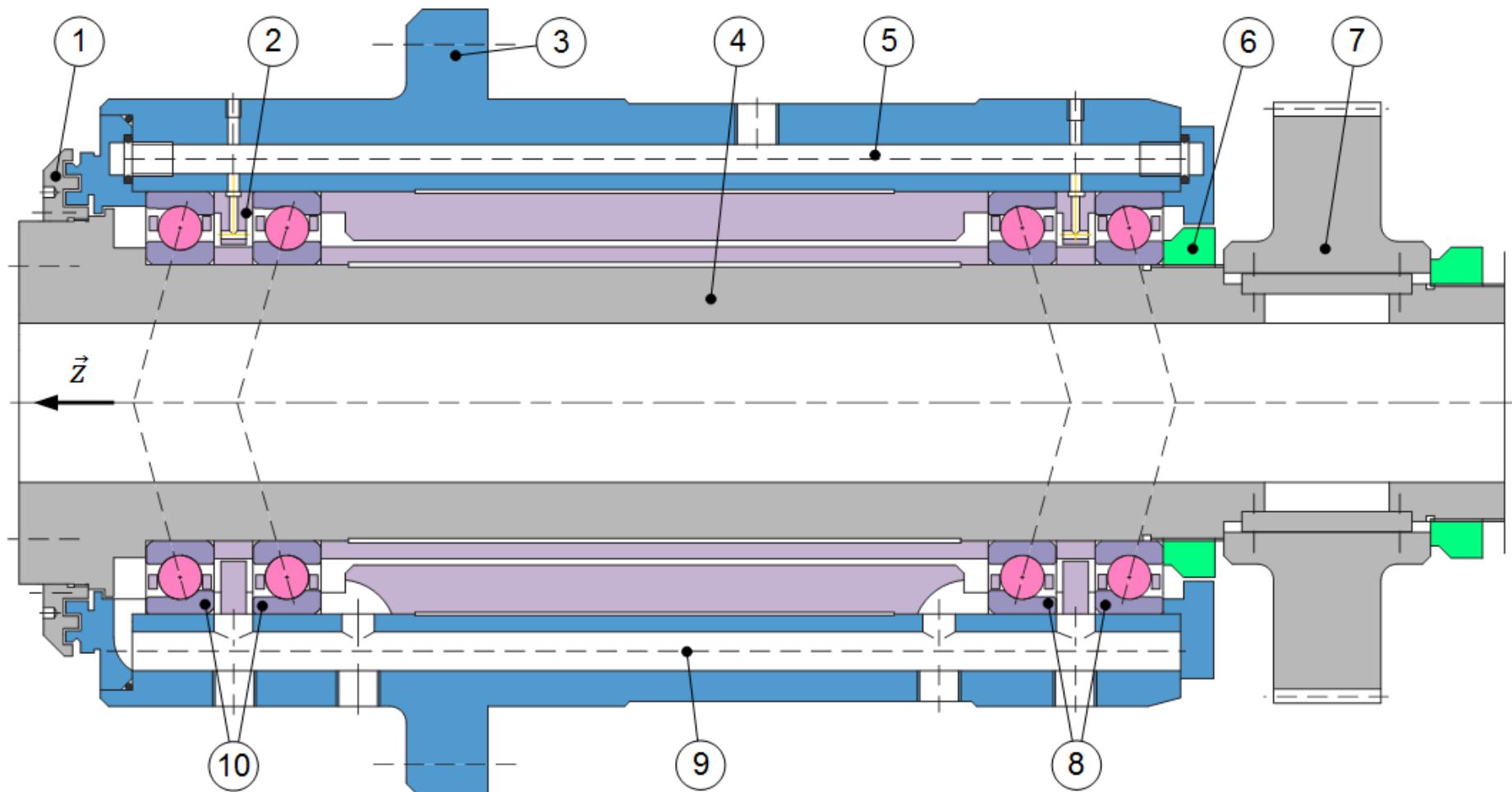


Figure 3 - Assemblage de frictions