

Dernière mise à jour 25/02/2016	Conception de guidages en rotation par éléments roulants	Denis DEFAUCHY Résumé
------------------------------------	--	--------------------------

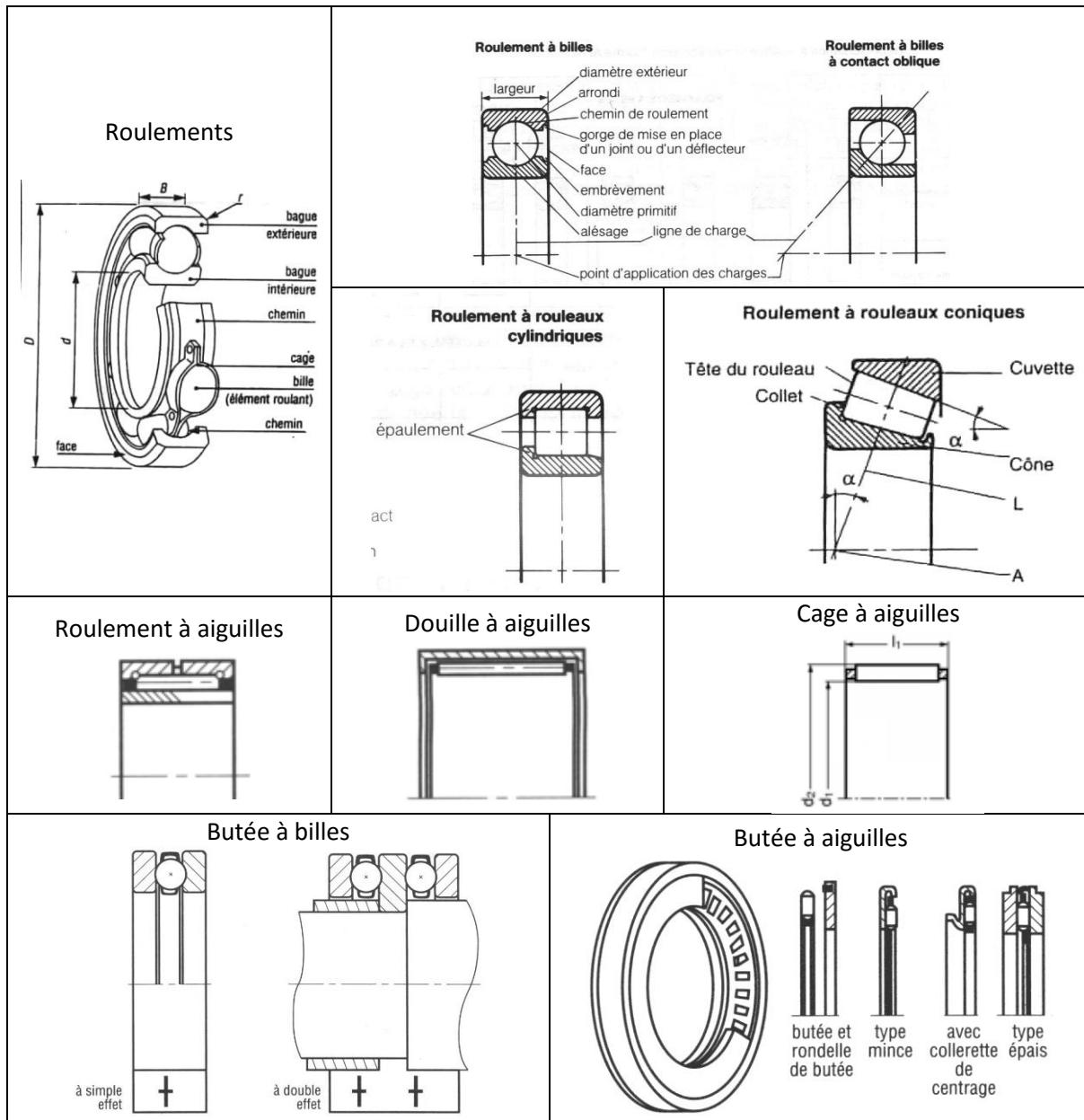
Conception de guidages en rotation par éléments roulants

Résumé

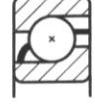
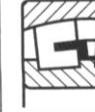
Programme - Compétences		
E11	CONCEVOIR	Conception de systèmes pluri technologiques · Architecture fonctionnelle de systèmes ; · Architecture structurelle de systèmes.
E12	CONCEVOIR	Démarche de conception appliquée aux fonctions techniques · Caractérisation d'une fonction technique ; · Recherche de solutions techniques.
E13	CONCEVOIR	Les fonctions techniques · Caractérisation de la fonction technique ; · Familles de solutions associées ; · Technologie des composants ; · Critères de choix. Pour les fonctions suivantes : - la fonction assemblage ; - la fonction guidage en rotation ; - la fonction guidage en translation.
E21	CONCEVOIR	Méthodes de conception · Critères de choix de la solution technique.
E31	CONCEVOIR	Méthodes de dimensionnement des solutions techniques · Grandeur maximales admissibles. Critères de dimensionnement retenus : - durée de vie L90 pour les roulements ;
G11	Communiquer	Différents descripteurs introduits dans le programme

Les roulements

Types de roulements



Capacités des roulements

Guide comparatif des principaux roulements de base		charges admissibles			aptitude à la vitesse	espérance de vie	rigidité sous couple de renver- sement	aptitude au désaligne- ment	angle de rotulage
		radiale 	axiale 	combinée 					
roulements à billes	une rangée à contact radial 				+++	+++	+	+	2 à 16'
	une rangée à contact oblique 	++			+++	+++	0	0	1 à 2'
	deux rangées à contact oblique 	+++	++	++	++	+++	+++	+	≈ 0
	sphérique à auto-alignement 	+	≈ 0	≈ 0	+	+	0	+++	2 à 4°
roulements à rouleaux	butée à une rangée 	0	+++	0	+	+	0	+	0
	cylindrique à une rangée 		0	0	++	+++	0	-	1 à 7'
	conique à une rangée 		+ à ++		++	+++	0	+	1 à 4'
	sphérique à auto-alignement 	+++	+	++	+	++	0	+++	0,5 à 2°
	à aiguilles 	+++	0	0	+	++	+++	0	≈ 0
 +++ excellent  ++ bon  + passable  0 inacceptable									

Dernière mise à jour 25/02/2016	Conception de guidages en rotation par éléments roulants	Denis DEFAUCHY Résumé
------------------------------------	--	--------------------------

Modélisation

Rotulage non permis	Rotulage permis : 10' à 3°
Pivot ou Pivot glissant <i>Selon arrêts axiaux</i>	Rotule ou Linéaire annulaire <i>Selon arrêts axiaux</i>

Butées : Appui-Plan ou Ponctuelle

Rappels sur la modélisation de liaisons réalisées par surfaces cylindriques de révolution

$\frac{L}{D} < 0,8$	$\frac{L}{D} > 1,5$
Liaison avec rotulage Linéaire annulaire ou rotule	Liaison sans rotulage Pivot glissant ou Pivot

Montage des roulements

Déterminer les actions extérieures sur l'arbre (de chaque côté !) et en déduire la direction de la charge radiale transitant dans les roulements.

REGLE 1 : il faut "serrer" la bague tournante par rapport à la direction de la charge radiale dans son logement de façon à rendre les deux pièces solidaires.

REGLE 2 : L'autre bague est montée glissante dans son logement.

Attention : les portées de roulements doivent être en acier -> Prévoir un boîtier en acier si le carter est en aluminium.

	BI sur l'arbre	BE sur l'alésage
Serrée	k6	N7
Glissant	h6	H7

ATTENTION : on ne note pas les roulements, on ne note donc pas :
 Ødk6H7 sur l'arbre et ØDh6N7 sur l'alésage mais **Ødk6** sur l'arbre et **ØDH7** sur l'alésage
 Ødh6N7 sur l'arbre et ØDk6H7 sur l'alésage mais **Ødh6** sur l'arbre et **ØDN7** sur l'alésage

Cas particuliers (ex : Montages indirects) : Possibilité de monter glissante une bague normalement serrée + maintien par serrage et adhérence sur faces latérales pour permettre un réglage axial (à éviter).

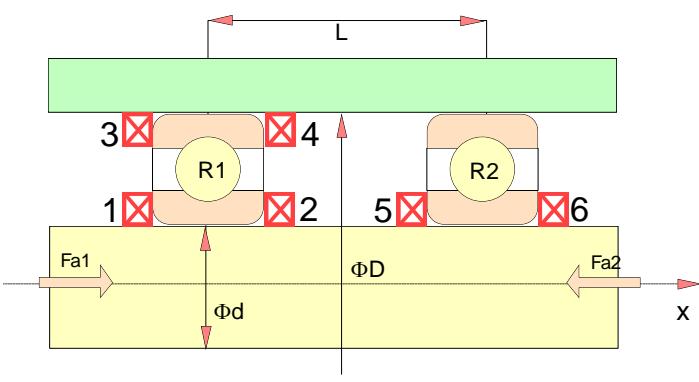
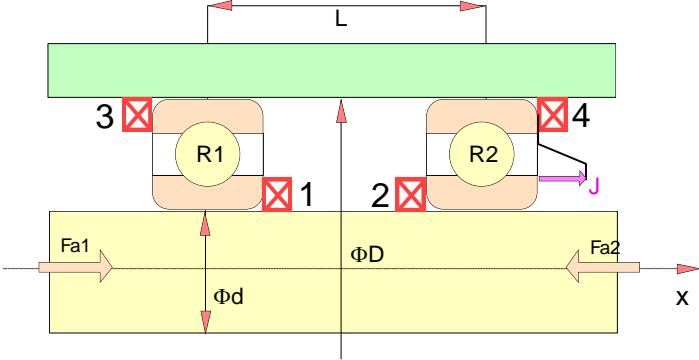
REGLE 3 : Les bagues tournantes par rapport à la direction de la charge radiale, ajustées serrées, doivent être maintenues axialement (double arrêt sur une bague ou arrêt simple sens montage presse + arrêt de l'autre bague sens opposé)

REGLE 4 : Les bagues immobiles par rapport à la direction de la charge radiale, ajustées avec jeu, assurent la mise en position de l'ensemble par rapport à la partie fixe du mécanisme.

REGLE 5 : Une bague montée serrée doit être arrêtée de préférence sur un épaulement (montage à la presse).

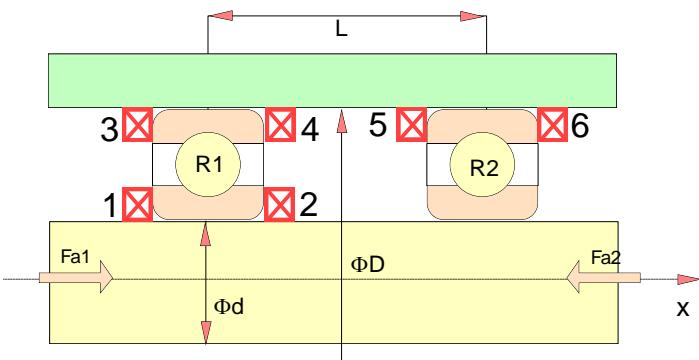
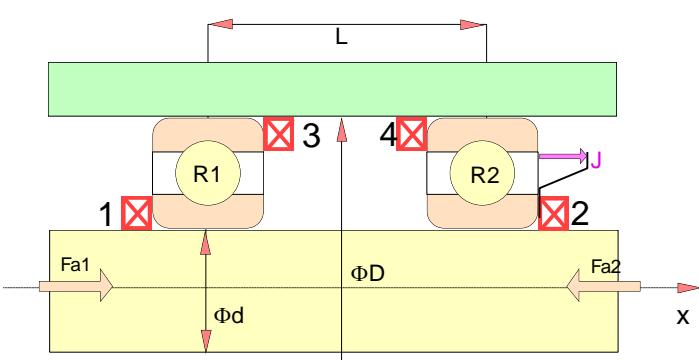
**Réalisation de liaisons pivots
Roulements à contacts radiaux**

Arbre tournant par rapport à la charge

Fixation axiale	Fixation radiale	Remarque
Montage de roulements de paliers fixes / paliers libres	<p>Serré sur l'arbre $d : k6$ Glissant dans l'alésage $D : H7$</p> 	<p>Peu de jeu axial Insensible à la dilatation différentielle (R2 glisse dans l'alésage) « Palier fixe – Palier libre » Modèle : R – LA Roulement R2 plus petit afin de permettre le montage et la réalisation de l'arrêt 4</p>
Montage de roulements libres	<p>Serré sur l'arbre $d : k6$ Glissant dans l'alésage $D : H7$</p> 	<p>Jeu axial de 0,2 à 0,3 Nécessaire pour durée de vie Sensible à la dilatation différentielle Réglage de jeu par 3 ou 4 Modèle : Charge axiale nulle : LA – LA Charge axiale → : LA – R Charge axiale ← : R – LA Ne pas parler de montage en X !!!</p>

Le plus simple à réaliser est le montage Palier fixe / Palier libre mais il est alors préférable que les roulements soient de dimensions différentes

Alésage tournant par rapport à la charge

Fixation axiale	Fixation radiale	Remarque
Montage de roulements de paliers fixes / paliers libres	 <p>Glissant sur l'arbre d : h6 serré dans l'alésage D : N7</p>	<p>Peu de jeu axial Insensitive à la dilatation différentielle (R2 glisse sur l'arbre) « Palier fixe – Palier libre » Modèle : R – LA Roulement R2 plus petit afin de permettre le montage et la réalisation de l'arrêt 2</p>
Montage de roulements libres	 <p>Glissant sur l'arbre d : h6 serré dans l'alésage D : N7</p>	<p>Jeu axial de 0,2 à 0,3 Nécessaire pour durée de vie Sensitive à la dilatation différentielle Réglage de jeu par 1 ou 2 Charge axiale nulle : LA – LA Charge axiale → : R – LA Charge axiale ← : LA – R Ne pas parler de montage en O !!!</p>

Le plus simple à réaliser est le montage Palier fixe / Palier libre mais il est alors préférable que les roulements soient de dimensions différentes

Dernière mise à jour 25/02/2016	Conception de guidages en rotation par éléments roulants	Denis DEFAUCHY Résumé
------------------------------------	--	--------------------------

Réalisation de liaisons pivots Roulements coniques

*Charges combinées avec composante axiale importante
Précision axiale importante, aucun jeu axial, même sous charge*

REGLE 6 : Si l'arbre tourne par rapport à la direction de la charge radiale, privilégier montage en X

REGLE 7 : Si l'alésage tourne par rapport à la direction de la charge radiale, privilégier montage en O

Objectif : accessibilité des bagues montées glissantes par l'extérieur du montage

Eléments de choix du montage en X ou O

**Direction de la charge radiale - Règles de serrage – Réglage de la précontrainte
Distance entre les centres de poussée**

Position de la charge

Dilatation de l'arbre

Espace disponible

Montage en X

Fixation axiale	Fixation radiale	Remarque
Montage de roulements en X 	Serré sur l'arbre Glissant dans l'alésage d : k6 D : H7	Ci : centre de poussée α : angle du roulement Obstacle 1 ou 4 réglable (BE glissantes dans l'alésage) Jeu axial réglable Intéressant dans le cas arbre tournant par rapport à la direction de la charge Modèle : Rotule en C1 – Rotule en C2 Demi-Rotule en C1 – Demi-Rotule en C2
Ordre de montage : 1- Bagues intérieures serrées sur l'arbre 2- Bagues extérieures avec réglage		

Montage en O

Fixation axiale	Fixation radiale	Remarque
<p>Montage de roulements en O</p> <p>Ordre de montage :</p> <ol style="list-style-type: none"> 1- Bagues extérieures serrées sur l'alésage 2- Bagues intérieures avec réglage 	<p>Glissant sur l'arbre</p> <p>d : h6</p> <p>Serré dans l'alésage</p> <p>D : N7</p>	<p>Ci : centres de poussée</p> <p>α : angle du roulement</p> <p>Intéressant quand le chargement radial est en porte à faux (stabilité radiale)</p> <p>Obstacle 1 ou 4 réglable</p> <p>Jeu axial réglable</p> <p>(BI glissantes sur l'arbre)</p> <p>Intéressant dans le cas alésage tournant par rapport à la direction de la charge</p> <p>Modèle : Rotule en C1 – Rotule en C2</p> <p>Demi-Rotule en C1 – Demi-Rotule en C2</p>

Remarques

- Pour déterminer la possibilité de rotulage du montage, étudier le rapport L/D comme pour des surfaces cylindriques
- Proscrire les circlips pour ces montages soumis à de fortes charges axiales

Identification d'un montage en O ou X

Via les contacts au niveau des éléments roulants \Rightarrow Très bien

Via les arrêts axiaux \Rightarrow Risque de confusion avec des montages classiques à arrêts radiaux

Montage indirects en X et O

Montage en O avec des bagues serrées sur l'arbre / Montage en X avec des bagues serrées sur l'alésage
Raison principale d'utilisation : Transformer un montage en X en montage en O en cas de centre de poussée rapprochés.

Contraintes de conception : Réglage à réaliser sur les bagues libres, par l'intérieur – Difficile –
Montage non démontable

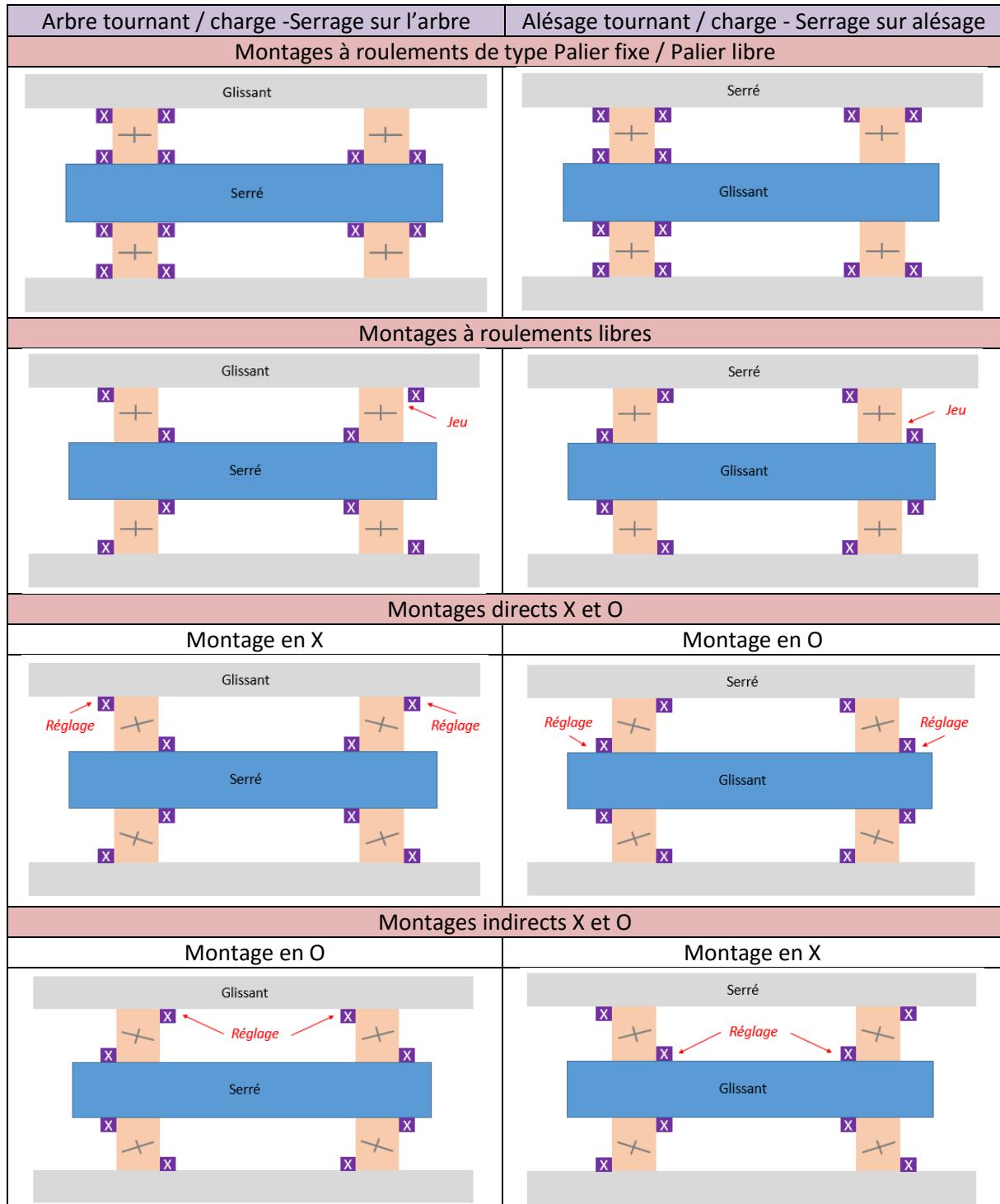
Solutions :

\Rightarrow Montage dans un boîtier – Utilisation de cales pour le réglage par l'intérieur

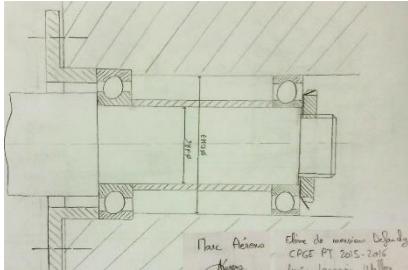
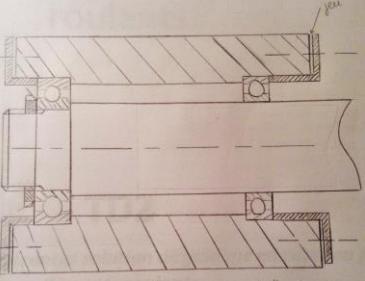
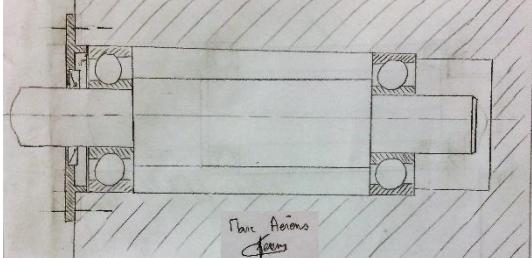
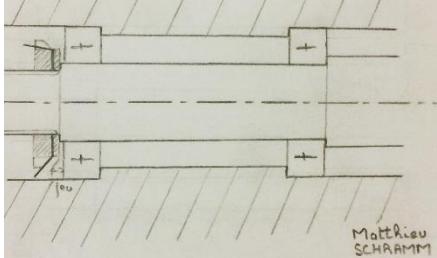
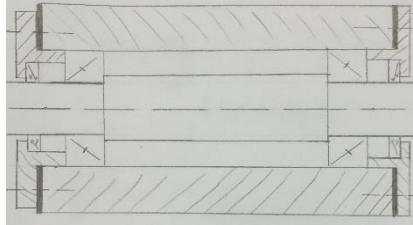
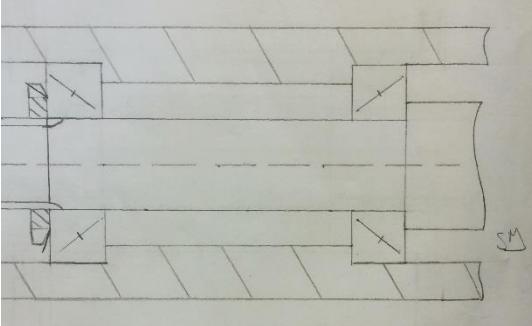
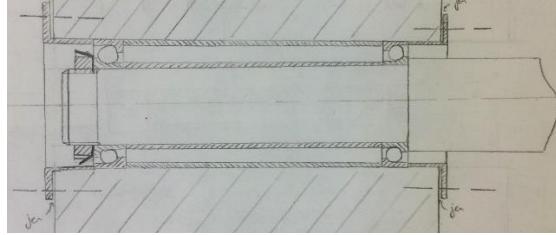
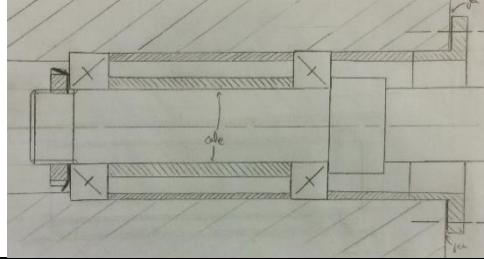
\Rightarrow Une bague normalement serrée laissée glissante (à éviter) – Réglage normal par l'extérieur –

Immobilisation de la bague par adhérence / serrage – Absence d'arrêt axial sur cette bague (non montée serrée)

Schémas technologiques des différents montages



**Exemples de dessins techniques
des différents montages**

Dessins techniques – Exemples de solutions		
Arbre tournant / charge - Serrage sur arbre	Alésage tournant / charge - Serrage sur alésage	
Montages à roulements de type Palier fixe / Palier libre		
		
Montages à roulements libres		
		
Montages directs X et O		
Montage en X 	Montage en O 	
Montages indirects X et O		
Montage en O 	Montage en X 	

Eléments technologiques associés aux roulements

Arrêts axiaux

Sur l'arbre
Anneaux élastiques
Epaulements
Ecrous à encoches
Bagues
Entretoises
Manchons de serrage

Dans l'alésage
Epaulements
Anneaux élastiques
Chapeaux ou bagues filetés ou non
Couvercles
Entretoises

Lubrification

Huile
Barbotage
Bain d'huile
Ruissellement
Brouillard d'huile
Circulation d'huile

Graisse

Graisse

Avec contact

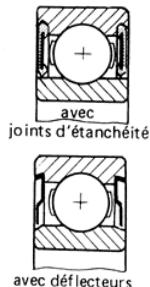
Feutre
Joint à lèvres



Sans contact

Passage étroit à jeu réduit
Rainures circulaires droites
Dispositifs à chicanes
Rondelles Z
Flasques
Anneaux Nilos

Incorporée



Huile

Avec contact

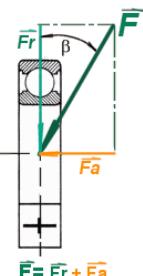
Joints à lèvres
Joints V ring

Sans contact

Rainures hélicoïdales
Rainures centrifuges

Dimensionnement des roulements

Statique



Charge statique équivalente

Charge radiale pure	Charge combinée
$P_0 = F_r$	$P_0 = X_0 F_r + Y_0 F_a$

$X_0, Y_0 \& C_0 \Rightarrow$ Catalogues

$$S_0 P_0 = C_0$$

Dynamique

L_{10} Durée après laquelle 90% des roulements sont encore fonctionnels

$$L_{10} = \left(\frac{C}{P}\right)^n \text{ millions de tours}$$

C Charge dynamique de base

$$L_{10} = \left(\frac{C}{P}\right)^n \frac{10^6}{60N} \text{ heures}$$

Billes	Rouleaux
$n = 3$	$n = \frac{10}{3}$

$$\frac{F_a}{F_r} < e \quad \frac{F_a}{F_r} > e$$

$$P = F_r \quad P = X F_r + Y F_a$$

$$L_{E10} = \left[\left(\frac{1}{L_{110}} \right)^{1,5} + \dots + \left(\frac{1}{L_{i10}} \right)^{1,5} + \dots + \left(\frac{1}{L_{n10}} \right)^{1,5} \right]^{\frac{1}{1,5}}$$

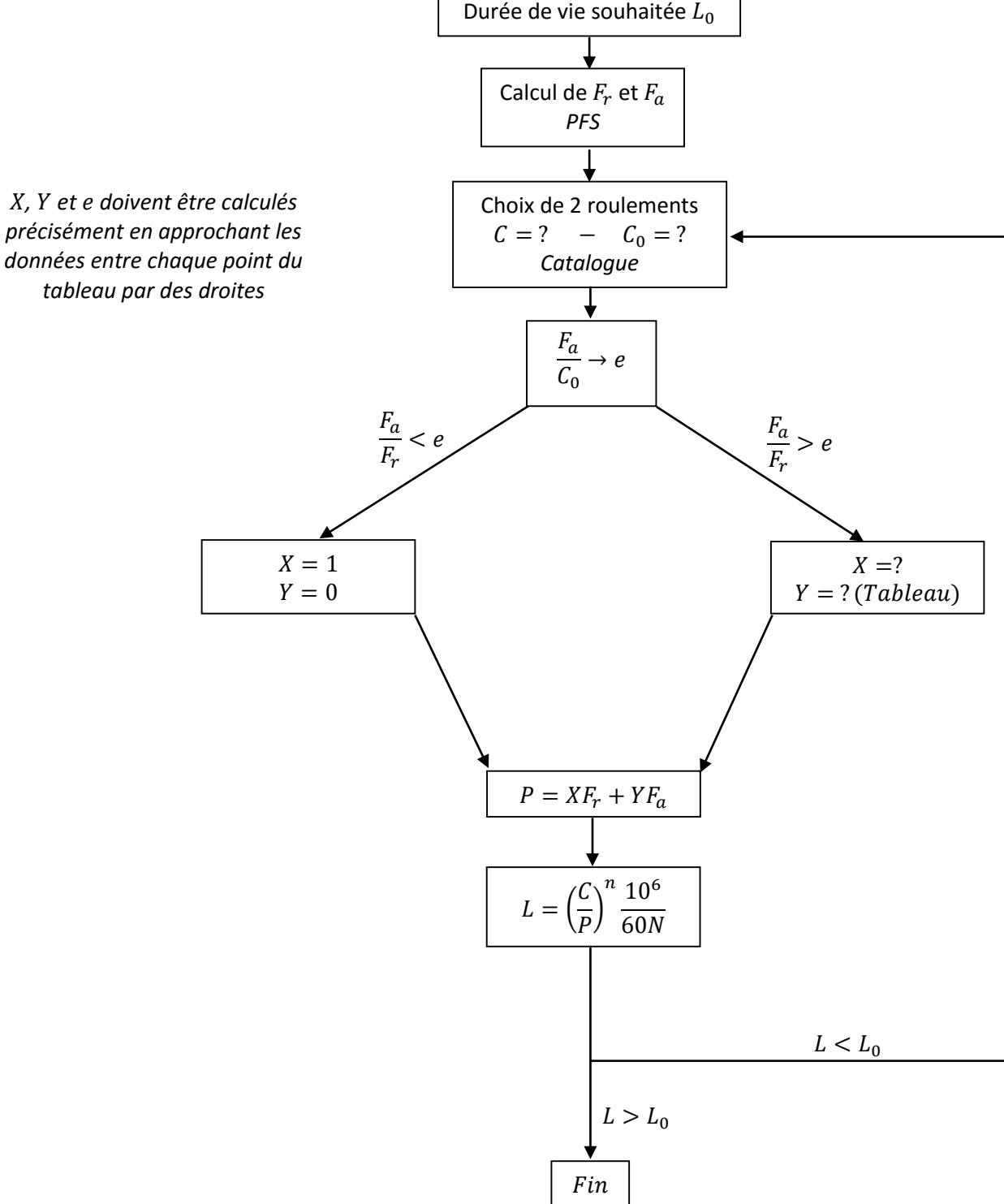
Pas de chocs	Fonctionnement normal	Chocs
$0,5 < S_0 < 0,8$	$0,8 < S_0 < 1,2$	$1,2 < S_0 < 2,5$

Dernière mise à jour 25/02/2016	Conception de guidages en rotation par éléments roulants	Denis DEFAUCHY Résumé
------------------------------------	--	--------------------------

Valeurs des coefficients X et Y														
roulements à billes à contact radial														
si $\frac{F_a}{F_r} \leq e$ alors $P = F_r$					si $\frac{F_a}{F_r} > e$ alors $P = 0,56.F_r + Y.F_a$									
les coefficients e et y ci-dessus dépendent du rapport $\frac{F_a}{C_0}$ (voir ci-dessous)														
$\frac{F_a}{C_0}$	0,014	0,028	0,056	0,084	0,110	0,170	0,280	0,420	0,560					
e	0,19	0,22	0,26	0,28	0,30	0,34	0,38	0,42	0,44					
y	2,30	1,99	1,71	1,55	1,45	1,31	1,15	1,04	1,00					
roulements à rotules														
si $\frac{F_a}{F_r} \leq e$ alors $P = F_r + Y_1.F_a$					si $\frac{F_a}{F_r} > e$ alors $P = X.F_r + Y_2.F_a$									
billes : $X = 0,65$ rouleaux : $X = 0,67$	e, Y_1, Y_2 sont indiqués dans les tableaux de dimensions avec $d, D \dots$													
roulements à rouleaux coniques à une rangée														
si $\frac{F_a}{F_r} \leq e$ alors $P = F_r$					si $\frac{F_a}{F_r} > e$ alors $P = 0,4.F_r + Y.F_a$									
e et Y sont indiqués dans les tableaux de dimensions avec d														
roulements à contact oblique														
α degrés	e	roulements à une rangée et roulements en tandem (duplex T)				roulements à deux rangées et duplex en X et en O								
		si $\frac{F_a}{F_r} \leq e$	si $\frac{F_a}{F_r} > e$	si $\frac{F_a}{F_r} \leq e$	si $\frac{F_a}{F_r} > e$									
		X	Y	X	Y	X	Y	X	Y					
20	0,57	1	0	0,43	1,00	1,0	1,09	0,70	1,63					
25	0,68	1	0	0,41	0,87	1,0	0,92	0,67	1,41					
30	0,80	1	0	0,39	0,76	1,0	0,78	0,63	1,24					
35	0,95	1	0	0,37	0,66	1,0	0,66	0,60	1,07					
40 *	1,14	1	0	0,35	0,57	1,0	0,55	0,57	0,93					
45	1,33	1	0	0,33	0,50	1,0	0,47	0,51	0,81					
pour les angles $\alpha < 20^\circ$ les valeurs de e et y dépendent de $\frac{F_a}{C_0}$														
* la valeur $\alpha = 40^\circ$ est la plus courante														

Vérification pratique des roulements

Méthode générale



Contacts obliques

1 - Modèle

2 - Roulements 1 et 2

Roulement 1 : reprend la charge axiale en l'absence de charges axiales induites
Roulement 2 : L'autre roulement

3 - Appliquer le PFS

Déterminer les charges radiales
Obtenir la relation d'hyperstatisme axial

$$X_A + X_B + F_x = 0$$

$$-F_{a1} + F_{a2} + |F_x| = 0$$

$$(F_{a1}, F_{a2}, |F_x|) > 0$$

4 - Formule de la charge axiale induite

Fonctionnement à jeu nul

$$F_a = \frac{F_r}{2Y}$$

5 - Conditions de fonctionnement

Considérer que les deux roulements fonctionnent « à jeu nul »
Calculer les charges axiales induites

$$F_{a1} = \frac{F_{r1}}{2Y_1} ; \quad F_{a2} = \frac{F_{r2}}{2Y_2}$$

Identifier le mouvement de l'arbre sous les actions

Sens $-F_x$	Sens F_x
$\frac{F_{r1}}{2Y_1}$	$K_a + \frac{F_{r2}}{2Y_2}$

⇒ Déplacement sens F_x : 1 B – 2 JN
⇒ Déplacement sens $-F_x$: 1 JN – 2 B

6 - Déterminer les charges axiales

Roulement i fonctionnant à jeu nul :

$$F_{ai} = \frac{F_{ri}}{2Y_i}$$

Détermination du second effort à l'aide de l'équation :

$$|F_x| + F_{a2} - F_{a1} = 0$$

Valable pour montages en O ou X pour des roulements à billes à contacts obliques ou à rouleaux coniques si le roulement 1 est bien celui de la norme		
$\frac{F_{r1}}{Y_1} \leq \frac{F_{r2}}{Y_2}$		$\frac{F_{r1}}{Y_1} > \frac{F_{r2}}{Y_2}$
$\forall K_a$	$ F_x \geq \frac{F_{r1}}{2Y_1} - \frac{F_{r2}}{2Y_2}$	$ F_x < \frac{F_{r1}}{2Y_1} - \frac{F_{r2}}{2Y_2}$
Déplacement de l'arbre sens F_x Roulement 1 « en butée » Roulement 2 « à jeu nul » $F_{a2} = \frac{F_{r2}}{2Y_2}$ $F_{a1} = F_x + F_{a2}$		Déplacement de l'arbre sens $-F_x$ Roulement 1 « à jeu nul » Roulement 2 « en butée » $F_{a1} = \frac{F_{r1}}{2Y_1}$ $F_{a2} = F_{a1} - F_x $

Bilan des 8 cas existants des montages en X et en O pour la détermination du roulement à jeu nul « JN » et du roulement en butée « B »

