

# Liaison Pivot

## Paliers Lisses – Roulement radiaux

# Objectifs

**OBJECTIF** : concevoir et dimensionner la liaison pivot du vilebrequin avec le bâti d'une pompe moyenne pression

Peut-on trouver une solution de guidage avec un palier lisse?

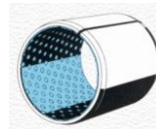
Comment assurer la protection et l'étanchéité ?

Les coussinets autolubrifiants



Quel type de montage adopter?  
Avec ou sans collerette?

Les coussinets composites type "glacier"



Les coussinets polymères (Nylon, PTFE, acétal...)



Peut-on trouver une solution de guidage des roulements?

## Efforts dans les liaisons

### Paliers lisses

Type de palier

Choix matériaux

Choix dans catalogue

Montages

### Roulements

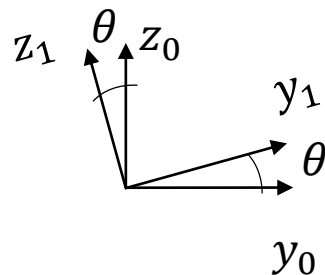
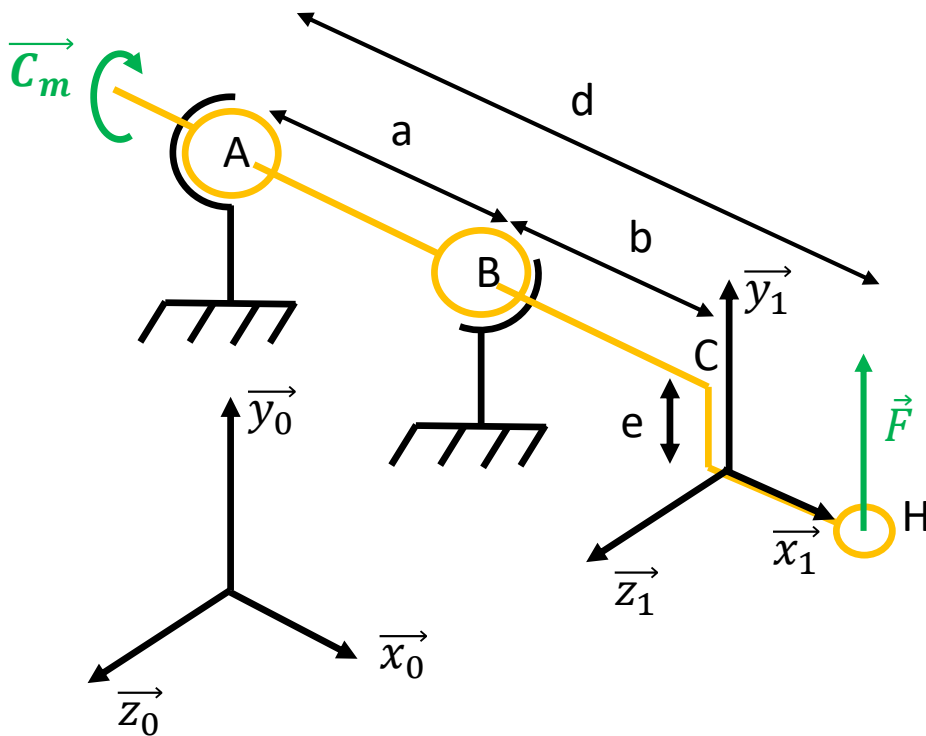
Type de roulement

Capacités de charges

Choix dans catalogue

Montages

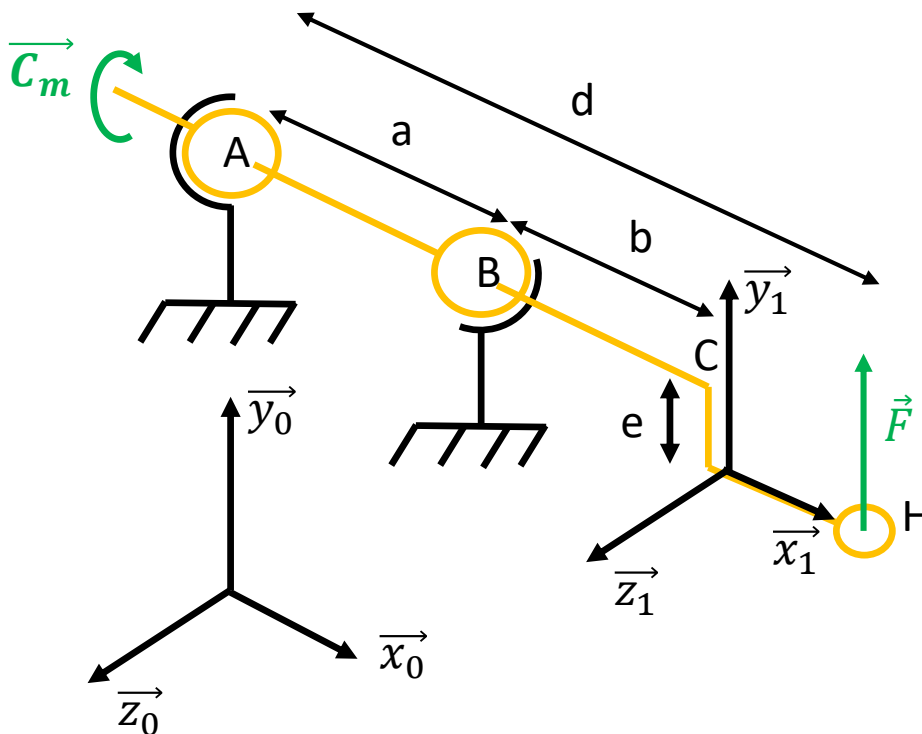
# Efforts dans les liaisons



**Modèle rotule - rotule** car on souhaite un guidage précis (pompe soumise à des vibrations), pas de nécessité de rattraper des jeux car faible dilatation de l'arbre

**Hyperstatisme ?**

# Efforts dans les liaisons



**Modèle rotule - rotule** car on souhaite un guidage précis (pompe soumise à des vibrations), pas de nécessité de rattraper des jeux car faible dilatation de l'arbre

**Hyperstatisme ?**  $h = I_s - E_s + m$

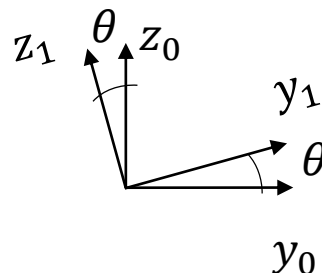
$$I_s = 3 + 3 = 6$$

$$E_s = (2-1) \cdot 6 = 6$$

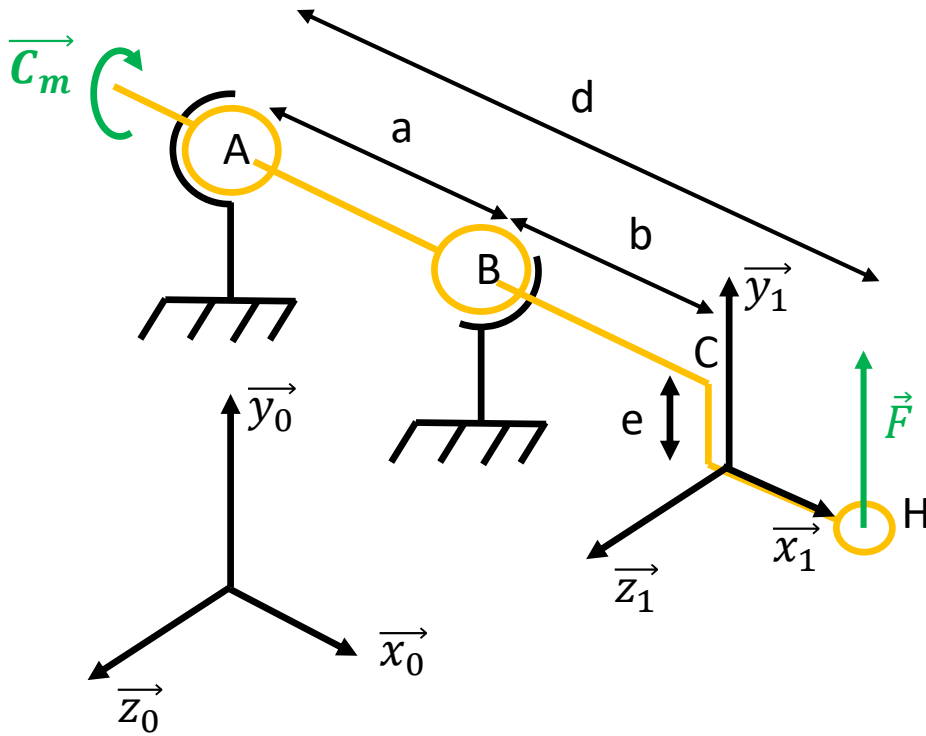
$$m = 1$$

$$\Rightarrow h = -6 + 6 + 1 = 1$$

Arrêt axial suivant l'axe x réalisé 2 fois

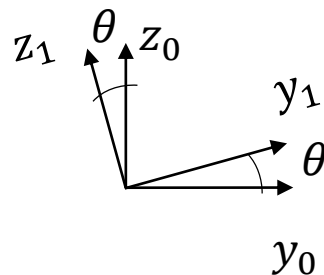


# Efforts dans les liaisons

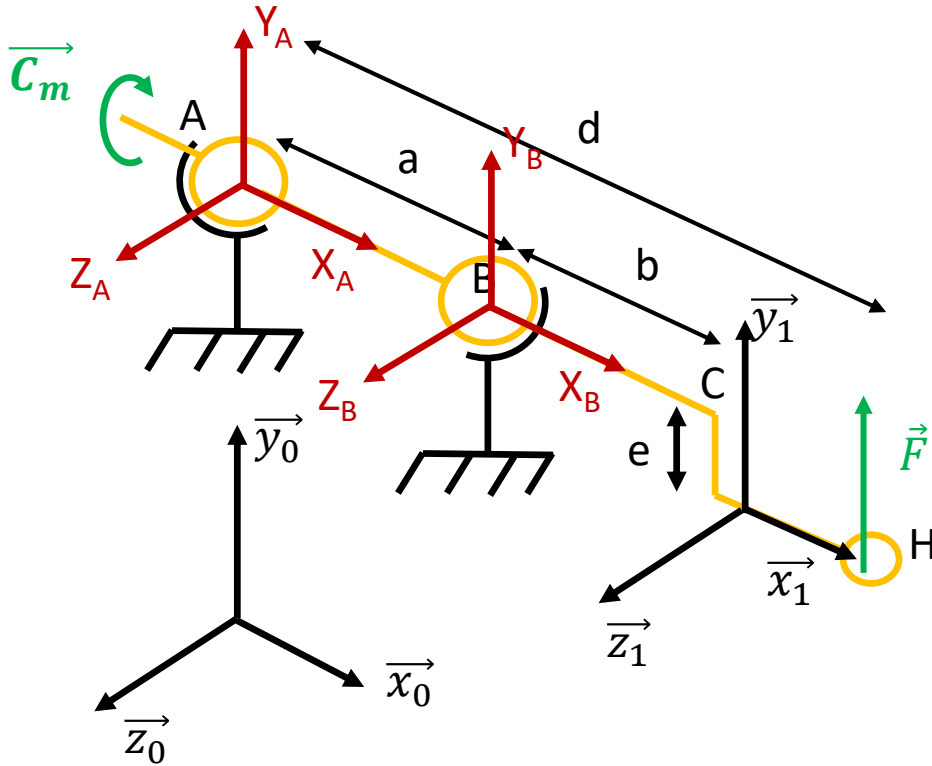


PFS en A

Remarques :  $w$  constant et effets dynamiques négligés



# Efforts dans les liaisons



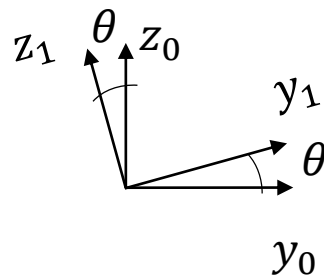
PFS en A :

$$\text{TRS} \Rightarrow \begin{cases} X_A + X_B = 0 \\ Y_A + Y_B + F = 0 \\ Z_B + Z_A = 0 \end{cases} \quad \text{HYPERSTATISME}$$

$$\text{TMS en A} \Rightarrow \begin{cases} C_m + F \cdot e \cdot \sin\theta = 0 \\ -Z_B \cdot a = 0 \\ Y_B \cdot a + F \cdot d = 0 \end{cases}$$

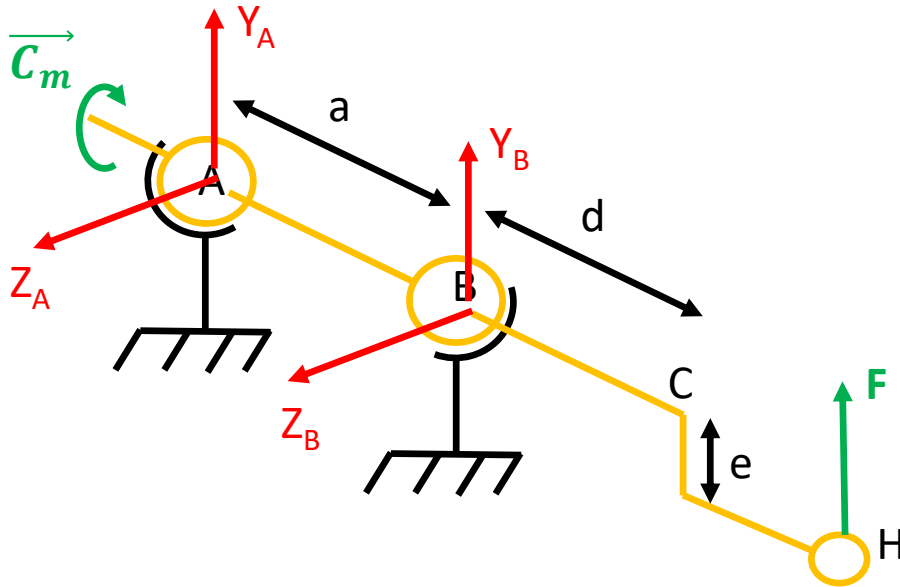


$$\vec{AH} = d\vec{x}_{0,1} + e\vec{y}_1$$



# Efforts dans les liaisons

$$\text{TRS} \Rightarrow \begin{cases} X_A + X_B = 0 \\ Y_A + Y_B + F = 0 \\ Z_B + Z_A = 0 \end{cases}$$



$$\text{TMS en A} \Rightarrow \begin{cases} C_m + F \cdot e \cdot \sin\theta = 0 \\ -Z_B \cdot a = 0 \\ Y_B \cdot a + F \cdot d = 0 \end{cases}$$

$$F_{\max} = P_{\max} \cdot S = 1413 \text{ N}$$

$$\begin{aligned} Y_B &= -4710 \text{ N} \\ Z_B &= 0 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Y_A &= 3297 \text{ N} \\ Z_A &= 0 \text{ N} \end{aligned}$$

$a=30 \text{ mm}$  ;  $d=100 \text{ mm}$  ;  $e = 12 \text{ mm}$  ;  $\varnothing_{\text{Piston}} = 20 \text{ mm}$



Rappel : 1 bar =  $10^5 \text{ Pa}$

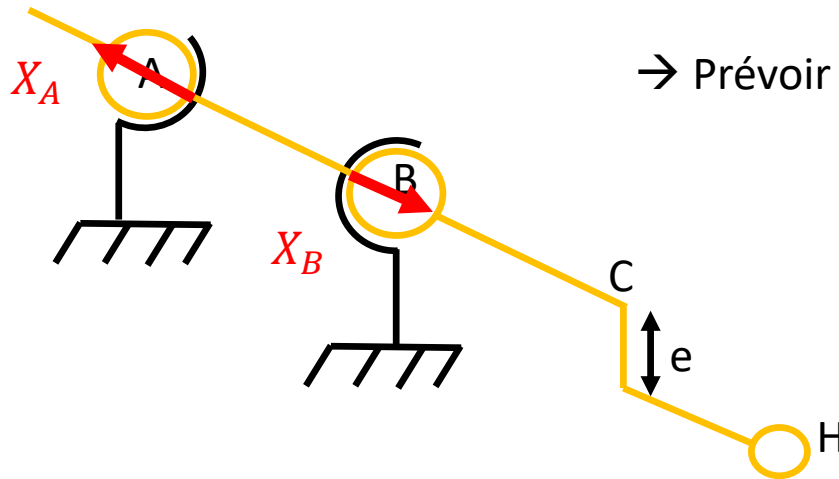


# Montage par paliers lisses

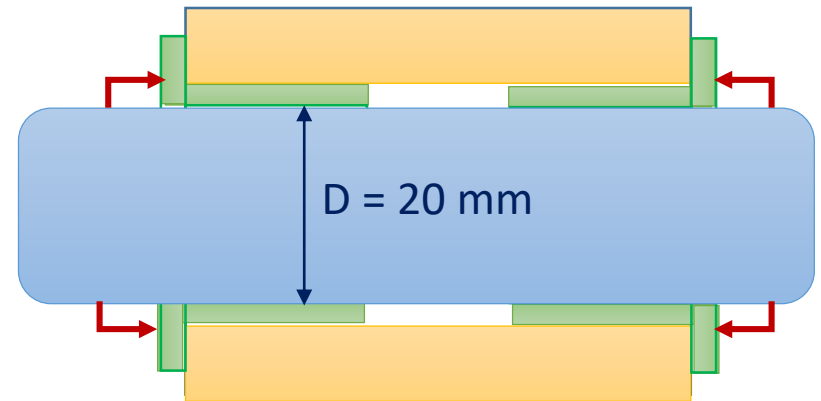
## Type de palier

- Effort axial lié au montage et aux défauts de fabrication
- Utilisation de **coussinets avec collerettes**

→ ½ rotules →  $0.4 \leq \frac{L}{D} \leq 0.8$  Poly p47



→ Prévoir des arrêts



## Problématique :

- Choisir le matériau
- Choisir la longueur  $L$
- Coussinet catalogue ( $d_{\text{int}}$  fixé)

$$8\text{mm} \leq L \leq 16\text{mm}$$

# Montage par paliers lisses

Type	$V_{\max}$ (m/s)	$T_{\max}$ (°C)	$P_{\max}$ (MPa)	$(PV)_{\max}$ (W.mm <sup>-2</sup> )	Prix coeff
Bronze plomb	7 à 8	< 180	15 à 60	35	7,5
Bronze étain	7 à 8	< 250	3 à 100	35	8,5
Bronze alu	7 à 8	< 250	15 à 30	30	10
Bronze zinc	7 à 8	< 250	8 à 10	30	6
Fonte ft14	-	-	1	2	1 à 20
Textolite	-	< 90	20	40	1 à 20
Autolubrifié fer	-	< 80	25	1,2 à 2,5	0,6
Autolubrifié bronze	-	< 80	25	1 à 1,8	1,3
Graphite	13	< 400	4	0,55	5
Nylon	-	< 90	6	0,04	2,5

Informations matériaux (poly p44)

# Montage par paliers lisses

Palier usiné dans un brut

Palier fritté

Palier roulé

Polytétrafluoroéthylène!

Polyoxyméthylène

							
	Solid bronze	Sintered bronze	Wrapped bronze	PTFE composite	POM composite	PTFE polyamide	Filament wound
Temperature range, °C	-40 .. +250	-10 .. +90	-40 .. +150	-200 .. +250	-40 .. +110	-30 .. +110	-50 .. +140
Friction coefficient, $\mu$	0,08 .. 0,15	0,05 .. 0,10	0,08 .. 0,15	0,03 .. 0,25	0,02 .. 0,20	0,06 .. 0,15	0,03 .. 0,08
Permissible load, N/mm <sup>2</sup>							
- dynamic	25	10	40	80 ( $v \leq 0,02$ )	120 ( $v \leq 0,02$ )	40	140
- static	45	20	120	250	250	80	200
Permissible sliding velocity, m/s	0,5	0,25 .. 5	1,0	2,0 ( $p \leq 1,0$ )	2,5 ( $p \leq 1,0$ )	1,0	0,5
Shaft tolerance	e7 - e8	f7 - f8	e7 - f8	f7 - h8	h7 - h8	h8 - h9	h8
Housing tolerance	H7	H7	H7	H7	H7	H7	H7
Shaft roughness $R_{\text{a}}$ , $\mu\text{m}$	0 .. 1,0	0,2 .. 0,8	0,4 .. 0,8	0 .. 0,4	0 .. 0,8	0 .. 0,8	0,2 - 0,4
Shaft hardness, HB	165 - 400	200 - 300	150 - 400	300 - 600	150 - 600	100 - 300	> 490
Assortment and product series designation	 PBM  PBMF	 PSM  PSMF	 PRM  PRMF	 PCM .. E  PCMF .. E  PCMW .. E  PCMS .. E	 PCM .. M  PCMW .. M  PCMS .. M	 PPM  PPMF	 PWM

Catalogue SKF

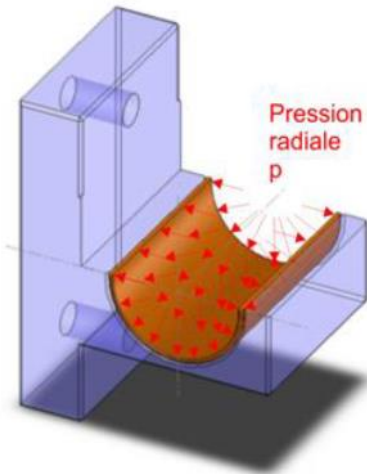
# Montage par palier lisses

## Choix matériaux : Pression admissible

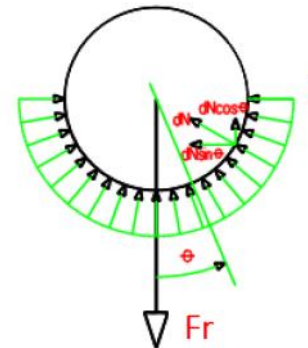
Rappel de cours

Le problème est identique au contact direct. Mais le modèle retenu pour la répartition de pression est celui d'une pression uniforme. Ce modèle permet un calcul aisé qui en contrepartie sous estime la pression de contact maximale. On a alors dans **le cas général** de chargement :

$$p = \frac{Fr}{L \cdot d} + \frac{6C}{dL^2} < p_{adm}$$



La pression admissible est une donnée constructeur qui tient compte du modèle de répartition uniforme. Elle dépend du matériau choisi pour le coussinet, des conditions de température.

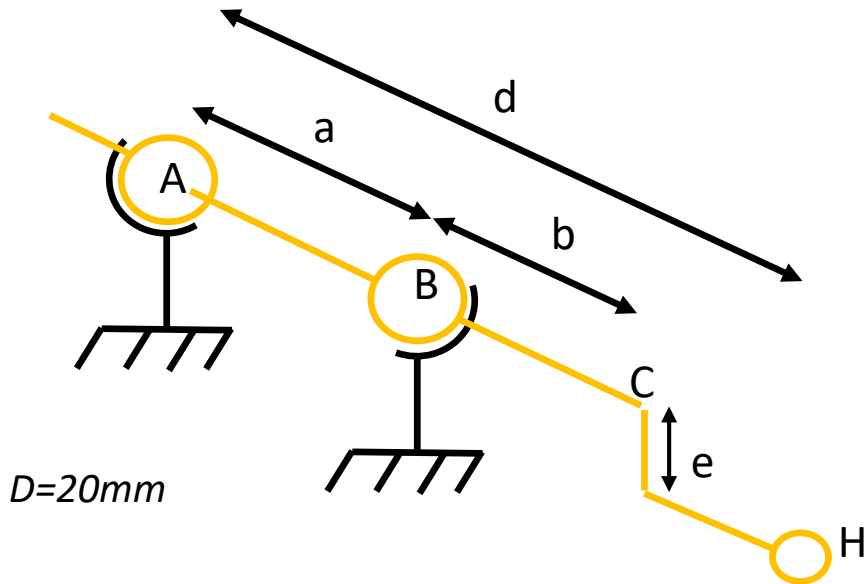


$$\begin{Bmatrix} X & 0 \\ Y & M \\ Z & N \end{Bmatrix}_A$$

- La charge radiale  $(Y^2+Z^2)^{1/2}$  que par la suite on appellera  $Fr$
- La charge axiale  $X$
- Le moment fléchissant  $C = (M^2+N^2)^{1/2}$

# Montage par palier lisses

Choix arbitraire: on prend les 2 coussinets identiques



Poly Conan p43

$$P_D = \frac{F_r}{L.D} + \frac{6.C}{DL^2} \leq P_{max}$$

$$F_{rB} = 4666N$$

$$F_{rA} = 3266N$$



On fait le calcul pour le palier le plus chargé!

mm

$$L \geq \frac{234}{P_{max}}$$

MPa

Remarque : MPa = N / mm<sup>2</sup>

# Montage par palier lisses

	 Solid bronze	 Sintered bronze	 Wrapped bronze	 PTFE composite	 POM composite	 PTFE polyamide	 Filament wound
Temperature range, °C	-40 .. +250	-10 .. +90	-40 .. +150	-200 .. +250	-40 .. +110	-30 .. +110	-50 .. +140
Friction coefficient, $\mu$	0,08 .. 0,15	0,05 .. 0,10	0,08 .. 0,15	0,03 .. 0,25	0,02 .. 0,20	0,06 .. 0,15	0,03 .. 0,08
Permissible load, N/mm <sup>2</sup> - dynamic	25	10	40	80 ( $\nu \leq 0,02$ )	120 ( $\nu \leq 0,02$ )	40	140

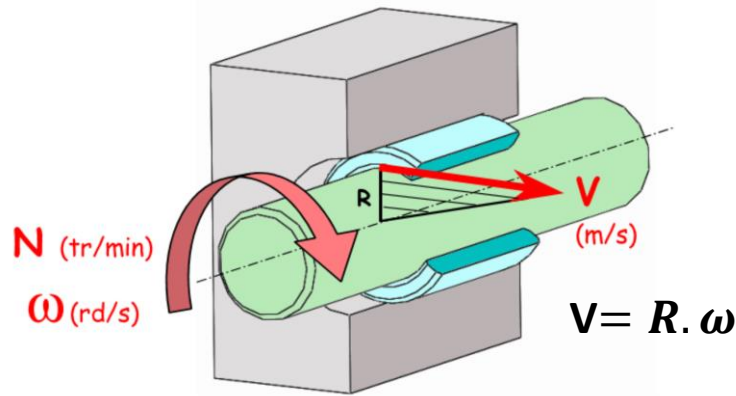
$$L \geq \frac{234}{P_{\max}}$$

9,36	23,4	5,85	2,93	1,95	5,85	1,67
------	------	------	------	------	------	------

$$8\text{mm} \leq L \leq 16\text{mm}$$

# Montage par paliers lisses

## Choix matériaux : Vitesse périphérique




Type	$V_{max}$ (m/s)
Bronze plomb	7 à 8
Bronze étain	7 à 8
Bronze alu	7 à 8
Bronze zinc	7 à 8
Fonte ft14	-
Textolite	-
Autolubrifié fer	-
Autolubrifié bronze	-
Graphite	13
Nylon	-

							
	Solid bronze	Sintered bronze	Wrapped bronze	PTFE composite	POM composite	PTFE polyamide	Filament wound
Temperature range, °C	-40 .. +250	-10 .. +90	-40 .. +150	-200 .. +250	-40 .. +110	-30 .. +110	-50 .. +140
Friction coefficient, $\mu$	0,08 .. 0,15	0,05 .. 0,10	0,08 .. 0,15	0,03 .. 0,25	0,02 .. 0,20	0,06 .. 0,15	0,03 .. 0,08
Permissible load, N/mm <sup>2</sup>							
- dynamic	25	10	40	80 ( $v \leq 0,02$ )	120 ( $v \leq 0,02$ )	40	140
- static	45	20	120	250	250	80	200
Permissible sliding velocity, m/s	0,5	0,25 .. 5	1,0	2,0 ( $p \leq 1,0$ )	2,5 ( $p \leq 1,0$ )	1,0	0,5

# Montage paliers lisse

$N = 600 \text{ tr/mn} \rightarrow \omega = 62,5 \text{ rad/s} \rightarrow V = 62,5 * 0,01 = 0,62 \text{ m/s}$

							
	Solid bronze	Sintered bronze	Wrapped bronze	PTFE composite	POM composite	PTFE polyamide	Filament wound
Temperature range, °C	-40 .. +250	-10 .. +90	-40 .. +150	-200 .. +250	-40 .. +110	-30 .. +110	-50 .. +140
Friction coefficient, $\mu$	0,08 .. 0,15	0,05 .. 0,10	0,08 .. 0,15	0,03 .. 0,25	0,02 .. 0,20	0,06 .. 0,15	0,03 .. 0,08
Permissible load, N/mm <sup>2</sup>							
- dynamic	25	10	40	80 ( $v \leq 0,02$ )	120 ( $v \leq 0,02$ )	40	140
- static	45	20	120	250	250	80	200
Permissible sliding velocity, m/s	0,5	0,25 .. 5	1,0	2,0 ( $p \leq 1,0$ )	2,5 ( $p \leq 1,0$ )	1,0	0,5



$$qm = \frac{Spiston * e * w}{\pi}$$

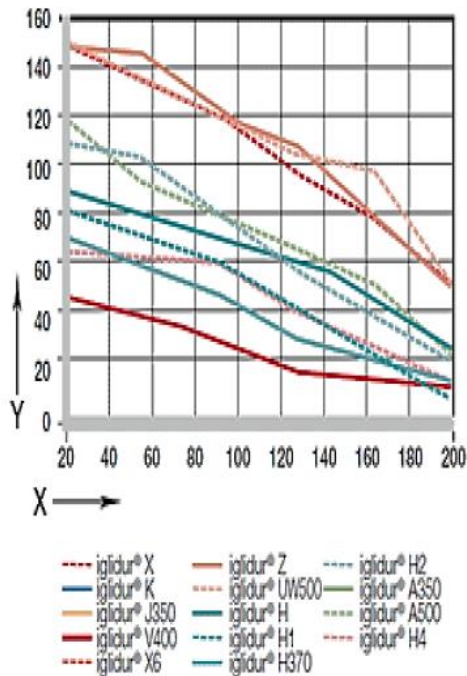
Voir TD de mécanique générale du PC2



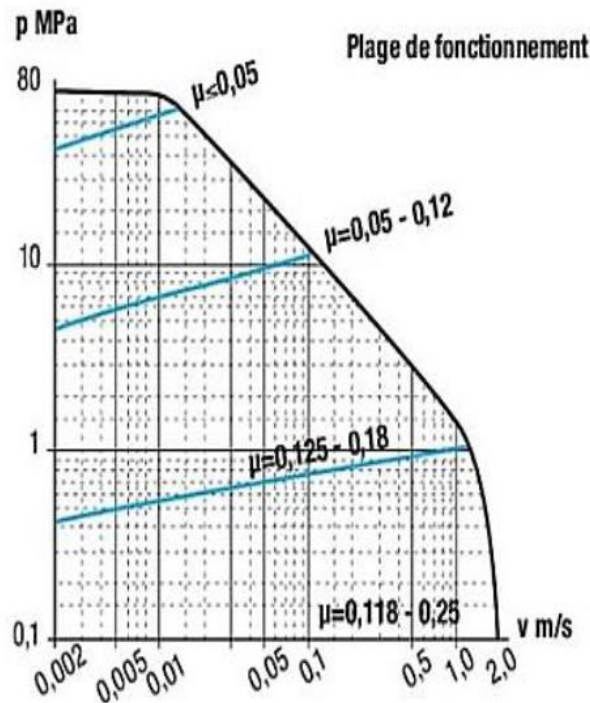
# Montage par paliers lisses

## Choix matériaux : Puissance aréolaire

### Exemples de pression admissible



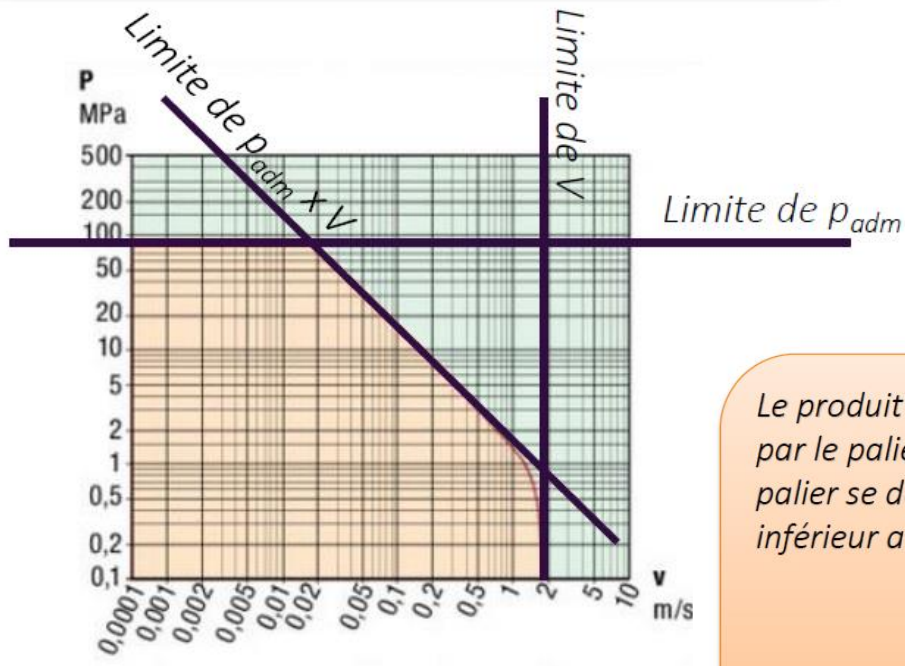
$P_{adm}$  en fonction de la température  
Source IGUS



$P_{adm}$  en fonction de la vitesse de glissement  
Source Prud'Homme Transmissions

## Montage par paliers lisses

On constate dans le graphique précédent que la pression admissible chute fortement avec la vitesse de glissement. Cela amène un nouveau critère dimensionnant  $(pV)_{adm}$  : la limite de  $(pV)$  admissible



Le produit  $p \times V$  est un indicateur de la chaleur de friction générée par le palier. Cette chaleur a une valeur limite au-delà de laquelle le palier se détériore. On doit donc vérifier que le produit  $(p \times V)$  soit inférieur au produit  $(p \times V)_{adm}$

$$(pV) = \left( \frac{Fr}{L \cdot d} + \frac{6C}{dL^2} \right) \times r\omega < (pV)_{adm}$$

$$(pV) = \frac{\omega(Fr \cdot L + 6C)}{2L^2} < (pV)_{adm}$$

# Montage par paliers lisses

$$(pV) = \frac{\omega F_r}{2L} < (pV)_{adm} \quad \Rightarrow \quad L > \frac{\omega F_r}{2(pV)_{adm}} \quad \Rightarrow \quad \text{mm} \rightarrow L > \frac{146}{(pV)_{adm}} \quad \text{W.mm}^{-2}$$

Type	(PV) <sub>max</sub> (W.mm <sup>-2</sup> )	L (mm) >
Bronze plomb	35	4
Bronze étain	35	4
Bronze alu	30	4,86
Bronze zinc	30	4,86
Fonte ft14	2	73
Textolite	40	3,65
Autolubrifié fer	1,2 à 2,5	121
Autolubrifié bronze	1 à 1,8	146
Graphite	0,55	265
Nylon	0,04	3650

Le bronze convient

# Montage par palier lisse

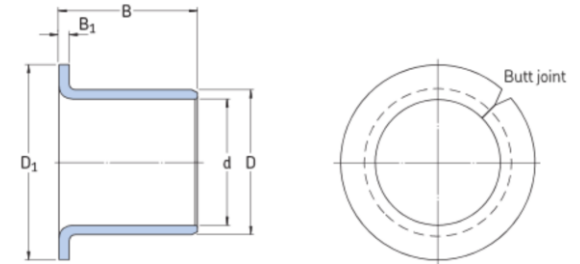
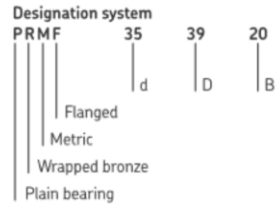
	 Solid bronze	 Sintered bronze	 Wrapped bronze	 PTFE composite	 POM composite	 PTFE polyamide	 Filament wound
Temperature range, °C	-40 .. +250	-10 .. +90	-40 .. +150	-200 .. +250	-40 .. +110	-30 .. +110	-50 .. +140
Friction coefficient, $\mu$	0,08 .. 0,15	0,05 .. 0,10	0,08 .. 0,15	0,03 .. 0,25	0,02 .. 0,20	0,06 .. 0,15	0,03 .. 0,08
Permissible load, N/mm <sup>2</sup>							
- dynamic	25	18	40	80 ( $v \leq 0,02$ )	120 ( $v \leq 0,02$ )	40	140
- static	45	20	120	250	250	80	200
Permissible sliding velocity, m/s	0,5	0,25 .. 5	1,0	2,0 ( $p \leq 1,0$ )	2,5 ( $p \leq 1,0$ )	1,0	0,5
Shaft tolerance	e7 - e8	f7 - f8	e7 - f8	f7 - h8	h7 - h8	h8 - h9	h8
Housing tolerance	H7	H7	H7	H7	H7	H7	H7
Shaft roughness $R_{\text{a}}$ , $\mu\text{m}$	0 .. 1,0	0,2 .. 0,8	0,4 .. 0,8	0 .. 0,4	0 .. 0,8	0 .. 0,8	0,2 - 0,4
Shaft hardness, HB	165 - 400	200 - 300	150 - 400	300 - 600	150 - 600	100 - 300	> 490
Assortment and product series designation	 PBM	 PSM	 PRM	 PCM .. E	 PCM .. M	 PPM	 PWM
	 PBMF	 PSMF	 PRMF	 PCMF .. E	 PCMW .. M	 PPMF	

# Solution palier lisse

## Choix catalogue

$$8\text{mm} \leq L \leq 16\text{mm}$$

SKF wrapped bronze – flanged bushings  
d 20 – 100 mm



Designation	d	D	B	D <sub>1</sub>	B <sub>1</sub>
-------------	---	---	---	----------------	----------------

mm	mm	mm	mm	mm	mm
----	----	----	----	----	----

PRMF 202316	20	23	16	30	1,5
PRMF 202320	20	23	20	30	1,5
PRMF 252815	25	28	15	35	1,5
PRMF 252825	25	28	25	35	1,5
PRMF 303420	30	34	20	45	2
PRMF 303430	30	34	30	45	2
PRMF 353920	35	39	20	50	2
PRMF 353935	35	39	35	50	2
PRMF 404425	40	44	25	55	2
PRMF 404440	40	44	40	55	2
PRMF 455030	45	50	30	60	2,5
PRMF 455045	45	50	45	60	2,5
PRMF 505530	50	55	30	65	2,5
PRMF 505550	50	55	50	65	2,5

# Montage par paliers lisses

## Complément : couple de frottement

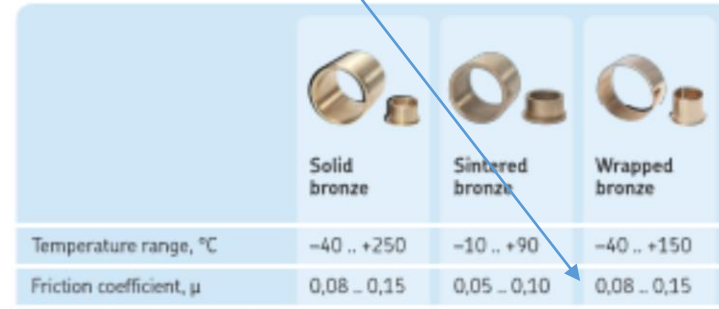
*Palier B*

$$C_f = \frac{3. \pi}{8} * 0,01 * 0,15 * 4666 = \mathbf{8} \text{ N.m}$$

*Palier A*

$$C_f = \frac{3. \pi}{8} * 0,01 * 0,15 * 3266 = \mathbf{6} \text{ N.m}$$

$$C_f = \frac{3. \pi}{8} . r . f . F_r \quad \text{Poly p 47}$$



	Solid bronze	Sintered bronze	Wrapped bronze
Temperature range, °C	-40 .. +250	-10 .. +90	-40 .. +150
Friction coefficient, $\mu$	0,08 - 0,15	0,05 - 0,10	0,08 - 0,15




TMS en A devient alors =>

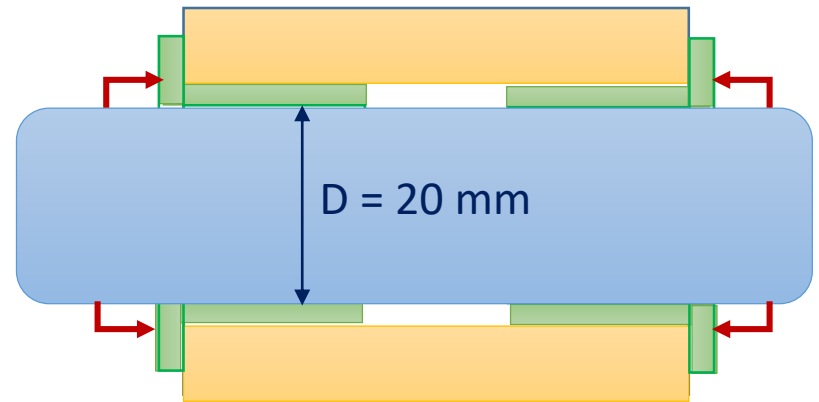
$$\begin{cases} C_m + F . e . \sin\theta - C_{fA} - C_{fB} = 0 \\ -Z_B . a = 0 \\ Y_B . a + F . d = 0 \end{cases}$$

# Montage par paliers lisses

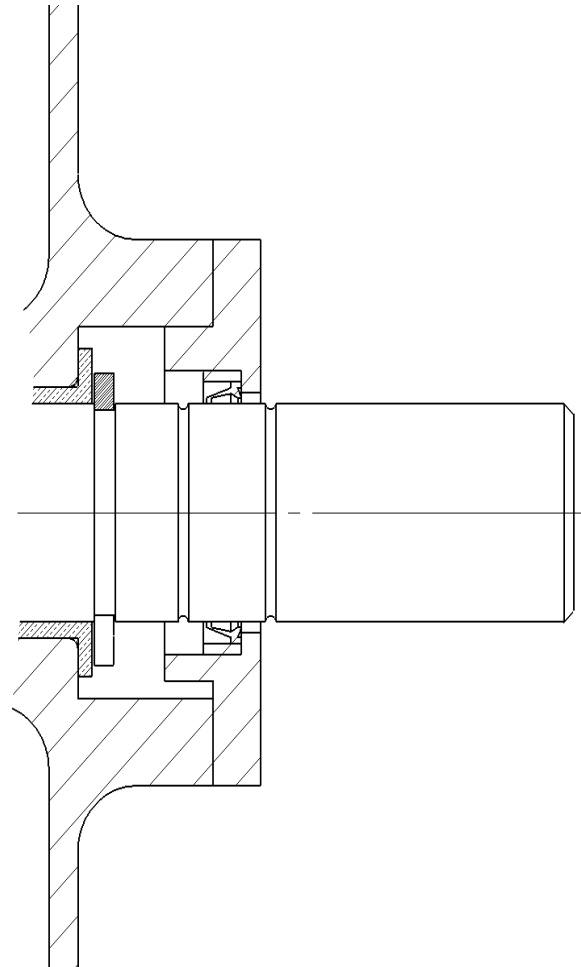
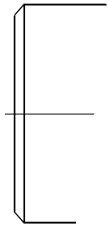
## Proposition de conception

- Le coussinet est monté serré dans l'alésage
- Les tolérances sont fournies par le fabricant

	 Solid bronze	 Sintered bronze	 Wrapped bronze
Temperature range, °C	-40 .. +250	-10 .. +90	-40 .. +150
Friction coefficient, $\mu$	0,08 .. 0,15	0,05 .. 0,10	0,08 .. 0,15
Permissible load, N/mm <sup>2</sup>			
- dynamic	25	10	40
- static	45	20	120
Permissible sliding velocity, m/s	0,5	0,25 .. 5	1,0
Shaft tolerance	e7 - e8	f7 - f8	e7 - f8
Housing tolerance	H7	H7	H7
Shaft roughness $R_{\text{a}}$ $\mu\text{m}$	0 .. 1,0	0,2 .. 0,8	0,4 .. 0,8
Shaft hardness, HB	165 - 400	200 - 300	150 - 400

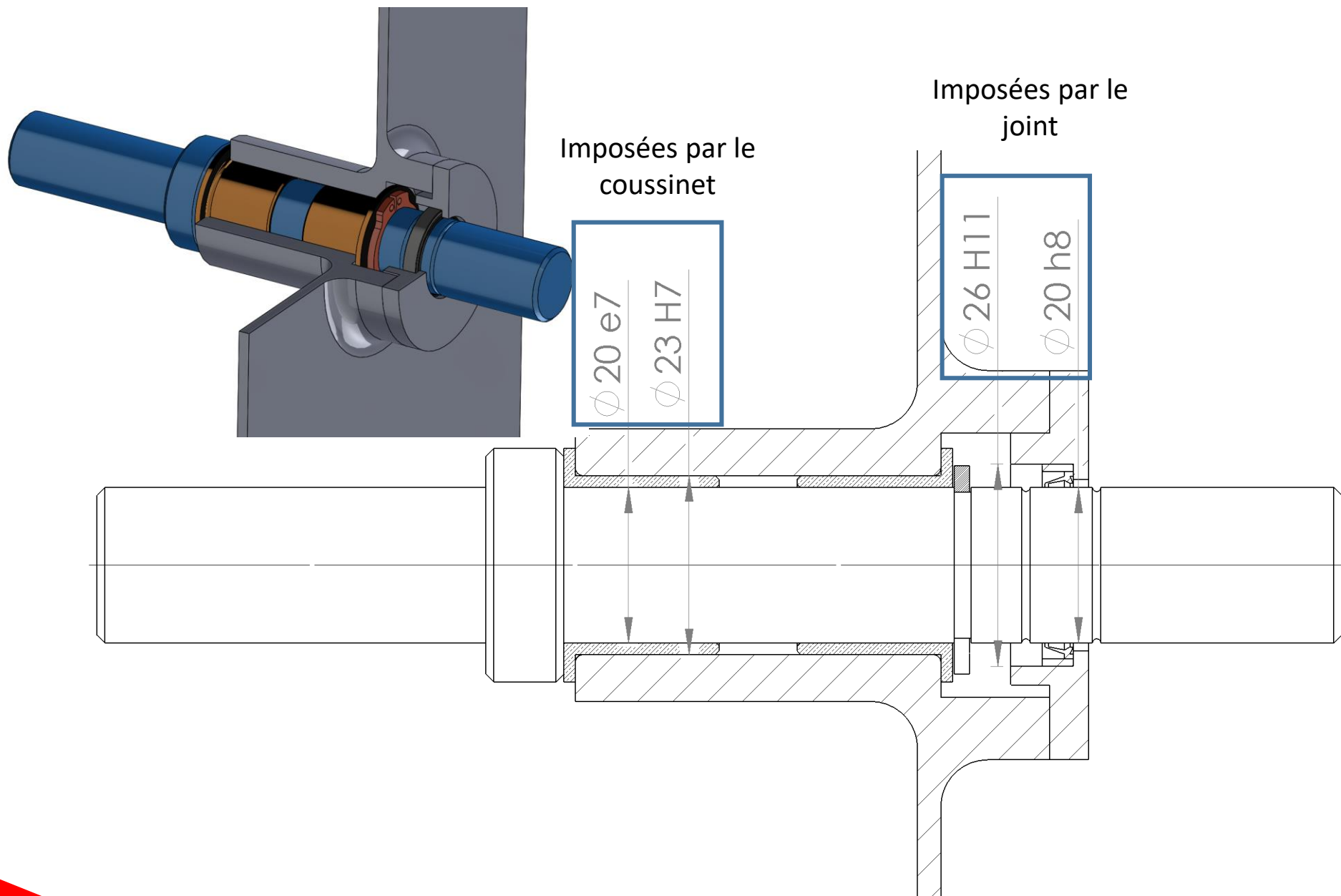


# Montage des paliers lisses

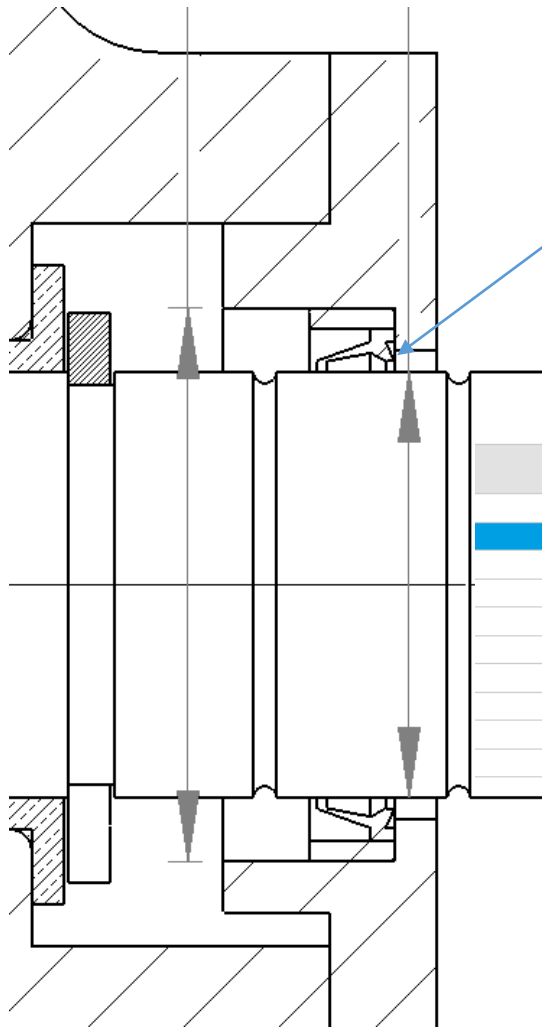




# Montage des paliers lisses



# Montage par paliers lisses

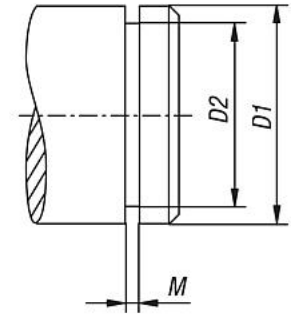
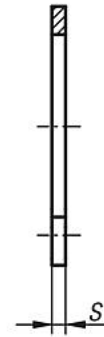
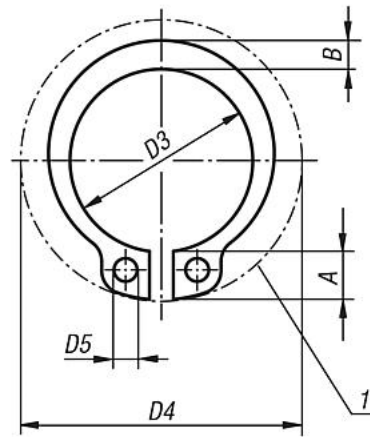
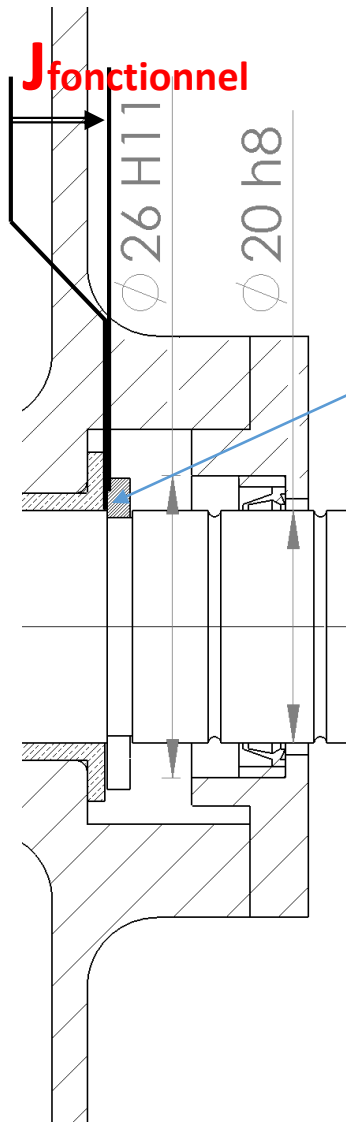


Etanchéité avec un joint à lèvre

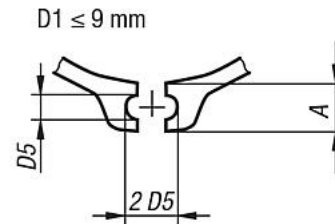
Code article	Diamètre de l'arbre $\varnothing d1$ h11	Diamètre d'alésage $\varnothing D1$ H8	Hauteur du joint H1
SC 20x26x4	20,00	26,00	4,00
SC 20x28x4	20,00	28,00	4,00
SC 20x28x5	20,00	28,00	5,00
SC 20x28x6	20,00	28,00	6,00
SC 20x28x7	20,00	28,00	7,00
SC 20x30x4	20,00	30,00	4,00
SC 20x30x5	20,00	30,00	5,00
SC 20x30x6	20,00	30,00	6,00
SC 20x30x7	20,00	30,00	7,00
SC 20x32x5	20,00	32,00	5,00
SC 20x32x6	20,00	32,00	6,00

Les tolérances de l'arbre et de l'alésage sont des données « catalogues »

# Montage par paliers lisses



Circlips



## ▼ Aperçu des articles (comprimé)

» SÉLECTION/FILTRE D'ARTICLES

Référence	Matière du corps de base	A	B	D1	D2	D3	D4	D5	M	S	CAO	Acc.	Prix	Commander
07330-201200	acier	4	2,6	20	19	18,5	28,4	2	1,3	1,2			0,29 €	<input type="text" value="0"/>

# Montage par roulement

Type de roulement

**Le modèle proposé avec les deux rotules entraîne un effort axial indéterminé MAIS lié à la fabrication et à l'assemblage**

**Donc FAIBLE**



**Il est donc nécessaire de maîtriser lors de la fabrication le jeu axial dans le montage de roulement**



**Effort axial limité**



**Choix : roulements à billes à contact radial**



**Choix arbitraire : on prend les 2 roulements identiques**

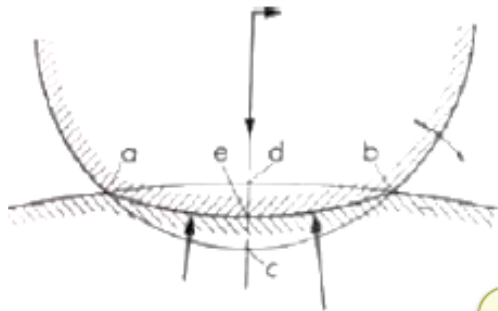
# Montage par roulement

Principal dimensions			Basic load ratings		Fatigue load limit	Speed ratings		Mass	Designation	
d	D	B	dynamic	static		Reference speed	Limiting speed			
mm			C	C <sub>0</sub>	P <sub>a</sub>	r/min		kg	-	
12	21	5	1,74	0,915	0,039	70 000	43 000	0,0063	61801	
	24	6	2,91	1,46	0,062	67 000	40 000	0,011	61901	
	28	8	5,4	2,36	0,1	60 000	38 000	0,021	* 6001	
	30	8	5,07	2,36	0,1	60 000	38 000	0,026	16101	
	32	10	7,28	3,1	0,132	50 000	32 000	0,037	* 6201	
	37	12	10,1	4,15	0,176	45 000	28 000	0,06	* 6301	
15	24	5	1,9	1,1	0,048	60 000	38 000	0,0065	61802	
	28	7	4,36	2,24	0,095	56 000	34 000	0,016	61902	
	32	8	5,85	2,85	0,12	50 000	32 000	0,03	* 16002	
	32	9	5,85	2,85	0,12	50 000	32 000	0,03	* 6002	
	35	11	8,06	3,75	0,16	43 000	28 000	0,045	* 6202	
	42	13	11,9	5,4	0,228	38 000	24 000	0,082	* 6302	
17	26	5	2,03	1,27	0,054	56 000	34 000	0,0075	61803	
	30	7	4,62	2,55	0,108	50 000	32 000	0,016	61903	
	35	8	6,37	3,25	0,137	45 000	28 000	0,038	* 16003	
	35	10	6,37	3,25	0,137	45 000	28 000	0,038	* 6003	
	40	12	9,95	4,75	0,2	38 000	24 000	0,065	* 6203	
	40	12	11,4	5,4	0,228	38 000	24 000	0,064	6203 ETN9	
	47	14	14,3	6,55	0,275	34 000	22 000	0,11	* 6303	
	62	17	22,9	10,8	0,455	28 000	18 000	0,27	6403	
	20	32	7	4,03	2,32	0,104	45 000	28 000	0,018	61804
		37	9	6,37	3,65	0,156	43 000	26 000	0,037	61904
42		8	7,28	4,05	0,173	38 000	24 000	0,05	* 16004	
42		12	9,95	5	0,212	38 000	24 000	0,067	* 6004	
47		14	13,5	6,55	0,28	32 000	20 000	0,11	* 6204	
47		14	15,6	7,65	0,325	32 000	20 000	0,098	6204 ETN9	
52		15	16,8	7,8	0,335	30 000	19 000	0,14	* 6304	
52		15	18,2	9	0,38	30 000	19 000	0,14	6304 ETN9	
72		19	30,7	15	0,64	24 000	15 000	0,41	6404	
22	50	14	14	7,65	0,325	30 000	19 000	0,13	62/22	
	56	16	18,6	9,3	0,39	28 000	18 000	0,18	63/22	

# Montage par roulement

## Capacité de charge statique

Vérifier que la charge transmise par les corps roulants ne va pas déformer de manière permanente les pistes de roulement



Charge statique

$$C_0 > s_0 \times P_0$$

- $C_0$  est la capacité de charge statique du roulement
- $s_0$  un coefficient d'application de la charge
- $P_0$  la charge radiale statique équivalente  $P_0 = \max(X_0 \cdot F_r + Y_0 \cdot F_a ; F_r)^1$

Mode de Fonctionnement	Roulement en rotation						Roulement à l'arrêt	
	Exigences de silence de fonctionnement							
	Faible		Normales		Elevées			
	Billes	Rouleaux	Billes	Rouleaux	Billes	Rouleaux	Billes	Rouleaux
Régulier sans vibrations	0.5	1	1	1.5	2	3	0.4	0.8
Normal	0.5	1	1	1.5	2	3.5	0.5	1
Chocs prononcés	≥ 1.5	≥ 2.5	≥ 1.5	≥ 3	≥ 2	≥ 4	≥ 1	≥ 2

Coefficient de sécurité  $s_0$   
(Source SKF)

Poly p60

# Montage par roulement

$$P_o = (F_r)_{\max} = 4\,666\text{ N}$$

Mode de Fonctionnement	Roulement en rotation						Roulement à l'arrêt	
	Exigences de silence de fonctionnement							
	Faible		Normales		Élevées			
	Billes	Rouleaux	Billes	Rouleaux	Billes	Rouleaux	Billes	Rouleaux
Régulier sans vibrations	0.5	1	1	1.5	2	3	0.4	0.8
Normal	0.5	1	1	1.5	2	3.5	0.5	1
Chocs prononcés	≥ 1.5	≥ 2.5	≥ 1.5	≥ 3	≥ 2	≥ 4	≥ 1	≥ 2

Coefficient de sécurité  $s_o$   
(Source SKF)

$$C_o > 4,6\text{ KN}$$

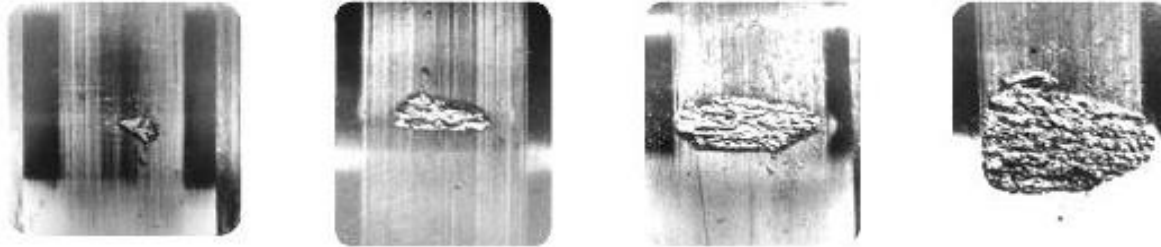
Principal dimensions			Basic load ratings		Fatigue load limit	Speed ratings		Mass	Designation
d	D	B	dynamic	static		Reference speed	Limiting speed		
mm			kN		kN	r/min		kg	-
20	32	7	4,03	2,32	0,104	45 000	28 000	0,018	61804
	37	9	6,37	3,65	0,156	43 000	26 000	0,037	61904
	42	8	7,28	4,05	0,173	38 000	24 000	0,05	* 16004
	42	12	9,95	5	0,212	38 000	24 000	0,067	* 6004
	47	14	13,5	6,55	0,28	32 000	20 000	0,11	* 6204
	47	14	15,6	7,65	0,325	32 000	20 000	0,098	6204 ETN9
	52	15	16,8	7,8	0,335	30 000	19 000	0,14	* 6304
	52	15	18,2	9	0,38	30 000	19 000	0,14	6304 ETN9
	72	19	30,7	15	0,64	24 000	15 000	0,41	6404

# Montage par roulement

## Capacité de charge dynamique

« Contrôler » les détériorations dues au passage cycliques des éléments roulant sur un point donné des pistes de roulements.

→ Durée de vie



La capacité de charge dynamique **C** correspond à la charge radiale **P** qu'il faudrait appliquer pour avoir une durée de vie  $L_{10}$  de 1Millions de tour.

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

$n = 3$  billes

$n = 10/3$  rouleaux

$N$  vitesse de rotation tr/mn



# Montage par roulement

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

n = 3

N = 600 tr/mn

P<sub>A</sub> = 3266 N

P<sub>B</sub> = 4666 N

Principal dimensions			Basic load dynamic
d	D	B	C
mm			kN

20	32	7	4,03
	37	9	6,37
	42	8	7,28
	42	12	9,95
	47	14	13,5
	47	14	15,6
	52	15	16,8
	52	15	18,2
	72	19	30,7

C (kN)	LA (h)	LB (h)
9,95	790	270
13,5	1960	670
15,6	3030	1040
16,8	3780	1300
18,2	4800	1650
30,2	21960	7530

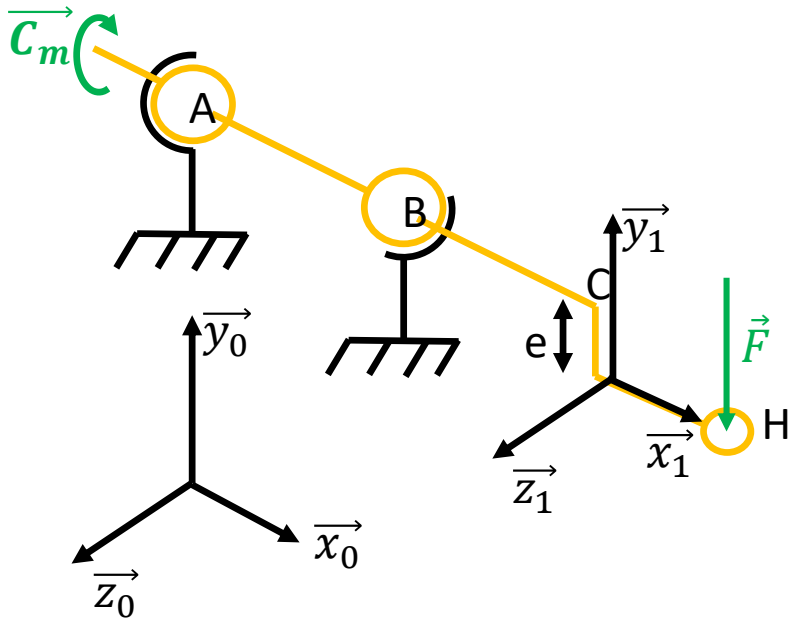
La différence de durée de vie des roulements pourrait remettre en cause le choix de 2 roulements identiques

# Montage par roulement

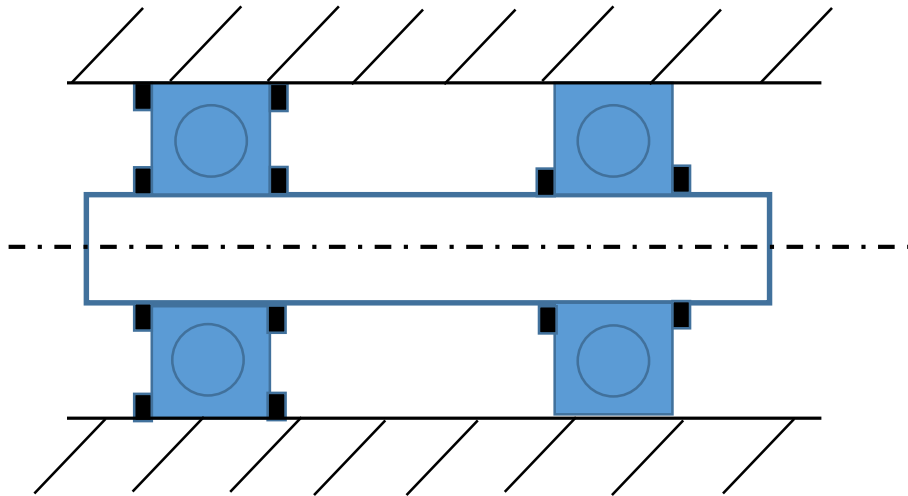
Montage

Quelle bague doit être serrée ?

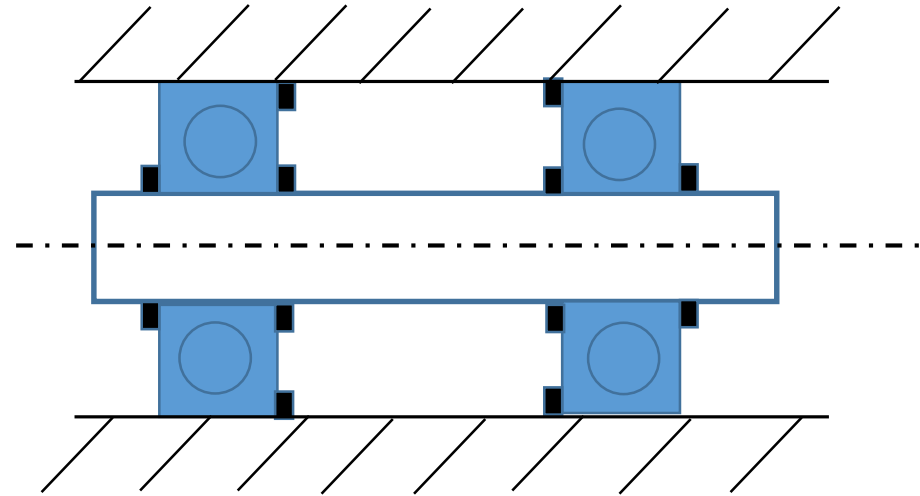
Quels appuis ?



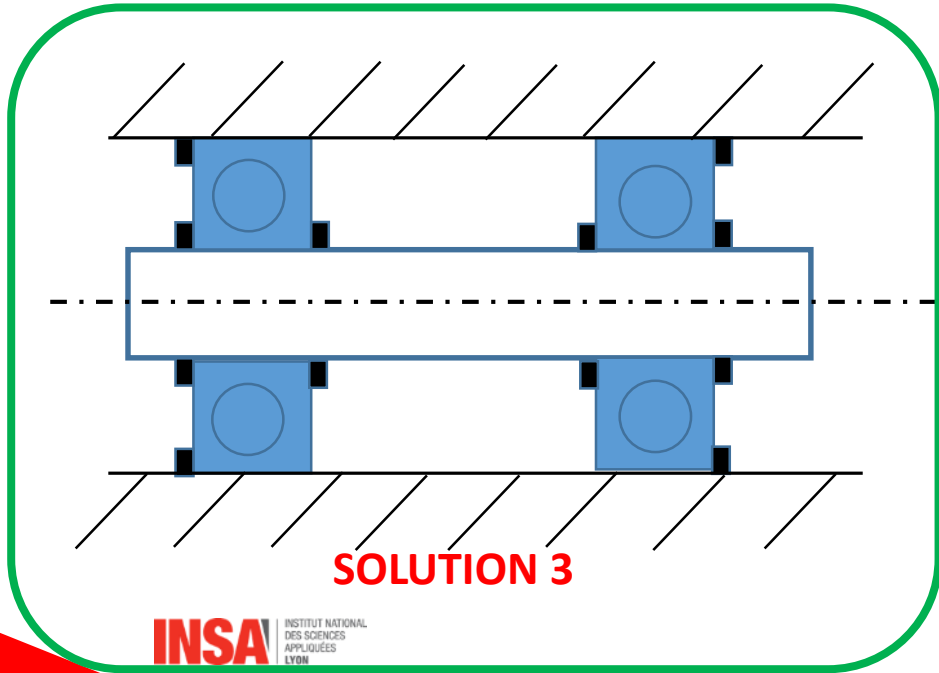




SOLUTION 1



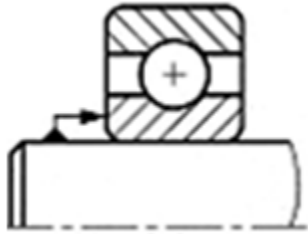
SOLUTION 2



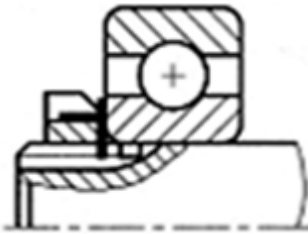
SOLUTION 3

**Choix de la solution 3 : La longueur de l'arbre est courte (30mm entre les deux centres de poussés) => Faible risque de dilatation**

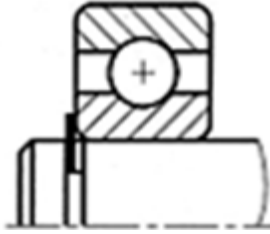
De plus le **montage sera facilité : Assemblage complet des roulements sur l'arbre puis montage de l'arbre et des roulements dans l'alésage**



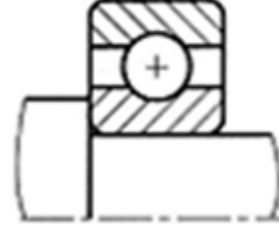
*Principe*



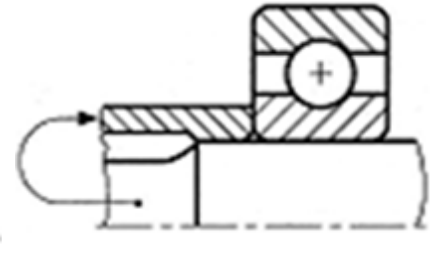
*écrou à encoche*



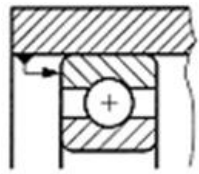
*circlips*



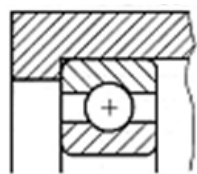
*épaulement*



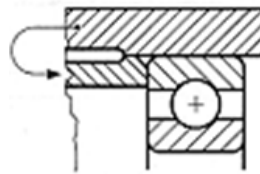
*entretoise*



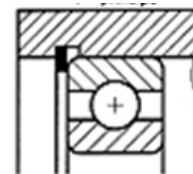
*principe*



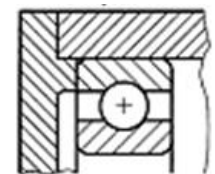
*épaulement*



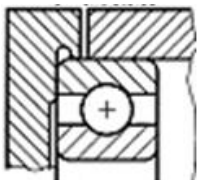
*entretoise*



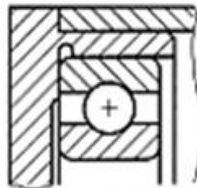
*circlips*



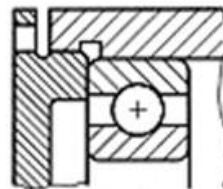
*chapeau centré*



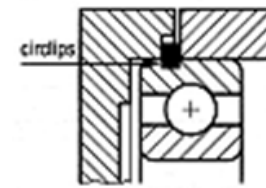
*chapeau centré*



*boîtier*



*chapeau fileté*



*cas particulier*

# Montage par roulements

**Attention** les tolérances sur les dimensions du roulements (alésage, bague extérieure) sont controlées par le fabricants et normalisées (H,h)

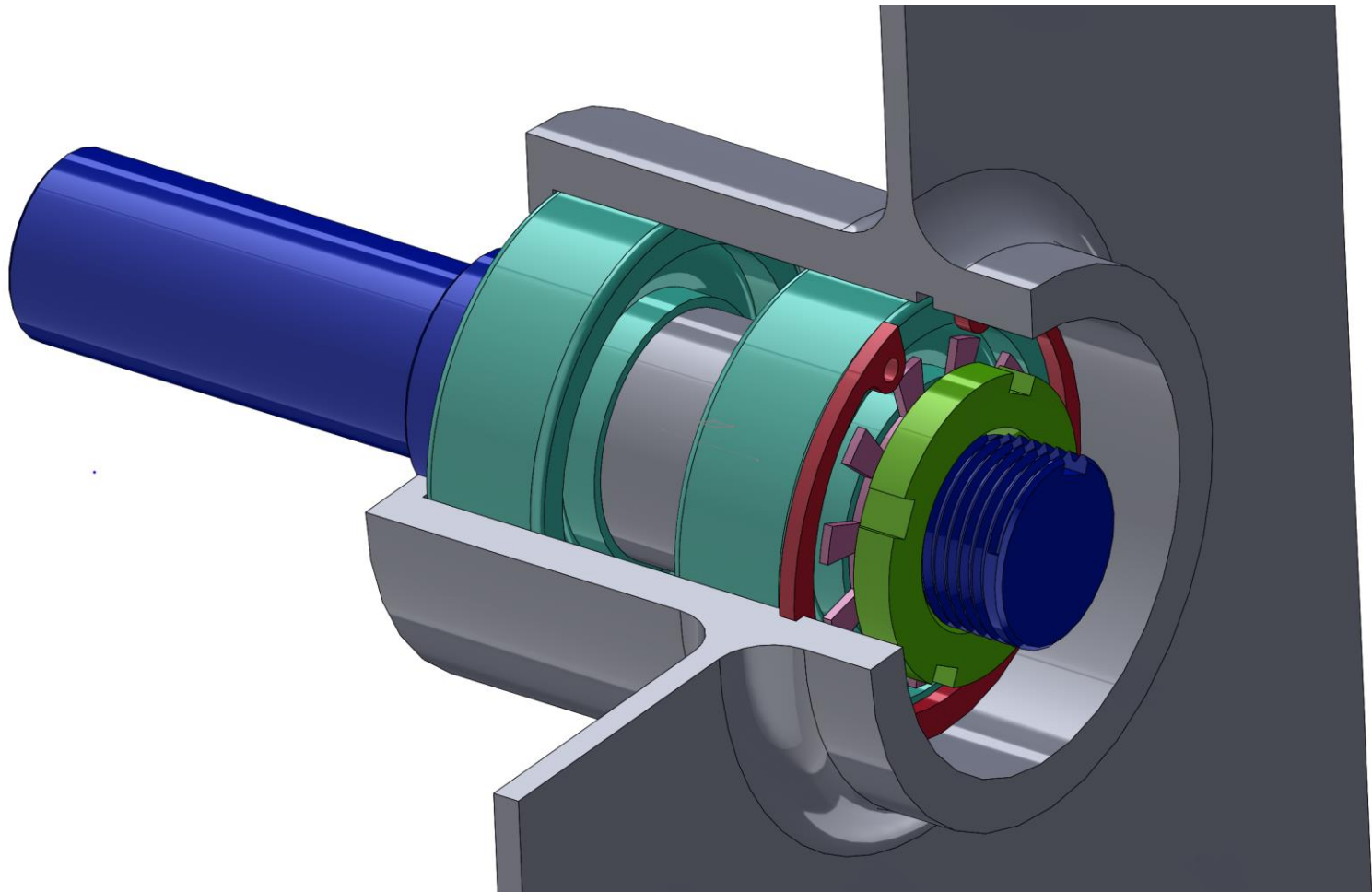
SERRAGE		ARBRE		LOGEMENT	
<b>Bague intérieure serrée sur l'arbre</b>	Cas de charge	Ajustement	Cas de charge	<b>Ajustement</b>	
	Charge normale $P < C/5$	j6/k6	Cas général	<b>H7/J7</b>	
	Charge élevée $P > C/5$	m6/p6	Bague libre sur sa portée	<b>G7/H7</b>	
Roulement à rouleaux (cylindrique et conique)			<b>M7/P7</b>		
<b>Bague extérieure serrée dans le logement</b>	Cas général	g6/h6	Charge normale $P < C/5$	<b>M7/N7</b>	
	Bague libre sur sa portée	f6/g6	Forte charges Charge $P > C/5$	<b>N7/P7</b>	
<b>Autres cas</b>	Charge axiale pure	h6/g6	Charge axiale pure	<b>G7/H7</b>	
	Manchon de serrage	h9			

# Montage par roulements

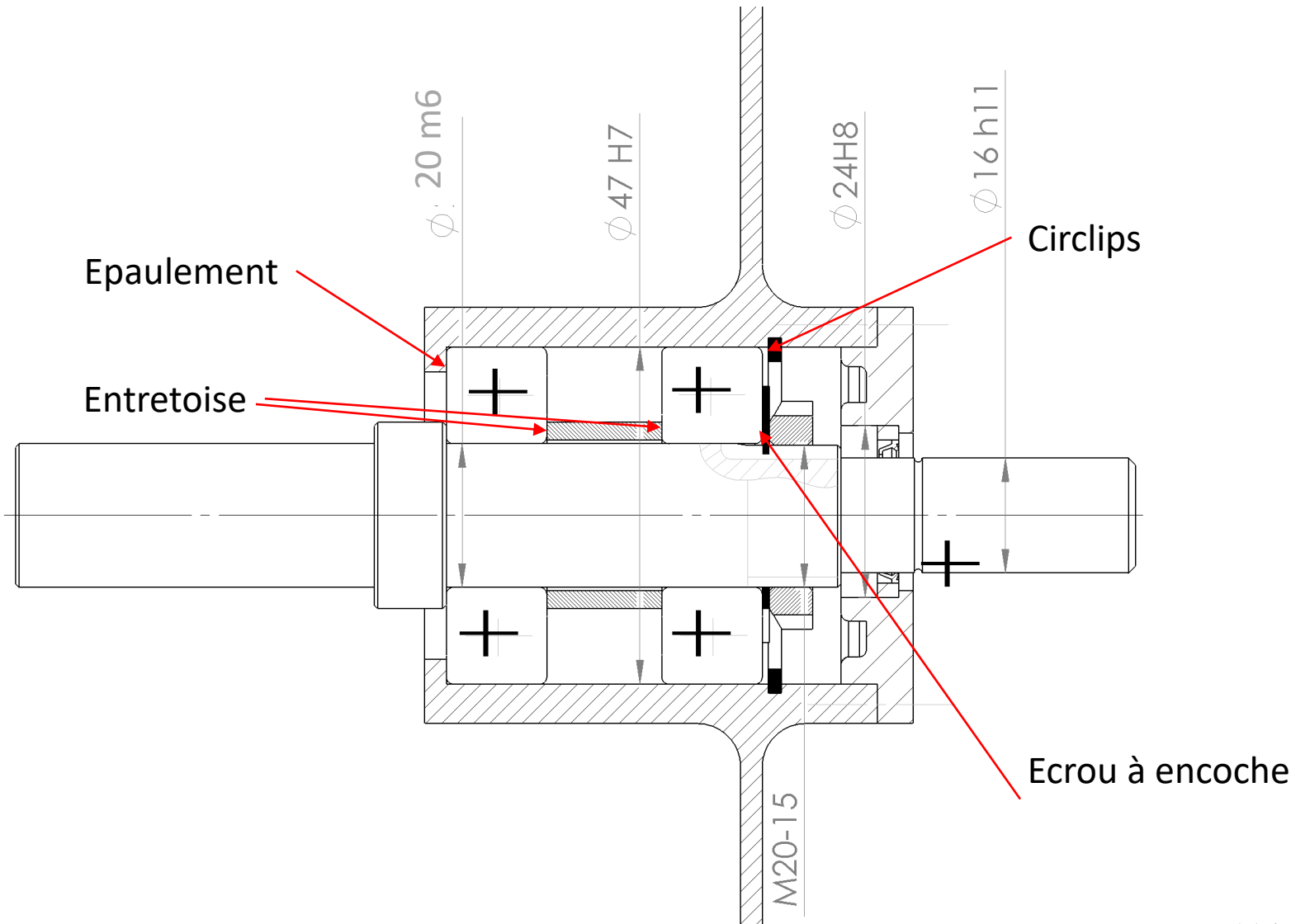
$P = Fr = 4666 \text{ N}$   
 $C = 15,6 \text{ KN}$


 $P > C/5 = 3120$

SERRAGE		ARBRE		LOGEMENT	
		Cas de charge	Ajustement	Cas de charge	Ajustement
<b>Bague intérieure serrée sur l'arbre</b>	<b>sur</b>	Charge normale $P < C/5$	j6/k6	Cas général	H7/J7
		Charge élevée $P > C/5$	m6/p6	Bague libre sur sa portée	G7/H7
<b>Bague extérieure serrée dans le logement</b>		Cas général	g6/h6	Roulement à rouleaux (cylindrique et conique)	M7/P7
		Bague libre sur sa portée	f6/g6	Charge normale $P < C/5$	M7/N7
		Charge axiale pure	h6/g6	Forte charges Charge $P > C/5$	N7/P7
<b>Autres cas</b>		Manchon de serrage	h9	Charge axiale pure	G7/H7









## Montage par roulement

Choix de roulement avec une durée de vie voisine de 3000 h (définie dans le cahier des charges fonctionnel)

$$C_0 > 4,6 \text{ KN}$$

- Le diamètre de 20 mm est un diamètre mini (à confirmer par la RDM !)
- Roulement A OK

➔ Choix d'un roulement B de diamètre intérieur plus grand  
Capacité de charge dynamique assurant une durée de vie voisine de  $L_h = 3000h$

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

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

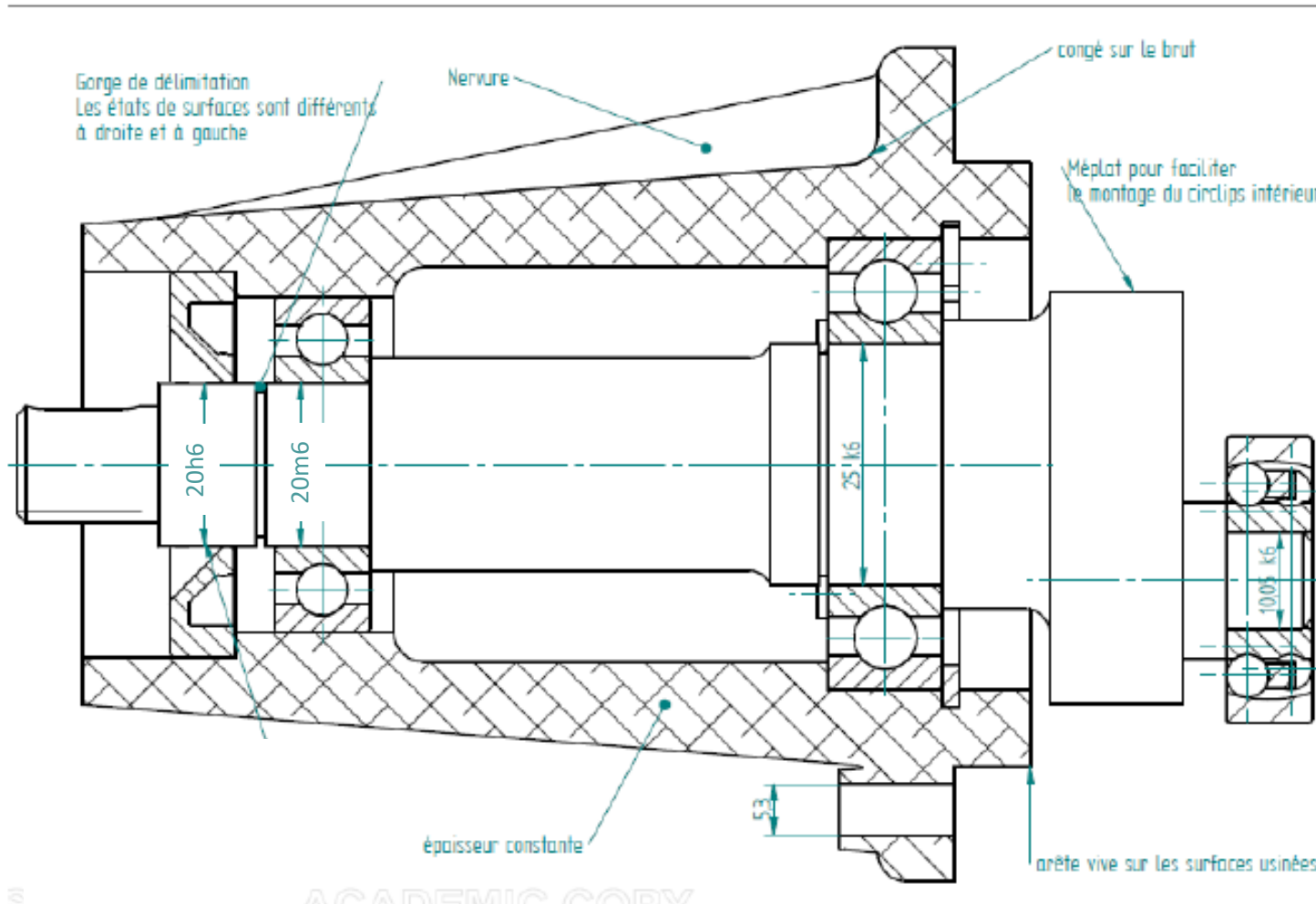
$$C \geq F_B \sqrt[3]{\frac{L_h \cdot 60 \cdot N}{10^6}} = 22 \text{ kN}$$

# Montage par roulement

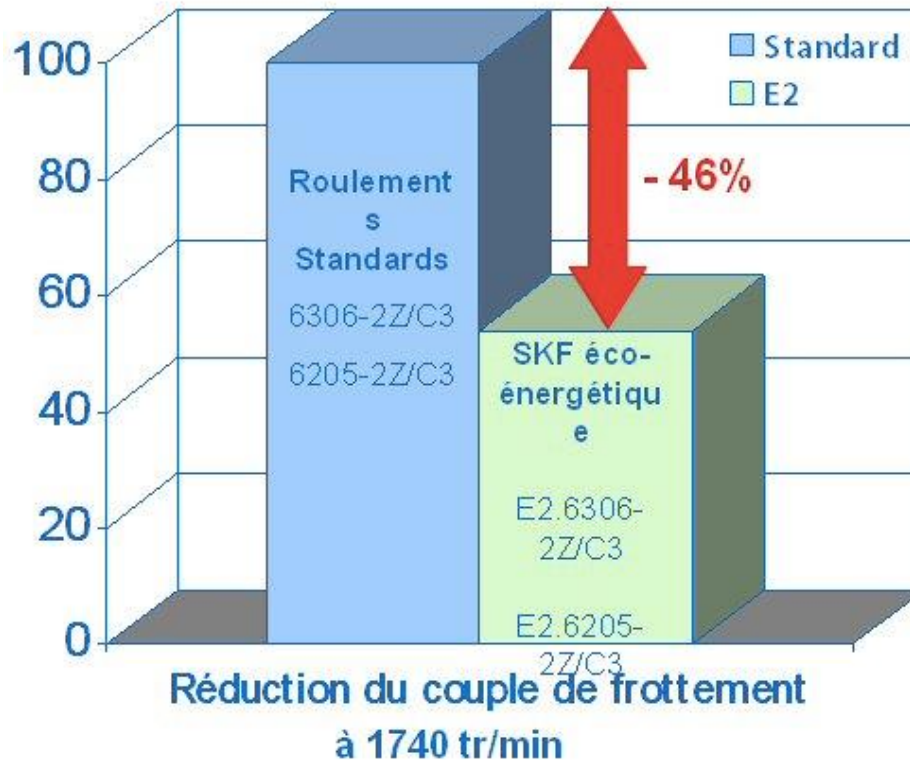
Principal dimensions			Basic load ratings		Fatigue load limit	Speed ratings		Mass	Designation
d	D	B	dynamic	static	$P_u$	Reference speed	Limiting speed		
mm			kN		kN	r/min		kg	-
25	37	7	4,36	2,6	0,125	38 000	24 000	0,022	61805
	42	9	7,02	4,3	0,193	36 000	22 000	0,045	61905
	47	8	8,06	4,75	0,212	32 000	20 000	0,06	* 16005
	47	12	11,9	6,55	0,275	32 000	20 000	0,078	* 6005
	52	15	14,8	7,8	0,335	28 000	18 000	0,13	* 6205
	52	15	17,8	9,8	0,4	28 000	18 000	0,12	6205 ETN9
	62	17	23,4	11,6	0,49	24 000	16 000	0,23	* 6305
	62	17	26	13,4	0,57	24 000	16 000	0,22	6305 ETN9
	80	21	35,8	19,3	0,815	20 000	13 000	0,54	6405

# Montage par roulement

## Montage / Autre Exemple (solution 1)



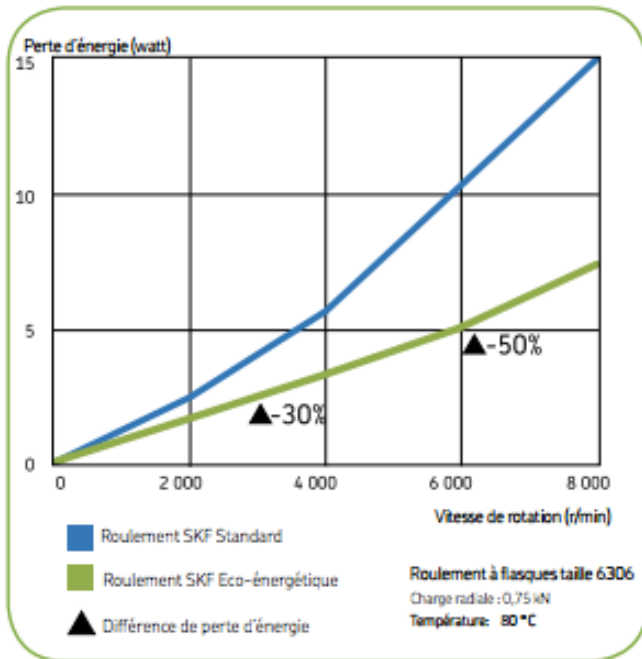
L'utilisation des roulements rigides à billes éco énergétiques sur tous les moteurs industriels en service aux Etats Unis et en Europe, représenteraient une économie d'énergie équivalente à la consommation énergétique d'une ville de plus de 300 000 habitants (la ville de Tours par exemple)



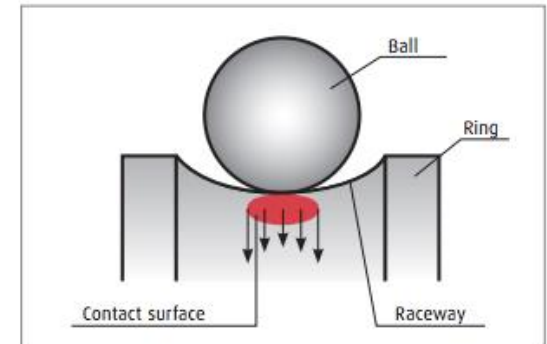
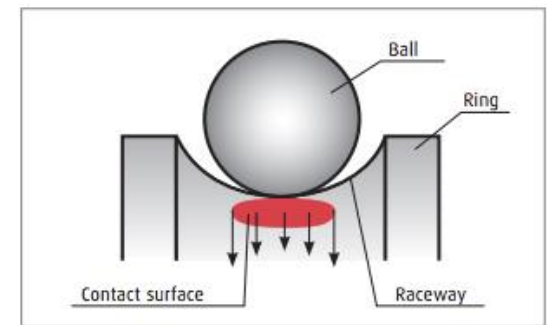
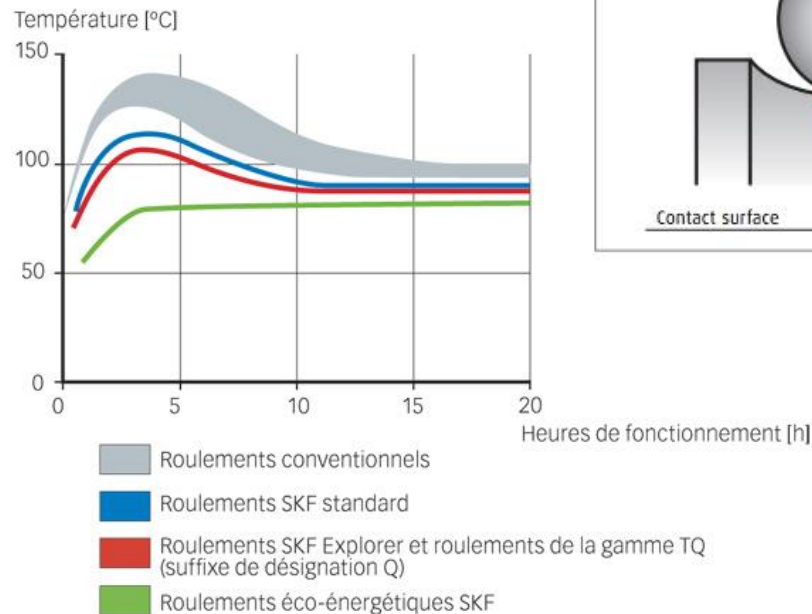
# Montage par roulement

Modification de:

- géométrie des roulements et les cages,
- nouveaux lubrifiants durée de service au moins deux fois supérieure à celle utilisée dans un roulement standard similaire



Résultats d'une simulation de perte d'énergie indiquant les économies réalisées grâce aux roulements rigides à billes éco-énergétiques par rapport à d'autres roulements SKF. Les économies d'énergie peuvent être encore plus importantes comparées à des roulements non SKF.



- Réduction d'au moins 30 % du couple de frottement
- Potentiel d'augmentation de la vitesse de 15 %
- Température de fonctionnement réduite pour moins d'échauffement
- Diminution significative du bruit