

LES COUSSINETS

Constitution d'un coussinet

Un coussinet est un tube dont le matériau est choisi pour sa résistance à l'usure.



Bronze ou acier fritté
(poreux) imprégné de
lubrifiant (Métafram)



Tôle de bronze ou d'acier
revetue de téflon
(Permaglide)



Polymère (Iglidur)

Caractéristiques mécaniques à prendre en compte :

P : pression moyenne de contact.

Si cette pression est trop élevée, le coussinet risque d'être déformé de manière irréversible.

V : vitesse de glissement.

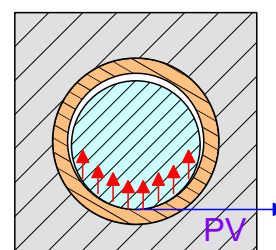
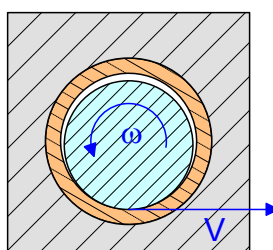
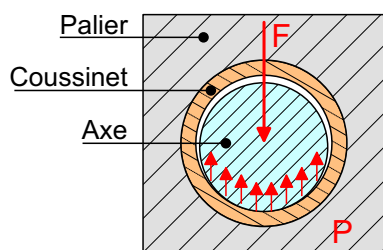
Si cette vitesse est trop élevée, la lubrification ne peut plus se faire correctement.

P x V : produit pression x vitesse.

Si ce produit est trop important, il y a risque d'échauffement.

$$P = F / (D \times L)$$

$$V = \omega \times R$$



	Métafram BP 25	Métafram FP 15	Permaglide P1	Permaglide P2	Iglidur G
P V en N/mm ² .m/s	PV < 1,8	PV < 1,8	PV < 1,8	PV < 3	PV < 1
P en N/mm ²	P < 18	P < 45	P < 56	P < 70	P < 80
V en m/s	V < 6	V < 4	V < 2	V < 3	V < 1

La durée de vie dépend du facteur P x V et des conditions d'utilisations. Chaque fournisseur possède sa formule de calcul.

Le coussinet est monté serré dans l'alésage et glissant sur l'arbre.
Le jeu de fonctionnement est estimé à 1/1000^{ième} du diamètre.

Montage



Ils ne supportent que de faibles efforts axiaux.

Pour fonctionner en butée, il faut préférer des rondelles conçues à cet effet.

Le frottement dans les coussinets

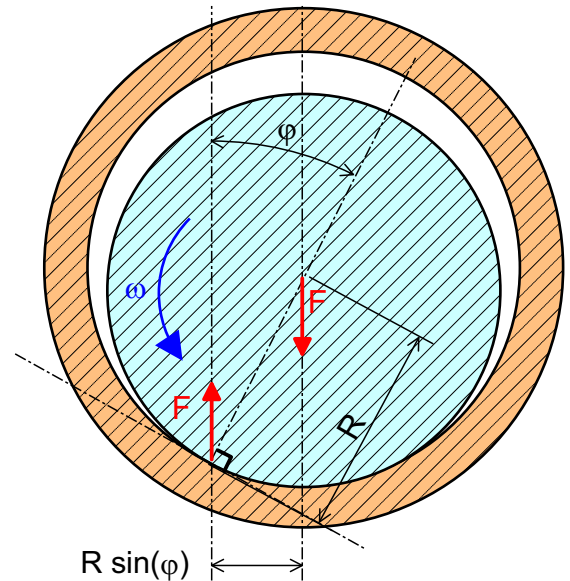
Effort radial :

- On modélise l'assemblage par une liaison linéaire rectiligne avec frottement.

La réaction du moyeu s'incline d'un angle égal à φ pour s'opposer au glissement.

La rotation de l'arbre rencontre un couple résistant :

$$C = F R \sin(\varphi).$$



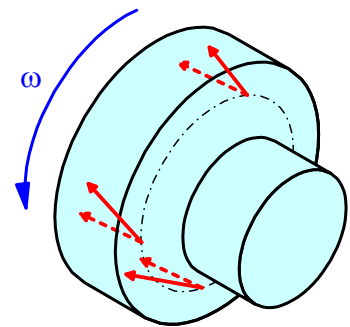
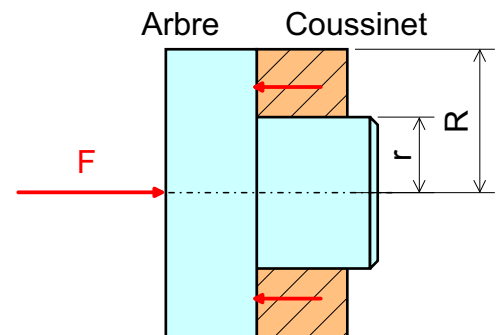
Effort axial :

- Sans frottement, les réactions élémentaires du coussinet sont perpendiculaires au plan de contact. La rotation de l'arbre ne rencontre aucune résistance.

- Avec frottement, les réactions élémentaires du coussinet s'inclinent d'un angle égal à φ pour s'opposer au glissement. La rotation de l'arbre rencontre un couple résistant :

$$C = \mu F (R + r) / 2$$

$$C = \mu F (R) 2 / 3 \text{ lorsque } r = 0$$



		μ	φ°
Coussinet fritté / Arbre acier	Petite vitesse	0,05	2,9
	Grande vitesse (hydrodynamique)	0,002	0,115
PA 6.6 / Acier PA 11 / Acier PTFE (Teflon) / Acier	Sans lubrification	0,4	21,8
		0,35	19,3
		0,22	12,4

LES ROULEMENTS A BILLES

Constitution d'un roulement à billes

Un roulement est constitué d'une bague intérieure et d'une bague extérieure entre lesquelles roulent des billes.

Montage des bagues

Pour éviter son usure contre l'arbre ou le moyeu, la bague qui tourne par rapport à l'effort radial est montée serrée.

Si l'arbre tourne et que l'effort est fixe par rapport au moyeu (axe de treuil fig. 1), les bagues intérieures sont serrées sur l'arbre. L'arbre et les roulements sont préassemblés à la presse puis montés dans le moyeu (fig. 3).

Si le moyeu tourne et que l'effort est fixe par rapport à l'arbre (roue de vélo fig. 2), les bagues extérieures sont serrées dans le moyeu. Le moyeu et les roulements sont préassemblés à la presse puis montés sur l'arbre (fig. 4).

Lors du préassemblage à la presse, les roulements doivent venir buter contre un obstacle (épaulement, entretoise, anneau élastique...).

Blocage axial de l'arbre dans le moyeu

Des arrêts axiaux (épaulements, anneaux élastiques, entretoises...) doivent bloquer la translation arbre-moyeu dans les deux sens (fig. 3 et 4). Le serrage d'une bague ne suffit pas.

Lorsque l'arbre risque de se dilater, le blocage axial dans les deux sens est assuré par un seul roulement (fig. 5 : bagues intérieures serrées) (fig. 6 : bagues extérieures serrées).

Montage sans jeu de l'arbre dans le moyeu

L'utilisation de roulements à rouleaux coniques ou à billes à contacts obliques permet d'annuler le jeu radial et axial du guidage par serrage axial des roulements (fig. 7 : bagues intérieures serrées sur l'arbre) (fig. 8 : bagues extérieures serrées dans le moyeu).

figure 1

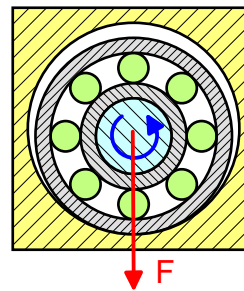


figure 2

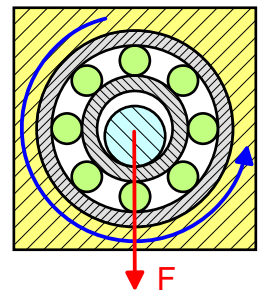


figure 3

Vidéo

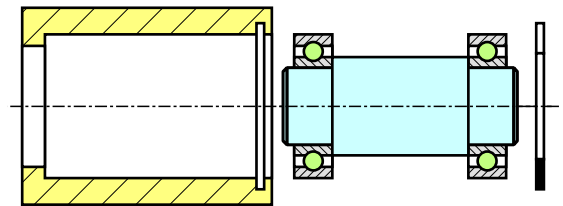


figure 4

Vidéo

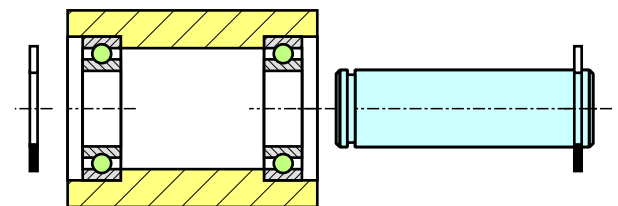
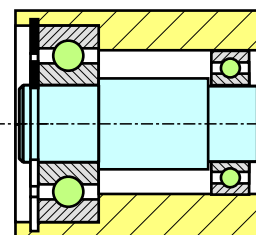
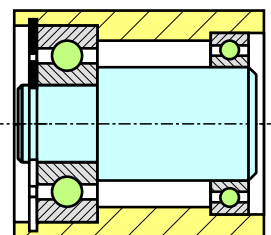


figure 5

figure 6



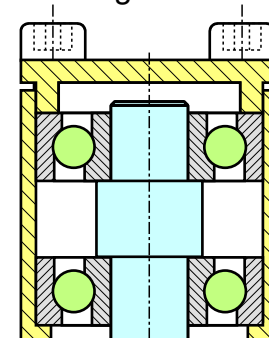
Vidéo



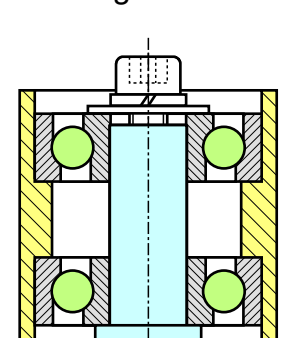
Vidéo

figure 7

figure 8



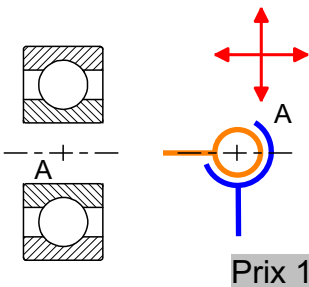
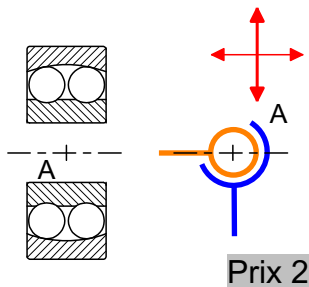
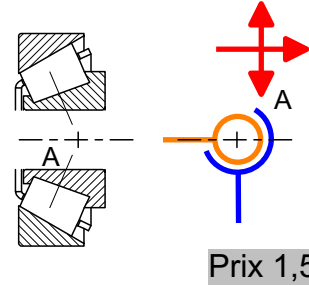
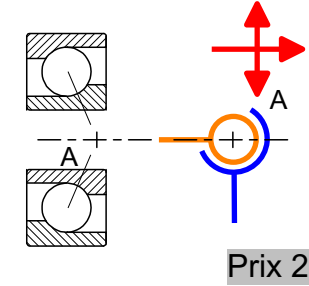
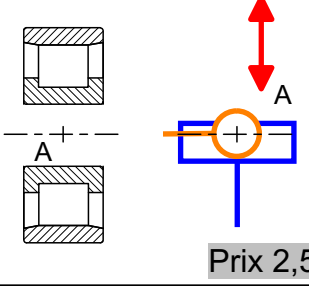
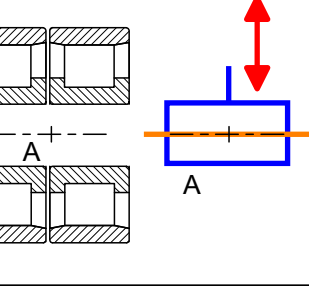
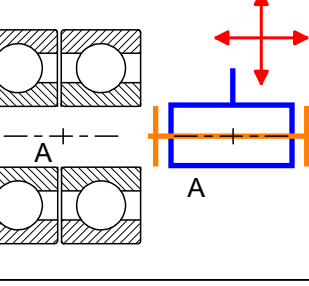
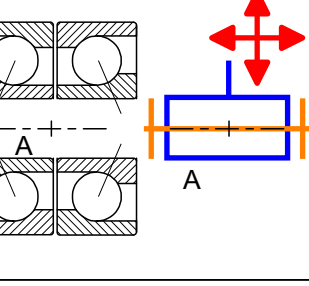
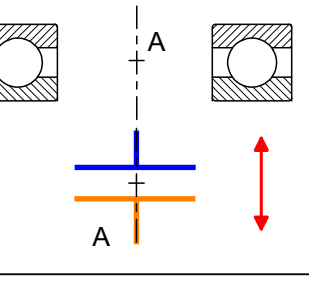
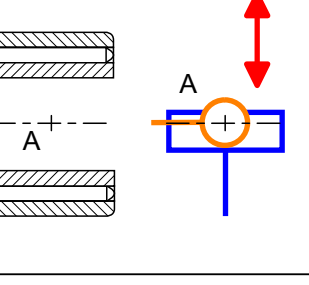
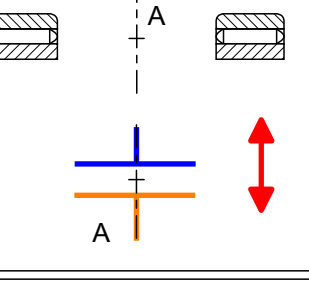
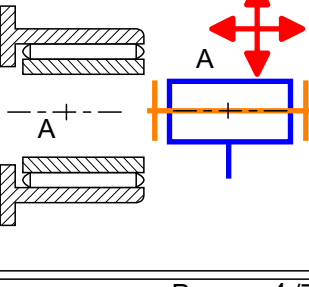
Vidéo



Vidéo

O MARCHAIS	GUIDAGE EN ROTATION	MAI-DOC-0032-E 31/01/2019
------------	---------------------	------------------------------

Les différents types de roulements

Type de roulement vitesse et rotulage	Liaison équivalente charge admissible	Type de roulement vitesse et rotulage	Liaison équivalente charge admissible
Roulement à une rangée de billes à contact radial $N_{\max i} = 500\,000 / Dm$ Rotulage admissible : 2' à 10' d'angle		Roulement à rotule sur deux rangées de billes $N_{\max i} = 400\,000 / Dm$ Rotulage admissible : 1° à 4°	
Roulement à une rangée de rouleaux coniques $N_{\max i} = 250\,000 / Dm$ Rotulage admissible : 2' à 10' d'angle		Roulement à une rangée de billes à contact oblique $N_{\max i} = 380\,000 / Dm$ Rotulage admissible : 2' à 10' d'angle	
Roulement à une rangée de rouleaux cylindriques $N_{\max i} = 400\,000 / Dm$ Rotulage admissible : 2' à 6' d'angle		Roulement à deux rangées de rouleaux cylindriques $N_{\max i} = 400\,000 / Dm$ Rotulage admissible : aucun	
Roulement à deux rangées de billes à contact radial $N_{\max i} = 500\,000 / Dm$ Rotulage admissible : aucun		Roulement à deux rangées de billes à contact oblique $N_{\max i} = 380\,000 / Dm$ Rotulage admissible : aucun	
Butée à billes Rotulage admissible : aucun		Roulement à aiguilles Rotulage admissible : 2' à 6' d'angle	
Butée à aiguilles Rotulage admissible : aucun		Roulement combiné Rotulage admissible : aucun	

Calcul de la durée de vie

Les constructeurs indiquent pour chaque roulement, la charge conduisant à une durée de vie de 1 million de tours avec une fiabilité de 90 % .

C'est la charge dynamique de base **C**

Il indique également la charge à ne pas dépasser même au repos.

C'est la charge statique de base **C0**

Lors de son utilisation, le roulement supporte une charge qui peut être axiale F_a , radiale F_r ou combinée $F_a + F_r$.

La charge équivalente P est la charge purement radiale qui conduirait à la même fatigue que la charge réelle $F_a + F_r$.

Si le roulement est chargé radialement **$P = F_r$**

Pour une butée **$P = F_a$**

Si le roulement est chargé axialement et radialement **$P = X F_r + Y F_a$**

X et Y sont des coefficients qui dépendent du type de roulement, du rapport F_a/F_r et du rapport $F_a/C0$.

Pour des roulement à contact radial à une rangée de billes.

En fonction de $F_a/C0$, déterminer e (voir tableau ci-contre)

Si $F_a/F_r > e$ alors $P = X F_r + Y F_a$ sinon $P = F_r$.

Vous pouvez également utiliser le tableau MAI-DOC-0033.

La durée de vie est exprimée en million de tour

$F_a/C0$	X	Y	e
0,014	0,56	2,30	0,19
0,028	0,56	1,99	0,22
0,056	0,56	1,71	0,26
0,084	0,56	1,55	0,28
0,11	0,56	1,45	0,30
0,17	0,56	1,31	0,34
0,28	0,56	1,15	0,38
0,42	0,56	1,04	0,42
0,56	0,56	1,00	0,44

$$L = (C/P)^3 \text{ pour des roulements à billes}$$

$$L = (C/P)^{3,33} \text{ pour des roulements à rouleaux}$$

LES PALIERS AUTO-ALIGNEURS

Constitution d'un palier

Un palier est un boîtier contenant un coussinet ou un roulement à billes. Dans la grande majorité des cas, il s'agit d'un coussinet polymère ou d'un roulement à une rangée de billes. Il se fixe facilement sur le bâti et s'aligne automatiquement dans l'axe de l'arbre.

Paliers à chapeau
ou à semelle.

Vidéo

Paliers applique.



à roulement



à coussinet



à roulement



à coussinet

Durée de vie

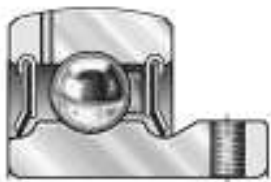
Elle se calcule avec les charges statique et dynamique de base C et C0 du roulement utilisé, ou avec le produit PV du coussinet utilisé.

Fixation sur l'arbre

Dans le cas d'un coussinet, l'arbre glisse à l'intérieur (prévoir un arrêt axial).

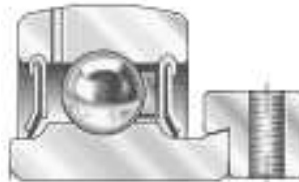
Dans le cas d'un roulement, il doit être fixé à la bague intérieure :

- par vis de pression pour les arbres de diamètre < 40 mm
- par bague de serrage pour les arbres de diamètre > 40 mm



Fixation par vis de blocage.

La bague intérieure du palier est serrée sur l'arbre au moyen de deux vis de pression disposées à 90° (pas de méplats).



Fixation par bague de blocage.

Cette bague excentrique, est tournée lors du montage. L'excentration provoque le serrage de l'arbre. La bague est bloquée dans la position serrée au moyen d'une vis de pression.

SYNTHESE

Fonctions	Critères	Roulements à billes	Coussinets
Principe de fonctionnement		Interposer des billes ou rouleaux en acier ou en céramique	Interposer un matériau anti usure : acier < fonte < bronze < polymère et un lubrifiant : plomb, graphite, graisse, huile
Permettre le mouvement de rotation	Couple résistant (frottement)	$C = \mu R Fr$ $\mu = 0,002$	Lubrifiant° : à sec / onctueux / hydrodynamique $\mu = 0,2 / 0,05 / 0,002$
	Fréquence de rotation	Diamètre moyen D_m ? => N_{max} ? Lubrification : huile + , graisse - Indépendante de la charge	D ? et F ? => N_{max} ? Vitesse de glissement V max Pression x Vitesse P V max
Positionner les pièces entre-elles (empêcher les autres mouvements)	Précision du guidage	Jeu très faible / nul (contacts obliques) Rotulage fonction du type de roulement	Jeu nécessaire ? $d/1000$ Longueur ? => rotulage ? Déformat° importante coussinets polymère
	Stabilité du guidage	Jeu constant dans le temps	Usure ? => jeu ?
Transmettre et supporter des efforts	Efforts transmissibles	C_0 : charge statique de base (doux) $0,5 C_0 < \text{Charge statique} < 2 C_0$ (chocs)	Pression diamétrale max Faibles efforts axiaux
	Durée de vie	$L = (C/P)^3$ (billes) 10^6 tours C : Charge dynamique de base P : Charge équivalente (axiale + radiale)	Dépend du produit $P \times V$ $L_h = 400 / (P \times V)^{1,2}$ (selon constructeurs) Dépend du jeu acceptable
S'adapter à l'espace disponible	Diamètre extérieur Largeur	Faible encombrement axial sauf roulements à aiguilles	Faible encombrement radial
Résister au milieu environnant		Protection des billes (flasques 2Z ou joints 2RS)	Bonne résistance aux chocs et aux poussières
Permettre une fabrication compétitive	Coût des composants	Composants standard => Prix équivalents	
	Tolérances des usinages	Logement H7 / arbre j6 (arbre serré) M7 / h6 (logement serré)	Logement H7 / arbre f7 (Métafram) H7 / h9 (Igus)
	Facilité de montage	Difficile : une ou deux bagues serrées !	Facile : serré dans son logement
Applications (idem le + souvent)		Existent sous la forme de paliers auto aligneurs	
		Broches machines outils (précision) Matériel ferroviaire (rendement élevé)	Bielles de moteur (résistance aux chocs) Pivots de pelleteuse (fortes charges, chocs)