

LES PALIERS LISSES ou COUSSINETS

Familles de coussinets, dimensionnement, montage, comparatif



Rappel: Economiques, souvent utilisés, les coussinets sont interposés entre un arbre et son logement pour diminuer le frottement et faciliter ainsi le mouvement de rotation et/ou translation.

Ils sont construits à partir de matériaux présentant de bonnes qualités frottantes (bronze, étain, plomb, graphite, Téflon, PTFE, polyamide)

Ils peuvent être utilisés à sec ou avec lubrification.

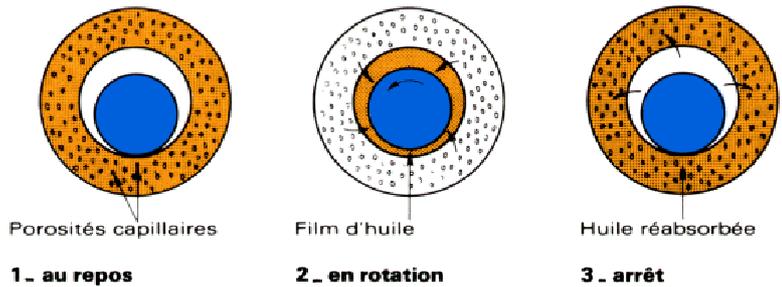
1. Les différentes familles de coussinets

1.1. Coussinets autolubrifiants

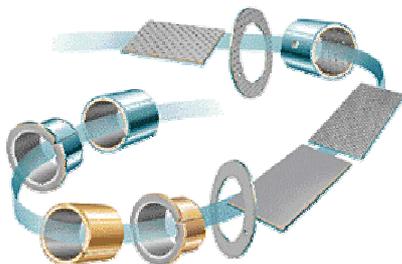


Ils sont fabriqués à partir de poudre de bronze (cuivre 78% + étain 22%) ou d'alliage ferreux (fer + cuivre + plomb) compactées. Ces poudres sont dans un premier temps comprimées dans un moule puis chauffées dans un four pour obtenir des pièces poreuses. Cette opération de fabrication s'appelle le **frittage**.

Un lubrifiant (huile ou graphite) est ensuite injecté dans les porosités du coussinet. Dans le cas de l'huile, le coussinet restitue l'huile en fonctionnement, et l'absorbe à l'arrêt.



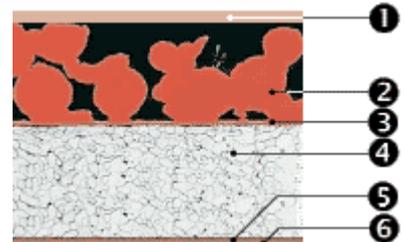
1.2. Coussinets composites type Glacier



Ils peuvent fonctionner à sec ou avec un léger graissage au montage sous des vitesses périphériques inférieures à 3 m/s.

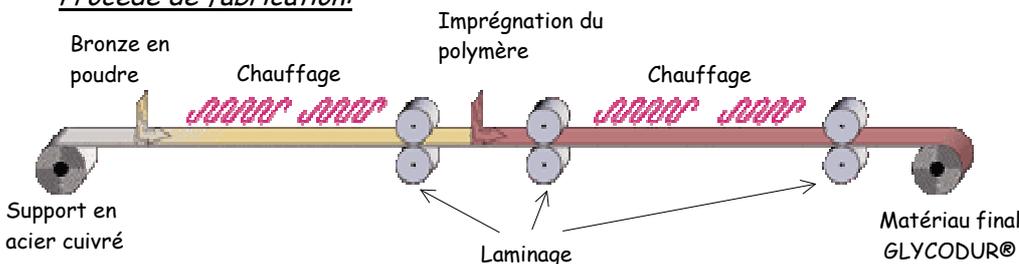
Ils sont constitués de 3 couches principales:

- La base est une tôle d'acier roulée (+ cuivre et étain).
- Une couche de bronze fritté.
- La surface frottante en résine acétal ou en PTFE (Polytétrafluoréthylène) avec addition d'un lubrifiant solide: plomb, graphite...



- 1 Polytétrafluoréthylène (PTFE)
 - 2 Bronze/étain ou Bronze/plomb
 - 3 Couche de liaison (cuivre)
 - 4 Support en acier
 - 5 Couche de cuivre
 - 6 Couche d'étain
- } Protection du support en acier

Procédé de fabrication:



1.3. Coussinets polymères



Ils sont constitués d'un seul matériau polymère homogène, qui peut être du PTFE (Polytétrafluoréthylène), Nylon, acétal, ...

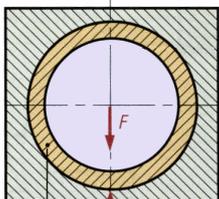


Ils sont utilisés lorsqu'il est nécessaire d'avoir une grande résistance chimique. Ils sont insensibles aux poussières.

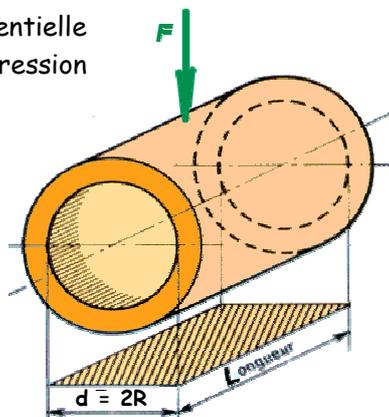
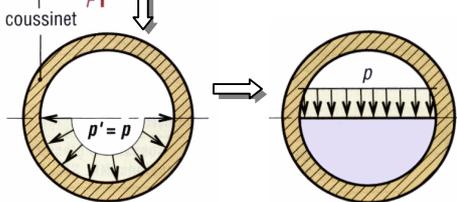
Ils ont comme inconvénients de se déformer à terme sous charge (fluage), et d'avoir un faible coefficient de conductivité thermique (mauvaise évacuation de la chaleur).

2. Calcul et dimensionnement des coussinets (régime non hydrodynamique)

2.1. Pression diamétrale (statique ou faible vitesse de rotation)



La pression circonférentielle p' est égale à la pression diamétrale p



- F : charge radiale sur le palier (N)
- d : diamètre intérieur du coussinet (mm)
- L : longueur du coussinet (mm)
- p : pression diamétrale (N/mm²)

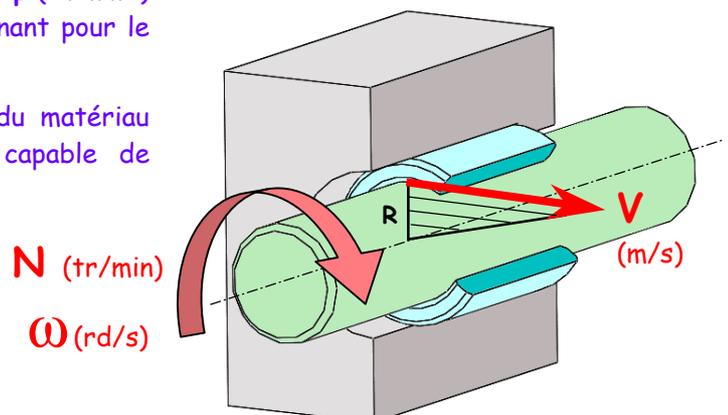
$$p = \frac{F}{d \times L}$$

2.2. Produit $p.V$ (en fonctionnement, régime onctueux)

Ce facteur $p.V$ est le produit de la pression diamétrale p (N/mm²) par la vitesse circonférentielle V (m/s). Il est déterminant pour le dimensionnement des coussinets.

La valeur de $p.V$ permet de s'assurer, en fonction du matériau utilisé pour la fabrication du coussinet, s'il sera capable de supporter l'énergie engendrée par le frottement.

$$p.V = p.R.\omega = p.R.\frac{2\pi N}{60}$$



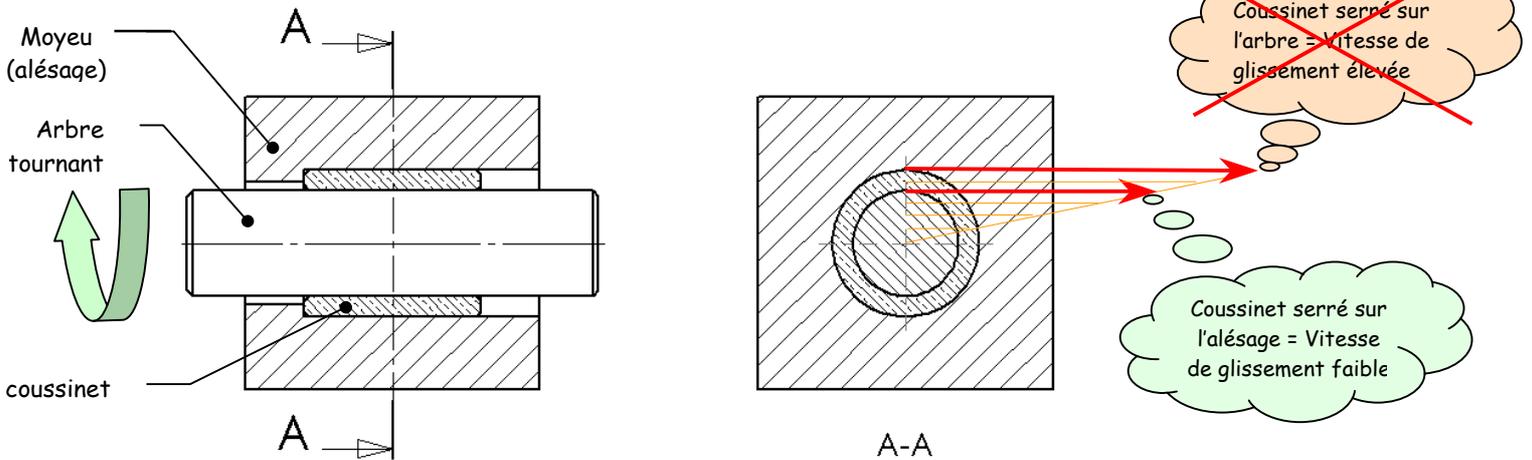
Remarque:

L'unité de $p.V$ est le watt/mm² ou (N/mm²)x(m/s)

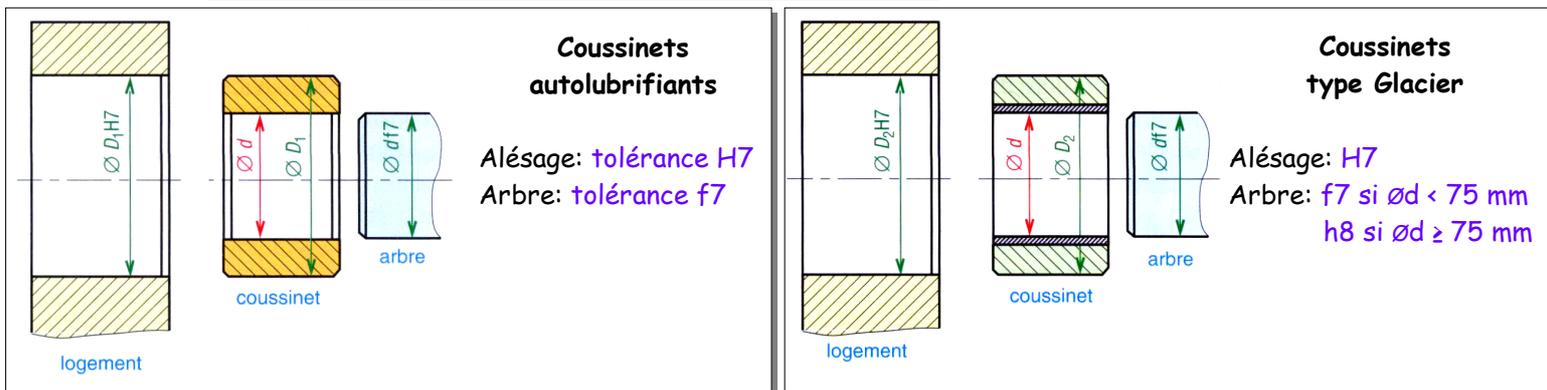
3. Montage des coussinets

3.1. Règle de montage

Afin de limiter les frottements, le coussinet doit être monté serré sur l'alésage, et glissant sur l'arbre, et non l'inverse. De cette façon la vitesse de glissement est la plus faible (voir ci-dessous)



3.2. Tolérances des pièces en contact avec le coussinet



3.3. Etats de surfaces et dureté des pièces en contact avec le coussinet

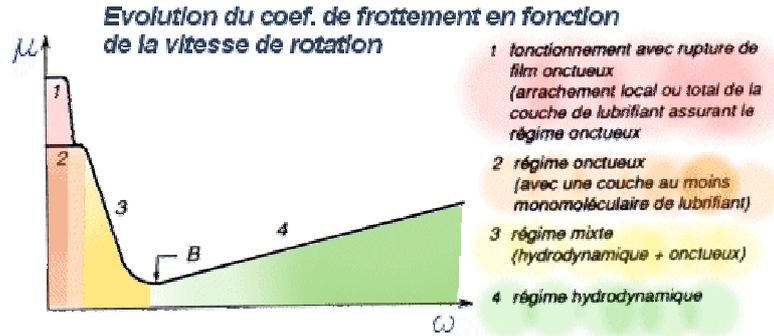
Consulter le *guide du dessinateur* pour obtenir les états de surfaces et duretés HRC à prévoir pour les pièces en contact avec le coussinet.

4. Comparaison des performances entre ces 3 familles de coussinets

	Coussinets autolubrifiants	Coussinets Type glacier	Coussinets polymères
Vitesse circonférentielle maximale (m/s)	13 m/s (carbone, graphite) 7 à 8 m/s	2 à 3 m/s	2 à 3 m/s
Températures limites de fonctionnement (°c)	jusqu'à 400°c (graphite) jusqu'à 250°c (bronze/Plomb)	-40°c à +110°c (acétal) -200°c à +280°c (PTFE)	-40°c à +100°c (acétal) -80°c à +120°c (Nylon)
Pression diamétrale admissible p (N/mm ²)	5 N/mm ² (graphite) 20 à 30 N/mm ² (bronze/plomb) 7 à 35 N/mm ² (bronze/étain)	70 N/mm ² (acétal) 50 N/mm ² (PTFE)	7 à 10 N/mm ²
Produit p.V (N/mm ²)x(m/s) ou watt/mm ²	0,5 (graphite) 1,8 à 2,8 (bronze/plomb) 1,7 (bronze/étain)	3 (acétal) 1,8 à 3,6 brièvement (PTFE)	0,1 (acétal) 0,1 à 0,42 (Nylon)

5. Régimes de fonctionnement

Il existe 4 régimes de fonctionnement des paliers lisses qui dépendent, de la famille à laquelle ils appartiennent, des conditions d'utilisation (tr/min, T°C), du mode de lubrification ainsi que de la viscosité du lubrifiant.

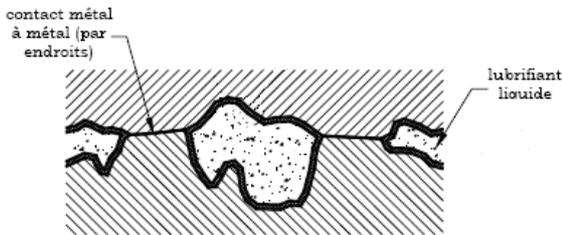


5.1. Régime "sec"

Contact direct, pas de film d'huile entre coussinet et pièce.

5.2. Régime "onctueux"

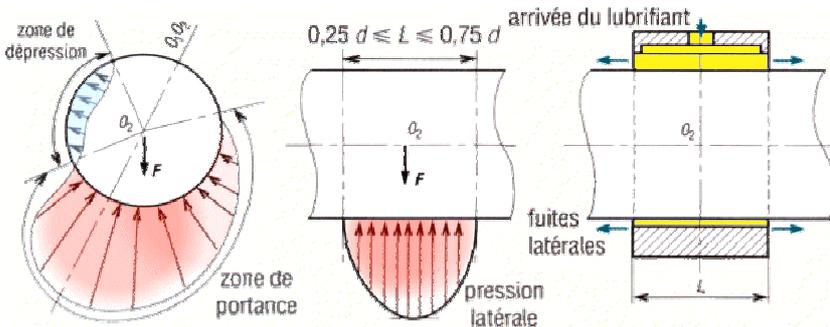
Présence d'un mince film d'huile entre coussinet et pièce.



- Applications peu critiques, les plus courantes, calcul simple.
- Coussinets en bronze ou polymères, et dimensions normalisées.
- Usure inévitable

5.3. Régime "hydrodynamique"

Présence d'un épais film d'huile entre coussinet et pièce. Ce film d'huile se crée uniquement en régime permanent du mécanisme, et est dû au phénomène de portance (un peu comme le ski nautique). Une vitesse minimale est à atteindre pour que ce phénomène apparaisse.



- Applications avec un produit p.V élevé, et une marche en continu durant de très grandes périodes. Calcul complexe.
- Grandes séries (moteurs à combustion).
- Coussinets en alliage de zinc, étain, plomb, cuivre...
- Usure au départ et à l'arrêt.

5.4. Régime "hydrostatique"

Présence d'un épais film d'huile entre coussinet et pièce. Ce film d'huile est créé artificiellement dans le palier par injection sous pression du lubrifiant.

- Applications spécialisées. Calcul complexe.
- Vitesse faible à nulle.
- Installation coûteuse et fragile.
- Aucune usure.