



Renaud Costadoat
Lycée Dorian



Introduction

Ajustements

L'étanchéité

La lubrification

Introduction

Savoir

You êtes capables :

- de représenter une liaison pivot sur un schéma cinématique,
- de modéliser la liaison pivot par un torseur cinématique,
- de décomposer architecturalement une liaison pivot.

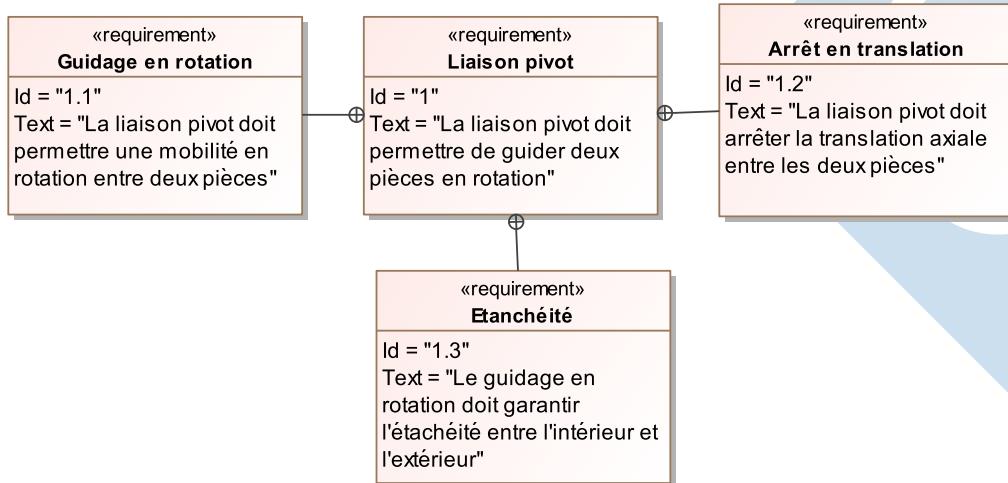
Problématique

You devez être capables :

- de concevoir un guidage en liaison pivot,
- de donner des caractéristiques techniques sur ce guidage.

Exigences d'une liaison pivot

Une liaison pivot doit être conçue en prenant en compte les besoins du cahier des charges.
Le choix de la réalisation de la liaison pivot doit être fait en prenant en répondant aux trois exigences représentées sur le diagramme suivant.

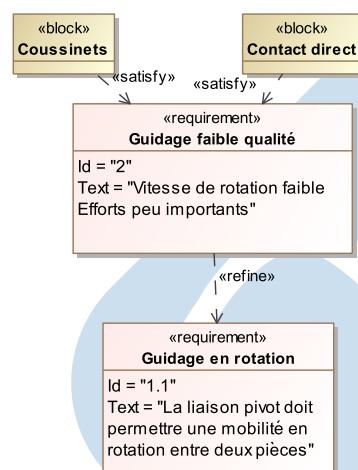


Le contact direct

Le **contact direct** ainsi que les **coussinets** permettent un guidage de *faible qualité*.

Caractéristiques :

- vitesse de rotation faible,
- efforts moyens.



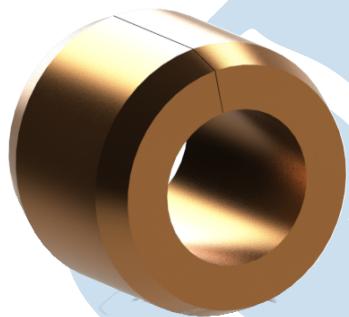
Contact direct: La qualité du contact direct dépend directement du **matériau** et de la qualité de surface des pièces en contact ainsi que du **lubrifiant** qui peut être disposé entre les deux.

Les coussinets

Un **coussinet** est un élément qui s'insère entre les deux pièces en rotation afin de **diminuer les frottements**. Le matériau des coussinets (**bronze**, PTFE,...) favorise le glissement.

Le **bronze**, par exemple, est utilisé pour sa **porosité** qui retient le lubrifiant. Afin de minimiser le frottement, le coussinet sera toujours monté serré (pas de glissement) avec l'alésage.

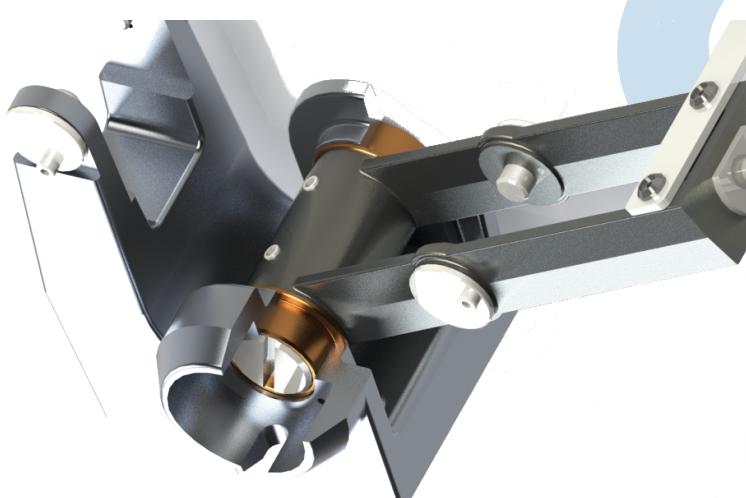
La vitesse de glissement n'excèdera pas **quelques mètres par seconde**. Les efforts ayant tendance à écraser le coussinet, ils devront être limités.



Les coussinets

Les coussinets sont montés entre l'arbre et l'alésage. Des coussinets sont équipés d'une **collerette** afin de gérer les efforts axiaux.

La figure ci-dessous montre le **montage de coussinets** mis en place sur le système Maxpid.



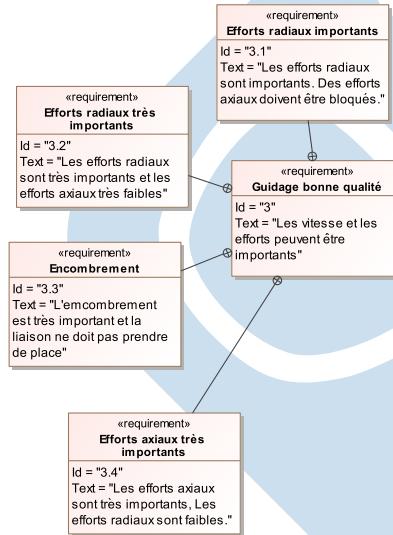
Les roulements

Un **roulement** permet un guidage de *bonne qualité*.

Caractéristiques :

- vitesse de rotation importantes,
- efforts importants.

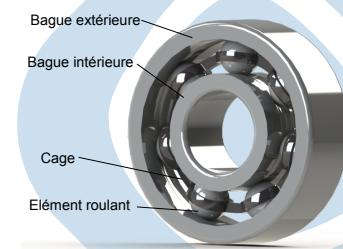
Le choix d'un **roulement** dépend de la nature (direction, norme,...) des efforts transitant par la liaison.



Constitution d'un roulement

Les constituants d'un roulement sont:

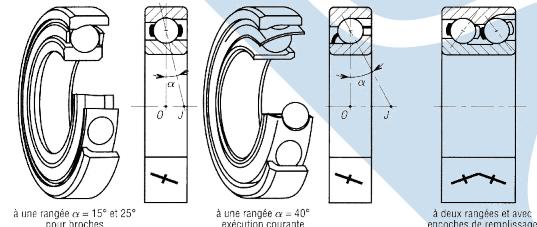
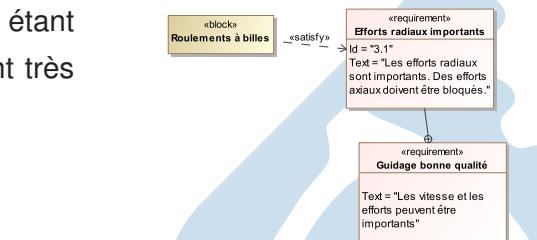
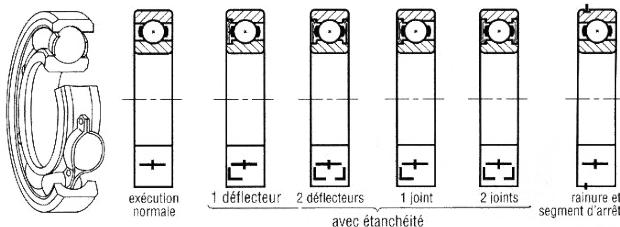
- Une **bague extérieure** en contact avec l'alésage,
- Une **bague intérieure** en contact avec l'arbre,
- Des **éléments roulants** (billes, rouleaux ou aiguilles),
- Une **cage** permettant de maintenir les éléments roulants en place.



Les roulements à billes

Les zones de contact entre les billes et les bagues étant de faible surface (points), les contraintes deviennent très importantes lorsque des efforts sont appliqués.

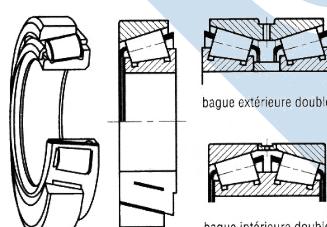
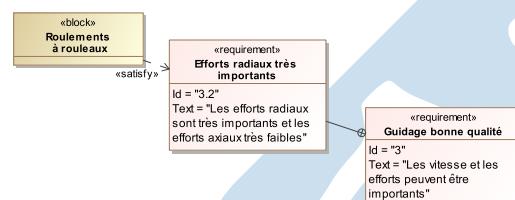
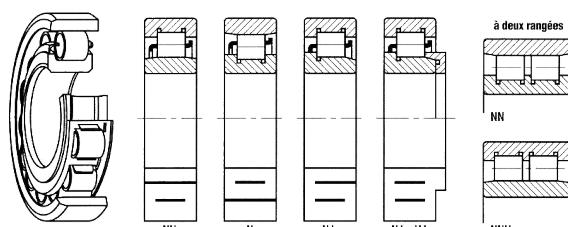
- Efforts radiaux moyens,
- Efforts axiaux faibles.



Les roulements à rouleaux

Les zones de contact entre les rouleaux et les bagues étant de plus grandes surfaces (lignes), des efforts plus importants peuvent être appliqués.

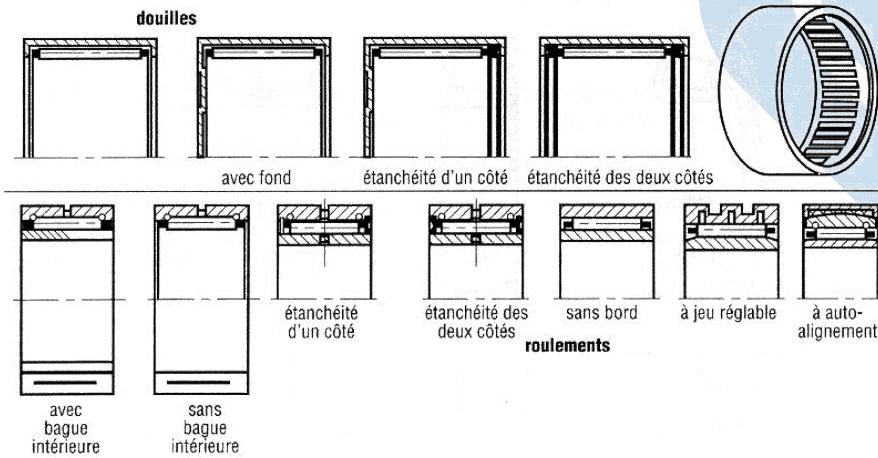
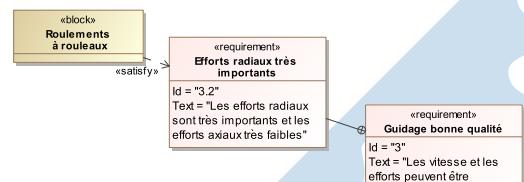
- Efforts radiaux élevés,
- Efforts axiaux nuls.



Les roulements à aiguilles

Les aiguilles sont équivalentes à des rouleaux de faible diamètre. De plus les roulements à aiguilles ne possèdent en général pas de bague intérieure. Cela permet de diminuer grandement l'encombrement.

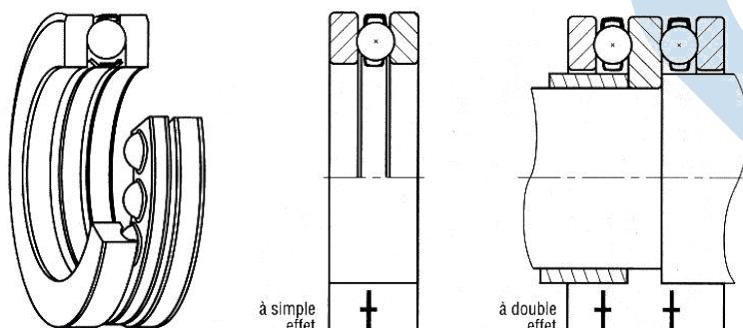
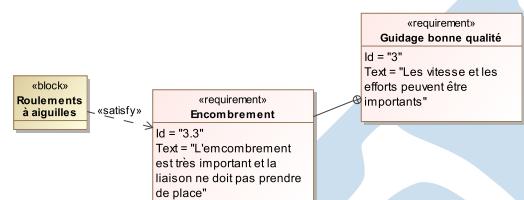
- Efforts radiaux élevés,
- Efforts axiaux nuls.



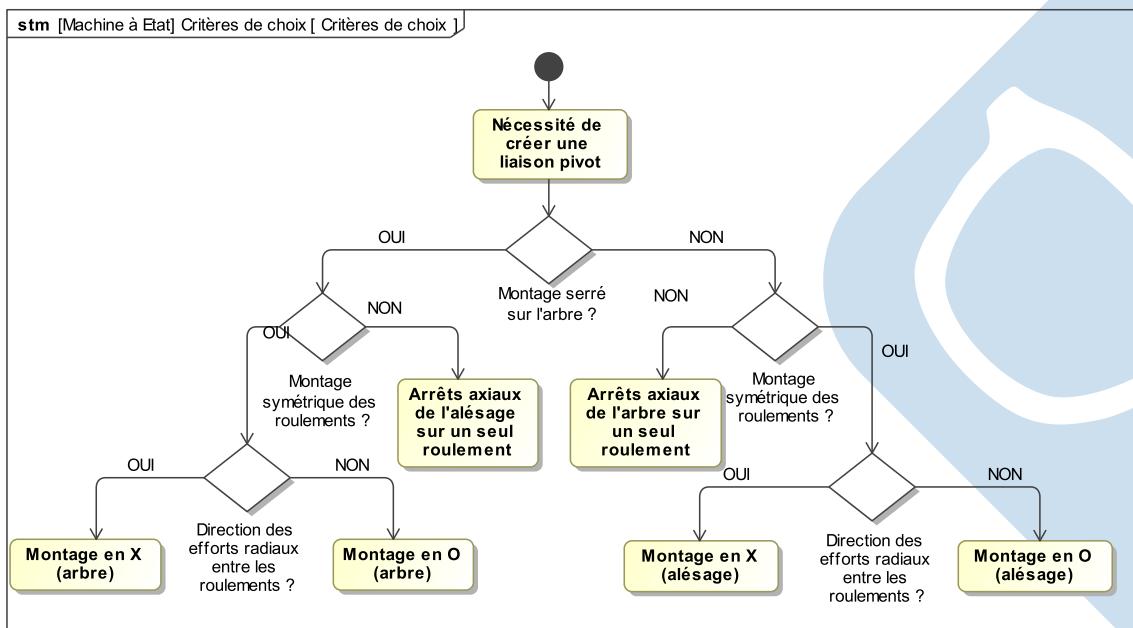
Les butées à billes

Les butées à billes sont l'équivalent de roulements ayant l'axe des points de contact entre les billes et les bagues dirigé axialement.

- Efforts radiaux nuls,
- Efforts axiaux élevés.



Les montages de roulements



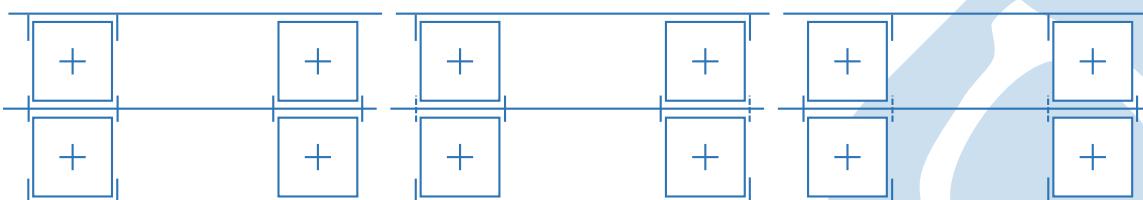
Les montages de roulements

Roulements serrés sur l'arbre

Roulement privilégié

Montage en X

Montage en O

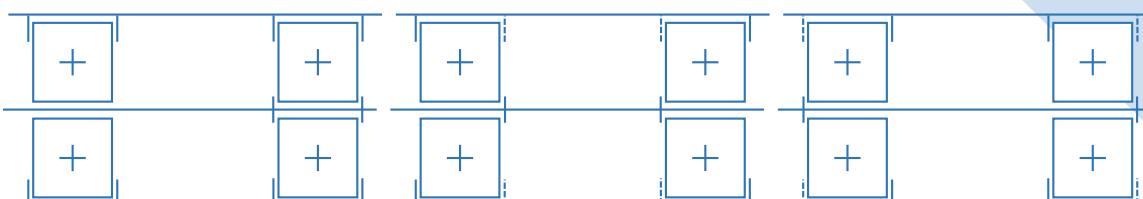


Roulements serrés sur l'alésage

Roulement privilégié

Montage en X

Montage en O



Les montages de roulements

Remarque

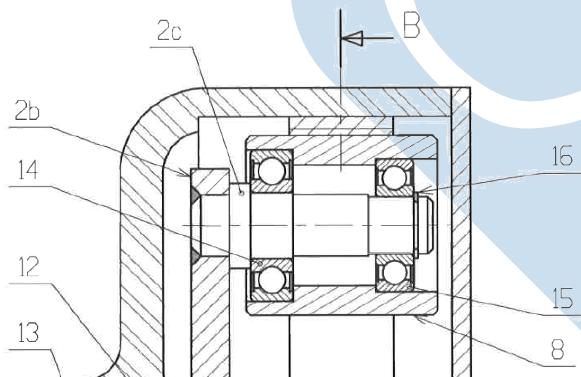
Dans le cas d'un montage en X ou en O sans les arrêt facultatifs, il est impossible de différencier un montage serré sur l'arbre ou serré sur l'alésage.

La différence se voit en déterminant la gamme de montage des roulements.

Montage en O

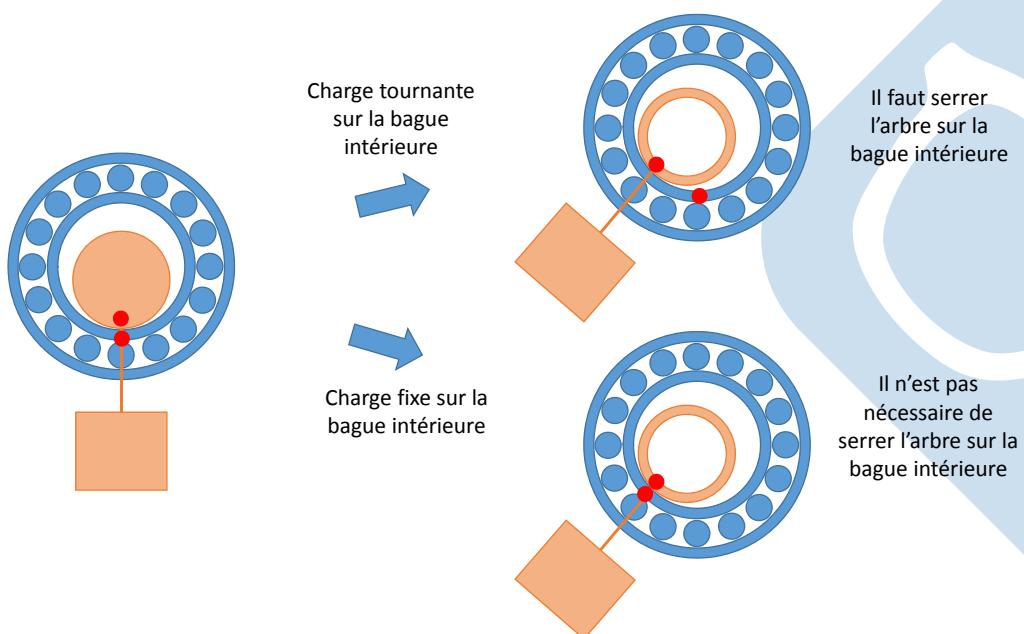
Il est impossible d'assembler les roulements sur l'arbre puis d'y ajouter l'alésage.

La conclusion est que les roulements sont serrés sur l'alésage.



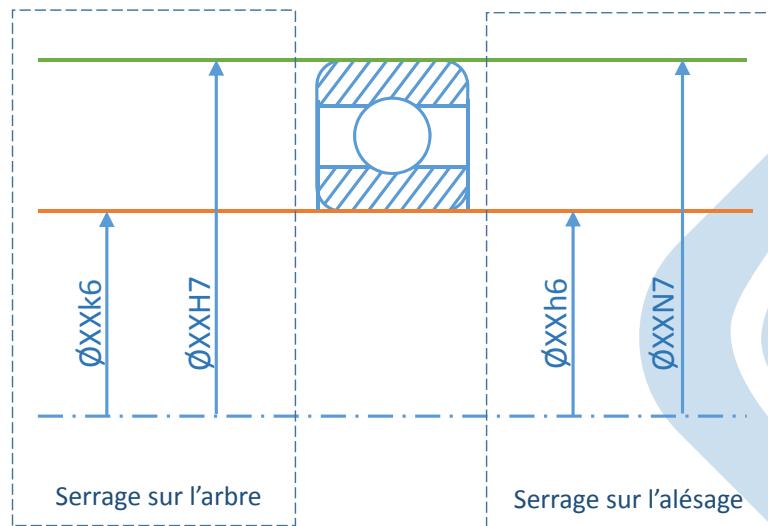
Pourquoi serrer ?

Le serrage sur l'arbre ou sur l'alésage est nécessaire afin de ne pas détériorer les pièces et les roulements par laminage.



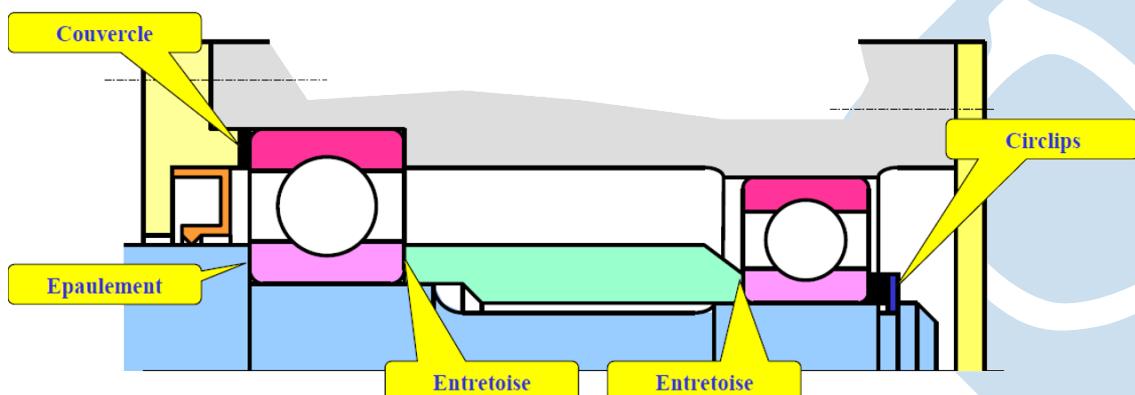
La démarche est la même pour l'alésage.

Valeur du serrage

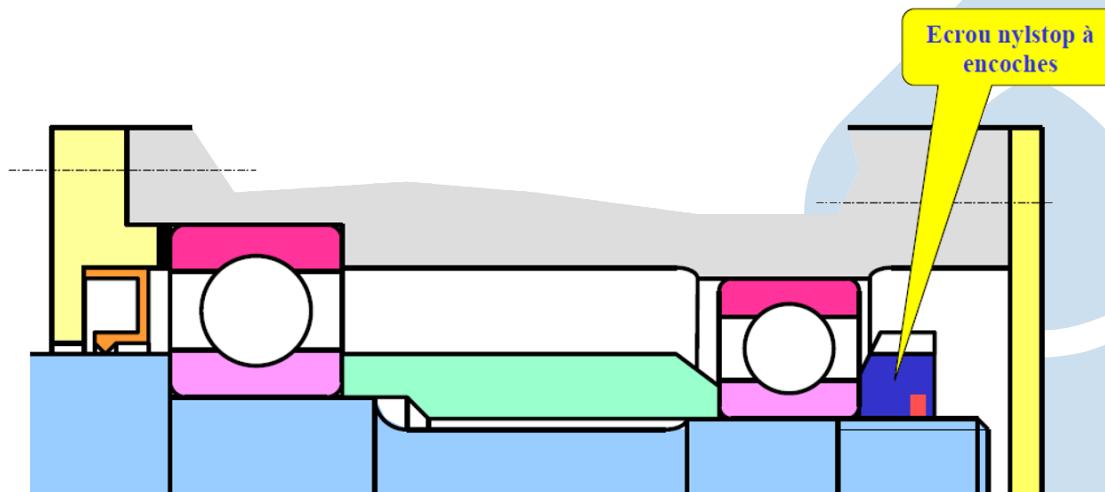


| | Serrage sur l'arbre | Serrage sur l'alésage |
|-------------------|---------------------|-----------------------|
| Tolérance arbre | k6 | h6 |
| Tolérance alésage | H7 | N7 |

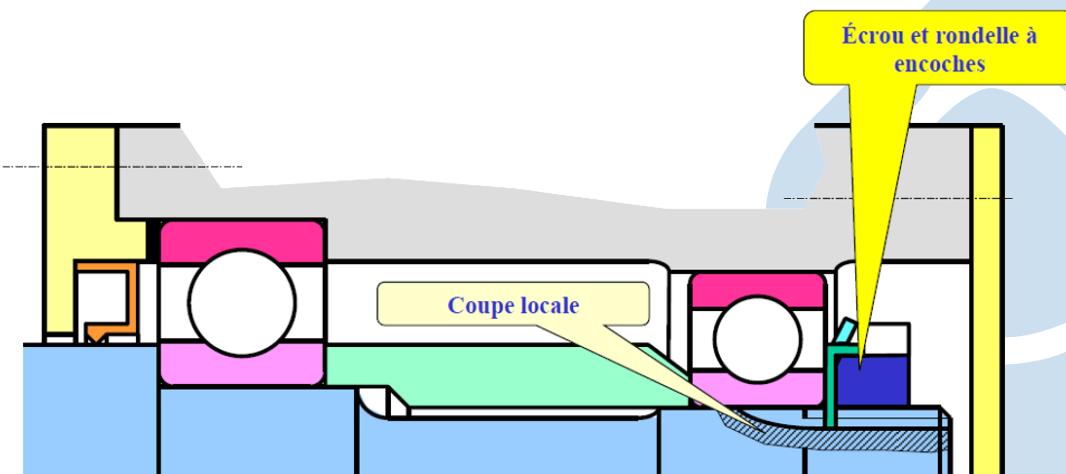
Vocabulaire



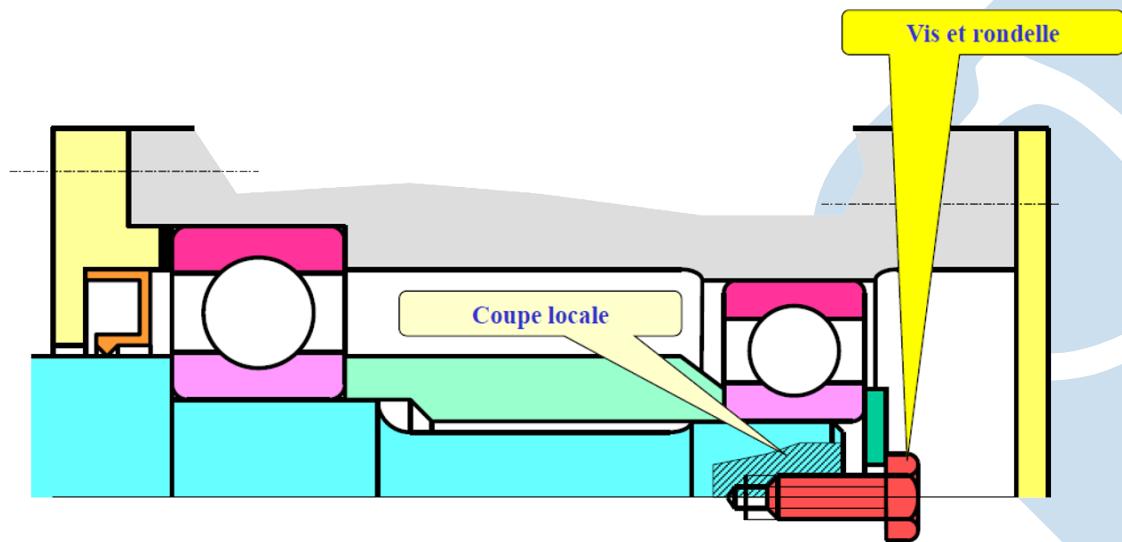
Vocabulaire



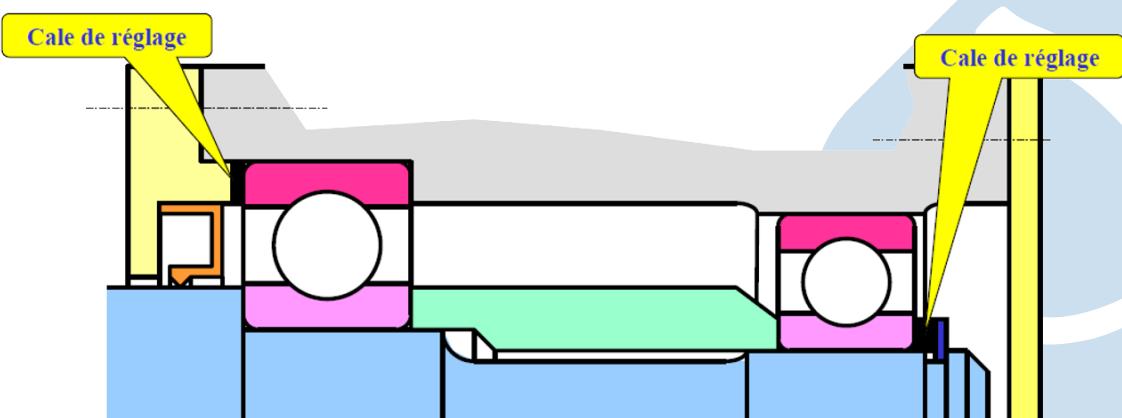
Vocabulaire



Vocabulaire



Vocabulaire



Ajustements

Définition

Une **tolérance** est associée à une dimension nominale, et elle définit les écarts supérieur et inférieur.

Cette dimension nominale de préférence parmi les dimensions linéaires nominales:

- Pour un espace contenant (alésage, rainure,...) :
 - ▶ écart inférieur $E_I = D_{min} - D_{nom}$
 - ▶ écart supérieur $E_S = D_{max} - D_{nom}$
- Pour un espace contenu (arbre, teton,...) :
 - ▶ écart supérieur $e_S = d_{max} - d_{nom}$
 - ▶ écart inférieur $e_I = d_{min} - d_{nom}$

Définition

Un **ajustement** est un assemblage libre ou serré entre une pièce extérieure contenant (alésage) et une pièce intérieure contenue (arbre). Les pièces femelles (alésage) et mâles (arbre) ont la même dimension nominale mais des tolérances différentes permettant soit un jeu, soit un serrage, soit incertain.



Ajustements

| Emploi | Arbre | Alésage | | | | |
|--|--|---|---|--------|----|-----|
| | | H6 | H7 | H8 | H9 | H11 |
| Pièces mobiles l'une par rapport à l'autre | Pièce dont le fonctionnement nécessite un grand jeu (dilatation, mauvais alignement, portées très longues, etc.) | c | | | 9 | 11 |
| | | d | | | 9 | 11 |
| | Cas ordinaire des pièces tournant ou glissant dans une bague ou palier (bon graissage assuré) | e | | 7 | 8 | 9 |
| | | f | 6 | 6 7 | 7 | |
| Pièces immobiles l'une par rapport à l'autre | Pièce avec guidage précis pour mouvement de faible amplitude | g | 5 | 6 | | |
| | Démontage et remontage possible sans détérioration des pièces | L'ajustement ne peut pas transmettre d'effort | Mise en place possible à la main | h | 5 | 6 |
| | | | | js | 5 | 6 |
| | Démontage impossible sans détérioration des pièces | L'ajustement peut transmettre des efforts | Mise en place au maillet | k | 5 | |
| | | | Mise en place à la presse | p | 6 | |
| | | | Mise en place à la presse ou par dilatation (vérifier que les contraintes imposées au métal ne dépassent pas la limite élastique) | s | | 7 |
| | | | | u | | 7 |
| | | | | x | | 7 |
| | | | | z | | 7 |



Ajustements

| Qualité | 01 | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 |
|----------------------|-----|-----|-----|-----|-----|----|----|----|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-------|-------|-------|
| ≤3 | 0,3 | 0,5 | 0,8 | 1,2 | 2 | 3 | 4 | 6 | 10 | 14 | 25 | 40 | 60 | 100 | 140 | 400 | 600 | |
| >3 à 6 | 0,4 | 0,6 | 1 | 1,5 | 2,5 | 4 | 5 | 8 | 12 | 18 | 30 | 48 | 75 | 120 | 180 | 300 | 480 | 750 |
| >6 à 10 | 0,4 | 0,6 | 1 | 1,5 | 2,5 | 4 | 6 | 9 | 15 | 22 | 36 | 58 | 90 | 150 | 220 | 360 | 580 | 900 |
| >10 à 18 | 0,5 | 0,8 | 1,2 | 2 | 3 | 5 | 8 | 11 | 18 | 27 | 43 | 70 | 110 | 180 | 270 | 430 | 700 | 1 100 |
| >18 à 30 | 0,6 | 1 | 1,5 | 2,5 | 4 | 6 | 9 | 13 | 21 | 33 | 52 | 84 | 130 | 210 | 330 | 520 | 840 | 1 300 |
| >30 à 50 | 0,6 | 1 | 1,5 | 2,5 | 4 | 7 | 11 | 16 | 25 | 39 | 62 | 100 | 160 | 250 | 390 | 620 | 1 000 | 1 600 |
| >50 à 80 | 0,8 | 1,2 | 2 | 3 | 5 | 8 | 13 | 19 | 30 | 46 | 74 | 120 | 190 | 300 | 460 | 740 | 1 200 | 1 900 |
| >80 à 120 | 1 | 1,5 | 2,5 | 4 | 6 | 10 | 15 | 22 | 35 | 54 | 87 | 140 | 220 | 350 | 540 | 870 | 1 400 | 2 200 |
| >120 à 180 | 1,2 | 2 | 3,5 | 5 | 8 | 12 | 18 | 25 | 40 | 63 | 100 | 160 | 250 | 400 | 630 | 1 000 | 1 600 | 2 500 |
| >180 à 250 | 2 | 3 | 4,5 | 7 | 10 | 14 | 20 | 29 | 46 | 72 | 115 | 185 | 290 | 460 | 720 | 1 150 | 1 850 | 2 900 |
| >250 à 315 | 2,5 | 4 | 6 | 8 | 12 | 16 | 23 | 32 | 52 | 81 | 130 | 210 | 320 | 520 | 810 | 1 300 | 2 100 | 3 200 |
| >315 à 400 | 3 | 5 | 7 | 9 | 13 | 18 | 25 | 36 | 57 | 89 | 140 | 230 | 360 | 570 | 890 | 1 400 | 2 300 | 3 600 |
| >400 à 500 | 4 | 6 | 8 | 10 | 15 | 20 | 27 | 40 | 63 | 97 | 155 | 250 | 400 | 630 | 970 | 1 550 | 2 500 | 4 000 |

Tolérances fondamentales (*enum*) en fonction du palier (*enmm*).

Ajustements

| Lettre | a* | b* | c | cd | d | e | ef | f | fg | g | h |
|----------------------|--------|------|------|-----|------|------|-----|-----|----|-----|---|
| Qualité | | | | | | | | | | | |
| *≤3 | -270 | -140 | -60 | -34 | -20 | -14 | -10 | -6 | -4 | -2 | 0 |
| >3 à 6 | -270 | -140 | -70 | -46 | -30 | -20 | -14 | -10 | -6 | -4 | 0 |
| >6 à 10 | -280 | -150 | -80 | -56 | -40 | -25 | -18 | -13 | -8 | -5 | 0 |
| >10 à 14 | -290 | -150 | -95 | — | -50 | -32 | — | -16 | — | -6 | 0 |
| >14 à 18 | -290 | -150 | -95 | — | -50 | -32 | — | -16 | — | -6 | 0 |
| >18 à 24 | -300 | -160 | -110 | — | -65 | -40 | — | -20 | — | -7 | 0 |
| >24 à 30 | -300 | -160 | -110 | — | -65 | -40 | — | -20 | — | -7 | 0 |
| >30 à 40 | -310 | -170 | -120 | — | -80 | -50 | — | -25 | — | -9 | 0 |
| >40 à 50 | -320 | -180 | -130 | — | -80 | -50 | — | -25 | — | -9 | 0 |
| >50 à 65 | -340 | -190 | -140 | — | -100 | -60 | — | -30 | — | -10 | 0 |
| >65 à 80 | -360 | -200 | -150 | — | -100 | -60 | — | -30 | — | -10 | 0 |
| >80 à 100 | -380 | -220 | -170 | — | -120 | -72 | — | -36 | — | -12 | 0 |
| >100 à 120 | -410 | -240 | -180 | — | -120 | -72 | — | -36 | — | -12 | 0 |
| >120 à 140 | -460 | -260 | -200 | — | -145 | -85 | — | -43 | — | -14 | 0 |
| >140 à 160 | -520 | -280 | -210 | — | -145 | -85 | — | -43 | — | -14 | 0 |
| >160 à 180 | -580 | -310 | -230 | — | -145 | -85 | — | -43 | — | -14 | 0 |
| >180 à 200 | -660 | -340 | -240 | — | -170 | -100 | — | -50 | — | -15 | 0 |
| >200 à 225 | -740 | -380 | -260 | — | -170 | -100 | — | -50 | — | -15 | 0 |
| >225 à 250 | -820 | -420 | -280 | — | -170 | -100 | — | -50 | — | -15 | 0 |
| >250 à 280 | -920 | -480 | -300 | — | -190 | -110 | — | -56 | — | -17 | 0 |
| >280 à 315 | -1 050 | -540 | -330 | — | -190 | -110 | — | -56 | — | -17 | 0 |
| >315 à 355 | -1 200 | -600 | -360 | — | -210 | -125 | — | -62 | — | -18 | 0 |
| >355 à 400 | -1 350 | -680 | -400 | — | -210 | -125 | — | -62 | — | -18 | 0 |
| >400 à 450 | -1 500 | -760 | -440 | — | -230 | -135 | — | -68 | — | -20 | 0 |
| >450 à 500 | -1 650 | -840 | -480 | — | -230 | -135 | — | -68 | — | -20 | 0 |

Écarts fondamentaux des arbres : Écart supérieur « es »

Ajustements

| Lettre | j | | | k | |
|------------|--------|-----|----|-------|--------|
| | 5 et 6 | 7 | 8 | 4 à 7 | <=3 >7 |
| Qualité | | | | | |
| *<=3 | -2 | -4 | -6 | 0 | 0 |
| >3 à 6 | -2 | -4 | — | +1 | 0 |
| >6 à 10 | -2 | -5 | — | +1 | 0 |
| >10 à 14 | -3 | -6 | — | +1 | 0 |
| >14 à 18 | -3 | -6 | — | +1 | 0 |
| >18 à 24 | -4 | -8 | — | +2 | 0 |
| >24 à 30 | -4 | -8 | — | +2 | 0 |
| >30 à 40 | -5 | -10 | — | +2 | 0 |
| >40 à 50 | -5 | -10 | — | +2 | 0 |
| >50 à 65 | -7 | -12 | — | +2 | 0 |
| >65 à 80 | -7 | -12 | — | +2 | 0 |
| >80 à 100 | -9 | -15 | — | +3 | 0 |
| >100 à 120 | -9 | -15 | — | +3 | 0 |
| >120 à 140 | -11 | -18 | — | +3 | 0 |
| >140 à 160 | -11 | -18 | — | +3 | 0 |
| >160 à 180 | -11 | -18 | — | +3 | 0 |
| >180 à 200 | -13 | -21 | — | +4 | 0 |
| >200 à 225 | -13 | -21 | — | +4 | 0 |
| >225 à 250 | -13 | -21 | — | +4 | 0 |
| >250 à 280 | -16 | -26 | — | +4 | 0 |
| >280 à 315 | -16 | -26 | — | +4 | 0 |
| >315 à 355 | -18 | -28 | — | +4 | 0 |
| >355 à 400 | -18 | -28 | — | +4 | 0 |
| >400 à 450 | -20 | -32 | — | +5 | 0 |
| >450 à 500 | -20 | -32 | — | +5 | 0 |

Écarts fondamentaux des arbres : Écart inférieur « ei »



Ajustements

| Lettre | m | n | p | r | s | t | u | v | x | y | z | za | zb | zc |
|---------------------|-----|-----|-----|------|------|------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Qualité | | | | | | | | | | | | | | |
| Toutes les qualités | | | | | | | | | | | | | | |
| *<=3 | +2 | +4 | +6 | +10 | +14 | — | +18 | — | +20 | — | +26 | +32 | +40 | +60 |
| >3 à 6 | +4 | +8 | +12 | +15 | +19 | — | +23 | — | +28 | — | +35 | +42 | +50 | +80 |
| >6 à 10 | +6 | +10 | +15 | +19 | +23 | — | +28 | — | +34 | — | +42 | +52 | +67 | +97 |
| >10 à 14 | +7 | +12 | +18 | +23 | +28 | — | +33 | — | +40 | — | +50 | +64 | +90 | +130 |
| >14 à 18 | +7 | +12 | +18 | +23 | +28 | — | +33 | +39 | +45 | — | +60 | +77 | +108 | +150 |
| >18 à 24 | +8 | +15 | +22 | +28 | +35 | — | +41 | +47 | +54 | +63 | +73 | +98 | +136 | +188 |
| >24 à 30 | +8 | +15 | +22 | +28 | +35 | +41 | +48 | +55 | +64 | +75 | +88 | +118 | +160 | +218 |
| >30 à 40 | +9 | +17 | +26 | +34 | +43 | +48 | +60 | +68 | +80 | +94 | +112 | +148 | +200 | +274 |
| >40 à 50 | +9 | +17 | +26 | +34 | +43 | +54 | +70 | +81 | +97 | +114 | +136 | +180 | +242 | +325 |
| >50 à 65 | +11 | +20 | +32 | +41 | +53 | +66 | +87 | +102 | +122 | +144 | +172 | +226 | +300 | +405 |
| >65 à 80 | +11 | +20 | +32 | +43 | +59 | +75 | +102 | +120 | +146 | +174 | +210 | +274 | +360 | +480 |
| >80 à 100 | +13 | +23 | +37 | +51 | +71 | +91 | +124 | +146 | +178 | +214 | +258 | +335 | +445 | +585 |
| >100 à 120 | +13 | +23 | +37 | +54 | +79 | +104 | +144 | +172 | +210 | +254 | +310 | +400 | +525 | +690 |
| >120 à 140 | +15 | +27 | +43 | +63 | +92 | +122 | +170 | +202 | +248 | +300 | +365 | +470 | +620 | +800 |
| >140 à 160 | +15 | +27 | +43 | +65 | +100 | +134 | +190 | +228 | +280 | +340 | +415 | +535 | +700 | +900 |
| >160 à 180 | +15 | +27 | +43 | +68 | +108 | +146 | +210 | +252 | +310 | +380 | +465 | +600 | +780 | +1000 |
| >180 à 200 | +17 | +31 | +50 | +77 | +122 | +166 | +236 | +284 | +350 | +425 | +520 | +670 | +880 | +1150 |
| >200 à 225 | +17 | +31 | +50 | +80 | +130 | +180 | +258 | +310 | +385 | +470 | +575 | +740 | +960 | +1250 |
| >225 à 250 | +17 | +31 | +50 | +84 | +140 | +196 | +284 | +340 | +425 | +520 | +640 | +820 | +1050 | +1350 |
| >250 à 280 | +20 | +34 | +56 | +94 | +158 | +218 | +315 | +385 | +475 | +580 | +710 | +920 | +1200 | +1550 |
| >280 à 315 | +20 | +34 | +56 | +98 | +170 | +240 | +350 | +425 | +525 | +650 | +790 | +1000 | +1300 | +1700 |
| >315 à 355 | +21 | +37 | +62 | +108 | +190 | +268 | +390 | +475 | +590 | +730 | +900 | +1150 | +1500 | +1900 |
| >355 à 400 | +21 | +37 | +62 | +114 | +208 | +294 | +435 | +530 | +660 | +820 | +1000 | +1300 | +1650 | +2100 |
| >400 à 450 | +23 | +40 | +68 | +126 | +232 | +330 | +490 | +595 | +740 | +920 | +1100 | +1450 | +1850 | +2400 |
| >450 à 500 | +23 | +40 | +68 | +132 | +252 | +360 | +540 | +660 | +820 | +1000 | +1250 | +1600 | +2100 | +2600 |

Écarts fondamentaux des arbres : Écart inférieur « ei »



Ajustements

| Lettre | A* | B* | C | CD | D | E | EF | F | FG | G | H |
|----------------------------|--------|------|------|-----|------|------|-----|-----|----|-----|---|
| Qualité | | | | | | | | | | | |
| Toutes les qualités | | | | | | | | | | | |
| *<=3 | +270 | +140 | +60 | +34 | +20 | +14 | +10 | +6 | +4 | +2 | 0 |
| >3 à 6 | +270 | +140 | +70 | +46 | +30 | +20 | +14 | +10 | +6 | +4 | 0 |
| >6 à 10 | +280 | +150 | +80 | +56 | +40 | +25 | +18 | +13 | +8 | +5 | 0 |
| >10 à 14 | +290 | +150 | +95 | — | +50 | +32 | — | +16 | — | +6 | 0 |
| >14 à 18 | +290 | +150 | +95 | — | +50 | +32 | — | +16 | — | +6 | 0 |
| >18 à 24 | +300 | +160 | +110 | — | +65 | +40 | — | +20 | — | +7 | 0 |
| >24 à 30 | +300 | +160 | +110 | — | +65 | +40 | — | +20 | — | +7 | 0 |
| >30 à 40 | +310 | +170 | +120 | — | +80 | +50 | — | +25 | — | +9 | 0 |
| >40 à 50 | +320 | +180 | +130 | — | +80 | +50 | — | +25 | — | +9 | 0 |
| >50 à 65 | +340 | +190 | +140 | — | +100 | +60 | — | +30 | — | +10 | 0 |
| >65 à 80 | +360 | +200 | +150 | — | +100 | +60 | — | +30 | — | +10 | 0 |
| >80 à 100 | +380 | +220 | +170 | — | +120 | +72 | — | +36 | — | +12 | 0 |
| >100 à 120 | +410 | +240 | +180 | — | +120 | +72 | — | +36 | — | +12 | 0 |
| >120 à 140 | +460 | +260 | +200 | — | +145 | +85 | — | +43 | — | +14 | 0 |
| >140 à 160 | +520 | +280 | +210 | — | +145 | +85 | — | +43 | — | +14 | 0 |
| >160 à 180 | +580 | +310 | +230 | — | +145 | +85 | — | +43 | — | +14 | 0 |
| >180 à 200 | +660 | +340 | +240 | — | +170 | +100 | — | +50 | — | +15 | 0 |
| >200 à 225 | +740 | +380 | +260 | — | +170 | +100 | — | +50 | — | +15 | 0 |
| >225 à 250 | +820 | +420 | +280 | — | +170 | +100 | — | +50 | — | +15 | 0 |
| >250 à 280 | +920 | +480 | +300 | — | +190 | +110 | — | +56 | — | +17 | 0 |
| >280 à 315 | +1 050 | +540 | +330 | — | +190 | +110 | — | +56 | — | +17 | 0 |
| >315 à 355 | +1 200 | +600 | +360 | — | +210 | +125 | — | +62 | — | +18 | 0 |
| >355 à 400 | +1 350 | +680 | +400 | — | +210 | +125 | — | +62 | — | +18 | 0 |
| >400 à 450 | +1 500 | +760 | +440 | — | +230 | +135 | — | +68 | — | +20 | 0 |
| >450 à 500 | +1 650 | +840 | +480 | — | +230 | +135 | — | +68 | — | +20 | 0 |

Écarts fondamentaux des alésages : Écart inférieur « EI »



Ajustements

| Lettre | J | | | | | K | | | M | | |
|------------|-----|-----|-----|------|----|----------|-----|-------|-----|--|--|
| Qualité | 6 | 7 | 8 | <=8 | >8 | <=8 | >8 | <=8 | >8* | | |
| *<=3 | +2 | +4 | +6 | 0 | 0 | -2 | -2 | -4 | -4 | | |
| >3 à 6 | +5 | +6 | +10 | -1+Δ | 0 | -4+Δ | -4 | -8+Δ | 0 | | |
| >6 à 10 | +5 | +8 | +12 | -1+Δ | 0 | -6+Δ | -6 | -10+Δ | 0 | | |
| >10 à 14 | +6 | +10 | +15 | -1+Δ | 0 | -7+Δ | -7 | -12+Δ | 0 | | |
| >14 à 18 | +6 | +10 | +15 | -1+Δ | 0 | -7+Δ | -7 | -12+Δ | 0 | | |
| >18 à 24 | +8 | +12 | +20 | -2+Δ | 0 | -8+Δ | -8 | -15+Δ | 0 | | |
| >24 à 30 | +8 | +12 | +20 | -2+Δ | 0 | -8+Δ | -8 | -15+Δ | 0 | | |
| >30 à 40 | +10 | +14 | +24 | -2+Δ | 0 | -9+Δ | -9 | -17+Δ | 0 | | |
| >40 à 50 | +10 | +14 | +24 | -2+Δ | 0 | -9+Δ | -9 | -17+Δ | 0 | | |
| >50 à 65 | +13 | +18 | +28 | -2+Δ | 0 | -11+Δ | -11 | -20+Δ | 0 | | |
| >65 à 80 | +13 | +18 | +28 | -2+Δ | 0 | -11+Δ | -11 | -20+Δ | 0 | | |
| >80 à 100 | +16 | +22 | +34 | -3+Δ | 0 | -13+Δ | -13 | -23+Δ | 0 | | |
| >100 à 120 | +16 | +22 | +34 | -3+Δ | 0 | -13+Δ | -13 | -23+Δ | 0 | | |
| >120 à 140 | +18 | +26 | +41 | -3+Δ | 0 | -15+Δ | -15 | -27+Δ | 0 | | |
| >140 à 160 | +18 | +26 | +41 | -3+Δ | 0 | -15+Δ | -15 | -27+Δ | 0 | | |
| >160 à 180 | +18 | +26 | +41 | -3+Δ | 0 | -15+Δ | -15 | -27+Δ | 0 | | |
| >180 à 200 | +22 | +30 | +47 | -4+Δ | 0 | -17+Δ | -17 | -31+Δ | 0 | | |
| >200 à 225 | +22 | +30 | +47 | -4+Δ | 0 | -17+Δ | -17 | -31+Δ | 0 | | |
| >225 à 250 | +22 | +30 | +47 | -4+Δ | 0 | -17+Δ | -17 | -31+Δ | 0 | | |
| >250 à 280 | +25 | +36 | +55 | -4+Δ | 0 | -20+Δ*** | -20 | -34+Δ | 0 | | |
| >280 à 315 | +25 | +36 | +55 | -4+Δ | 0 | -20+Δ*** | -20 | -34+Δ | 0 | | |
| >315 à 355 | +29 | +39 | +60 | -4+Δ | 0 | -21+Δ | -21 | -37+Δ | 0 | | |
| >355 à 400 | +29 | +39 | +60 | -4+Δ | 0 | -21+Δ | -21 | -37+Δ | 0 | | |
| >400 à 450 | +33 | +43 | +66 | -5+Δ | 0 | -23+Δ | -23 | -40+Δ | 0 | | |
| >450 à 500 | +33 | +43 | +66 | -5+Δ | 0 | -23+Δ | -23 | -40+Δ | 0 | | |

Écarts fondamentaux des alésages : Écart supérieur « ES »



Ajustements

| Lettre | P | R | S | T | U | V | X | Y | Z |
|----------------------|-----|------|------|------|------|------|------|-------|-------|
| Qualité | | | | | | | | | |
| >7 | | | | | | | | | |
| *≤3 | -6 | -10 | -14 | - | -18 | - | -20 | - | -26 |
| >3 à 6 | -12 | -15 | -19 | - | -23 | - | -28 | - | -35 |
| >6 à 10 | -15 | -19 | -23 | - | -28 | - | -34 | - | -42 |
| >10 à 14 | -18 | -23 | -28 | - | -33 | - | -40 | - | -50 |
| >14 à 18 | -18 | -23 | -28 | - | -33 | -39 | -45 | - | -60 |
| >18 à 24 | -22 | -28 | -35 | - | -41 | -47 | -54 | -63 | -73 |
| >24 à 30 | -22 | -28 | -35 | -41 | -48 | -55 | -64 | -75 | -88 |
| >30 à 40 | -26 | -34 | -43 | -48 | -60 | -68 | -80 | -94 | -112 |
| >40 à 50 | -26 | -34 | -43 | -54 | -70 | -81 | -97 | -114 | -136 |
| >50 à 65 | -32 | -41 | -53 | -66 | -87 | -102 | -122 | -144 | -172 |
| >65 à 80 | -32 | -43 | -59 | -75 | -102 | -120 | -146 | -174 | -210 |
| >80 à 100 | -37 | -51 | -71 | -91 | -124 | -146 | -178 | -214 | -258 |
| >100 à 120 | -37 | -54 | -79 | -104 | -144 | -172 | -210 | -254 | -310 |
| >120 à 140 | -43 | -63 | -92 | -122 | -170 | -202 | -248 | -300 | -365 |
| >140 à 160 | -43 | -65 | -100 | -134 | -190 | -228 | -280 | -340 | -415 |
| >160 à 180 | -43 | -68 | -108 | -146 | -210 | -252 | -310 | -380 | -465 |
| >180 à 200 | -50 | -77 | -122 | -166 | -236 | -284 | -350 | -425 | -520 |
| >200 à 225 | -50 | -80 | -130 | -180 | -258 | -310 | -385 | -470 | -575 |
| >225 à 250 | -50 | -84 | -140 | -196 | -284 | -340 | -425 | -520 | -640 |
| >250 à 280 | -56 | -94 | -158 | -218 | -315 | -385 | -475 | -580 | -710 |
| >280 à 315 | -56 | -98 | -170 | -240 | -350 | -425 | -525 | -650 | -790 |
| >315 à 355 | -62 | -108 | -190 | -268 | -390 | -475 | -590 | -730 | -900 |
| >355 à 400 | -62 | -114 | -208 | -294 | -435 | -530 | -660 | -820 | -1000 |
| >400 à 450 | -68 | -126 | -232 | -330 | -490 | -595 | -740 | -920 | -1100 |
| >450 à 500 | -68 | -132 | -252 | -360 | -540 | -660 | -820 | -1000 | -1250 |

Écarts fondamentaux des alésages : Écart supérieur « ES »

Ajustements

| Qualité | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|----------------------|-----|-----|---|----|----|----|
| *≤3 | | | 0 | 0 | | |
| >3 à 6 | 1 | 1,5 | 1 | 3 | 4 | 6 |
| >6 à 10 | 1 | 1,5 | 2 | 3 | 6 | 7 |
| >10 à 14 | 1 | 2 | 3 | 3 | 7 | 9 |
| >14 à 18 | 1 | 2 | 3 | 3 | 7 | 9 |
| >18 à 24 | 1,5 | 2 | 3 | 4 | 8 | 12 |
| >24 à 30 | 1,5 | 2 | 3 | 4 | 8 | 12 |
| >30 à 40 | 1,5 | 3 | 4 | 5 | 9 | 14 |
| >40 à 50 | 1,5 | 3 | 4 | 5 | 9 | 14 |
| >50 à 65 | 2 | 3 | 5 | 6 | 11 | 16 |
| >65 à 80 | 2 | 3 | 5 | 6 | 11 | 16 |
| >80 à 100 | 2 | 4 | 5 | 7 | 13 | 19 |
| >100 à 120 | 2 | 4 | 5 | 7 | 13 | 19 |
| >120 à 140 | 3 | 4 | 6 | 7 | 15 | 23 |
| >140 à 160 | 3 | 4 | 6 | 7 | 15 | 23 |
| >160 à 180 | 3 | 4 | 6 | 7 | 15 | 23 |
| >180 à 200 | 3 | 4 | 6 | 9 | 17 | 26 |
| >200 à 225 | 3 | 4 | 6 | 9 | 17 | 26 |
| >225 à 250 | 3 | 4 | 6 | 9 | 17 | 26 |
| >250 à 280 | 4 | 4 | 7 | 9 | 20 | 29 |
| >280 à 315 | 4 | 4 | 7 | 9 | 20 | 29 |
| >315 à 355 | 4 | 5 | 7 | 11 | 21 | 32 |
| >355 à 400 | 4 | 5 | 7 | 11 | 21 | 32 |
| >400 à 450 | 5 | 5 | 7 | 13 | 23 | 34 |
| >450 à 500 | 5 | 5 | 7 | 13 | 23 | 34 |

Écarts fondamentaux des alésages : Δ en micromètres

Ajustements

Convertir en intervalle les ajustements suivants:

- $\Phi 40H11d11$

- $\Phi 28H8f7$

- $\Phi 15H6k5$

Étanchéité

Généralités

Definition

L'étanchéité consiste en la mise en place d'un système qui limite les fuites ou qui les annule.

Principe et causes

- Il y a fuite s'il existe un ou des interstices sur une enceinte séparant deux milieux à des pressions différentes.
 - ▶ $P_1 > P_2$: fuite de 1 vers 2,
 - ▶ $P_1 < P_2$: fuite de 2 vers 1,
 - ▶ $P_1 = P_2$: stabilité.
- Les interstices apparaissent au niveau des surfaces de liaison. Ils sont dus à :
 - ▶ Des défauts de forme,
 - ▶ Des jeux de fonctionnement,
 - ▶ La rugosité des surfaces.

Critères de choix

- **Nature des corps à arrêter** : lubrifiant, poussière, eau, air, ...
 - ▶ Propriétés : Physique (dimension des particules, viscosité,...) et chimique (corrosivité, oxydant,...)
- **Valeur des pressions**,
- **Température** d'utilisation
- **Sens** des déplacements à interdire :
 - ▶ *Poussière* : étanchéité de l'extérieur vers l'intérieur,
 - ▶ *Lubrifiant* : étanchéité de l'intérieur vers l'extérieur.
- **Nature des vitesses**
 - ▶ Vitesse nulle : Étanchéité statique
 - ▶ Rotation ou translation : Étanchéité dynamique
- Besoin d'une étanchéité **parfaite** ou non.

Exemple

Dans une pompe à eau, il faut interdire l'entrée d'air pour ne pas la désamorcer.

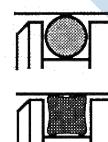
Étanchéité statique

Definition

Lorsque les pièces sont **fixes** l'une par rapport à l'autre, il est nécessaire d'utiliser une étanchéité **statique**.

Solutions pour l'étanchéité:

- par contact direct
 - ▶ *surfaces planes* : il faut réduire la surface de contact pour avoir une pression de contact plus importante ($p = \frac{F}{S}$). Ce procédé n'est pas très fiable, car il y a souvent détérioration des surfaces,
 - ▶ *surfaces coniques* : la géométrie des formes doit être rigoureuse.
- par joints
 - ▶ *Joint torique*: $V_{max} = 0.2m.s^{-1}$, $P_{max} = 35MPa$
 - ▶ *Joint quadrilobe*: $V_{max} = 0.5m.s^{-1}$, $P_{max} = 40MPa$



Étanchéité dynamique

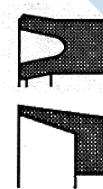
Definition

Lorsque les pièces sont **mobiles** l'une par rapport à l'autre, il est nécessaire d'utiliser une étanchéité **dynamique**.

Mouvement de translation

- par contact direct (surfaces planes ou cylindriques)
- par détentes successives : les surfaces ne sont pas en contact direct, ce sont les dépressions successives dans les rainures qui limitent les fuites et assurent l'étanchéité. (gicleur)
- par joints

► Joint à lèvre U : $V_{max} = 0,5 \text{ m.s}^{-1}$, $P_{max} = 15 \text{ MPa}$

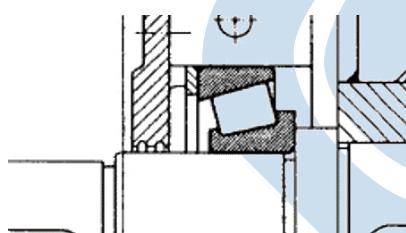
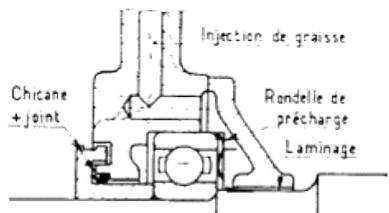


► Joint à lèvre L : $V_{max} = 0,3 \text{ m.s}^{-1}$, $P_{max} = 3 \text{ MPa}$

Étanchéité dynamique

Mouvement de rotation

- par laminage : ce procédé s'utilise pour de faibles pressions à l'intérieur du mécanisme.
- par chicanes : la centrifugation du lubrifiant l'empêche de franchir toutes les chicanes.
- par détentes successives : même principe que pour la translation



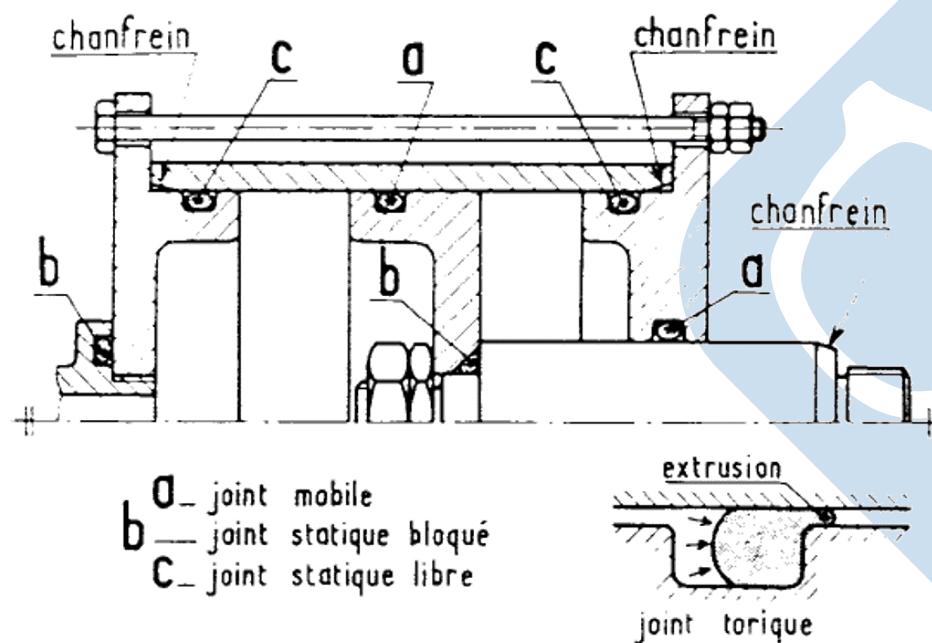
- par joints

► A lèvre radiale: $V_{max} = 20 \text{ m.s}^{-1}$, $P_{max} = 1 \text{ MPa}$

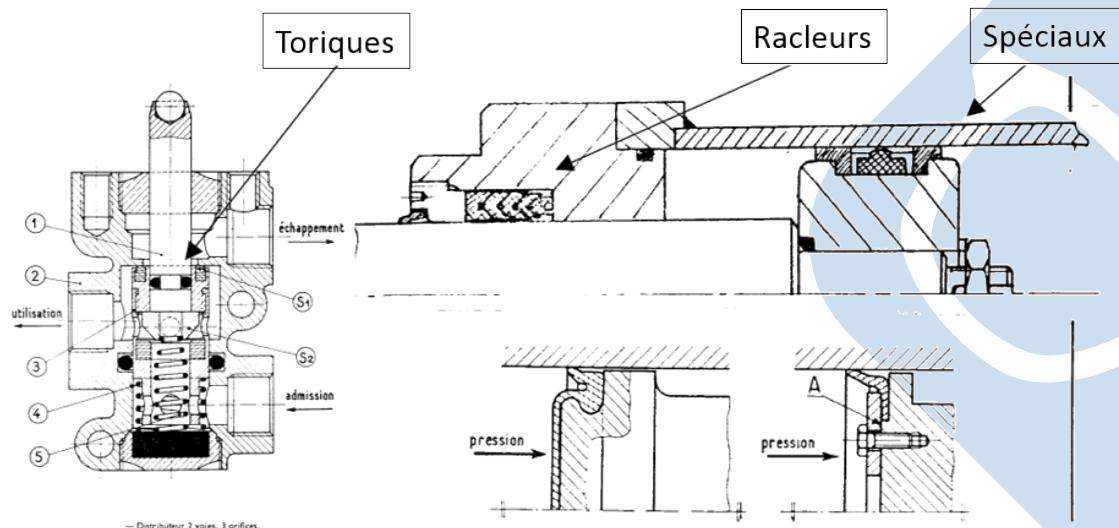


► Joint quadrilobe: $V_{max} = 12 \text{ m.s}^{-1}$, $P_{max} = 0,05 \text{ MPa}$

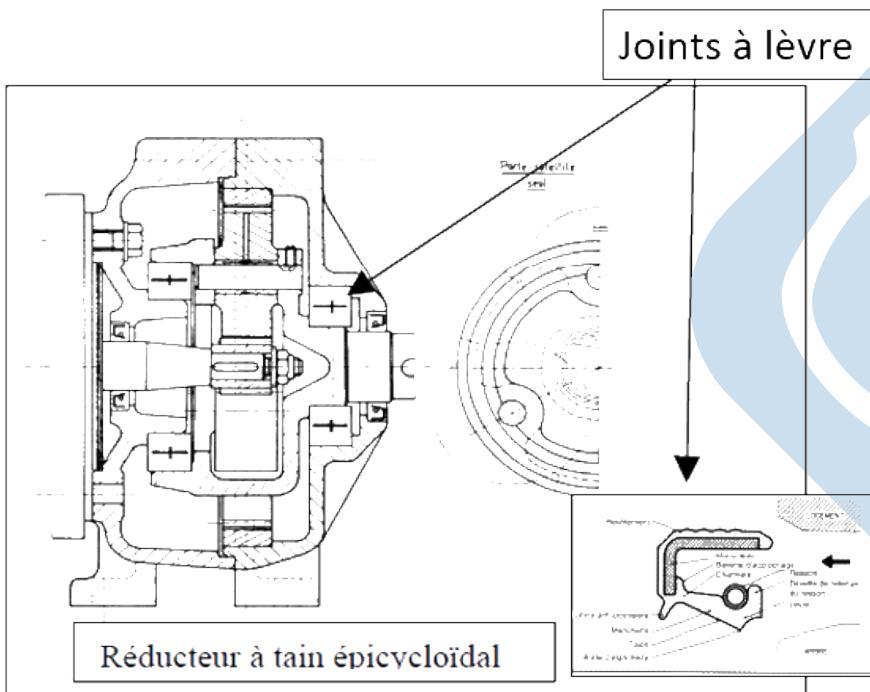
Exemples de montage d'étanchéité



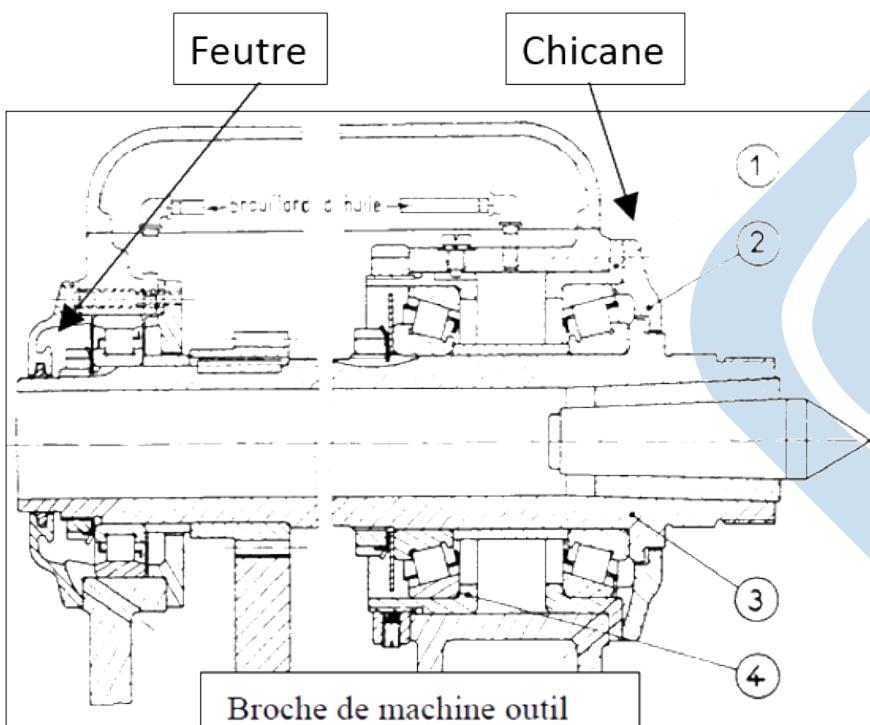
Exemples de montage d'étanchéité



Exemples de montage d'étanchéité



Exemples de montage d'étanchéité



Lubrification

Definition

Lubrifier sert à favoriser le **glissement** entre deux surfaces en diminuant le **frottement** (et donc l'usure).

Le lubrifiant peut aussi avoir des fonctions complémentaires:

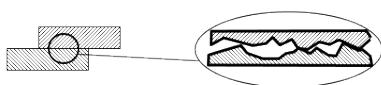
- évacuer les impuretés,
- refroidir,
- protéger contre la corrosion.

Remarque

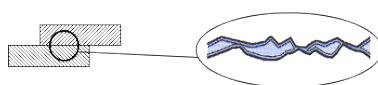
Lubrifier revient dans la majorité des cas à interposer de l'huile ou de la graisse, minérale ou de synthèse, entre deux surfaces frottantes

Principaux types de frottement

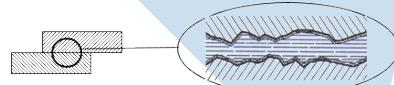
- **Frottement Sec** : il n'y a pas de lubrifiant entre les surfaces en contact, $f = 0,10,3$,
- **Frottement onctueux** : les surfaces sont recouvertes d'un film très fin (épilamen) qui adhère aux aspérités, $f = 0,010,1$,
- **Frottement Hydrodynamique** : il n'y a pas de contact entre les surfaces, qui sont séparées par une abondante quantité de lubrifiant, $f = 0,0020,005$.



Frottement Sec



Frottement onctueux



Frottement Hydrodynamique

Lubrification à l'huile

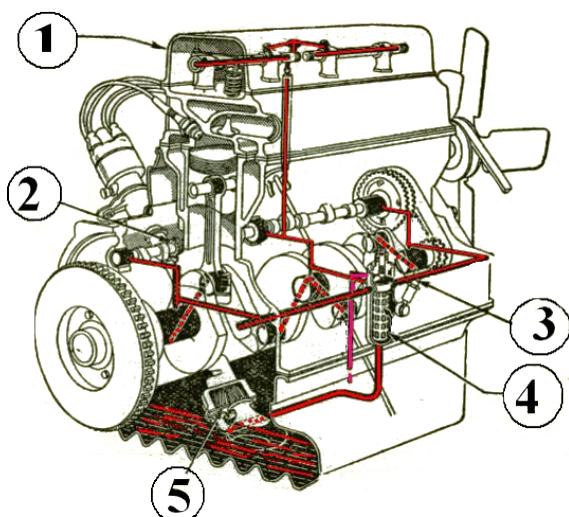
Caractéristiques

- Frottement onctueux, mixte ou hydrodynamique,
- Constituant de base (huile minérale ou de synthèse) et d'un additif (anticorrosion,...) permettant de l'adapter aux conditions d'utilisation.
- **Viscosité** : Plus une huile est épaisse, plus sa viscosité est élevée. La fluidité est la propriété inverse de la viscosité. La viscosité diminue lorsque la température augmente.
- **Onctuosité** : elle caractérise l'aptitude d'une huile à adhérer aux surfaces (pouvoir adhérent) sous forme d'une fine couche (épilamen).
- **Volatilité**, point éclair : température à partir de laquelle les vapeurs émises par une huile, chauffée dans des conditions bien précises, s'enflamme au contact d'une flamme.

Dispositifs d'utilisation

- **Barbotage ou bain**, où une partie mobile emporte ou projette de l'huile dans le mécanisme (effet centrifuge puis ruissellement).
- **Brouillard**, où l'huile est pulvérisée sous pression (ramenée par des canalisations et condensé en gouttes sur les points à lubrifier).
- **Circulation**, où le débit constant peut être réglé par des soupapes.

Lubrification continue



1. Culbuteurs
2. Arbre à cames
3. Vilebrequin
4. Filtre
5. Pompe

Lubrification à la graisse

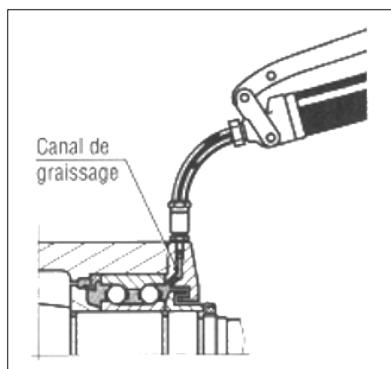
Caractéristiques

- Du fait de leur consistance elles permettent un frottement onctueux ou un frottement mixte,
- Leurs avantages sont de permettre le graissage à vie en supportant les chocs les vibrations et les faibles vitesses,
- Elles ne conviennent ni aux vitesses élevées, ni aux charges élevées,
- Elles sont obtenues à partir d'une huile dans laquelle sont dispersés des agents épaississants (savons métalliques).

- **Consistance** : c'est la propriété principale. Elle exprime la résistance à la déformation de la graisse. Étroitement liée à l'adhérence et à l'onctuosité, elle diminue lorsque la température augmente.
- **Point de goutte** : il caractérise la tenue de la graisse à la chaleur en précisant la température de début de liquéfaction.
- **Point de solidification** : il indique la température de début de solidification de la graisse.

Exemples d'utilisation de graisse

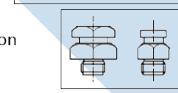
- **Garnissage au montage**, périodique où à vie, après démontage et nettoyage.
- **Graisseurs** évitant le démontage, mais nécessitant un système d'évacuation des excès et des graisses usagées. Le lubrifiant est introduit sous pression à l'aide d'une pompe à graisse.
- **Centralisé**, automatisé, il évite l'arrêt des installations et se fait par une pompe doseuse, vers des distributeurs installés près des points à graisser (jusqu'à plusieurs milliers).



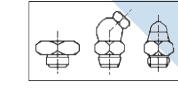
Graisseur haute pression
(graisse p>25Mpa)



Graisseur moyenne pression
(graisse)

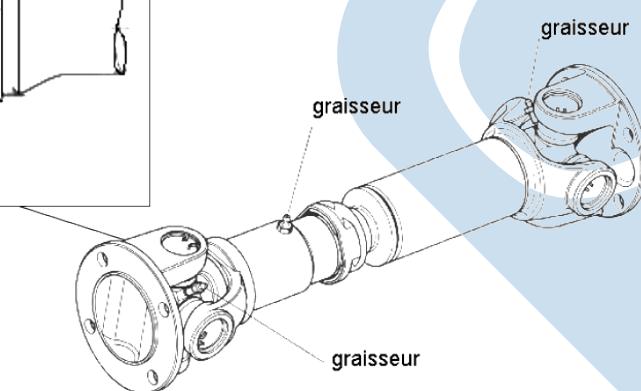
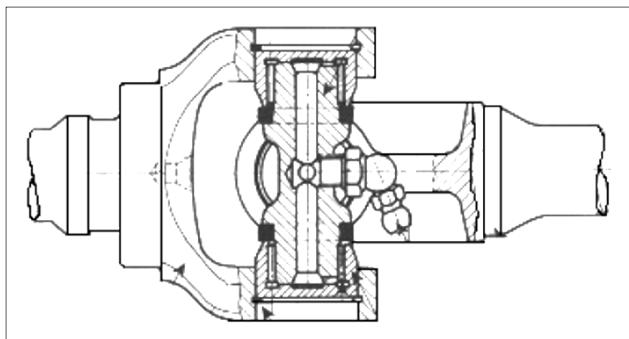


Graisseur basse pression
(graisse légère – huile)



Lubrification continue

Joint de cardan GLAENZER SPICER



Conclusion

Savoir

Vous êtes capables :

- de concevoir un guidage en liaison pivot,
- de donner des caractéristiques techniques sur ce guidage,
- de concevoir une solution de lubrification et d'étanchéité.

Problématique

Vous devez être capables :

- de concevoir un guidage en liaison glissière.