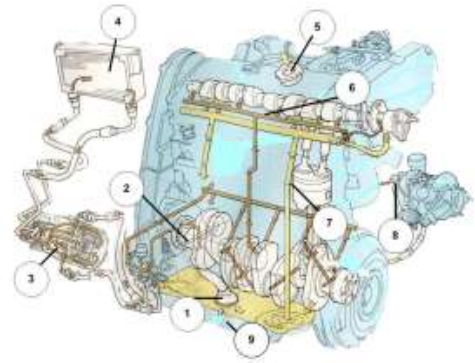


# Cycle 2: Concevoir, étudier et réaliser des architectures et solutions technologiques

## Chapitre 7 – Architecture des guidages en rotation par roulements *Lubrification et étanchéité*

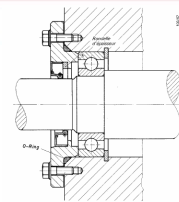
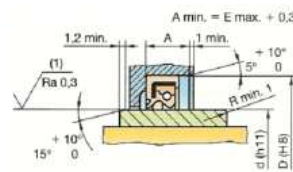
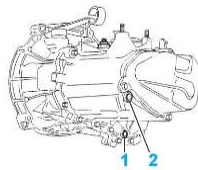
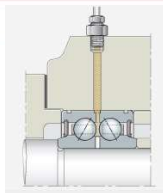
Quelles solution utilisent les industriels pour réaliser maîtriser l'étanchéité des mécanismes ? Comment lubrifier efficacement un mécanisme ?

Nous allons voir dans ce chapitre les différentes solutions, les contraintes de conception et de montage des éléments d'étanchéité et de lubrification.



Problématique

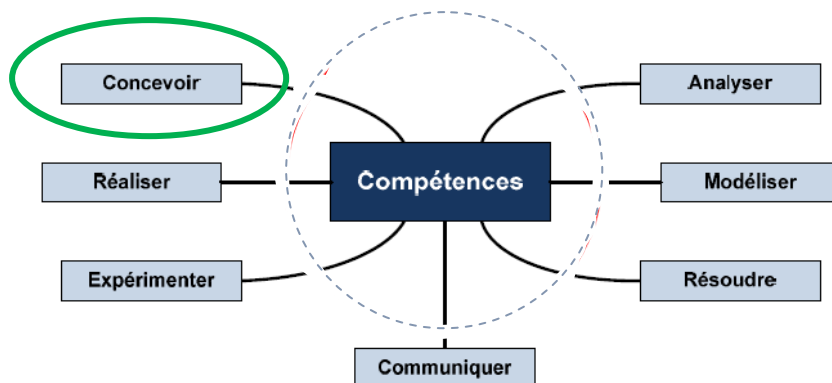
Dans le cadre d'un guidage en rotation avec éléments roulants, quelles sont les solutions permettant de garantir la lubrification et l'étanchéité des mécanismes ?



Savoir

### E. Concevoir:

- Proposer des solutions technologiques pour lubrifier un mécanisme
- Proposer des solutions technologiques pour rendre étanche un mécanisme





## 1. La fonction lubrification

La **lubrification** ou le **graissage** est un ensemble de techniques permettant de réduire le frottement, l'usure entre deux pièces en contact et, en mouvement l'une par rapport à l'autre.

La fonction lubrification permet :

- d'évacuer une partie de l'énergie thermique engendrée par le frottement,
- d'éviter la corrosion,
- faciliter les mouvements relatifs (glissement et roulement),
- améliorer le rendement,
- réduit les bruits...



*Nota : les lois physiques qui régissent ce domaine (**la tribologie**) sont très complexes et sont basées à la fois la résistance des matériaux et la mécanique des fluides,*

LUBRIFICATION = lubrifiant liquide

GRAISSAGE = lubrifiant compact



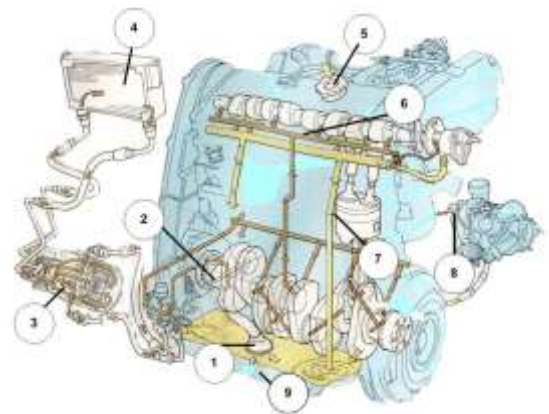
## 2. Modes de lubrification

Il existe 2 modes de lubrification : la ponctuelle et la continue.

**Lubrification ponctuelle** : consiste à mettre le lubrifiant avant le mouvement ou durant le mouvement. Cela peut se faire de manière manuelle, par exemple en déposant des gouttes d'huile avec une burette.



**Lubrification continue** : elle touche tous les mécanismes en mouvement et est constituée par un **système de conduites** qui amène, par l'intermédiaire d'une **pompe**, le lubrifiant vers les divers organes (**paliers, coussinets, roulement à billes...**) à lubrifier. Le lubrifiant retourne au bac pour y être **réfrigéré** puis remonte en traversant un **filtre** qui retient les impuretés.



Circuit de lubrification moteur



### 3. Choix du mode de lubrification

Il faut déterminer au plus tôt, lors de la conception, le mode de lubrification qui sera adopté. La nature du lubrifiant et la quantité à apporter (volume et fréquentiel) est fonction :

- *des conditions de fonctionnement*
- *de la conception du mécanisme (type de roulements, présence de pignons...)*

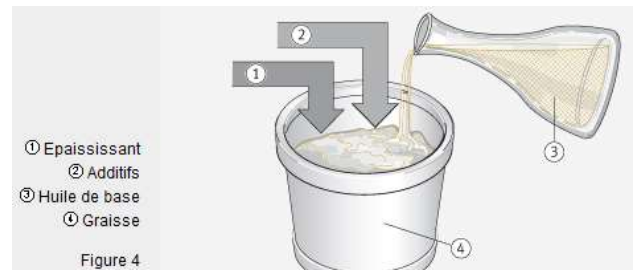
#### 3.1. Critères pour une lubrification à la graisse

Pour une lubrification à la graisse, les critères suivants sont à prendre en considération : adaptée pour une **conception simple**, **étanchéité** à prévoir, **graisseur** à intégrer, durée d'utilisation élevée et **faible entretien**, prévoir une **récupération de la graisse** si changement, **pas d'évacuation des calories**, **pas rinçage des particules d'usure**.

*GRAISSE = huile de base minérale + savons métalliques  
comme épaississants + additifs*

GA01	Graisse pour roulements à billes pour T < +180 °C	Polyurée Huile-ester	- 40 à + 180
------	---	-------------------------	--------------

*Exemple de graisse pour roulements*



#### 3.2. Critères pour une lubrification à l'huile

Pour une lubrification à l'huile, il faut prendre en considération : **prévoir une bonne répartition du lubrifiant** pour évacuation des calories, rince les particules d'usure donc **prévoir un filtre**, nécessité une **alimentation (bouchon)** et une **vidange** (gravité ou aspiration).

*HUILE = huile minérale ou de synthèse (huile soluble + eau)*

Une des caractéristiques d'une huile importante est la **VISCOSITE**.

C'est la résistance relative au glissement des couches d'huile (inverse de la fluidité)

*La viscosité diminue avec la température. Pour une bonne lubrification, il faut la bonne température pour une huile (nécessité de la refroidir).*



*Huile visqueuse = huile épaisse*

#### 3.3. Les éléments de conception pour la lubrification

Il ne faut pas oublier que certaines zones de mécanisme ne doivent pas être lubrifiées (courroies, garnitures de frein...). Il faudra prévoir une étanchéité (cf chapitre suivant). Pour les zones à lubrifier, il faut prévoir dès la conception du mécanisme, **l'intégration d'un certains nombre d'éléments**.

Vous trouverez en page suivante les principaux rencontrés en construction mécanique.



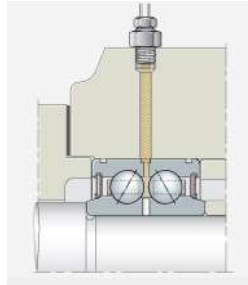
Architecture du guidage en rotation – Lubrification et étanchéité

1°) Les graisseurs

Ils sont **fixés à demeure** sur le carter du mécanisme. Ensuite, soit le graissage est continu et intégré (un raccord et un flexible va jusqu'à la pompe d'alimentation), soit le graisseur permet de raccorder une pompe à main.



*Graisseur intégré pour lubrification boîtier à roulements*

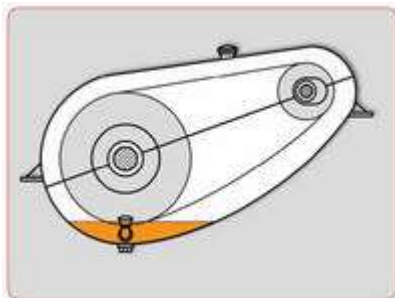


*Graisseur classique*

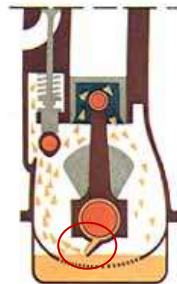


2°) Lubrification par barbotage

C'est le moyen le plus utilisé dans le cas de mécanismes fixes (moteurs...). Cette technique consiste à **remplir le fond du mécanisme** (carter) avec de l'huile, jusqu'à arriver au **premier élément tournant** qui avec la rotation **projette l'huile partout**. On ajoute parfois une **pièce aidant à la projection** (cuillère, lécheur, anneau...).



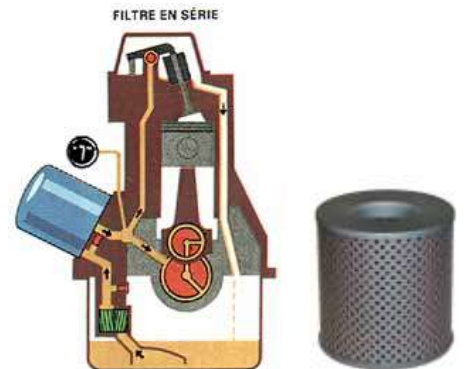
*C'est le bas du pignon qui projette l'huile*



*Lécheur*

3°) Filtre à huile

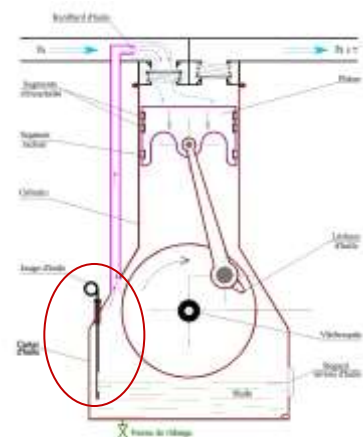
Il est nécessaire pour éviter de réinjecter les impuretés issues de l'usure des éléments dans le circuit. Il se présente souvent sous la forme d'une **cartouche**.



*Cartouche filtre*

4°) Jauge de niveau

Elle permet de faire le bon remplissage et de contrôler le niveau.

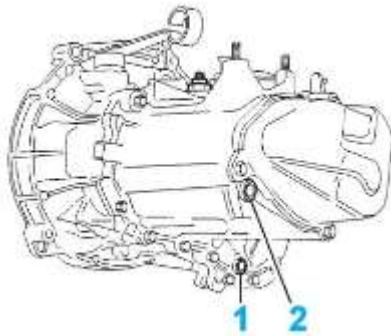




Architecture du guidage en rotation – Lubrification et étanchéité

5°) Bouchons d'alimentation et de vidange

Le **bouchon de remplissage** doit être **facile d'accès** (souvent en haut du carter) et gros. Celui de **vidange** est souvent plus petit et forcément placé au **point le plus bas du carter** et dispose **d'un joint**.



1 : vidange carter BV  
2 : remplissage



Bouchon vidange moteur

6°) Les reniflards

Un reniflard est un système **d'évacuation des vapeurs d'huile** générées par la lubrification sur les éléments chauds du mécanisme. On le place sur le **haut du carter**. Il est composé d'une **vis percée d'un petit orifice calibré**, et d'un petit filtre.



Reniflard (vis + filtre)



Montage sur carter BV



Article de magazine technique F1:

La 1<sup>re</sup> fonction du lubrifiant en Formule 1 :  
apporter **sécurité** et **fiabilité**  
dans un contexte extrême.



Contrairement aux carburants pour lesquels la FIA édicte des règlements contraignants (RON limité à 103 contre 128 pour les carburants vendus dans le commerce), les lubrifiants ne font l'objet d'aucune réglementation particulière. Ils peuvent donc être conçus avec comme unique objectif d'améliorer les performances de la voiture, sans se soucier de quelconques limitations. La voie est alors ouverte pour une contribution majeure du lubrifiant à la compétitivité générale de la Formule 1.

2<sup>e</sup> grande fonction du lubrifiant : contribuer à l'augmentation des performances du moteur.

L'AUGMENTATION DE LA PUISSANCE :  
la contribution directe du lubrifiant à l'augmentation de la puissance :  
la réduction des frottements internes du moteur.



#### 4. Fonction étanchéité

C'est parce que les mécanismes doivent être étanches aux **agressions de l'environnement** (poussières, humidité...) et **ne pas générer de fuites** (huile, graisse, fluide, air...) que la **fonction étanchéité est primordiale**.

La « fonction étanchéité » est l'ensemble des moyens techniques mis en œuvre pour supprimer totalement ou partiellement les fuites aux **diverses jonctions d'une enceinte fermée**.

##### Les paramètres de l'étanchéité

- nature du **fluide** (liquide, gazeux..) et des **pièces** (forme, matériaux)
- caractéristiques du fluide (pression, température, viscosité...)
- nature de la **liaison**  
**Encastrement** = étanchéité **STATIQUE**  
**Liaison mobile** (rotation, déplacement) = étanchéité **DYNAMIQUE**



#### 5. Etanchéité statique

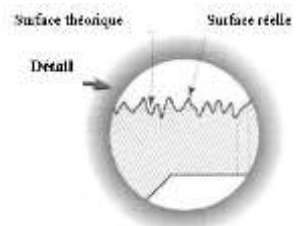
Il n'y a **pas de mobilité entre les pièces**. Cela n'empêche pas dans certains cas des mouvements parasites (vibrations) très importants pour la tenue du joint.

L'étanchéité dite statique doit être réalisée **entre deux éléments fixes entre eux**.

Symbole : ES

##### Problème à résoudre:

Les surfaces en contact présentent des **défauts (aspérités)**, le fluide peut donc s'échapper de la zone sous pression.



##### Solutions:

Pour **empêcher le fluide de se glisser** entre les aspérités, on peut:

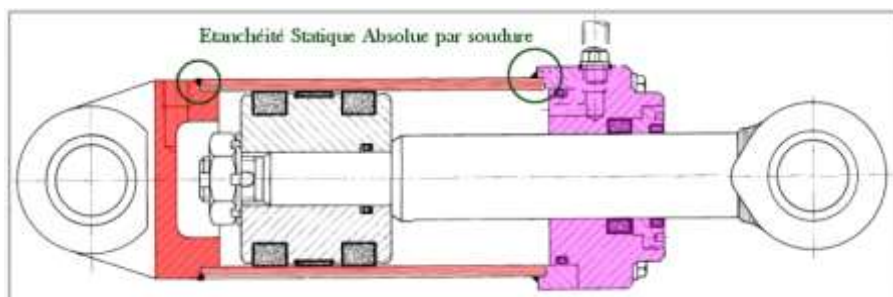
- Augmenter l'**effort de serrage** entre les surfaces en contact pour déformer les aspérités, solution peu intéressante.
- Diminuer les aspérités en **polissant les surfaces** en contact.
- **Interposer un élément déformable** (joint, pâte, colle...) qui comble les aspérités, **solution la plus utilisée**.

##### 5.1. Etanchéité directe absolue

On recherche une **étanchéité parfaite** (impossible dans les faits). Les conditions à respecter sont :

- Une **réalisation géométrique rigoureuse** (planéité, conicité, cylindricité)
- Un **état de surface excellent**
- Les solutions adoptées ont en général recours à une liaison par assemblage (**soudage**) des pièces.

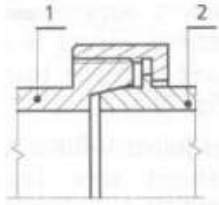
Exemple : dans une installation nucléaire, les étanchéités statiques sont réalisées par des soudures contrôlées par radiographie.



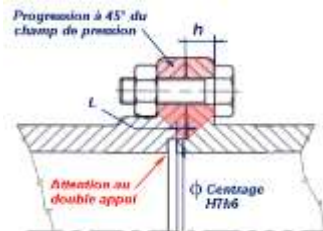


## Architecture du guidage en rotation – Lubrification et étanchéité

Exemple : étanchéité directe par surface de contact sphère/cône



étanchéité par serrage

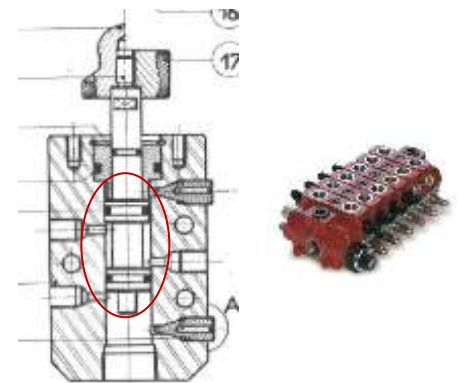


Remarque concernant le serrage des pièces :

**Disposition des vis :** le polygone de vissage doit se trouver le plus près possible de la ligne médiane **du plan de joint**. Des éléments de fixation doivent aussi être prévus à tous les angles du plan de joint.

## 5.2. Étanchéité directe relative

L'étanchéité **n'est pas parfaite** et une **légère fuite peut être tolérée**. C'est souvent le cas d'une étanchéité statique entre des pièces qui ont un mouvement relatif dans une autre phase de leur fonctionnement. C'est le cas par exemple d'un **distributeur hydraulique à tiroir**.



## 5.3. Étanchéité indirecte

Pour éviter la réalisation onéreuse ou techniquement impossible de l'étanchéité directe, on **interpose entre les pièces un matériau déformable** qui constitue le **joint d'étanchéité**. Ceci permet d'une part d'exécuter des **surfaces moins soignées** tant en forme qu'en état de surface et d'autre part de **réduire notablement la pression de serrage**.

### Formes, matériaux et propriétés des joints

Les formes les plus répandues en étanchéité statique sont :

- Les joints à bases de **pâtes**
- Les joints **plans** à section rectangulaire
- Les joints **toriques** à section **circulaire ou quadrilobe**
- Les joints **moulés** de section adaptée.
- Les **soufflets et membranes** d'étanchéité.

Les principaux matériaux sont :

- Les **pâtes silicones** qui polymérisent sous diverses conditions (air, humidité, chaleur)
- Les **élastomères**
- Les **métaux « mous »**
- Le **papier et le tissu**

En fonction du cahier des charges, le joint doit :

- **S'adapter aux imperfections des surfaces** des pièces en présence : **déformation plastique**
- **Ne pas réagir chimiquement** avec le fluide
- **Résister** à la différence de **pression** de part et d'autre du joint
- **Résister à l'écrasement** dû aux efforts de serrage



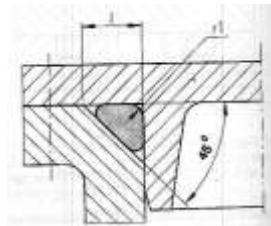
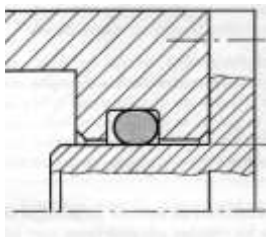
5.4. Les principaux joints en étanchéité statique

① Joints assemblés liquides (JAL) puis polymérisation ou appelé aussi **pâte à joint**

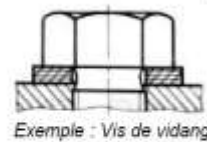


Joint ruban

② Joints toriques placés dans une gorge moulée ou usinée



③ Joints plats placés entre 2 surfaces



Exemple : Vis de vidang



Joint de culasse

6. Etanchéité dynamique

L'étanchéité doit avoir lieu pendant le mouvement relatif des pièces entre-elles. Ne jamais oublier qu'une étanchéité dynamique est aussi une étanchéité statique. **Le joint dynamique est monté dans une pièce** et il doit donc assurer une étanchéité statique avec cette dernière.

On distingue plusieurs d'étanchéité dynamique: symbole ED

6.1. Etanchéité indirecte absolue

**Membrane déroulante** : Permet une grande amplitude de translation. Généralement en caoutchouc toilé.



**Soufflet** : Permet 3 mouvements (2R+1T) ou seulement (1T). Existe en Version métallique pour conditions difficiles.







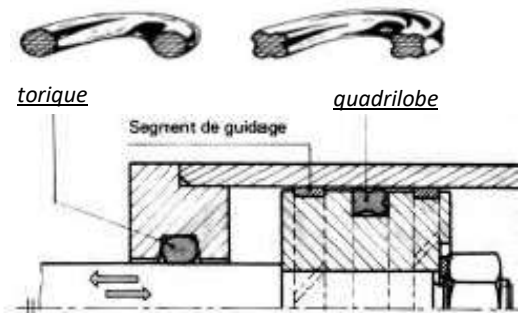
Architecture du guidage en rotation – Lubrification et étanchéité

6.2. Etanchéité indirecte relative

2 types de mouvements possibles : **TRANSLATION** ou **ROTATION**

6.2.1. TRANSLATION

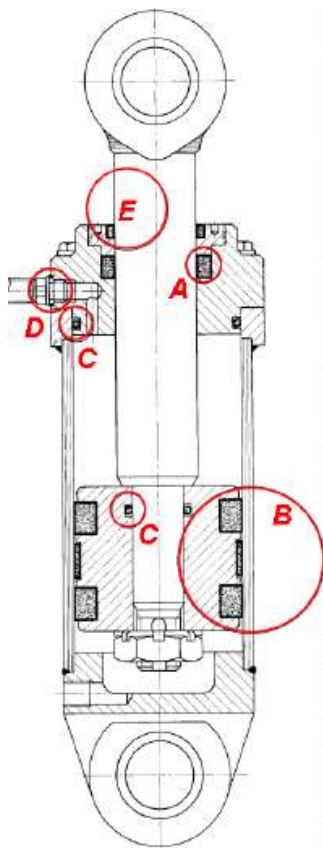
On utilise des **joints toriques** ou **quadrilobes**.  
Ces joints peuvent se monter en gorge intérieure ou extérieure.



Si la pression est très importante, le montage des joints toriques nécessite l'ajout de **bagues anti-extrusion**. Ces bagues sont en général en matière plastique.



Exemple vérin :



**Etanchéité en translation**

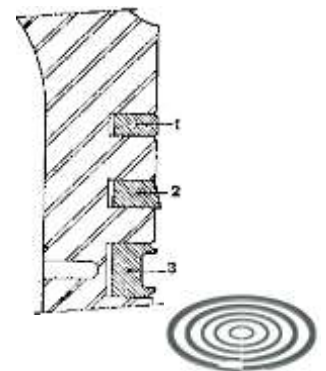
- A: Joint de tige en feutre** imbibé d'huile pour retenir les impuretés extérieures résiduelles.
- B: Association de deux joints dynamiques en translation** (joint en U) et d'une bague de guidage. Trois fonctions distinctes (2 étanchéités + 1 guidage en translation).
- C: Joints toriques statiques** avec d'éventuelles bagues anti-extrusion.
- D: Joint statique composite.**
- E: Joint racleur** pour nettoyer la tige des impuretés extérieures

**Nota:** Certaines étanchéités statiques sont obtenues par soudage.



**Particularité de l'étanchéité au feu :**

On utilise 3 segments métalliques (guidage, étanchéité au feu, racleur)



1 : piston, 2 : bielle, 3 : gorges segments



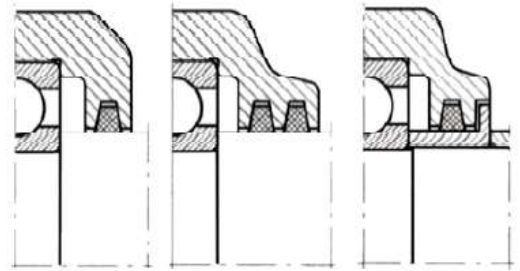
Architecture du guidage en rotation – Lubrification et étanchéité

6.2.2. ROTATION

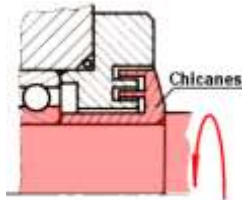
Les grandes familles de dispositifs employés sont :

- Les **jointts toriques**
- Les **jointts à lèvres**
- Les **chicanes**
- Les **feutres**
- Les **jointts V-Ring**
- Les **défecteurs**

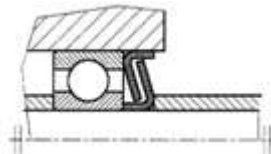
1 Les feutres (utilisés comme protection contre les poussières, ils sont chargés de graisse au montage)



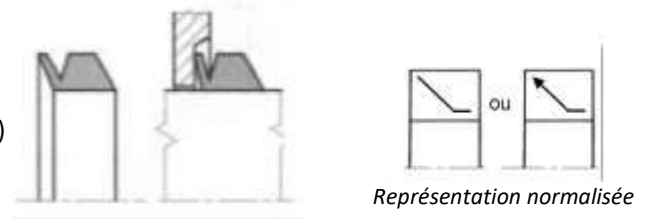
2 Les chicanes (utilisés surtout en atmosphère abrasive)



3 Les déflecteurs (protection roulements)

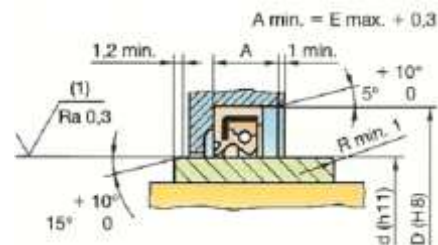
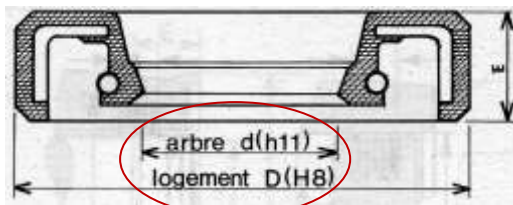


4 Les jointts V-Ring (Ils tolèrent un important défaut de perpendicularité axe/face. Ils admettent un faux-rond)



5 Les jointts à lèvres

C'est la solution la plus répandue. Attention au dimensionnement correct et au bon choix des états de surface. Ceci peut imposer une portée d'arbre spécifique à la fonction étanchéité.



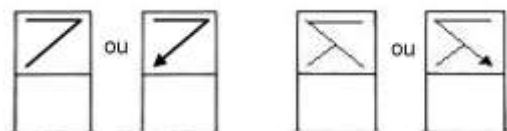
Il faut aussi prévoir des chanfreins d'aide au montage

2 jointts à lèvres possibles :

- Simple lèvre (1 étanchéité)
- Double lèvre (2 étanchéités)



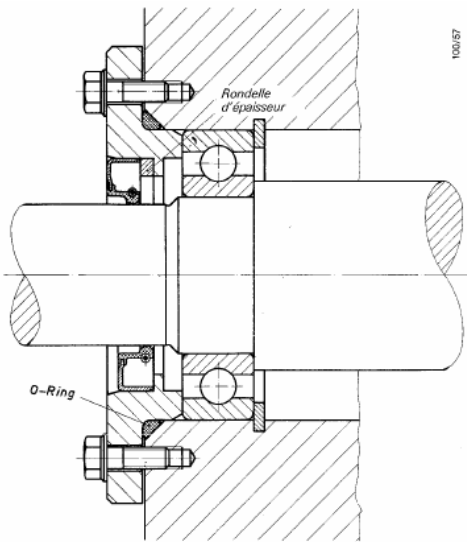
Représentation normalisée à connaître :



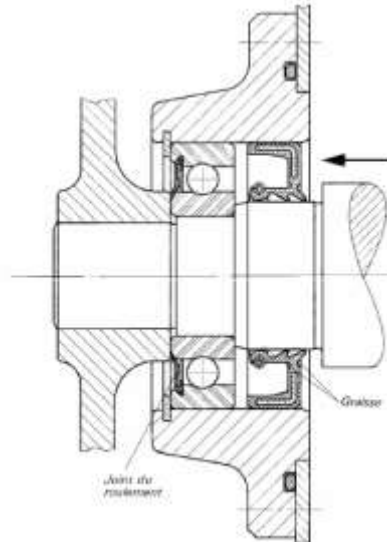


Architecture du guidage en rotation – Lubrification et étanchéité

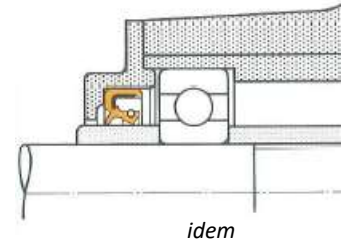
Exemples d'application :



Joint utilisé pour éviter la sortie d'huile du système

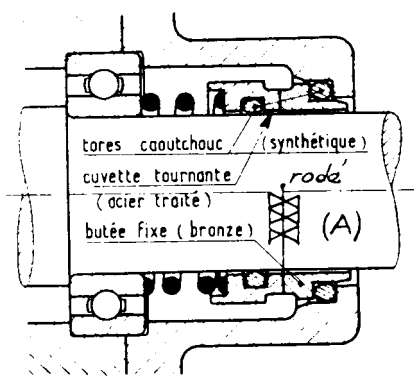


Joint utilisé pour éviter la sortie d'huile du système + étanchéité poussière (double lèvre)

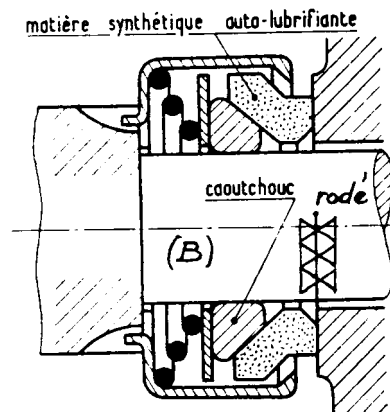


7. Les garnitures mécaniques

Elles associent une **étanchéité statique en rotation** et une **étanchéité dynamique plane**. Elles possèdent une **compensation naturelle d'usure** ce qui donne à ces garnitures une **grande longévité**. On trouvera ci dessous quelques unes de ces garnitures souvent connues sous leur nom commercial.



Garnitures PACIFIC



Garnitures GULLIVER