

Construction Mécanique 3 : deuxième année

□ Organisation

10 séances de cours de 1H30 (FAURE Lilian)

12 séances de TD BE de 1H30 (FAURE Lilian)

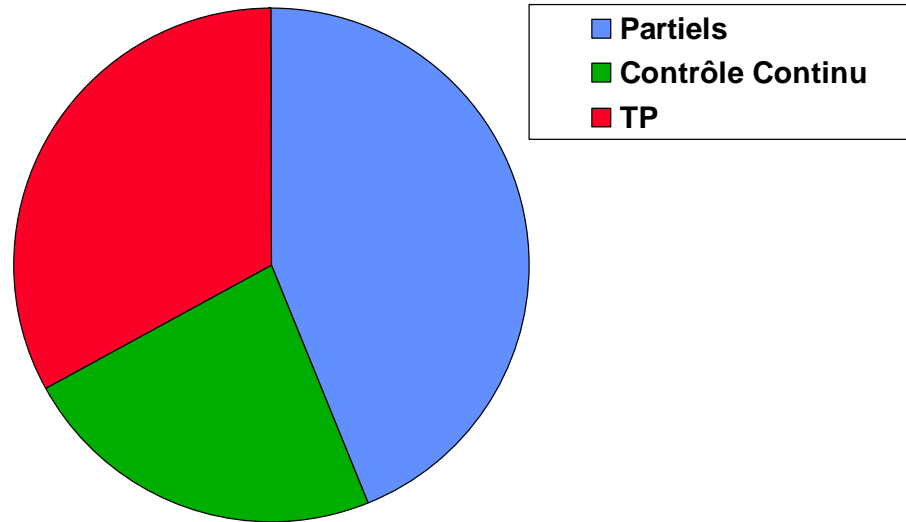
5 séances de CAO (CATIA) de 3H (LAIVIER Cyril)

□ Contenu

- Etanchéité des systèmes mécaniques
- Mécanique du contact-frottement-usure
- Dimensionnement des liaisons
- Analyse et conception des liaisons pivots
- Analyse et conception des liaisons glissières

Evaluation

Note finale = $\frac{1}{3} \cdot \text{Note TP} + \frac{2}{3} \cdot (\frac{2}{3} \cdot \text{examen final} + \frac{1}{3} \cdot \text{Contrôle continu})$



Examen final

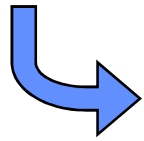
Exposé

Contrôle

Projet interdisciplinaire (semestre 2)

ISAT : 6 CM 8 TD 5 TP

Besoin (clients)



Elaboration d'un cahier des charges fonctionnel



Conception

{
Dessin avant-projet
Notice de calcul
Dessins de définition

Modélisation volumique (Catia)

Étanchéité des systèmes mécaniques

Comment éviter les fuites ?

Étanchéité des systèmes mécaniques

I - Problème : cas d'une bride pneumatique simple effet

II - Analyse des étanchéités d'une bride pneumatique simple effet

III - Classification des différentes étanchéités

IV - Étanchéité indirecte

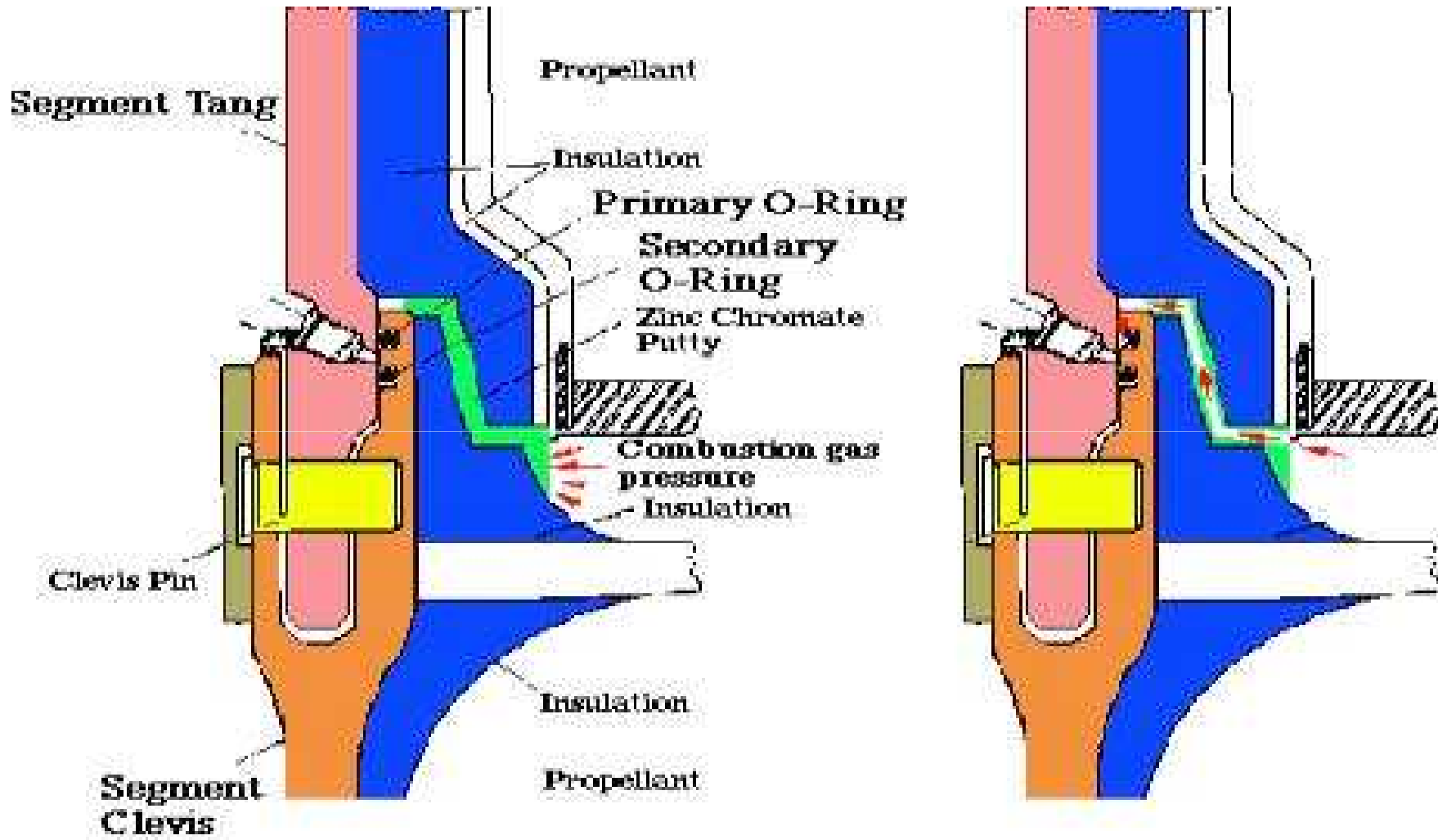
- a) Joint torique (O-ring et Quad-ring)
- b) Joint à lèvres en U
- c) Joint à lèvres radial
- d) Joint à lèvres axial (V.ring)
- e) Tresses et garnitures
- f) Membranes

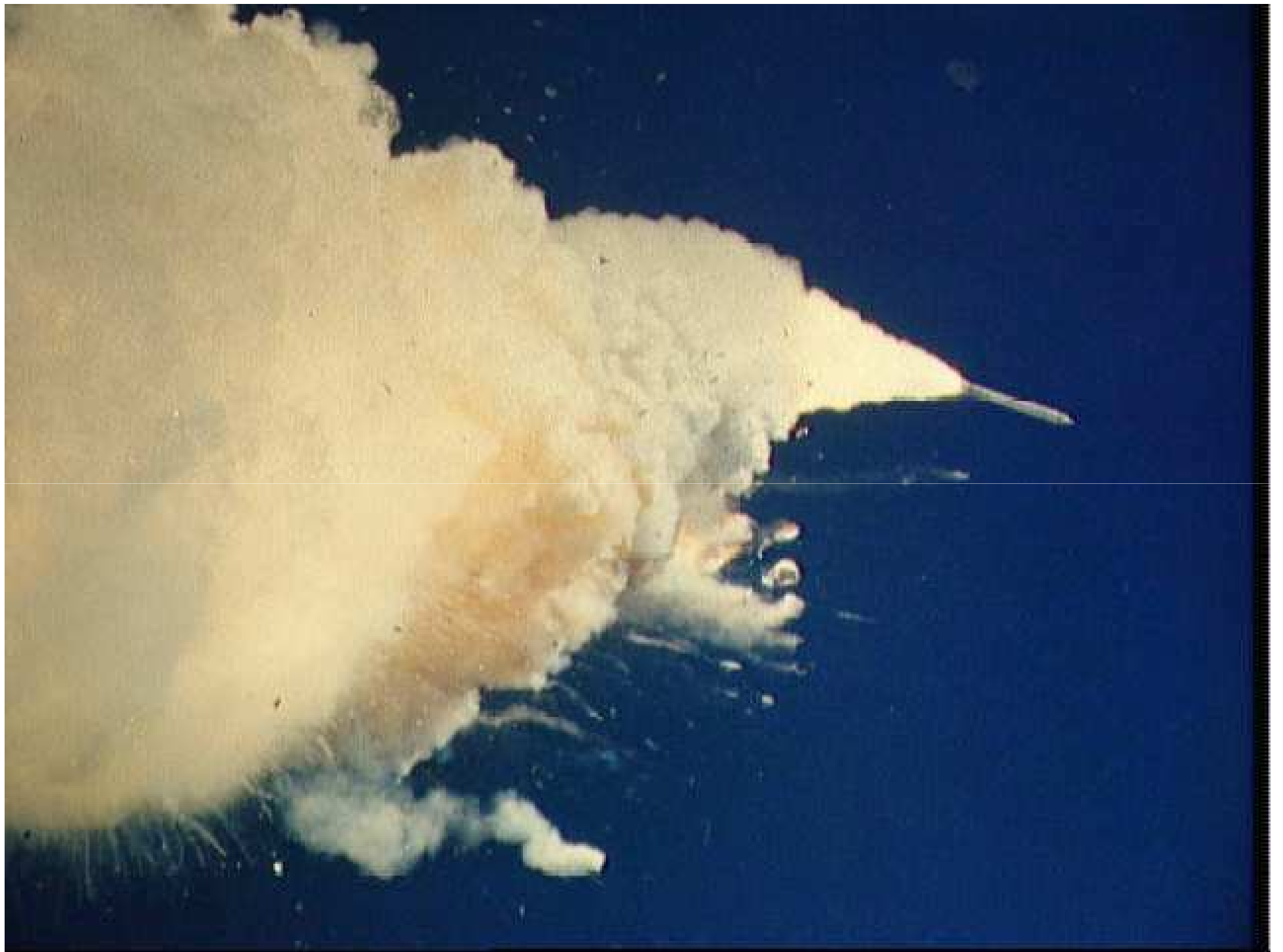
V - Étanchéité directe

Quelques principes











Etanchéité des systèmes mécaniques

I- Problème : cas d'une bride pneumatique simple effet

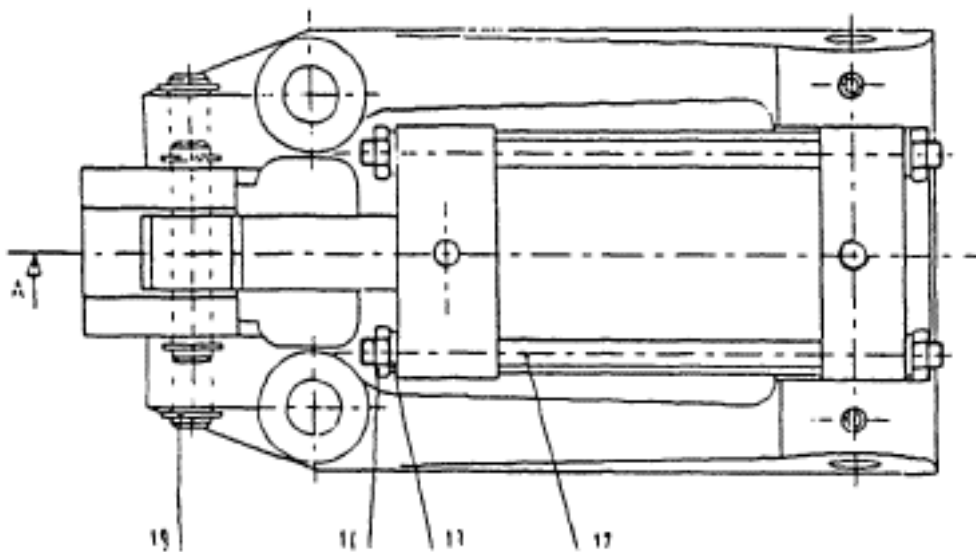
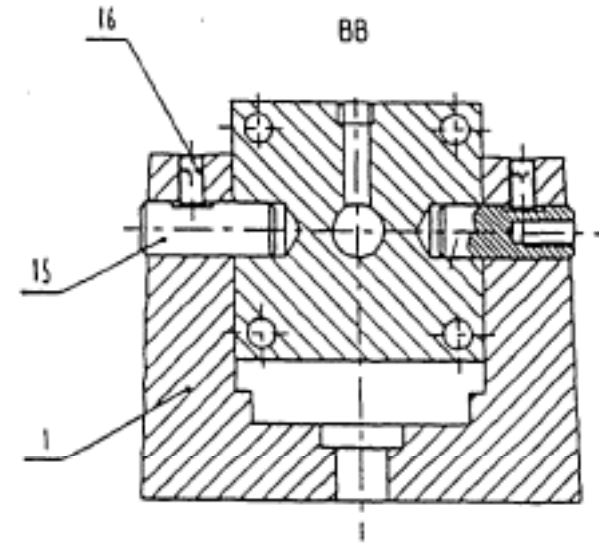
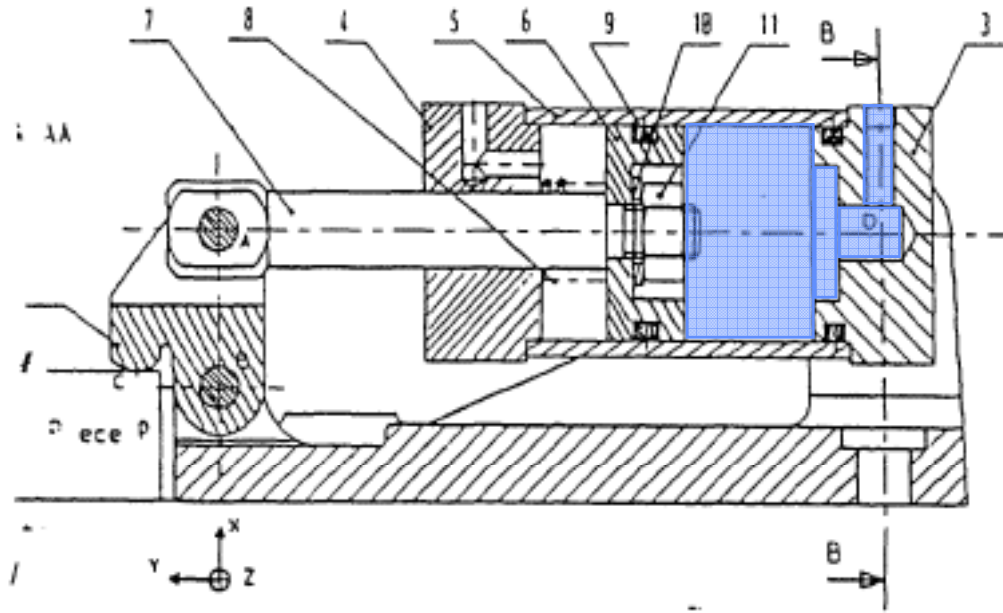


Schéma cinématique

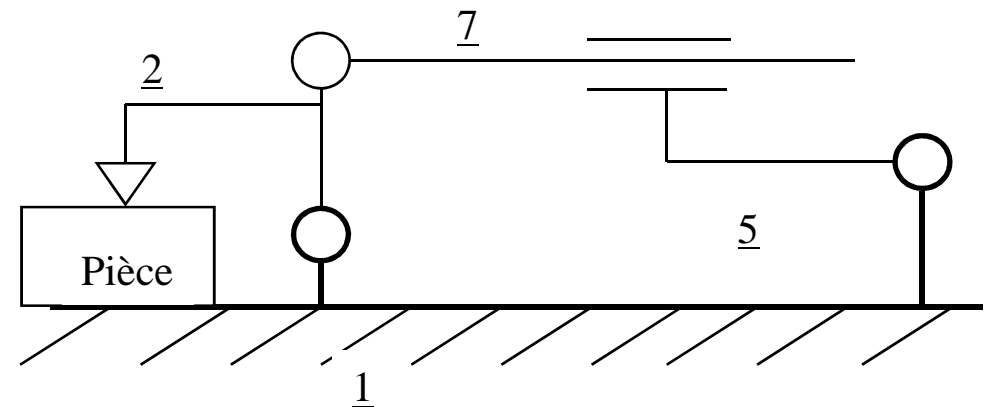
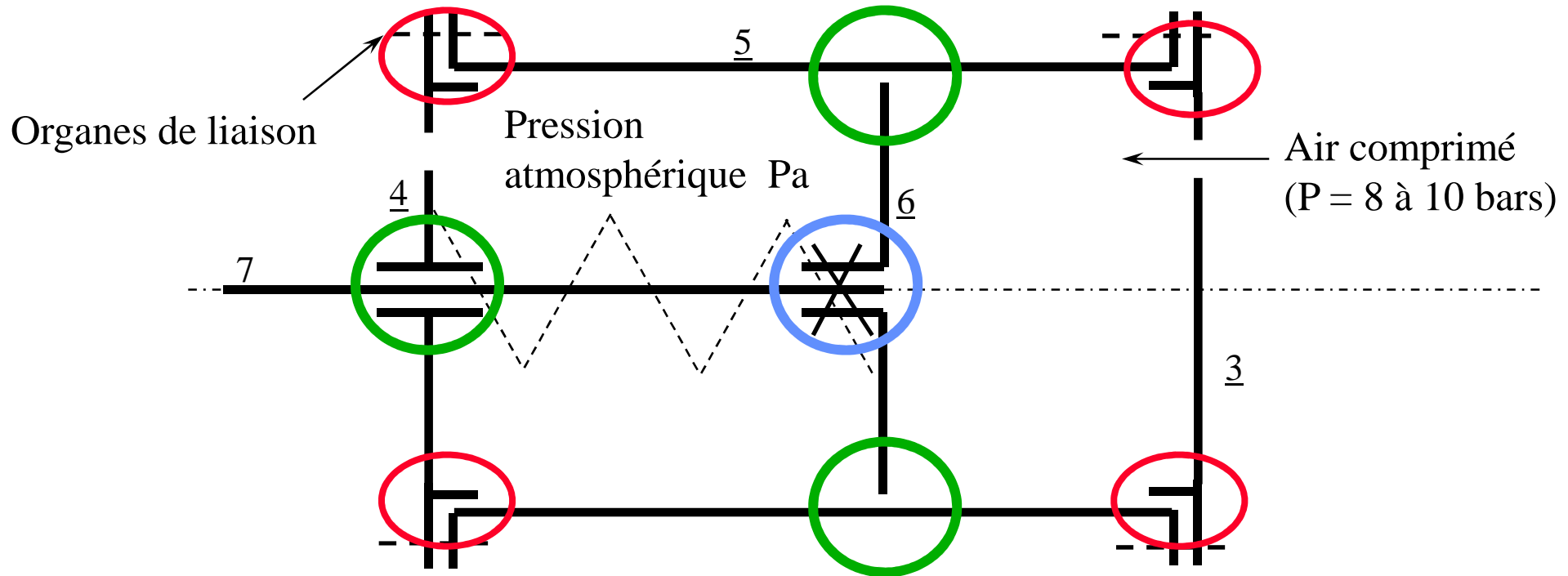


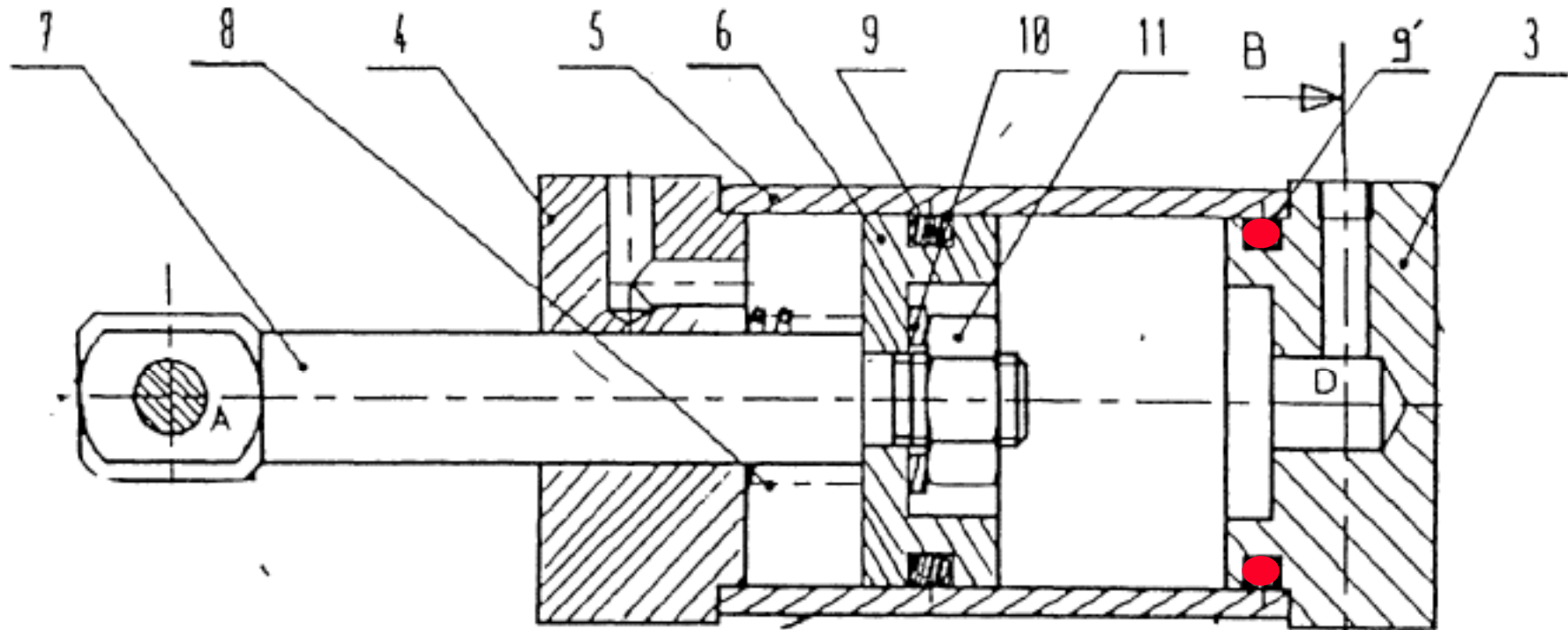
Schéma technologique ou de construction du vérin



- ➡ Quelles sont les conditions d'environnement ?
- ➡ Où sont les chemins de fuites ?
- ➡ Quel est le principe d'étanchéité utilisé ?

II- Analyse des étanchéités d'une bride pneumatique simple effet

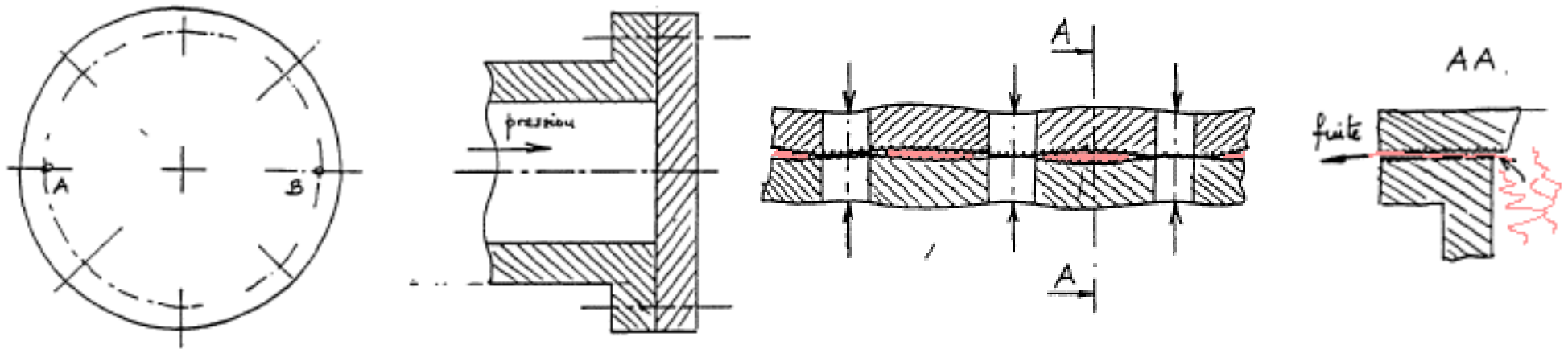
□ Entre 3 et 5 : Assemblage fixe => Étanchéité statique



Comment est réalisée l'étanchéité ?

Ajout d'un joint torique (9') => Étanchéité indirecte

Etanchéité statique : nécessité du joint ?



Les surfaces réelles ne sont pas idéales :

- Défauts macrogéométriques : défauts de forme
- Défauts microgéométriques : rugosité

Les solides sont déformables :

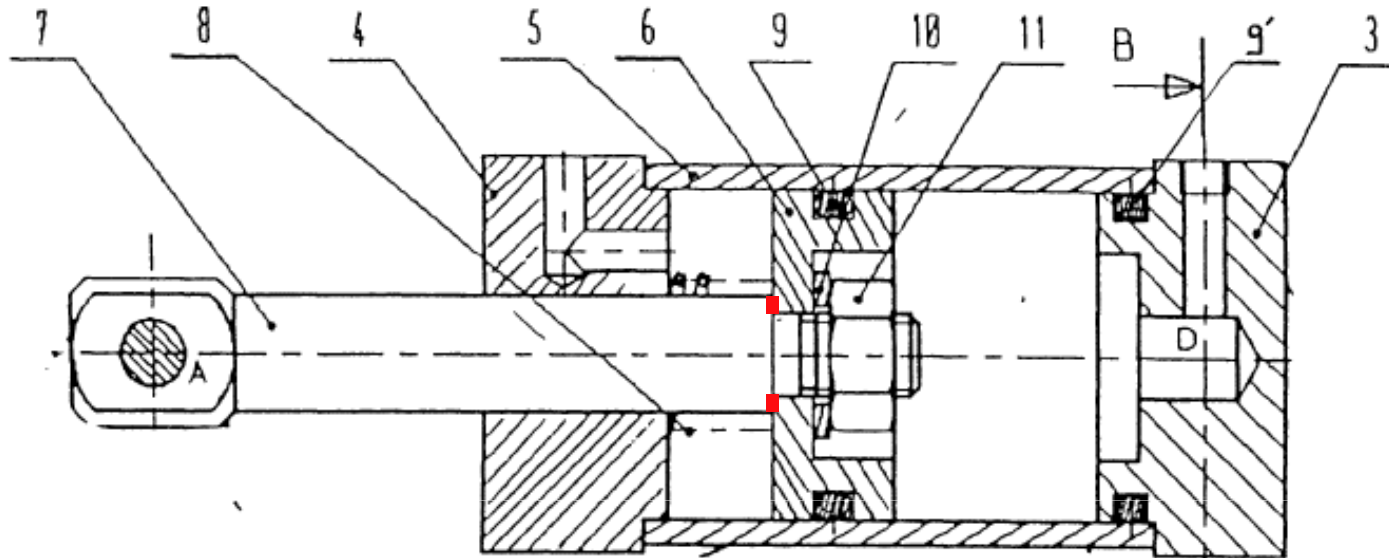
- Exemple : $P=200\text{bars}$, $\varnothing = 82\text{ mm}$

 Force de poussée = $106 \cdot 10^3\text{N}$

Amplification du problème avec $P \nearrow$ et $T \nearrow$

et la taille de la surface de contact $S \nearrow$

□ Entre 6 et 7 : Assemblage fixe => **Étanchéité statique**

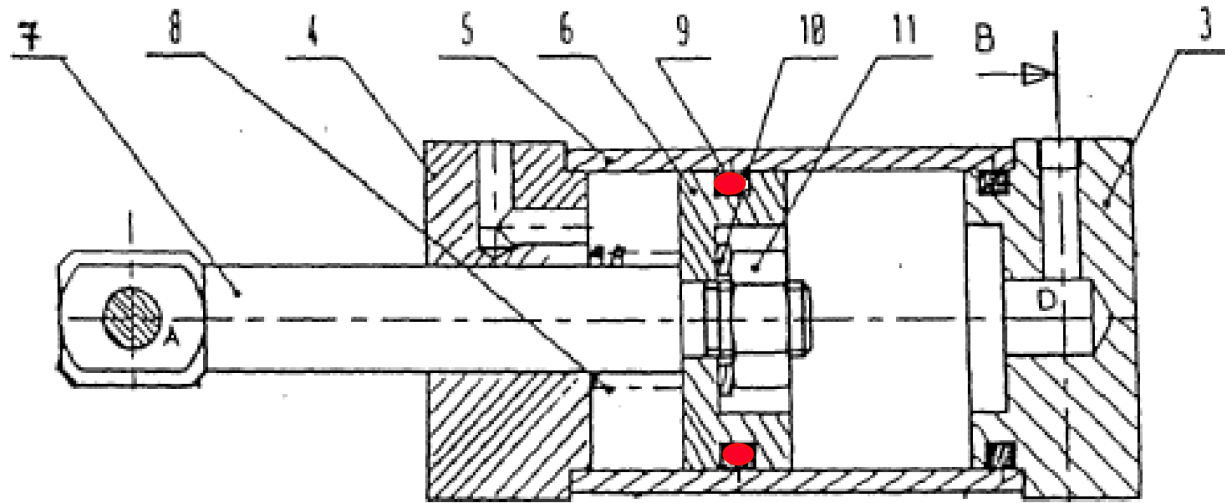


Comment est réalisée l'étanchéité ?

• Pas de joint (9) => **Étanchéité directe**

↪ la taille de la surface contact S est faible et le serrage est suffisant

□ Entre 6 et 5 : Mouvement relatif - translation - => **Étanchéité dynamique**



Comment est réalisée l'étanchéité ?

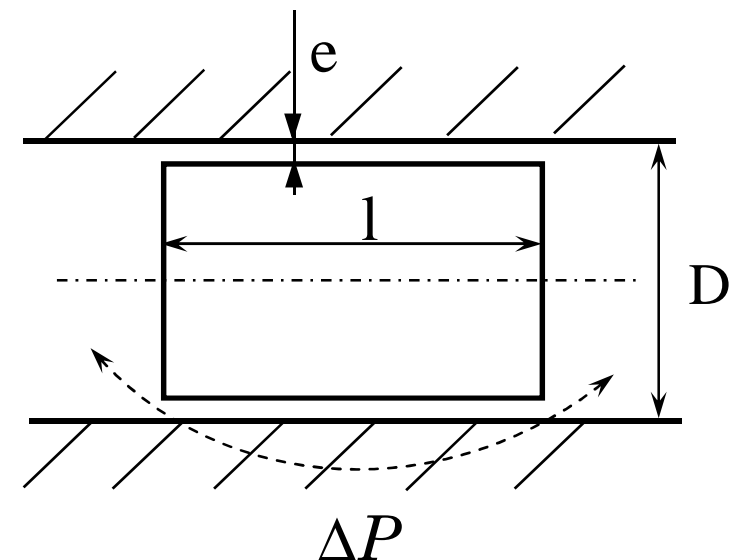
- Joint torique (9) => **Étanchéité indirecte**

Étanchéité dynamique : nécessité du joint ?

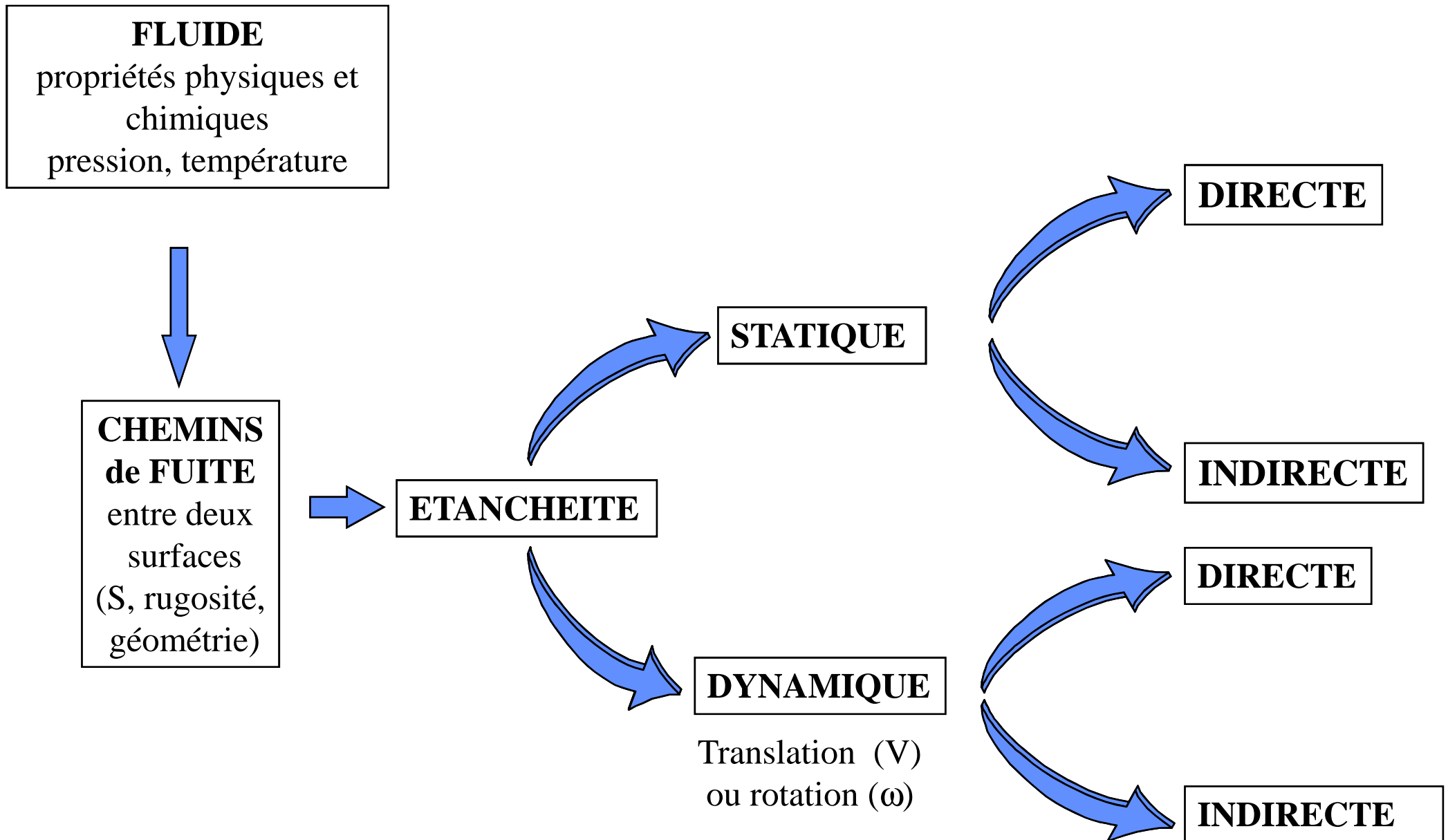
- Jeu de fonctionnement "e"
- Débit de fuite

$$Q = \frac{\pi D e^3 \Delta P}{12 l \mu}$$

avec μ viscosité dynamique du fluide



III- Classification des différentes étanchéités



IV- Etanchéité indirecte

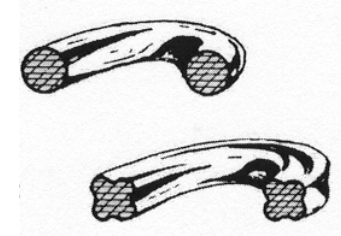
a) Joint torique (Le Joint Français, Busak+Shamban...)

□ Description et fonctionnement :

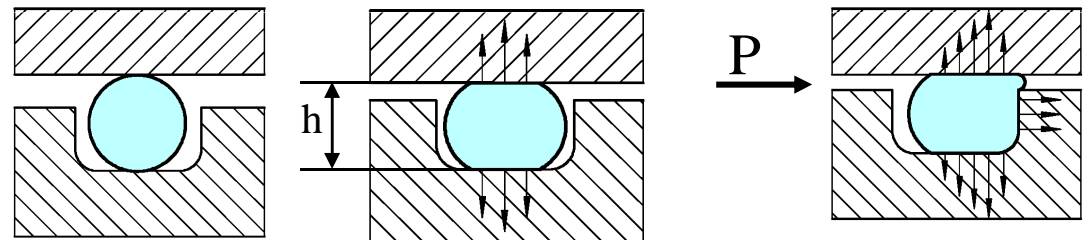
- Anneau en élastomère de section :

circulaire : **O-ring**

quatre lobes : **Quad-ring**

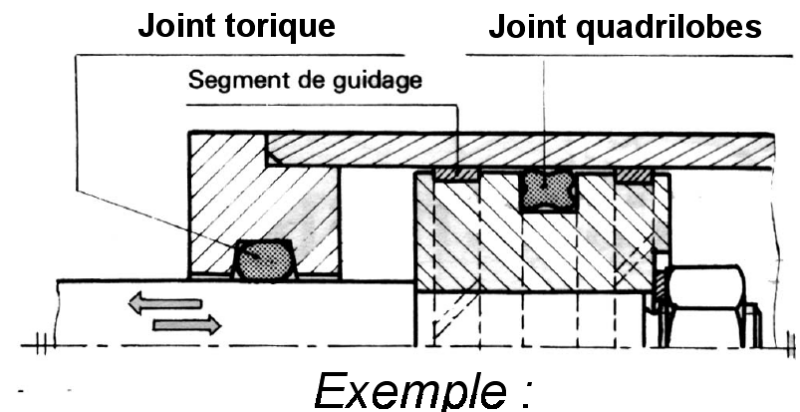


- Compression périphérique du joint dans une gorge $h < d$



□ Type d'étanchéité

- Statique ou dynamique (translation)
- Avantages : efficacité, encombrement faible, facilité de montage et faible prix



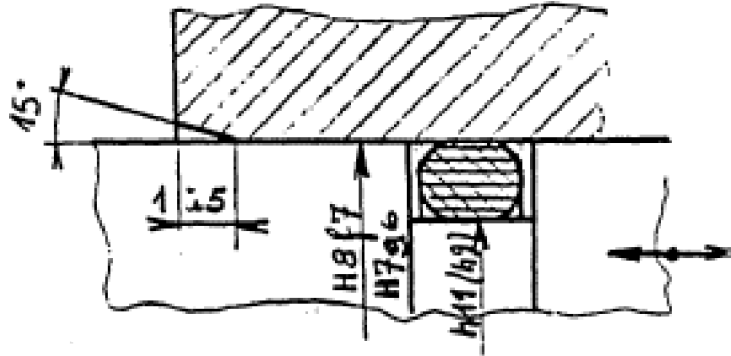
Choix du matériau

Famille d'élastomère	Désignations ASTM et ISO	Intervalle de dureté Shore	Température maximale en service °C	Température maximale de pointe °C	Applications	Inconvénients	Noms commerciaux
Butadiène acrylonitrile	NBR	40 à 95	- 30 à + 100	140	Produits pétroliers, liquides ou gazeux (huiles, carburants, graisses, butane, propane). Air comprimé. Eau froide. Eau chaude jusqu'à 80 °C. Très bonne résistance aux huiles minérales.	Faible résistance aux déchirements.	Perbunan Hycar Bréon Butakon Elaprim Butacril Krymac
Éthylène-propylène	EPDM EP, E/P	45 à 85	- 45 à + 150	170	Eau chaude et vapeur, jusqu'à 170 °C. Glycols. Produits chimiques minéraux, acides, bases. Résistance aux intempéries, à l'ozone. Tenue aux radiations.	Très mauvaise tenue aux huiles.	
Polychloroprène	CR	40 à 90	- 25 à + 100	120	Résistance aux intempéries, à l'ozone. Bonnes caractéristiques diélectriques.	Résistance moyenne aux huiles et aux déchirements.	Néoprène
Polyisobutylène	IIR, PIB	45 à 85	- 25 à + 100	130	Résistance aux intempéries. Faible perméabilité aux gaz.	Faible résistance aux huiles et à la rupture.	
Polyacrylique	ACM	60 à 75	- 10 à + 110	150	Huiles hypocides (additifs soufrés).	Très mauvaise résistance à l'eau et à la vapeur.	
Poly(styrène/butadiène)	SBR S/B	30 à 95	- 40 à + 80	100	Bonne résistance à l'abrasion, aux déchirements et à la traction.	Faible résistance aux huiles.	
Silicone	VSI SI	40 à 80	- 80 à + 250	300	Résistance aux intempéries, à l'ozone. Résistance à l'air chaud. Applications alimentaires. Excellentes caractéristiques diélectriques.	Faible résistance mécanique. Prix assez élevé. Faible perméabilité	
Silicone fluoré	FVMQ	60 à 80	- 50 à + 180	200	Résistance aux intempéries, à l'ozone. Résistance à l'air chaud. Bonne résistance aux produits pétroliers. Excellentes caractéristiques diélectriques.	Assez faible perméabilité. Prix élevé.	
Fluoré	FKM	65 à 85	- 20 à + 220	250	Acides forts et acides oxydants. Produits pétroliers, hydrocarbures aromatiques. Fluides hydrauliques ininflammables. Produits chimiques divers. Bonne tenue à la chaleur. Résistance exceptionnelle au fluage.	Prix élevé.	Viton Fluorel Tecnoflon
Polyuréthane	AU, EU, PUR	70 à 98	- 40 à + 80	100	Grande résistance à l'usure, à l'abrasion et à la coupure.	Faible résistance à la chaleur et à l'humidité.	Vulkolan Urepan Adiprene Estane Desmopan

ACM		Copolymère d'acrylate d'éthyle
AEM		Copolymère d'acrylate d'éthyle et d'éthylène
AU		Polyester-uréthane
BIIR		Caoutchouc isobutène isoprène brome (bromobutyl)
BR		Caoutchouc butadiène
CIIR		Caoutchouc isobutène isoprène chloré (chlorobutyl)
CM		Polyéthylène chloré
CSM		Polyéthylène chlorosulfoné
CR		Caoutchouc chloroprène
ECO		Caoutchouc d'épichlorhydrine
EPDM		Terpolymère d'éthylène, de propylène et d'un diène
EPM		Copolymère d'éthylène et de propylène
FUJ		Polyéther-uréthane
FKM		Caoutchouc fluoré
FZ		Caoutchouc phosphonitrile fluoré
GPO		Caoutchouc d'oxyde de polypropylène
HNBR		Caoutchouc nitrile hydrogéné
IIR		Caoutchouc isobutène isoprène (butyl)
IR		Caoutchouc isoprène synthétique
MQ		Caoutchouc méthyl silicone
NBR		Caoutchouc butadiène nitrile acrylique
NR		Caoutchouc naturel
PMQ		Caoutchouc silicone (méthyl-phényl)
PVMQ		Caoutchouc silicone (méthyl-phényl-vinyl)
SBR		Caoutchouc butadiène styrène
VMQ		Caoutchouc silicone (méthyl-vinyl)
XNBR		NBR carboxylé
FMQ		Caoutchouc silicone (méthyl fluor)
FFKM		Caoutchouc perfluoré

□ Etanchéité dynamique :

➤ Conditions géométriques de montage :



➤ Conditions mécaniques et d'environnement:

- Nature du mouvement admissible → **Translation** ($V < 0,2 \text{ m/s}$)

- Frottement important → Durée de vie ↘

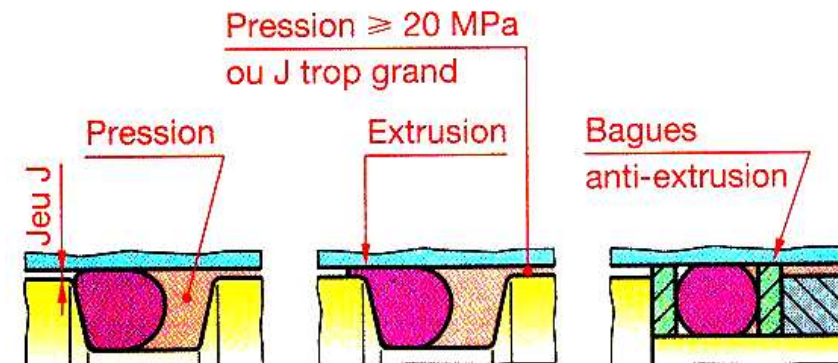
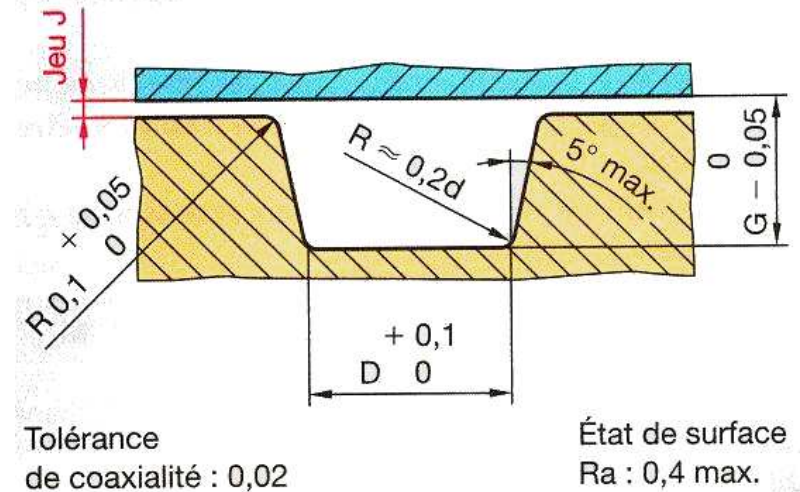
↪ Puissance perdue importante si pression ↗
une solution : joint à quatre lobes

- Si $P > 10 \text{ MPa}$ (100bars) → **extrusion du joint**

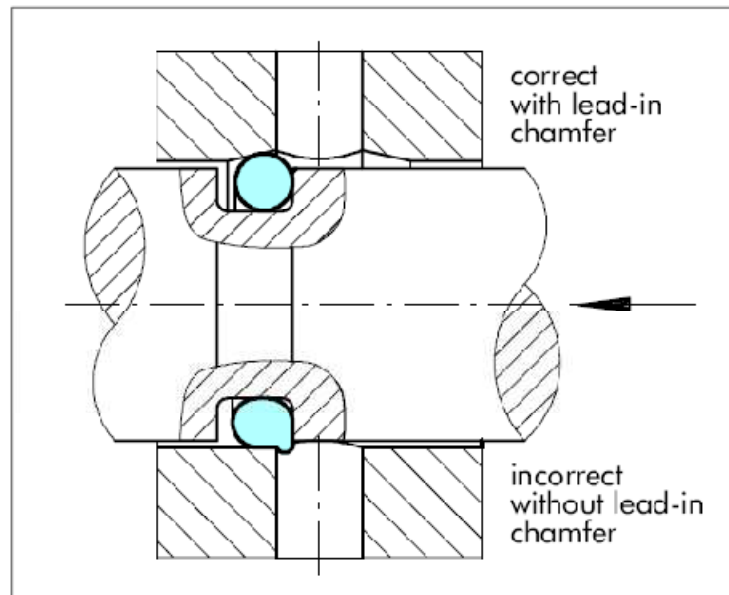
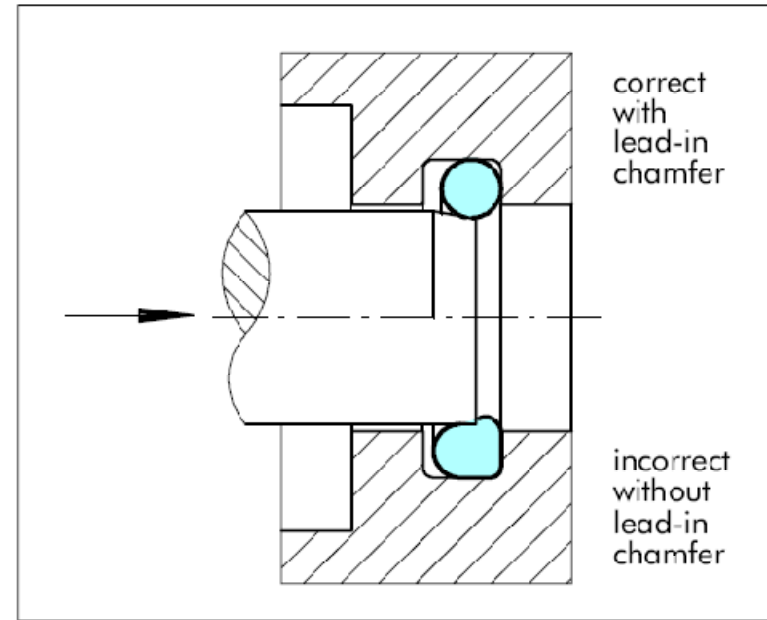
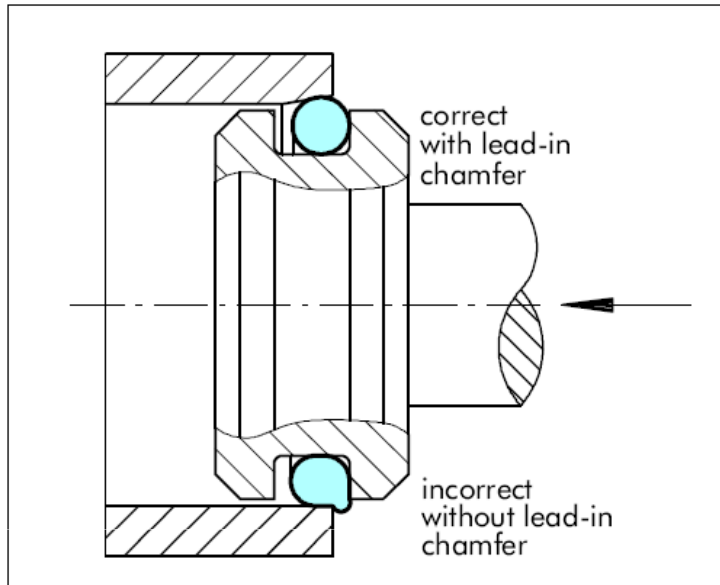
↪ Solution : Bague anti extrusion
(Téflon : PTFE)

Détail des gorges

Montage statique ou dynamique

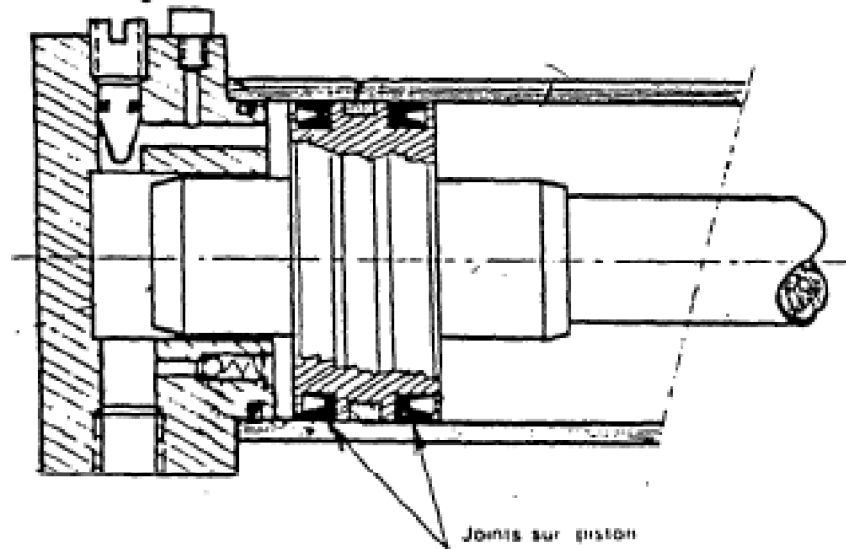


Précautions de montage



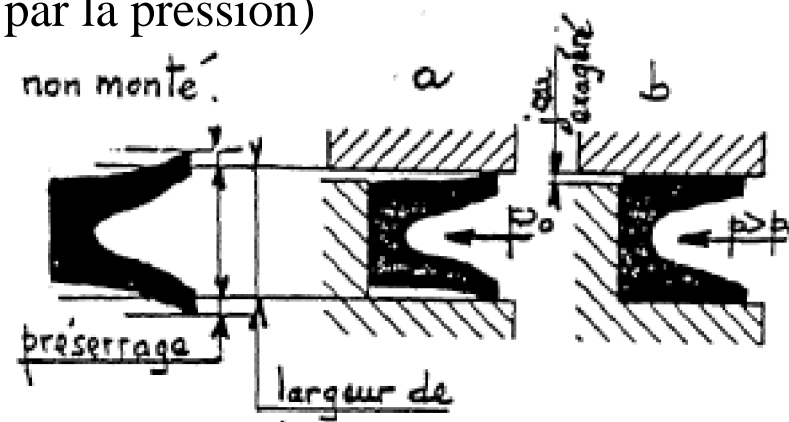
b) Joint à lèvres en U : Etanchéité dynamique / mouvement de translation

□ Exemple d'application : Vérin hydraulique (P=150 bars)



□ Description et Fonctionnement

- Anneau en élastomère de section en U
- Etanchéité obtenue par pré-serrage (accrue par la pression)
- Etanchéité unidirectionnelle



□ Conditions géométriques de montage

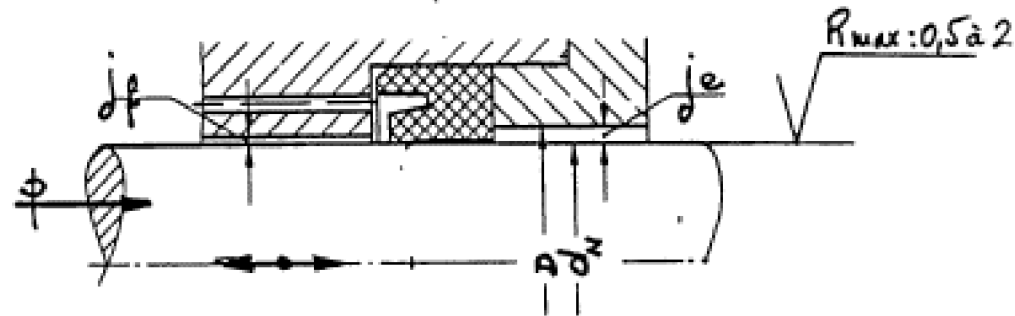
• Joints montés sur l'arbre ou l'alésage

• $Je_{max} < Je_{admissible}$ (fabricant)

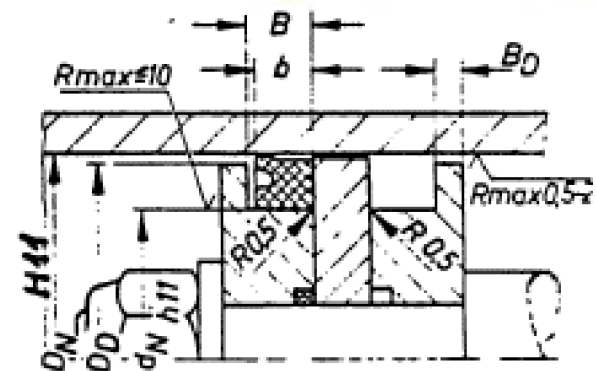
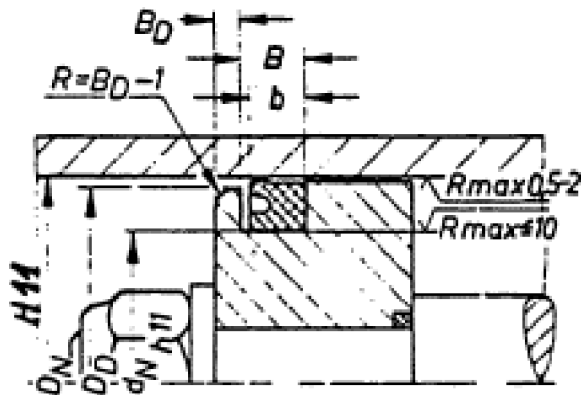


$$Je_{max} = (D-d_n) / 2 + Jf_{max} / 2$$

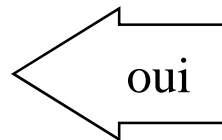
Jeu de fonctionnement



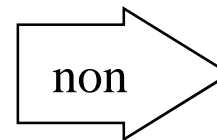
• Géométrie des gorges : rectangulaire



gorge "fermée"



Joint montable
par déformation



gorge "ouverte"

□ Conditions d' environnement et mécaniques

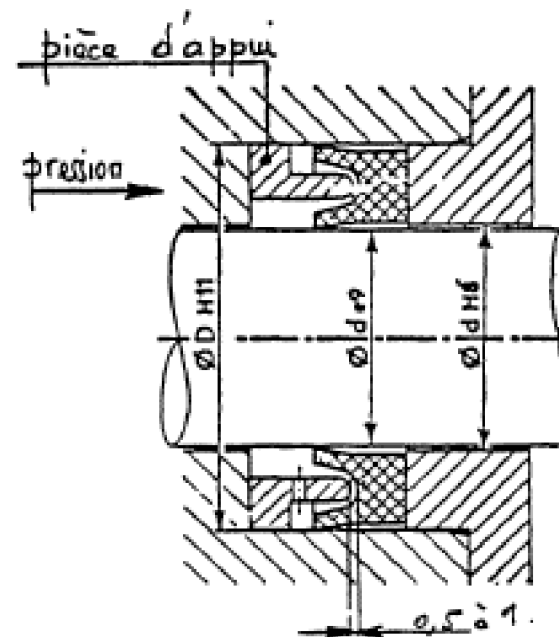
- Température, propriétés physiques et chimiques du fluide

↪ Suivant le matériau du joint (cf. catalogue fabricant)

- Vitesse de translation : $V < 0,5 \text{ m/s}$
- Pression $P < 1 \text{ MPa}$ (montage normal)

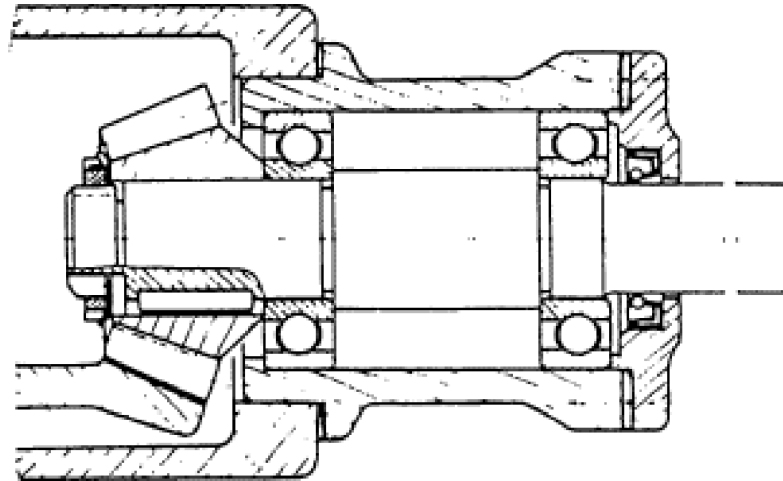
Pour des pressions supérieures : $1 \text{ MPa} < P < 15 \text{ MPa}$

↪ Introduction d'une pièce d'appui



c) Joint à lèvres radial : Etanchéité dynamique / mouvement de rotation (Busak+Shamban, Paulstra...)

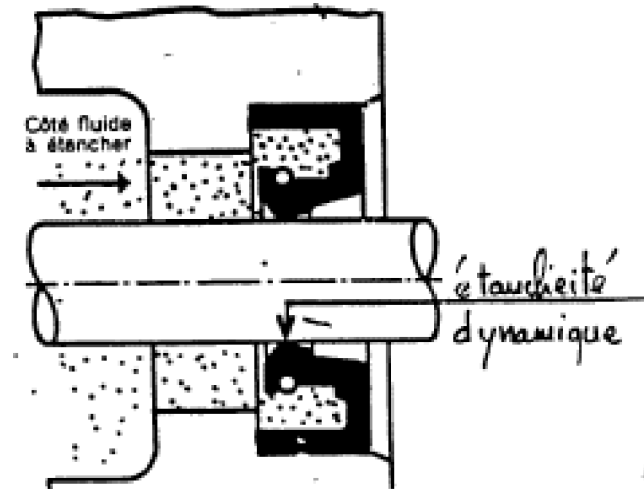
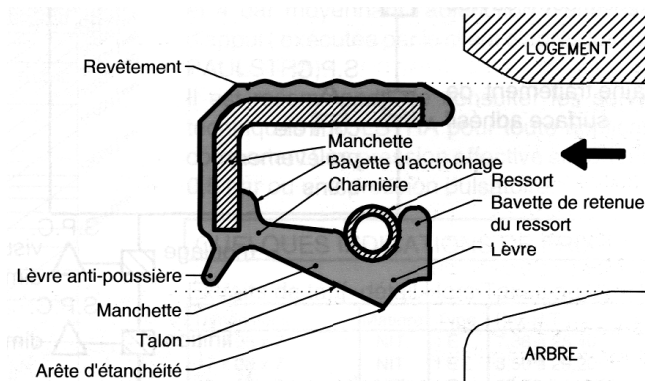
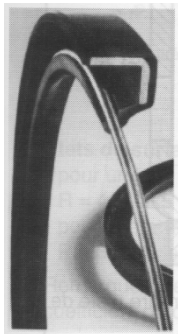
□ Exemple d'application :
Arbre de renvoi d'angle (doc SKF)



□ Description et Fonctionnement

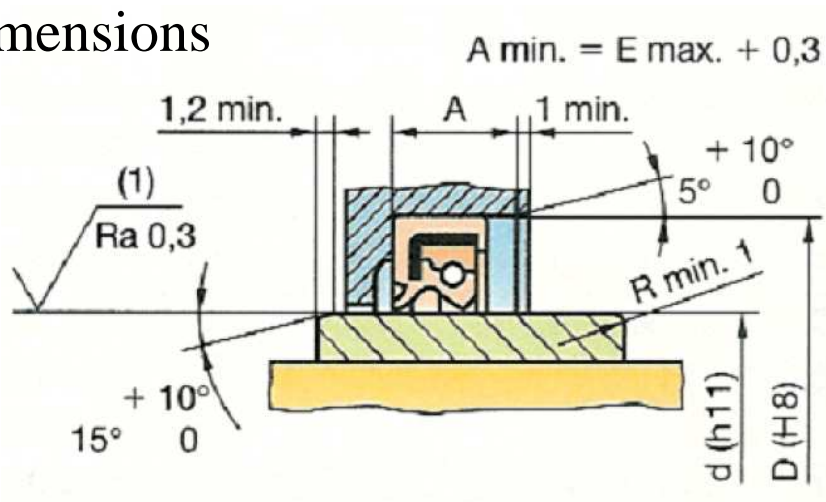
• Constitution : Armature métallique
élastomère et ressort

• Etanchéité réalisée au niveau de la
lèvre qui vient en contact avec l'arbre



□ Conditions géométriques de montage

- Dimensions



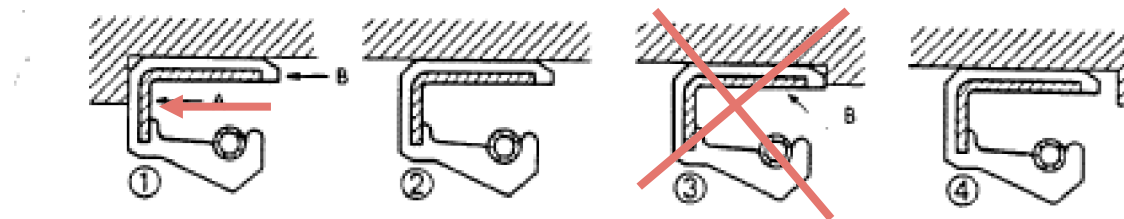
- Surface de contact de la lèvre

Rugosité : $0,1 \mu\text{m} < Ra < 0,3 \mu\text{m}$

Rectification sans stries

Dureté élevée : 600HV ou 55HR_C

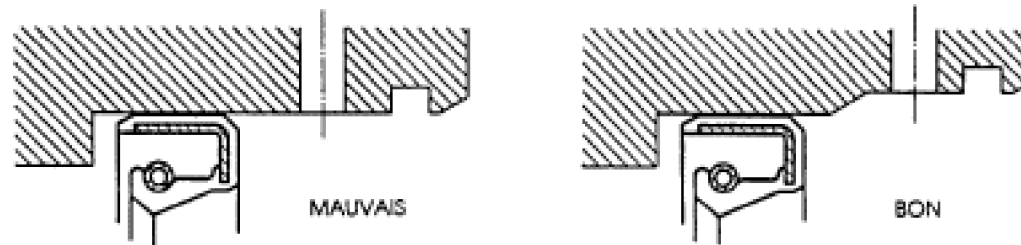
- Positionnement axial



- Excentration : **éviter le faux rond** → Durée de vie ↘

→ Concentricité entre la portée de joint et l'arbre (0,1 à 0,2 mm)

- Précautions de montage : **éviter les angles vifs**



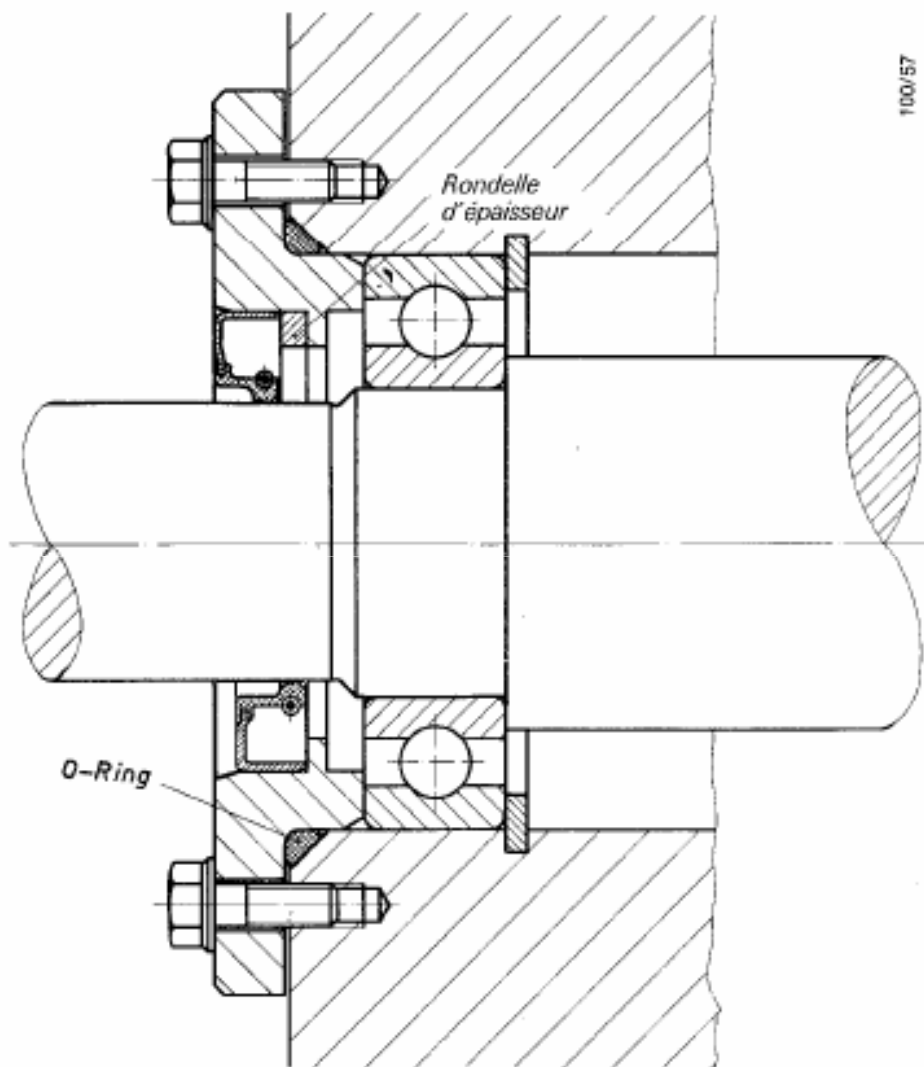
□ Conditions d'environnement et mécaniques

- Température, propriétés physiques et chimiques du fluide

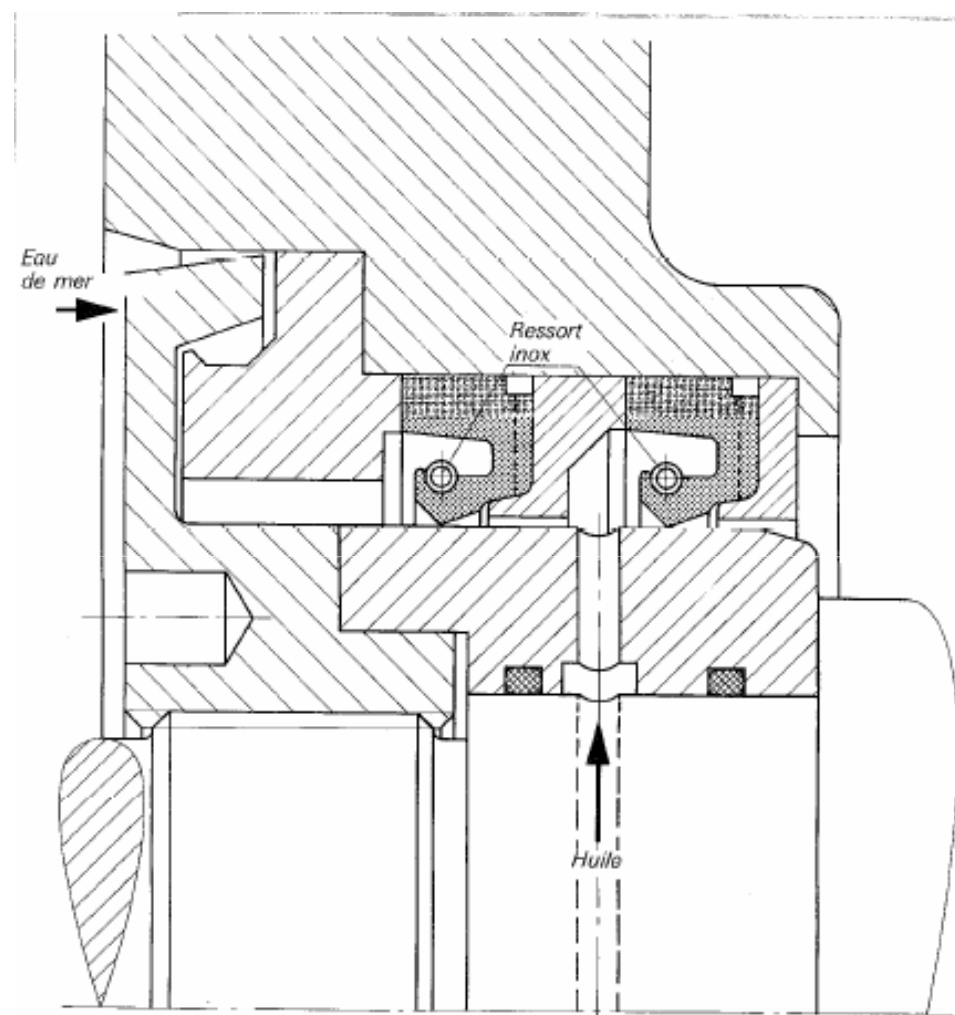
➡ Suivant le matériau du joint (cf. catalogue fabricant)

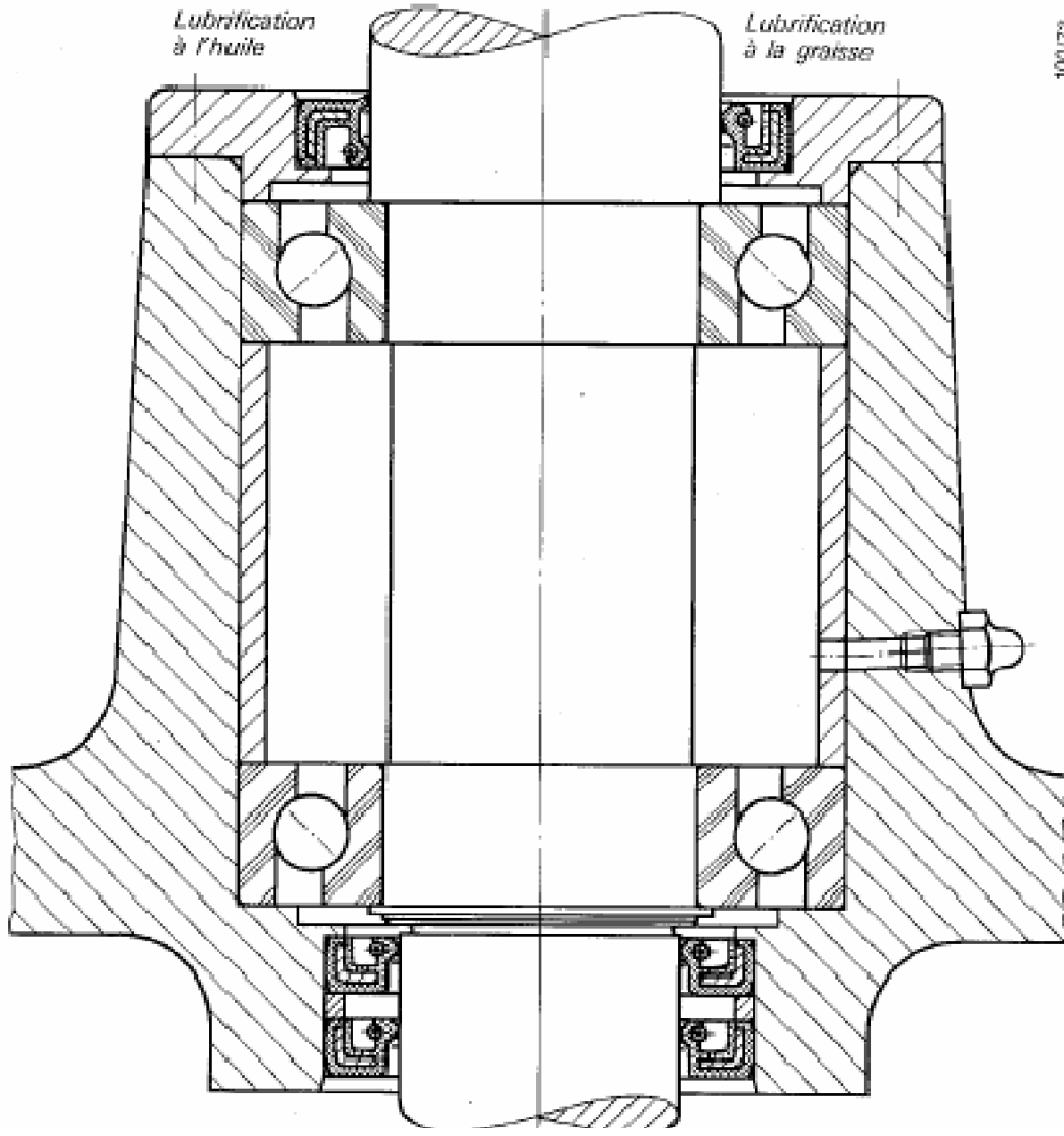
- Vitesse linéaire : $V < 25$ m/s (mouvement de rotation)

- Pression $P < 1$ MPa



100/57

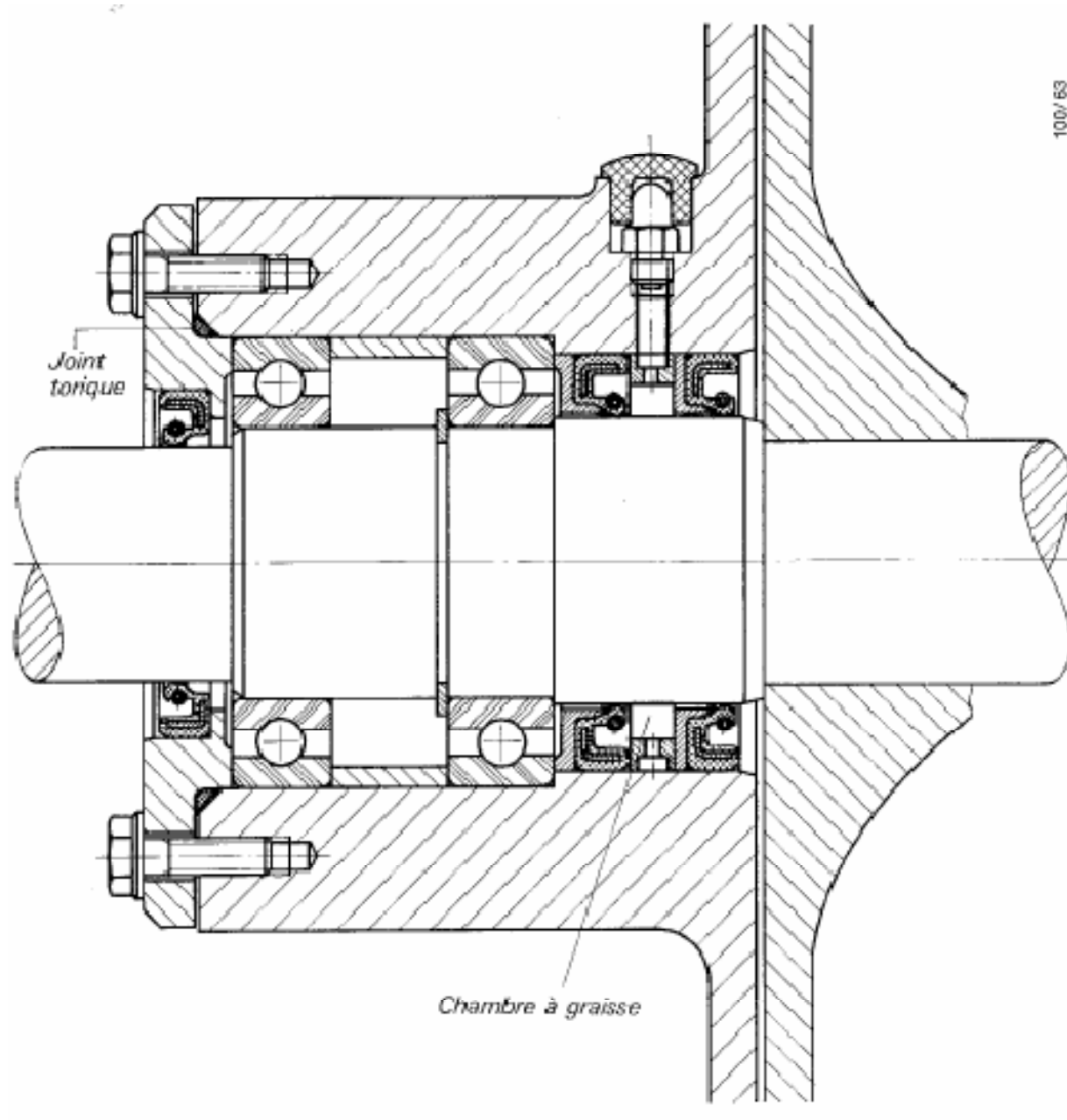




*Lubrification
à l'huile*

*Lubrification
à la graisse*

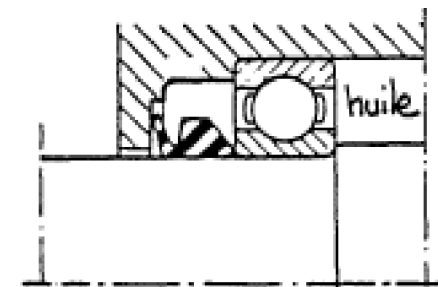
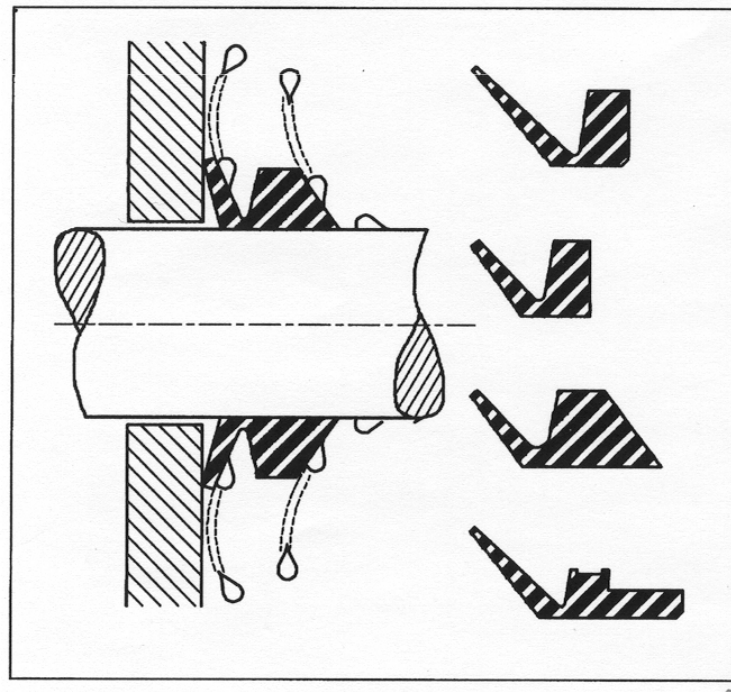
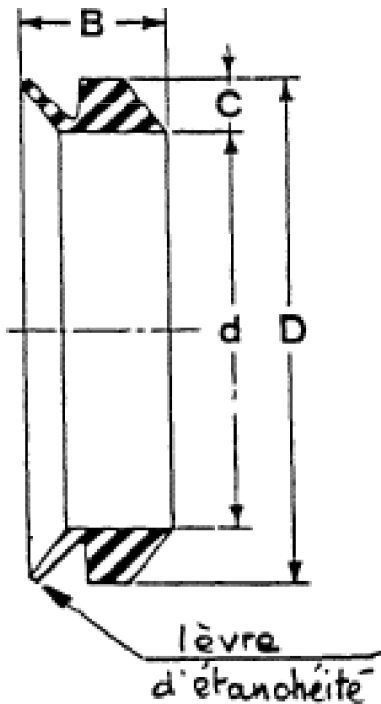
100173



d) Joint à lèvres axiales ou V-ring : Etanchéité dynamique / mouvement de rotation (Busak Shamban...)

□ Description et Fonctionnement

- Anneau en élastomère de section trapézoïdale
 - Le corps est monté serré sur l'arbre
 - la lèvre en forme de tronc de cône appliquée sur la surface plane perpendiculaire à l'axe de rotation assure l'étanchéité



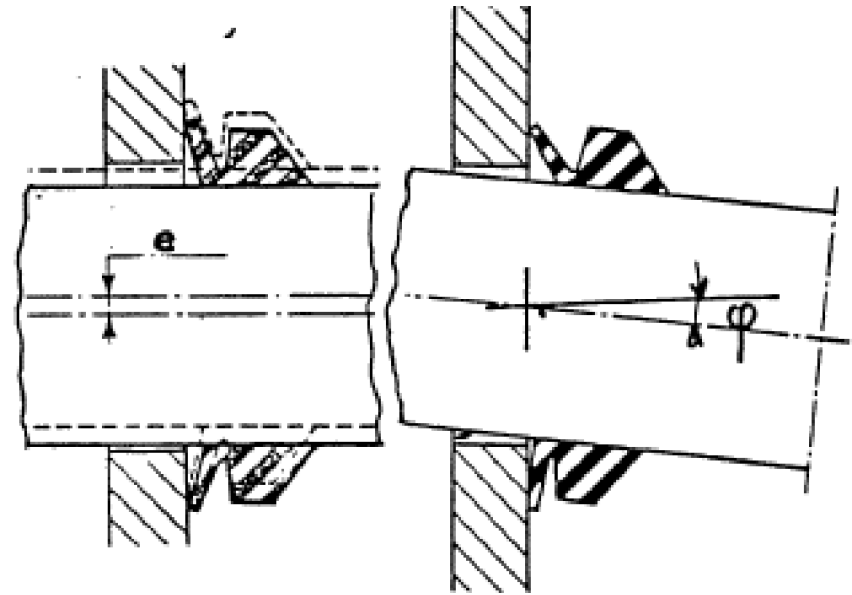
- Exemple de montage

□ Conditions géométriques de montage

- Faux rond et obliquité :

$$0,5 < e < 3,5 \text{ mm,}$$

$$1^\circ < j < 4^\circ$$



- Etat de surface : $R_a < 0,3 \text{ à } 3 \mu\text{m}$ si le joint n'est pas lubrifié
 $R_a < 15 \mu\text{m}$ si le joint est lubrifié

□ Conditions d'environnement et mécaniques

- Température, propriétés physiques et chimiques du fluide

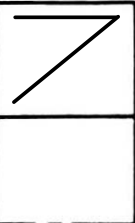
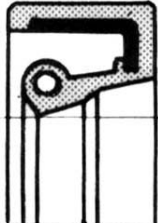
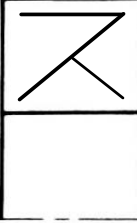

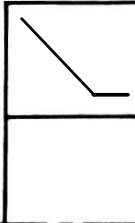
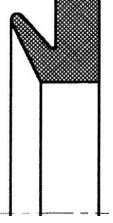


Suivant le matériau du joint (cf. catalogue fabricant)

- Vitesse linéaire : $V < 15 \text{ m/s}$ (mouvement de rotation)

- Pression : $P < 0,01 \text{ MPa}$

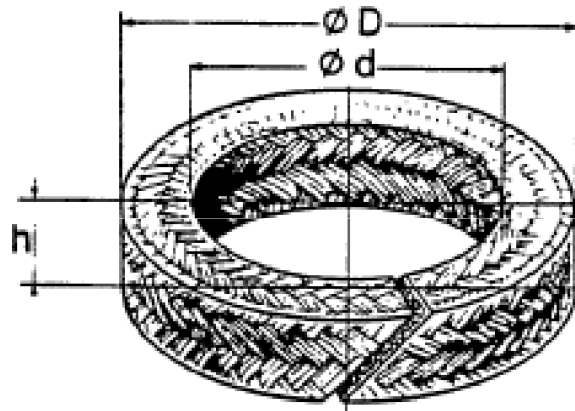
Représentation symbolique

Joint d'étanchéité à lèvres à frottement radial		Joint d'étanchéité à lèvres à frottement radial + lèvres antipoussière		Joint d'étanchéité à lèvres à frottement axial (V. RING)	
Symbole	Rep. réelle	Symbole	Rep. réelle	Symbole	Rep. réelle
					

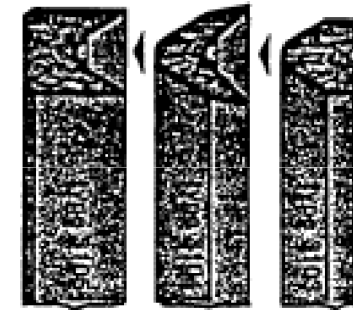
e) Tresses et garnitures : Etanchéité dynamique / mouvement de rotation et translation

□ Description et Fonctionnement

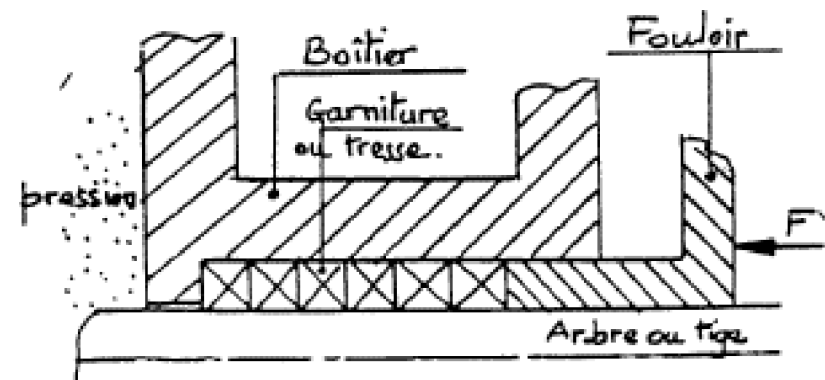
- Tresses : anneaux fendus (coton, chanvre, fibre de téflon)



- Garnitures : anneaux non fendus (tissu de coton, de téflon..)

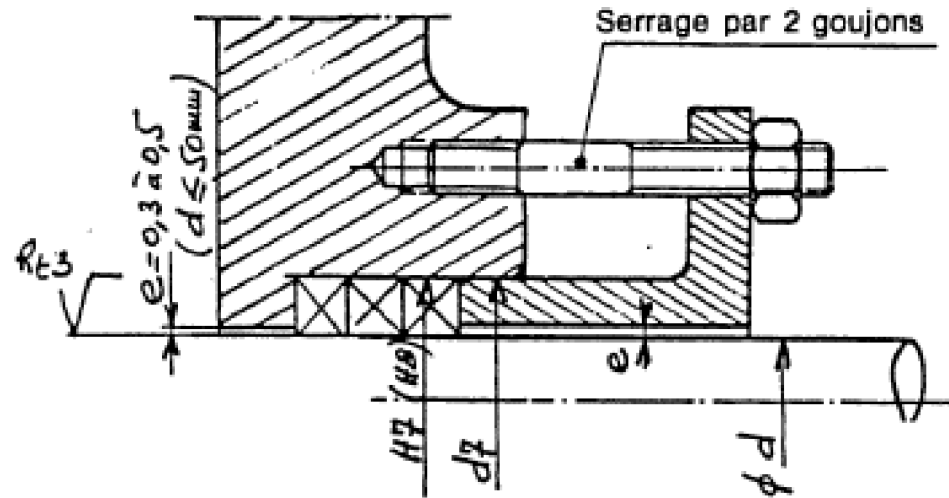


- Un empilage de tresses (ou de garnitures) est entre le boîtier et l'arbre.
L'étanchéité est obtenue par suppression des jeux avec un fouloir.



□ Conditions géométriques de montage

- un presse garniture ne doit pas être considéré comme un palier guide de l'arbre



□ Conditions d'environnement et mécaniques

- Température, propriétés physiques et chimiques du fluide



Suivant le matériau du joint (cf. catalogue fabricant)

- Vitesse linéaire :

Garnitures	$V < 0,5 \text{ m/s}$
Tresses	$V < 20 \text{ m/s}$
- Pression:

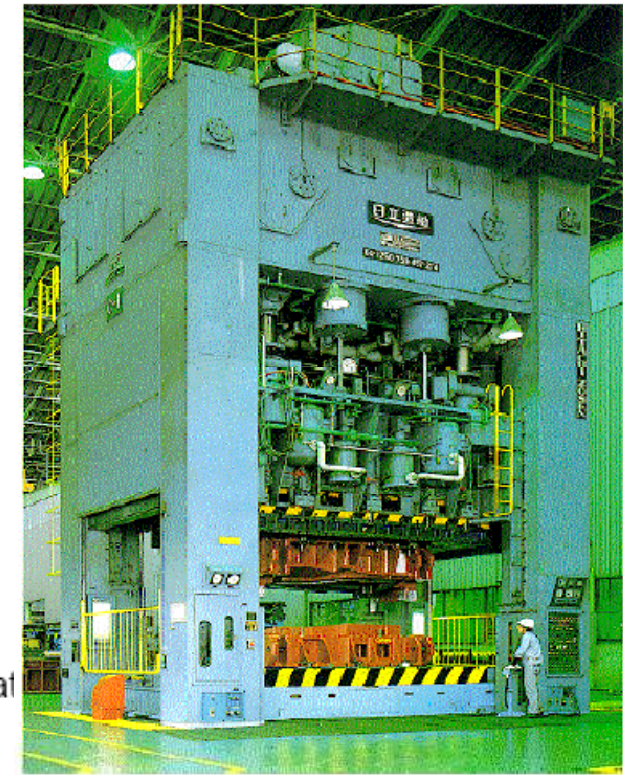
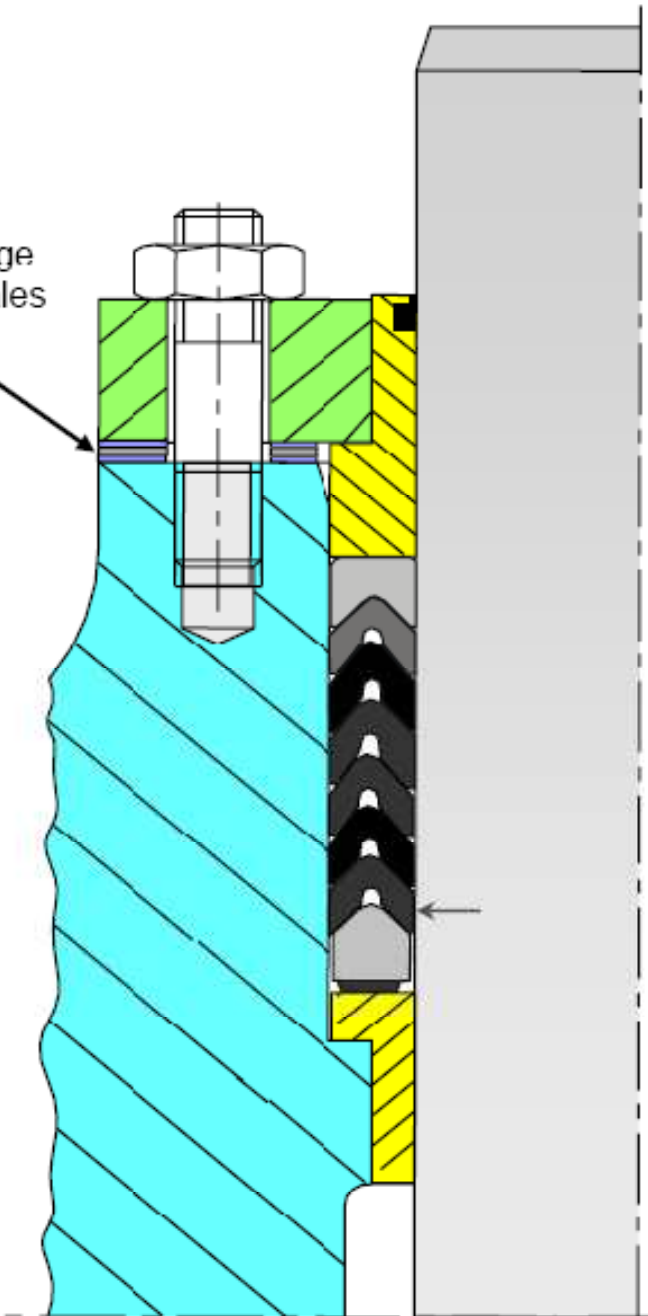
Tresses	$P < 100 \text{ MPa}$
Garnitures	$P < 40 \text{ MPa}$

**La puissance
perdue par
frottement
est importante**

Conditions de service

Mouvement : translation
Vitesse : 0,5 m/s
Position : verticale
Course : 1200 mm
Fluide : eau + huile soluble
Pression : 45 MPa maxi
Température : 50°C à 70°C maxi
Fréquence : 10 à 20 cycles maxi/mn
Environnement : sidérurgie, très poussiéreux,
Très forte contrainte radiale
Piston : fonte trempée Ra 0,4 µm
Durée de vie souhaitée : 2/3 ans état
neuf ensuite, maintenance annuelle

Réglage
par cales



Contraintes :

- Grandes dimensions
- Fortes contraintes radiales
- Jeux naturels importants
- Usure rapide des éléments de guidage
- État de surface se détériorant rapidement

Proposition :

Garniture chevron NBR renforcé coton

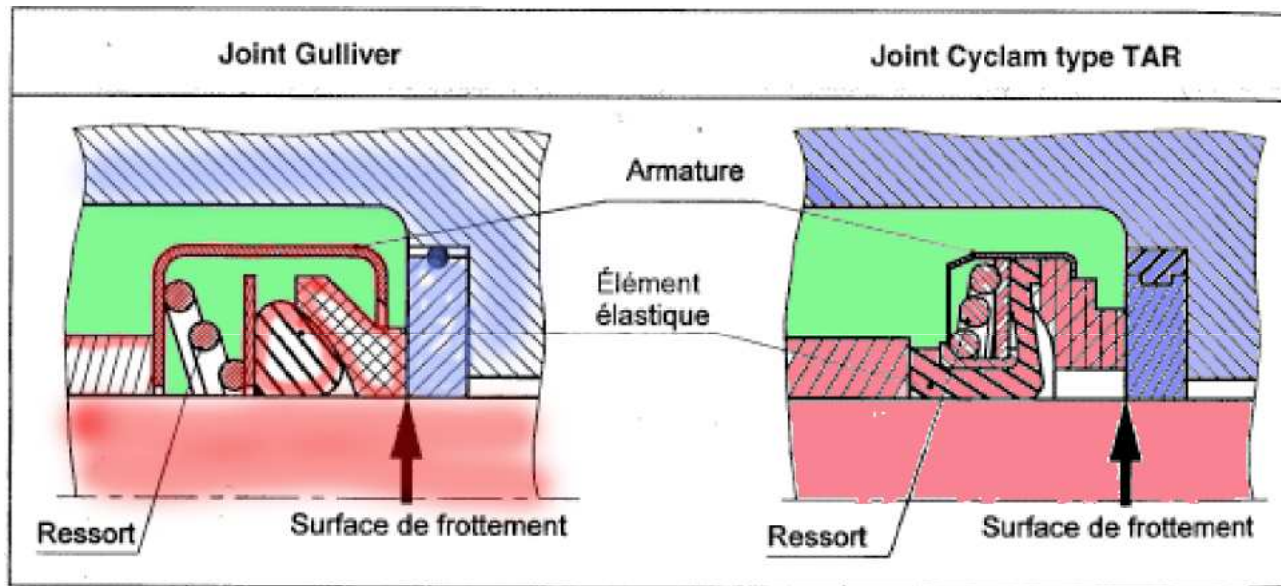
Avantages : Garniture rustique acceptant des conditions mécaniques difficiles par la multiplicité des lèvres.

Joint composites : garnitures mécaniques

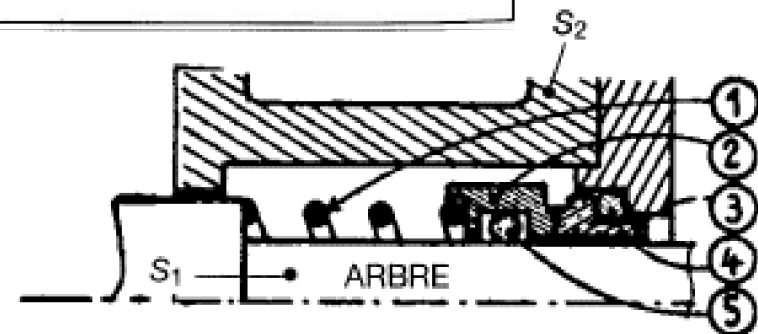
Fluides peu corrosifs (eau, huile, air)

Liquides faiblement chargés de particules abrasives

Vitesses circonférentielles jusqu'à 100 m/s. - $P_{max} < 25$ MPa



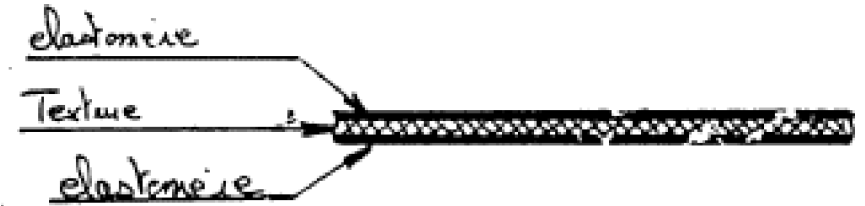
Exemple d'utilisation : pompe à eau



- 1 Ressort
- 2 Cuvette acier traité
- 3 Butée bronze de frottement
- 4 Joint torique *fixant* 3
- 5 Joint torique *entraînant* 2

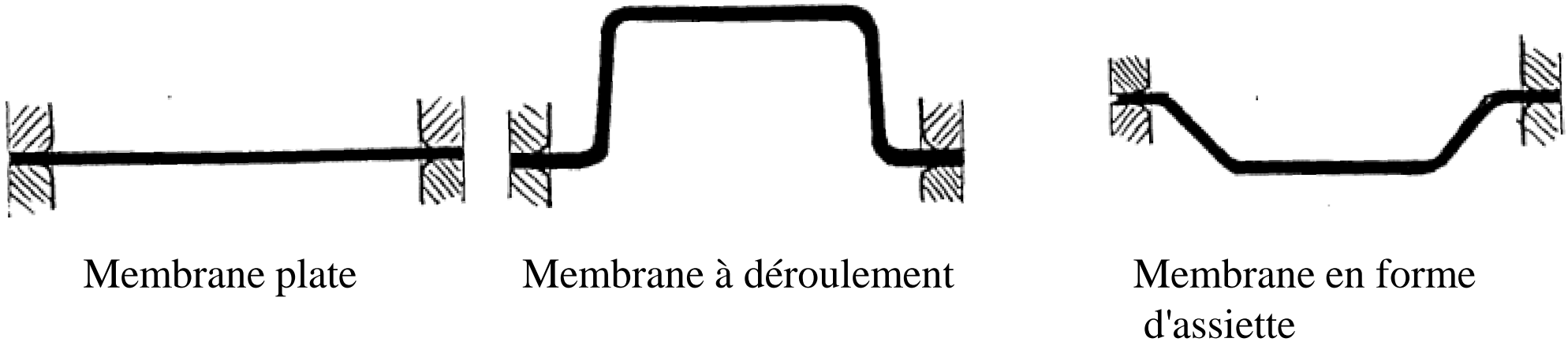
Joint Pacific

f) Membrane : Etanchéité dynamique



□ Description et Fonctionnement

- Membrane plate ou préformée : Texture en fibres noyée dans un élastomère (épaisseur de 0,2 à 2 mm)



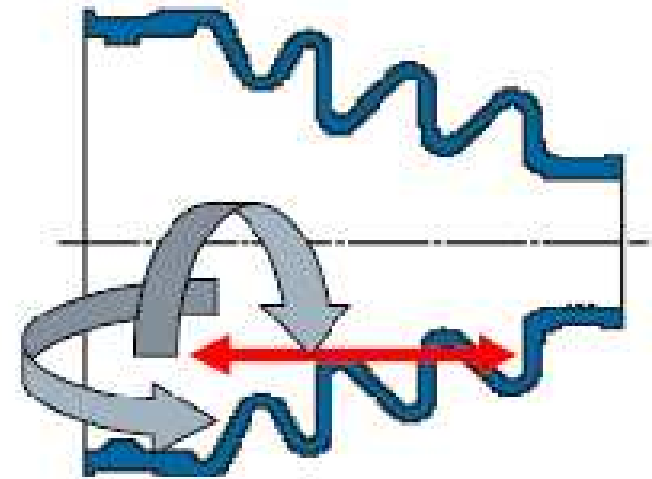
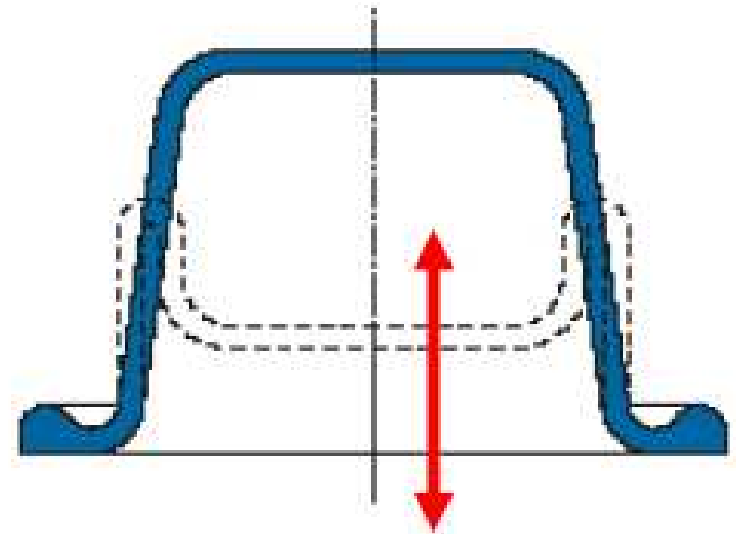
□ Conditions d'environnement et mécaniques

- Température, propriétés physiques et chimiques du fluide



Suivant le matériau de la texture (cf. catalogue fabricant)

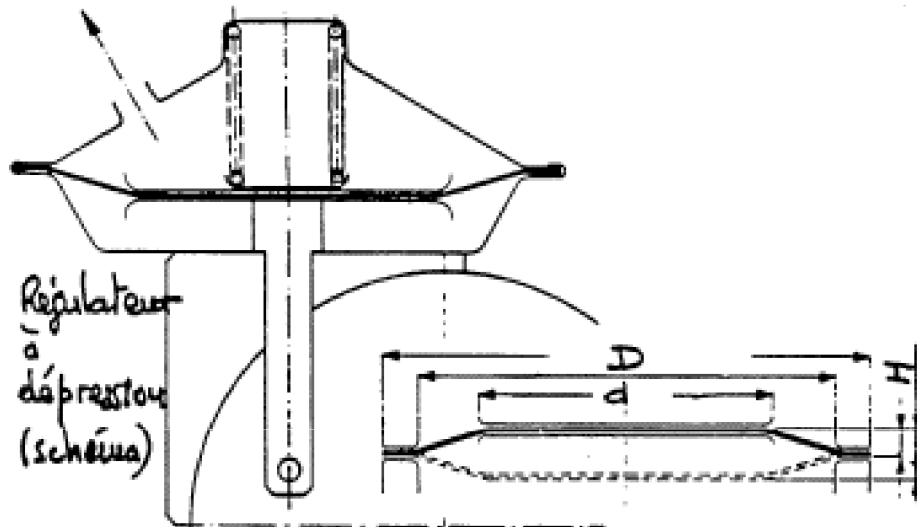
- Pression: $P < 5 \text{ MPa}$
- Usure à la fatigue : fréquence de sollicitation



□ Conditions géométriques de montage

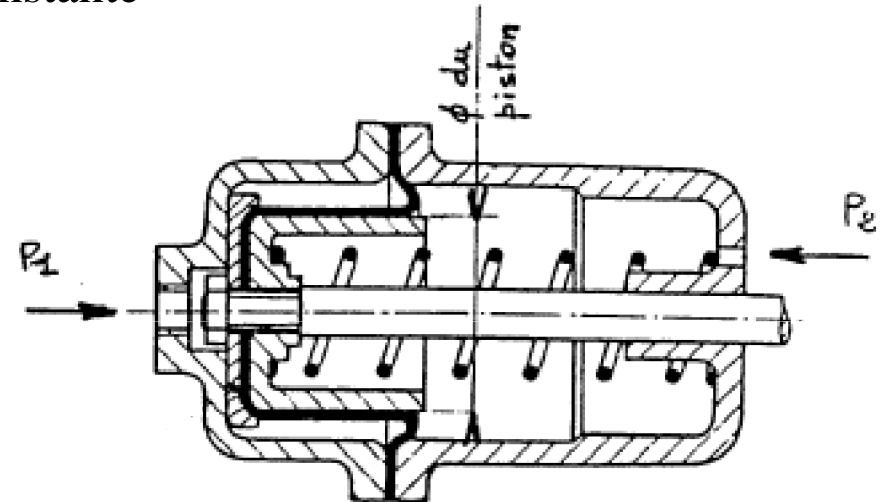
• Membrane plate :

- La course $H < 0,1D$
- Le diamètre de l'assiette $d < 0,7D$



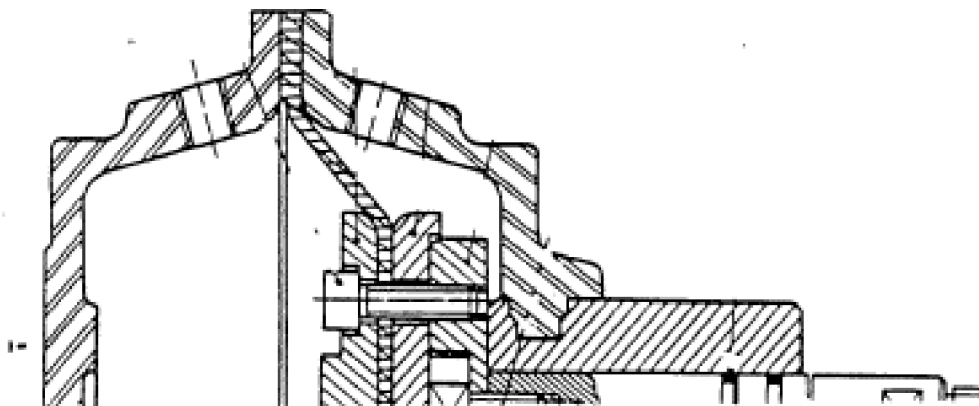
• Membrane à déroulement :

- La course $>$ quelques dizaines de centimètres
- La surface effective est supposée constante

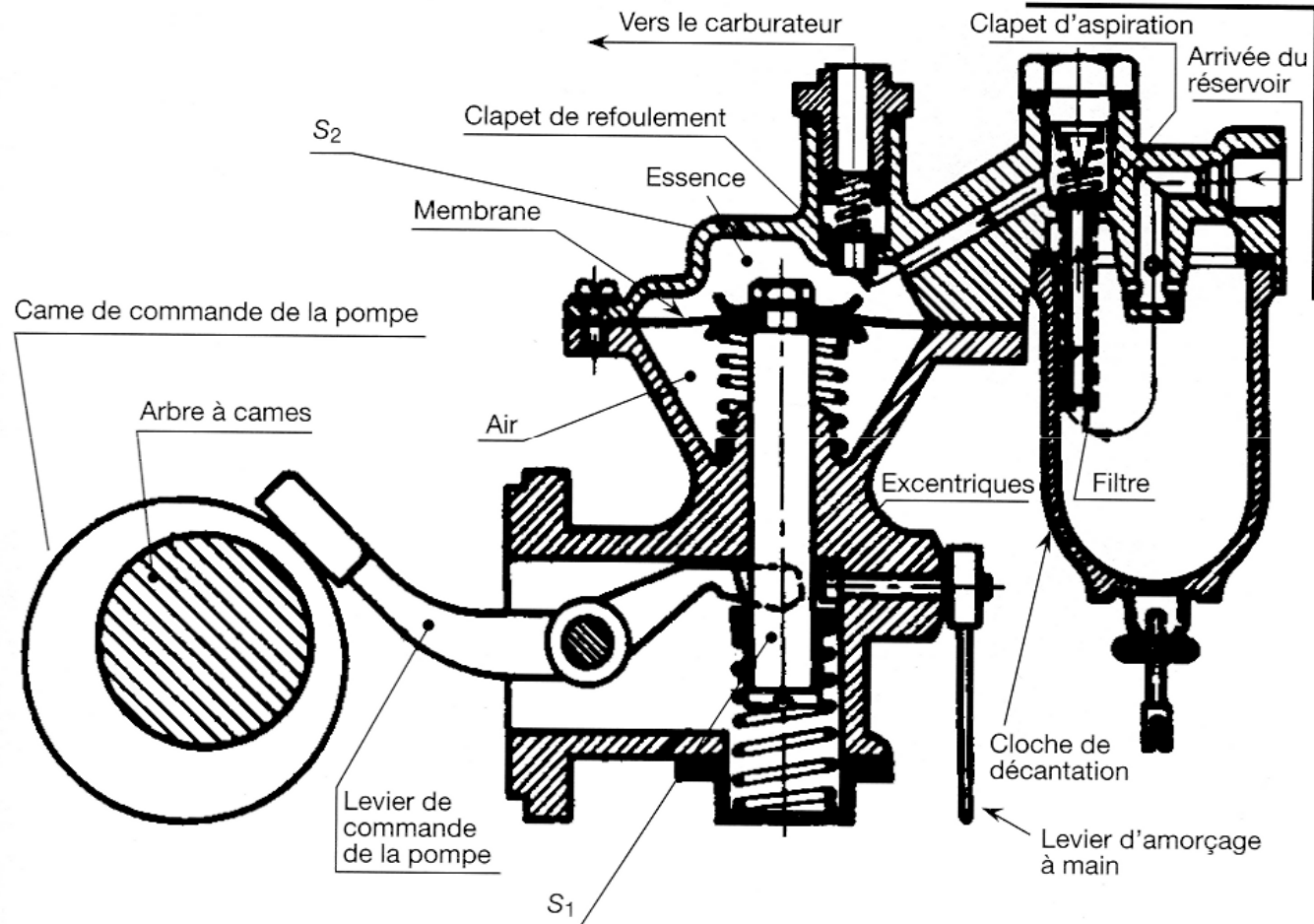


• Membrane à en forme d'assiette :

- La course $>$ quelques centimètres
- La surface effective n'est pas constante



Exemple d'étanchéité par membrane : pompe à essence

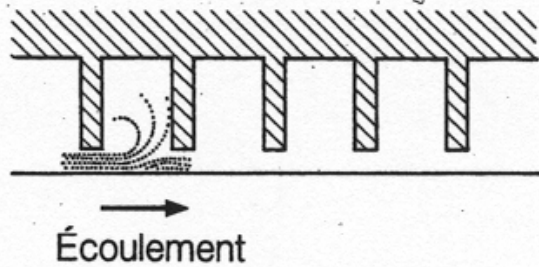
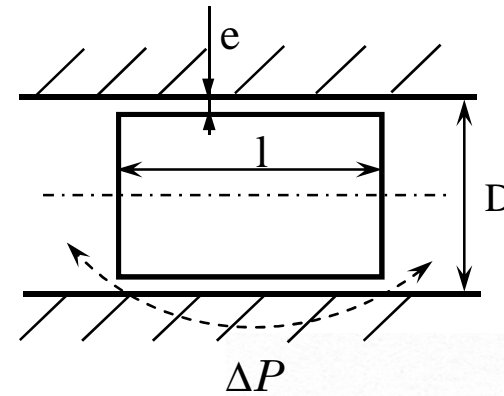


V- Etanchéité directe

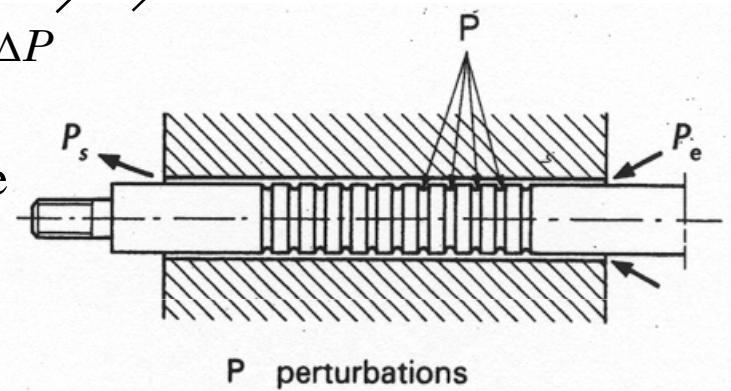
a) Dynamique

□ Débit de fuite

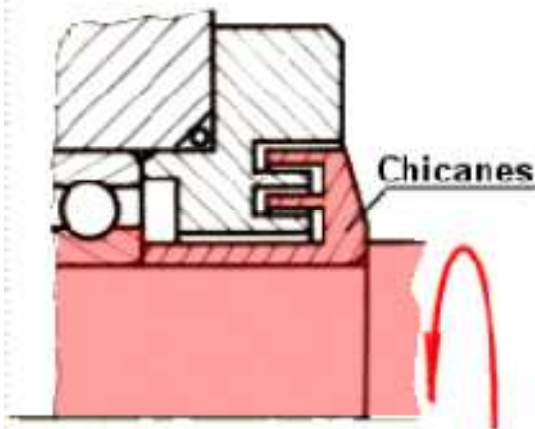
$$Q = \frac{\pi D e^3 \Delta P}{12 l \mu}$$



Objectif : ΔP le plus faible possible
 \Rightarrow pertes de charge

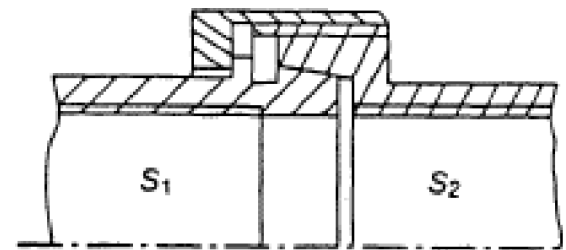


□ Chicanes



b) Statique

Exemple : portée conique



Cahier des charges étanchéité : choix d'un joint

- **Fonction 1 : Interdire la communication entre deux milieux fluides**

Critères :

- ΔP admissible (P_{\max} en Mpa)
- Comportement dynamique :
 - Nature et caractéristiques des mouvements
 - Translation ou rotation (V_{\max} en m/s)
 - Rendement (η en %)
- Défauts de réalisation : Ra_{\max} en μm , désaxage maxi en mm
- Durée de vie (N en heures de fonctionnement)




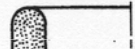


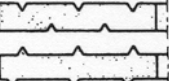


- **Fonction 2 : Résister au milieu environnant**

Critères :

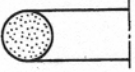

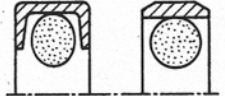
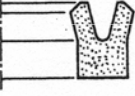
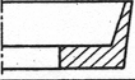

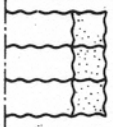


- Résistance aux agents chimiques (T° et P_{\max})
- Température d'utilisation (T_{\max} en $^\circ$)
- Durée de vie (en heures)

+ Simplicité de conception, facilité de maintenance, coût

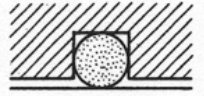

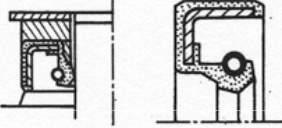
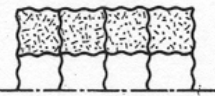


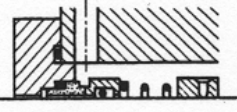
Jointes pour étanchéité statique

Forme de la section ou type	Schéma	Matériau	Force de serrage Ordre de grandeur en $10^3 \text{ N} \cdot \text{m}^{-1}$	Température limite d'utilisation °C	Caractéristiques générales	Remarques Applications principales	
Torique (§ 5,2252)	circulaire plein		Élastomère. Matière plastique (PTFE). 1 à 5 10 à 30	250 300	{ Simple, peu encombrant, prix faible, } autoétanche. Bonne résistance aux produits.	Joint universel, gaz ou liquide. Usinage moyen des surfaces.	
	circulaire creux		Métal avec revêtement mou.	100 à 350	600	Coûteux, usinage très soigné des surfaces.	Plutôt pour liquide.
	composite à ressort		Ressort acier, enveloppe métal plus ou moins mou.	80 à 1000	700	Bonne reprise élastique, usinage des surfaces moyen, prix moyen.	Pour gaz ou liquide, sollicitations assez importantes, très bonne étanchéité.
	ovale		Métal (gorges en V).	200 à 600	400	Reprise élastique faible, usinage des surfaces moyen.	Surtout gaz, bonne étanchéité, brides épaisses.
Plat (§ 5,2251)	rectangulaire		Élastomère. Élastomère-amiante. Matière plastique (PTFE). Métal mou. 5 à 20 30 à 200 100 à 400	250 350 300 300	Peu coûteux, bonne reprise élastique. Peu coûteux, peu de fluage. Risque de fluage, inertie chimique. Risque de fluage, peu coûteux.	Pour formes compliquées, gaz et liquide. Surtout pour liquide peu agressif. Liquide agressif. Risque de fluage, pression moyenne.	
	métallo-plastique		Métal-amiante.	200 à 400	500	Assez souple, prix assez faible.	Étanchéité moyenne.
A indentation (§ 5,2253)		Métal plus ou moins mou.	100 à 400	200	Nécessite un usinage de bride très fin ou compliqué, prix assez faible, reprise élastique faible.	Très bonne étanchéité, pour vide élevé, non réutilisable.	
Conique (§ 5,2253)		Métal.	150 à 400	800	Bride pas trop épaisse, prix moyen, assez bonne reprise élastique.	Très bonne étanchéité sous sollicitations importantes, forte pression, faible température.	
Gonflable (§ 5,2254)		Élastomère.	0	200	Appui effaçable à distance, pression d'appui variable.	Étanchéité médiocre, aucun effort au mouvement de mise en place.	
(1) Les valeurs numériques correspondent aux cas les plus fréquents. Des valeurs supérieures peuvent parfois être obtenues.							

Jointes pour étanchéité en translation

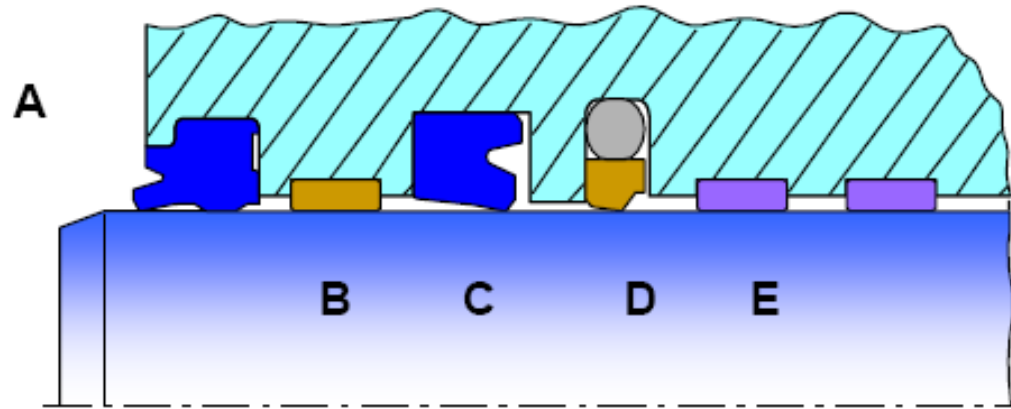
Type de joint	Schéma	Matériau	Pression maximale MPa	Vitesse maximale $m \cdot s^{-1}$	Frottement	Température maximale °C	Applications principales
Torique à section circulaire (§ 6,3221)		Élastomère.	10	0,2	Assez élevé, phénomène de roulement.	200	Mouvement d'assez faible amplitude. Pour faible encombrement, bas prix, deux sens de pression.
Torique à section circulaire + bague (anti-extrusion) (§ 6,3221)		Élastomère. Matière plastique.	40	1	Moyen.	200	Vérin avec faible encombrement. Deux sens de pression.
Composite (§ 6,3222)		Élastomère. Matière plastique.	40	2	Assez faible.	200	Mouvement à faible effort de déplacement. Coût important. Deux sens de pression.
Section en U (§ 6,3223)		Élastomère seul ou avec armature textile.	10	1	Moyen.	100	Vérin courant de moyenne pression, huile ou autre liquide gras.
Section en L (§ 6,3223)		Élastomère.	2	2	Faible.	100	Air ou gaz comprimé à assez faible pression.
Section en V chevron (§ 6,3223)		Élastomère seul ou avec armature textile.	60	1	Assez élevé.	100	Vérin à forte pression à liquide.
Anneaux Tresses (§ 6,3224)		Amiante. PTFE. Graphite.	100	5 20	Assez élevé à assez faible.	400 650	Sortie d'arbre de pompe alternative ou de compresseur.
Segments (§ 6,3225)		Fonte ou PTFE chargé.	0,5 (par segment)	5	Moyen à faible.	400	Piston de moteur ou de compresseur.
Anneaux-segments (§ 6,3225)		Carbone ou bronze graphité.	0,25 (par segment)	5	Moyen à faible.	600	Sortie de tige de compresseur.

Jointes pour étanchéité en rotation

Type	Schéma	Matériaux	Vitesse maximale $m \cdot s^{-1}$	Pression maximale MPa	Facteur PV maximal (1) $MPa \cdot m \cdot s^{-1}$	Température maximale °C	Observations	Applications	
Radiaux	Torique (§ 7,3221)		Élastomère.	0,5	10	1	200	Bonne lubrification nécessaire. Montage incliné intéressant.	Dispositif nécessitant un faible encombrement. Indifférent au sens de pression.
	Composite (§ 7,3222)		Élastomère, matière plastique (PTFE).	2	8	2	220	Nécessité d'une rugosité très fine. Coût nettement plus élevé que joint torique seul.	Dispositif à faible encombrement, faible couple. Indifférent au sens de pression.
	A lèvres (§ 7,3223)		Élastomère, acier.	25	0,05 à 1 (avec renfort)	1,5	180	Nécessité d'une bonne lubrification. Rectification en plongée de l'arbre. Prix peu élevé.	Dispositif à vitesse élevée mais faible pression. Sortie de boîte de vitesses, arbre de roue, etc.
	Tresses (§ 7,3224)		PTFE, graphite.	20	10	10	400 à 600	Nécessité d'une période de rodage et d'une reprise du serrage.	Pompes rotatives diverses et fluides agressifs.
	Anneaux (§ 7,3225)		Carbone, bronze chargé.	15	10	2,5	400	Assez coûteux et étanchéité souvent avec légère fuite.	Pour arbre de pompe à frottement assez faible.
Axiaux	V (§ 7,3231)		Élastomère.	15	0,01	0,1	100	Intérêt pour arbre quelconque, plaque de frottement durcie.	Étanchéité de roulement sous faible pression.
	Garniture mécanique (§ 7,3232)		Carbone, acier, céramique, carbure, PTFE, élastomère.	100	25	300	400	Coût assez élevé. Nécessite un très bon montage et bonne qualité de rotation. Lubrification impérative.	Emploi étendu pour matériel à performances élevées.

(1) Le facteur PV n'est qu'un ordre de grandeur et sous réserve d'une bonne lubrification et d'une évacuation de la chaleur.

Structure générale d'un système d'étanchéité (sur tige)

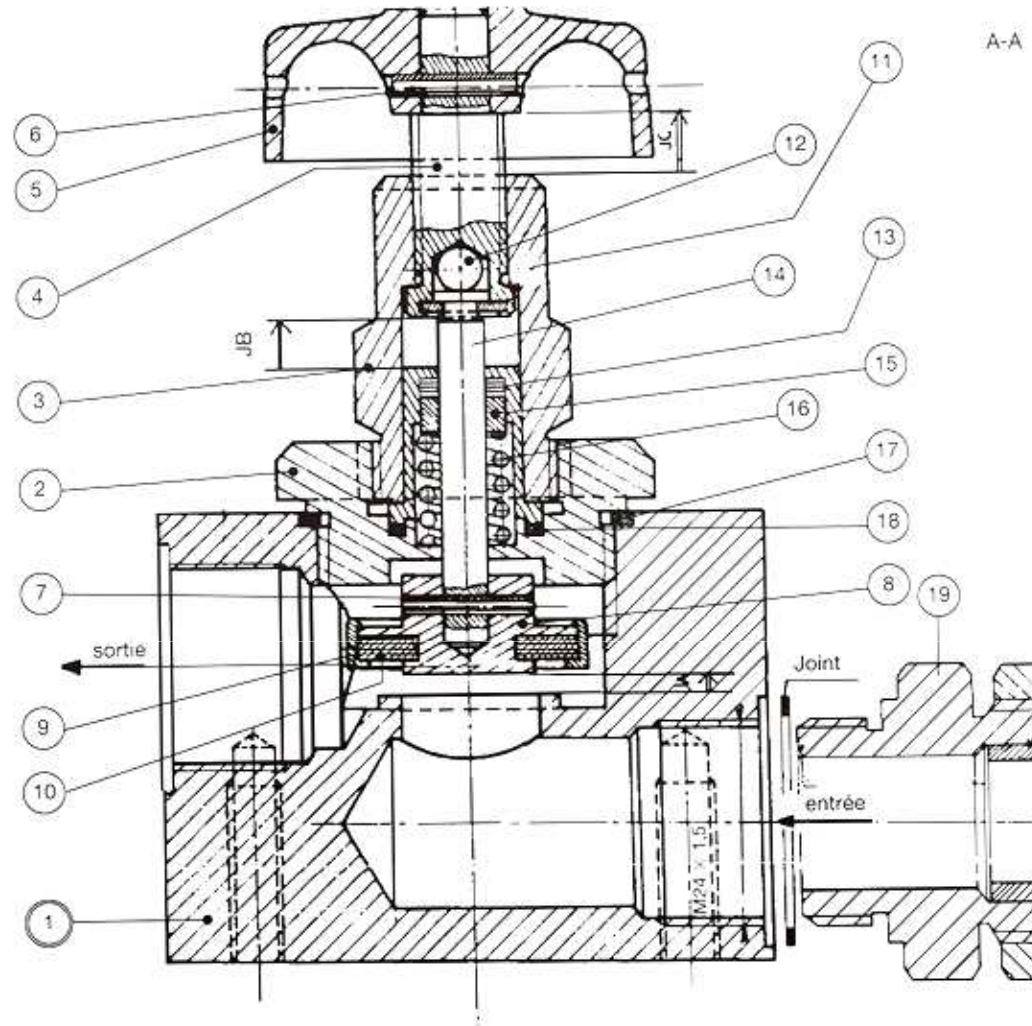


- A :** joint racleur pour retenir le film de lubrifiant et éviter les entrées d'impuretés
- B :** bague préformée de guidage ou bande utilisée dans les cas de forte pollution en renfort au racleur
- C :** joint secondaire, basse pression, pour la récupération des suintements du composite D
- D :** joint d'étanchéité principal « composite » en PTFE+NBR ou FKM (température)
- E :** bande ou bague préformée en résine thermoplastique pour le guidage de la tige

Photo d'un vérin



Vanne hydraulique



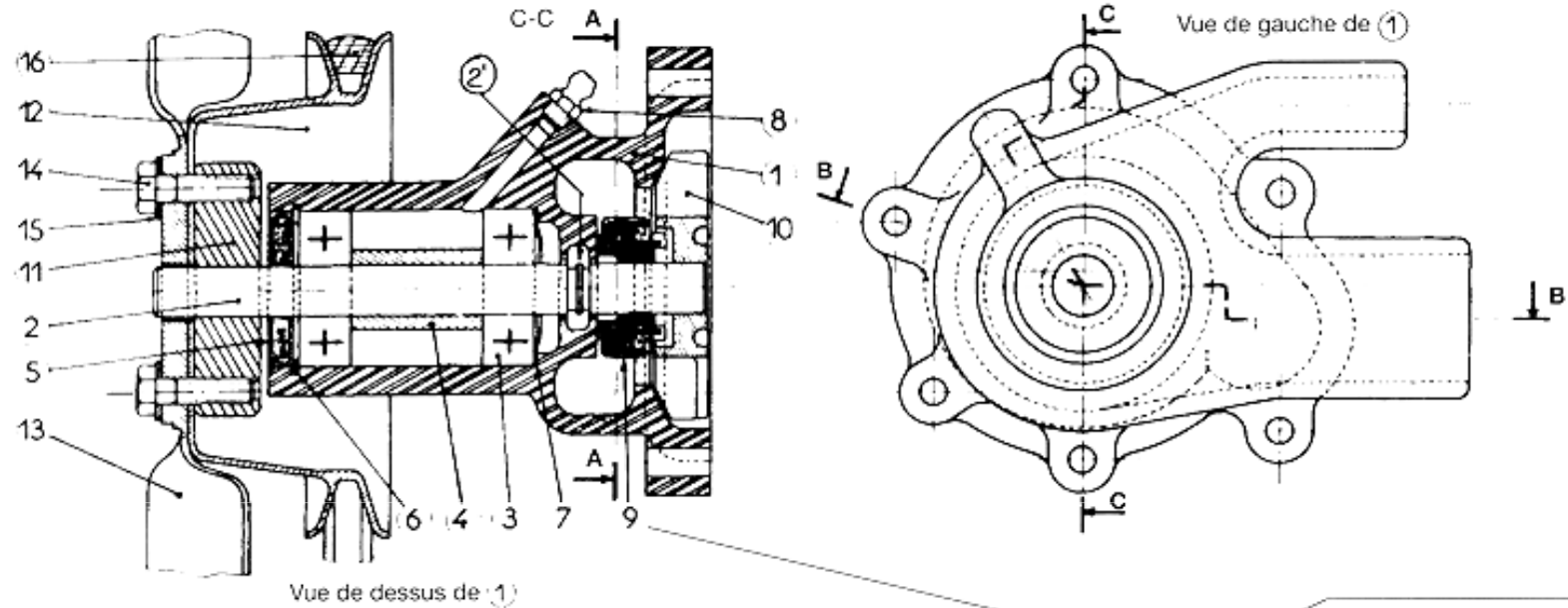
- 1 Corps
- 2 Écrou
- 3 Guide
- 4 Tige filetée
- 5 Volant de manœuvre
- 6 Goupille élastique
- 7 Goupille élastique
- 8 Embase

- 9 Bague
- 10 Joint
- 11 Rondelle
- 12 Bille
- 13 Garniture
- 14 Axe
- 15 Fouloir
- 16 Ressort

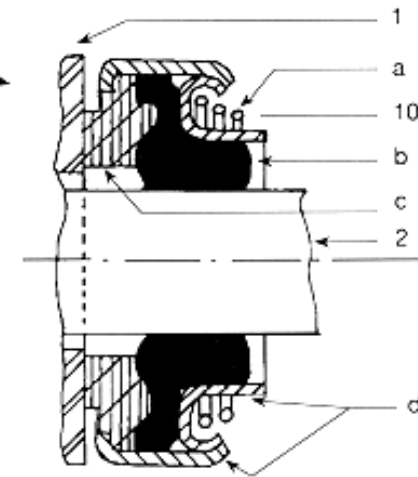
- 17 Joint
- 18 Joint
- 19 Raccord

Vanne hydraulique

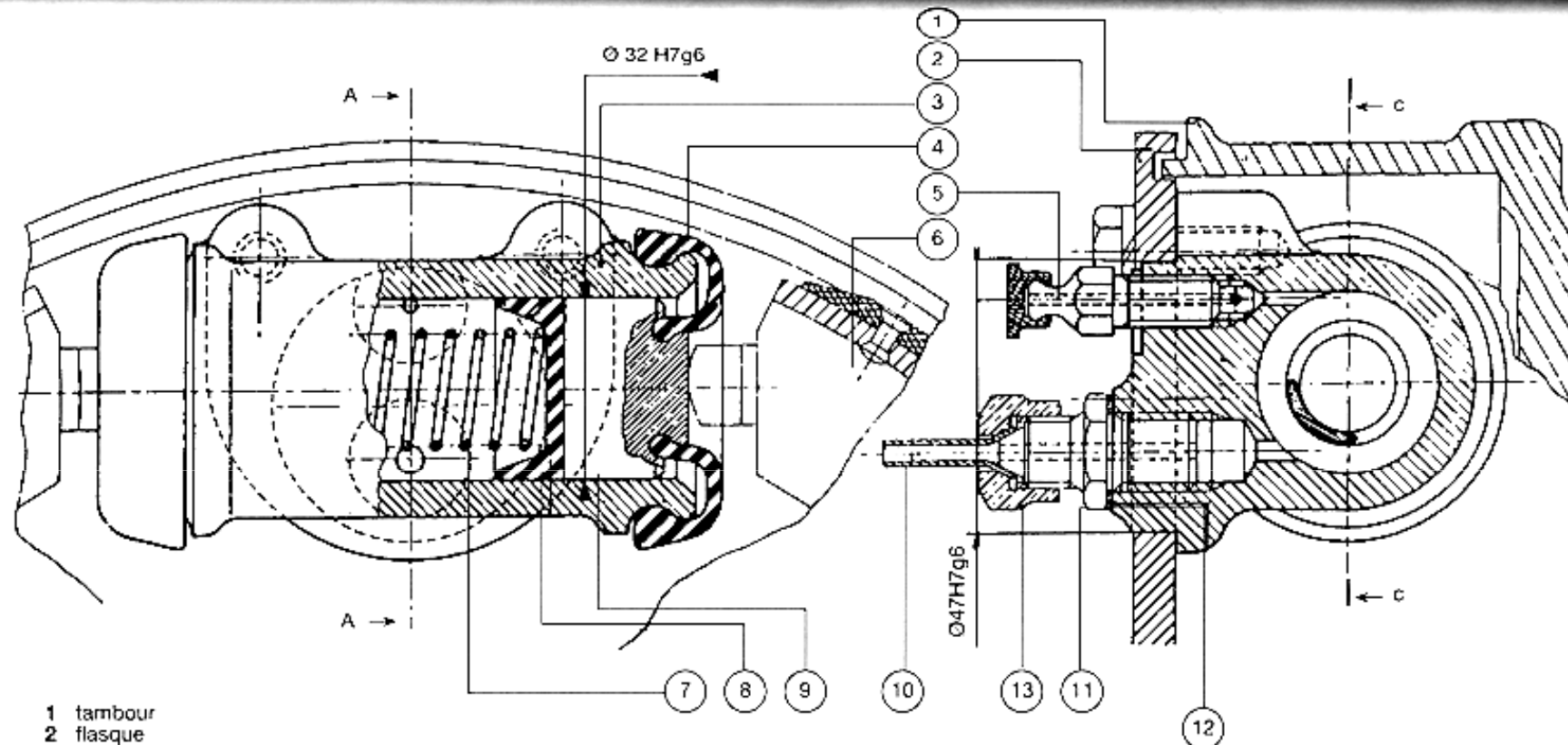
Pompe à eau



16	1	Courroie		
15	2	Plaque frein	A 33	
14	4	Vis H. M6 x 23	E 30	
13	1	Ventilateur	A 42	
12	1	Poulie	A 42	
11	1	Manchon	A 42	Serré sur ②
10	1	Roue à palettes	Fr 22	Serré sur
9	1	Bloc d'étanchéité		
8	1	Graisseur Hydraulique M6	Acier zingué	
7	1	Défecteur	A 33	épaisseur : 0,5
6	1	Segment d'arrêt	45 S8	épaisseur : 1,5
5	1	Obturbateur	A 33 - Feutre	
4	1	Entretoise	E 30	
3	2	Roulement 12 BC 0.3	100 C6	serré sur ②, glissant dans ①
2	1	Arbre	XC 48	
1	1	Corps	A-S 13	
Rép.	Nbre	Désignation	Matière	Observations

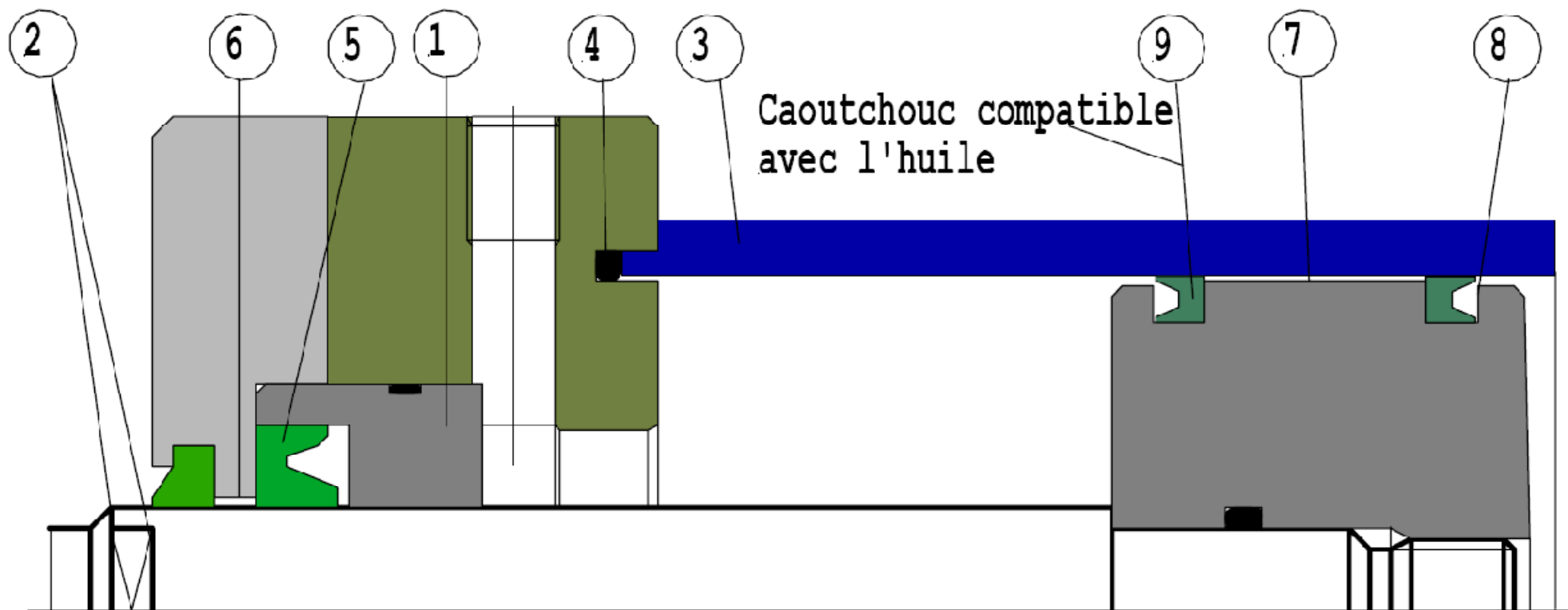


Cylindre de roue d'automobile



- 1 tambour
- 2 flasque
- 3 corps
- 4 cache-poussière
- 5 vis de purge
- 6 mâchoire
- 7 ressort de compression
- 8 coupelle
- 9 piston
- 10 tuyau
- 11 raccord
- 12 joint plat
- 13 écrou

Cylindre de roue d'automobile



- 1 - Un palier de tige (palier de guidage) trop court pour supporter les charges appliquées.
On fixe en général des longueurs minimales de 1 à 1,5 fois de diamètre de la tige réparties entre tige et piston.
- 2 - Un angle de chanfrein inadapté et un méplat mal placé. L'angle devrait être de 5 à 15° avec des arêtes arrondies et une surface à faible rugosité.
- 3 - Absence de chanfrein à l'entrée du tube entraînant le cisaillement des joints lors du montage du piston.
- 4 - L'étanchéité réalisée en bout de cylindre devrait être évitée. Outre un serrage excessif du joint, ce montage peut entraîner une excentricité du cylindre par rapport au piston, phénomène qui peut encore être accentué par le flambage ou la dilatation du cylindre sous l'effet des efforts radiaux ou de la pression.
- 5 - Tenir compte de la rugosité recommandée de $R_{\max} < 6,3 \mu\text{m}$ en fond de gorge et utiliser un procédé d'usinage adapté.
- 6 - Ne pas dépasser les valeurs admissibles pour le jeu d'extrusion existant derrière le joint.
- 7 - Absence de guidage du piston. Utiliser un élément de guidage adapté.
- 8 - Longueur axiale du logement trop courte par rapport à la hauteur du joint. Utiliser la longueur de gorge (ou logement) préconisée par le fabricant de joint pour créer le jeu axial adapté.
- 9 - La mention "compatible avec l'huile" est insuffisante. Il faut s'assurer de la compatibilité avec l'huile utilisée en fonction de son index VCI (Volume Change Index) et de ses caractéristiques physico-chimiques.

