

ÉTANCHÉITÉ DYNAMIQUE

I - GÉNÉRALITÉS

I.1 - LA FONCTION ÉTANCHÉITÉ

Un organe assure une fonction d'étanchéité lorsqu'il empêche le passage d'un fluide d'une enceinte voisine. De tels organes, sont appelés "Joints d'étanchéité".

S'il s'agit d'empêcher l'écoulement d'un fluide d'une enceinte dans une enceinte voisine, **l'étanchéité est dite simple**. Si le joint d'étanchéité doit empêcher l'écoulement d'un autre fluide éventuellement contenu dans la seconde enceinte vers la première, **l'étanchéité** (ainsi assurée dans les deux sens) **est dite double**.

Si les deux parties mécaniques entre lesquelles est susceptible de se produire la fuite sont fixes l'une par rapport à l'autre, **l'étanchéité est dite statique**. Si ces deux parties sont en mouvement relatif l'une par rapport à l'autre, **l'étanchéité est dite dynamique**.

Dans tout l'exposé qui va suivre, nous ne traiterons exclusivement que de **l'étanchéité dynamique**.

En fait, dans la pratique, on n'a affaire qu'à deux sortes de mouvements relatifs qui peuvent d'ailleurs être combinés :

- la translation linéaire (coulissement relatif d'un piston dans un cylindre),
- la rotation (rotation relative autour d'un axe commun d'un arbre dans un moyeu ou un carter).



I.2 - PROCÉDÉS D'ÉTANCHÉITÉ

De nombreux dispositifs ont été ou sont encore utilisés, tels que :

- chicanes, turbines de retour,
- presse-étoupe,
- joints toriques et assimilés,
- joints à lèvres,
- joints de surface.

- Les premiers : **chicanes, turbines de retour**, sont des joints sans frottement, ils ne donnent pas une étanchéité complète et ne sont pas étanches à l'arrêt si le joint baigne complètement dans le fluide.
- Les **presse-étoupes**, constitués par des bourrages de matériaux fibreux (étoupe, amiante) tressés ou non, serrés sur l'arbre par un blocage axial au moyen d'écrou ou de bride à boulons, ont été longtemps le dispositif le plus communément employé. Ils donnent lieu à un couple de frottement important et absorbent une puissance relativement élevée. Remplacés dans beaucoup de leurs applications par les joints à lèvres ou des joints dits "de surface", ils sont encore très utilisés, notamment dans le cas de fluides sous fortes pressions.
- Les **joints toriques et assimilés**, anneaux en élastomères de synthèse, à profils variables, le plus souvent circulaires (o'rings) mais quelquefois en forme d'X ou de croix, sont le plus souvent employés comme joints statiques ; ils peuvent cependant, dans certains cas, notamment aux faibles vitesses, être utilisés comme joints pour arbres tournants. Ils donnent lieu aussi à un couple de frottement important.

- **Joints à lèvres pour arbres tournants**. Les premiers joints à lèvres sont apparus il y a une cinquantaine d'années. Ils étaient constitués d'une manchette de cuir (chromé ou non) dont la lèvre était maintenue serrée sur l'arbre tournant par un ressort torique. Pour maintenir en place ressort et manchette de cuir, l'ensemble était emprisonné dans un jeu de viroles et bagues métalliques (au moins trois en général) serties les unes dans les autres, la virole extérieure, généralement rectifiée, était montée "dur" dans le moyeu fixe.

Ce joint a rendu de grands services, mais sa longévité était restreinte, le cuir résistant mal, en particulier aux températures élevées. Il est actuellement remplacé par des élastomères de synthèse. Il y a environ quarante ans qu'ils sont apparus sur le marché, remplaçant progressivement le cuir.

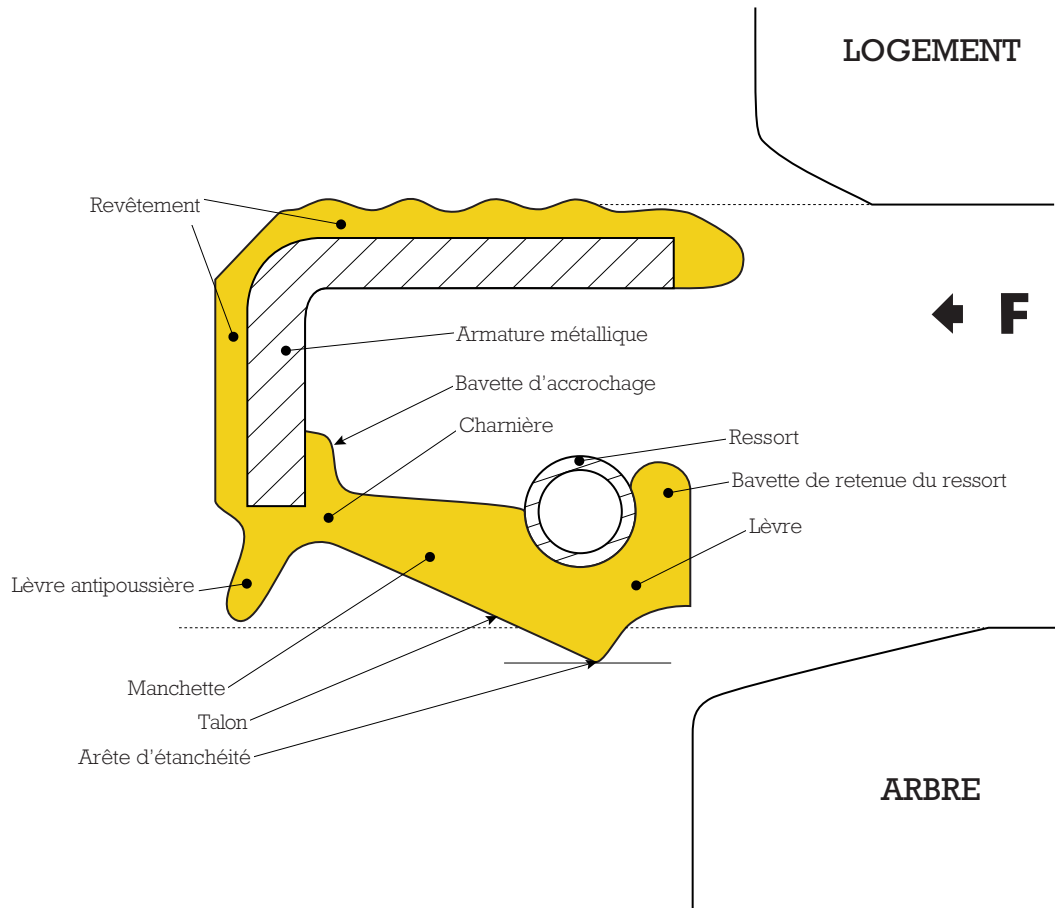
Le premier apparu, connu sous le nom de N.B.R. (Nitril Butadiene Rubber), s'est révélé remarquable par sa résistance aux solvants organiques, notamment aux carburants liquides et aux huiles de graissage, même chaudes ; les premiers joints fabriqués avaient la même structure que le joint cuir avec ses trois bagues métalliques serties. La mise au point de procédés assurant une très bonne adhérence du N.B.R. au métal, a permis de simplifier la structure du joint en lui donnant sa forme générale classique actuelle.

La découverte d'élastomères nouveaux permet de mettre à la disposition des utilisateurs une gamme de plus en plus variée de joints susceptibles de résoudre des problèmes de plus en plus difficiles.



**Usine de Segré
(Maine-et-Loire)
ISO 9001**

I.3 - DESCRIPTION DES JOINTS À LÈVRES



Schématiquement le joint pour arbre tournant comporte trois parties essentielles :

- L'armature.
- L'élastomère.
- Le ressort.

- **L'armature** est normalement constituée par une bague métallique en tôle emboutie avec profil en équerre.

- **L'élastomère** comporte lui-même 3 parties :

- Le revêtement.
- La manchette.
- La lèvre.

- Le revêtement (de la face frontale au dos du joint) est la portion d'élastomère qui adhère directement à l'armature, il peut la recouvrir plus ou moins complètement à l'intérieur et (ou) à l'extérieur.

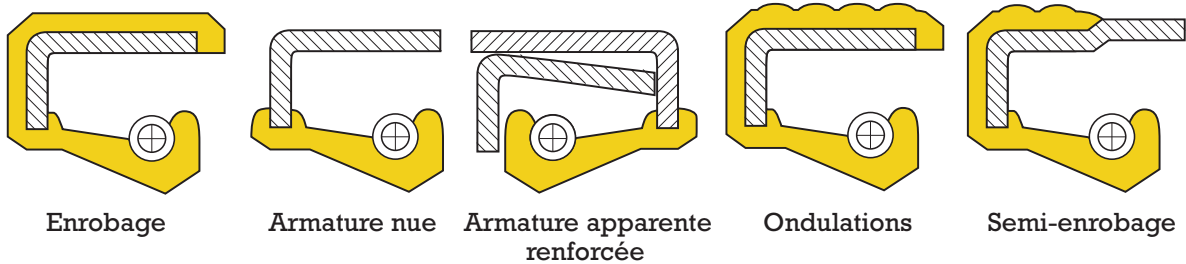
- La manchette de forme cylindrique ou légèrement conique relie l'ensemble armature revêtement à la lèvre. Elle assure une étanchéité statique, et par son élasticité - et ceci d'autant mieux qu'elle est plus longue - permet de légers déplacements de la lèvre, imposés par les mouvements éventuels de l'arbre (autres que la rotation).

- La lèvre est l'élément qui assure l'étanchéité dynamique par contact frottant direct sur l'arbre. Elle est constituée par un bourrelet annulaire comportant un double biseau formant une arête vive concentrique à l'axe du joint dans un plan perpendiculaire : l'inclinaison des faces du biseau est étudiée pour assurer l'étanchéité contre les fuites d'un fluide situé du côté **F**.

- **Le ressort** est un ressort à spires, précontraintes. Le ressort est refermé sur lui-même de manière à constituer un anneau torique. La jonction est généralement réalisée en vissant, dans une des extrémités, les dernières spires enroulées en forme de cône de l'autre extrémité. Le ressort est monté avec un léger serrage dans une rainure du bourrelet de la lèvre.

II - PROFIL DES JOINTS

II.1 - FORMES EXTÉRIEURES ET ÉVOLUTION



Armature apparente renforcée

- Meilleure résistance à la déformation. Intéressant pour les gros diamètres.
- Bonne résistance à l'extrusion du joint et positionnement plus précis dans le logement.
- Facilité de montage pour les gros diamètres. Effort d'emmanchement réduit.
- Protection de la lèvre aux pressions pulsatoires.

Ondulations

- En créant une réserve de lubrifiant, elles facilitent l'emmanchement.
- Elles diminuent fortement le phénomène de recul après emmanchement.
- A effort d'emmanchement égal à celui obtenu avec une forme lisse, l'effort d'extraction est très nettement supérieur.

Semi-enrobage

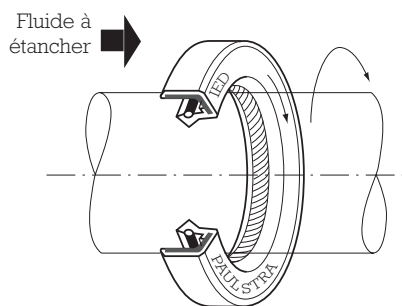
Il allie les qualités de l'armature nue :

- **absence de recul**
- **meilleur positionnement**
- **effort d'extraction plus élevé**

à celle de l'enrobage de l'élastomère :

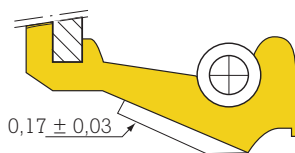
- **étanchéité statique.**

II.2 - JOINT À STRIES

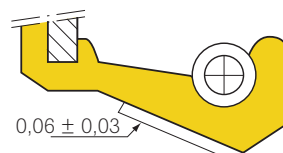


Vue du dos du joint :

- Sens de la flèche = sens de rotation de l'arbre.
- Stries à droite (lettre D) = sens des aiguilles d'une montre.
- Stries à gauche (lettre G) = sens inverse des aiguilles d'une montre.
- Stries bi-directionnelles (lettre V).



Strie tronquée



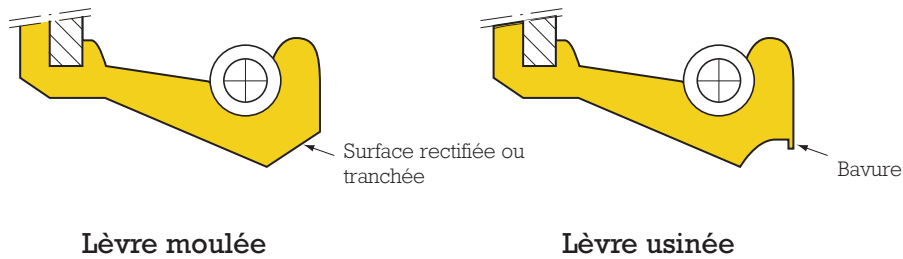
Strie débouchante

La strie est d'autant plus efficace qu'elle est de plus grande dimension.

La strie débouchante est limitée en hauteur par l'obligation du contact continu entre l'arbre et la pointe de lèvre qui est obtenu par écrasement du caoutchouc sous l'effet de la charge radiale.

La limitation dimensionnelle de la strie tronquée est liée essentiellement au moyen d'usinage. Par contre, sa réalisation exige beaucoup plus de précision que la strie débouchante.

II.3 - JOINT À LÈVRE MOULÉE



La lèvre moulée garantit un **meilleur respect géométrique de la lèvre du joint** en éliminant les dispersions d'usinage au niveau de :

- l'angle de lèvre côté fluide,
- la distance entre la pointe de lèvre et l'axe du ressort,
- la longueur de lèvre (distance entre la bavette d'accrochage et l'arête d'étanchéité).

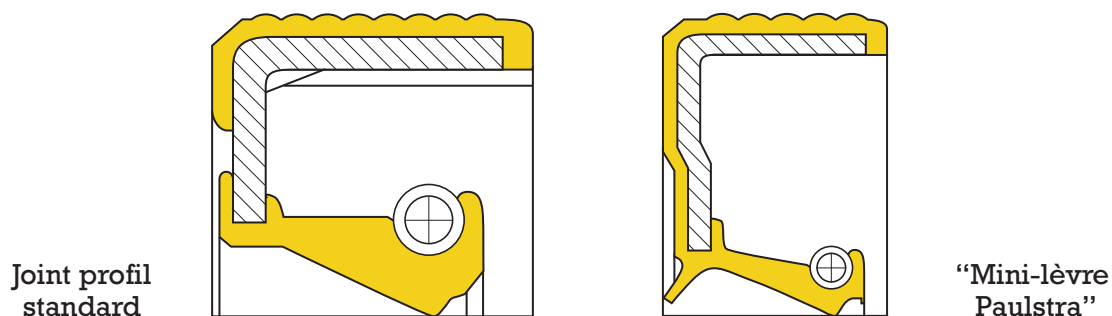
Elle **évite les "blessures" de l'arête d'étanchéité** pouvant être occasionnées par l'outil d'usinage.

Elle permet la **réalisation de stries de dimensions plus importantes**, donc plus efficaces.

Aujourd'hui, la lèvre moulée est devenue une technique banalisée grâce :

- aux moyens d'usinage plus précis,
- aux moyens de contrôle adaptés,
- au montage sous vide.

II.4 - JOINT À MINI-LÈVRE



Les avantages de la mini-lèvre sont nombreux :

- Encombrement réduit

La diminution de hauteur et l'écart entre le diamètre intérieur et extérieur permet de proposer des joints de type IE dans des applications où seul le IO était possible. Cet encombrement réduit s'accompagne bien sûr d'une diminution de poids.

- Perte d'énergie diminuée par frottement

La charge radiale plus faible entraîne une diminution du couple de frottement de 30% environ, ce qui se traduit par :

- un gain en puissance pour l'organe moteur.
- un auto-échauffement plus faible.

- Durée de vie accrue

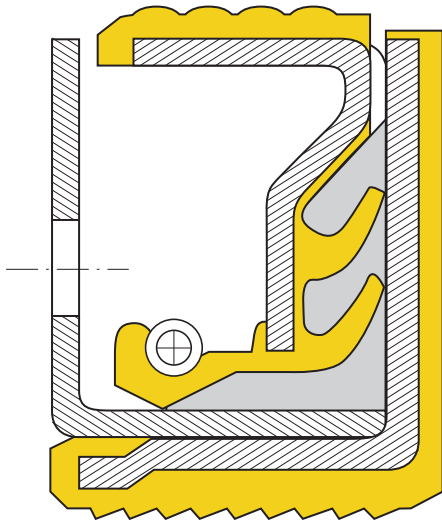
La diminution de l'auto-échauffement se concrétise par une température plus basse qui :

- augmente la tenue en vieillissement du mélange.
- retarde l'apparition du "calaminage" qui est cause de fuites par rigidification de la lèvre et portée discontinue.

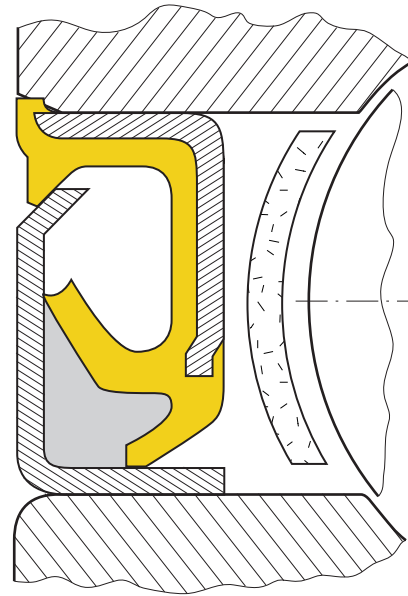
De plus, la diminution de la charge radiale et du "calaminage" entraîne une moindre usure de l'arbre et du joint.

La durée de vie d'un joint avec mini-lèvre est augmentée de 30% environ.

II.5 - JOINT À PISTE INTÉGRÉE



Joint à piste
intégrée



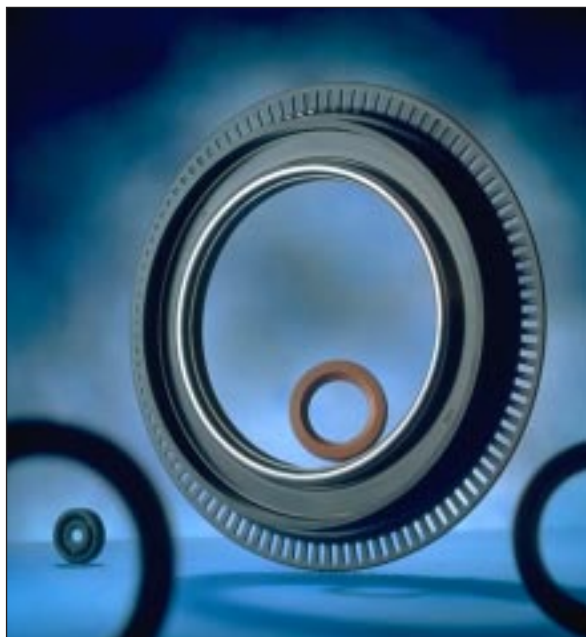
Joint de roue
automobile

Ce type de joint comporte sa propre piste de frottement.

Les principaux avantages sont :

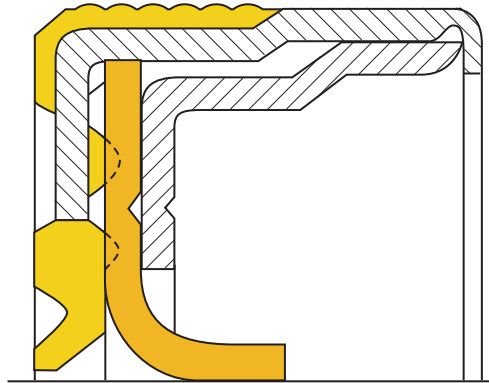
- **suppression de la rectification de l'arbre,**
- **gestion d'une seule pièce,**
- **pas d'usure de l'arbre,**
- **protection de la lèvre** au stockage et dans les manipulations,
- dans un roulement, peut servir d'élément de maintien jusqu'au montage dans l'organe.

L'utilisation de ce joint est limitée par la vitesse de rotation. Aujourd'hui, il est utilisé jusqu'à 5 m/s environ.



Joint à piste intégrée
avec couronne ABS

II.6 - JOINT À LÈVRE EN TÉFLON



Les avantages du téflon sont :

- **son très faible coefficient de frottement.**
- **sa résistance aux produits agressifs.**

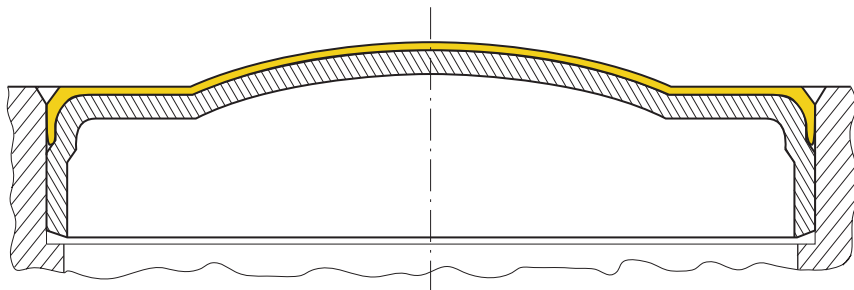
La durée de vie de ce joint est très supérieure aux joints à lèvres en élastomère.

Le téflon n'ayant pas de propriétés élastomériques, l'étanchéité est assurée par l'effet hydrodynamique des stries placées sur la lèvre.

L'étanchéité statique du joint est assurée par le pincement du téflon sur un bourrelet d'élastomère. L'utilisation de ce joint est limitée aux applications ne nécessitant pas d'étanchéité à l'arrêt.

II.7 - AUTRES PRODUITS D'ÉTANCHÉITÉ PAULSTRA

COUVERCLE



Dans un carter, il est parfois nécessaire de créer un passage provisoire pour :

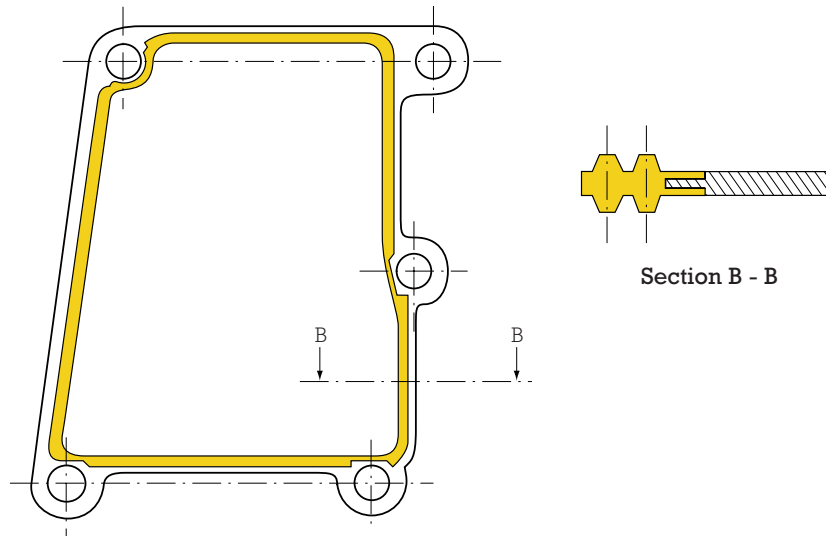
- usiner une forme interne inaccessible par ailleurs.
- procéder à un réglage mécanique au moment du montage.

Ce passage provisoire est en général obturé par un flasque fixé par vis avec une étanchéité par joint plat ou torique.

Paulstra propose, en remplacement de ce flasque, un couvercle caoutchouté qui a pour avantages :

- de nécessiter un usinage de forme simple dans le carter.
- le montage et la gestion d'une seule pièce qui permet la fermeture du carter tout en assurant une étanchéité parfaite.

JOINT PLAT



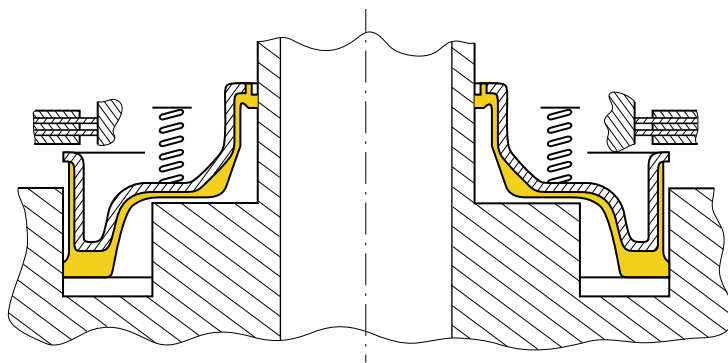
Lors du serrage des vis de fixation d'un carter, la réaction de l'élément d'étanchéité (pâte ou papier) peut provoquer une déformation des plans de joint. Cette détérioration de planéité est souvent cause de fuites lors des dilatations.

Pour résoudre ce problème, PAULSTRA propose un joint métal-élastomère.

La partie métallique est constituée par une tôle de faible épaisseur. Les vis de fixation agissant sur ce matériau rigide n'ont pas d'influence sur la planéité du carter.

L'étanchéité est assurée par un bourrelet d'élastomère situé à l'intérieur ou à l'extérieur de la tôle. La forme de ce bourrelet et sa liaison à la tôle sont conçues de façon à ce que l'écrasement de l'élastomère puisse absorber les défauts de planéité et les déformations de dilatation tout en restant dans des valeurs de contrainte non préjudiciables.

PISTON DE BOÎTE DE VITESSES AUTOMATIQUE



Dans une boîte de vitesses automatique, la mise en mouvement et le passage des différentes vitesses seront assurés par des embrayages sur lesquels agissent des pistons mus par une pression d'huile.

Jusqu'à présent, ces pistons étaient en alliage d'aluminium moulé ou en tôle. L'étanchéité était assurée par des joints tout élastomère de formes diverses, montés dans des gorges pour les pistons en aluminium ou coincés par des armatures pour les pistons en tôle.

L'étanchéité devant se faire à l'intérieur et à l'extérieur, un piston comprenait entre 3 et 5 pièces, ce qui créait des problèmes de gestion et de montage tout en étant d'une efficacité médiocre sous des pressions de 10 à 20 bars.

Le type de piston réalisé par PAULSTRA ne comprend qu'une seule pièce en tôle emboutie sur laquelle sont adhésivées 2 lèvres d'étanchéité. La forme de ces lèvres est adaptée pour assurer une bonne étanchéité avec un faible effort de frottement et pour éviter l'extrusion.

III - MATÉRIAUX

III.1 - ARMATURE

Matériau standard : tôle d'acier qualité XE (norme AFNOR A 36 401)

Sur demande et sous certaines conditions des armatures spéciales peuvent être réalisées avec d'autres matériaux.

III.2 - RESSORTS

Standard : Acier XC 70 stabilisé

Sur demande : Acier inox Z10 CN 18-09 (norme AFNOR A 35 586).

NOTA : Toute gamme PAULSTRA en élastomère fluorocarboné (FKM) est équipée d'un ressort en acier inox.

III.3 - ÉLASTOMÈRES

MÉLANGES STANDARDS	Mélanges	Symboles	* Plage de températures
	<p>NITRILE (butadiène acrylo-nitrile)</p> <p>Ce matériau résiste particulièrement bien à l'action des huiles et graisses minérales.</p> <p>Convient à la plupart des applications courantes.</p>	NBR	- 30° à + 110°C
	<p>ÉLASTOMÈRE FLUOROCARBONÉ</p> <p>Cet élastomère présente les meilleures caractéristiques de résistance chimique et de tenue à la chaleur.</p> <p>Le nouveau mélange fluorocarboné de couleur marron présente en outre une très faible abrasivité, d'où :</p> <ul style="list-style-type: none">- faible usure de l'arbre et de la lèvre du joint ;- parfaite tenue de l'étanchéité dans le temps.	FKM	- 20° à + 200°C

AUTRES MÉLANGES	Mélanges	Symboles	* Plage de températures
	<p>POLYACRYLATE</p> <p>Les élastomères à base de polyacrylate ont une bonne tenue en température même en présence d'huile EP.</p>	ACM	- 20° à + 170°C
	<p>SILICONE</p> <p>Couvre une plage de températures très large pour des caractéristiques mécaniques acceptables.</p> <p>Les joints silicone :</p> <ul style="list-style-type: none">- doivent être montés avec précaution ;- ne doivent pas être utilisés en présence d'huile EP ;- sont à utiliser avec précaution dans les huiles ATF et hydrauliques.	MVQ	- 60° à + 200°C

* Températures sur éprouvettes

D'autres mélanges peuvent être utilisés à la demande :

• Styrene - butadiène (SBR)

• Éthylène - propylène (EPDM)

• Éthylène - acrylique (EA) (Vamac par exemple)

• Nitrile hydrogéné (HNBR) (Therban par exemple)