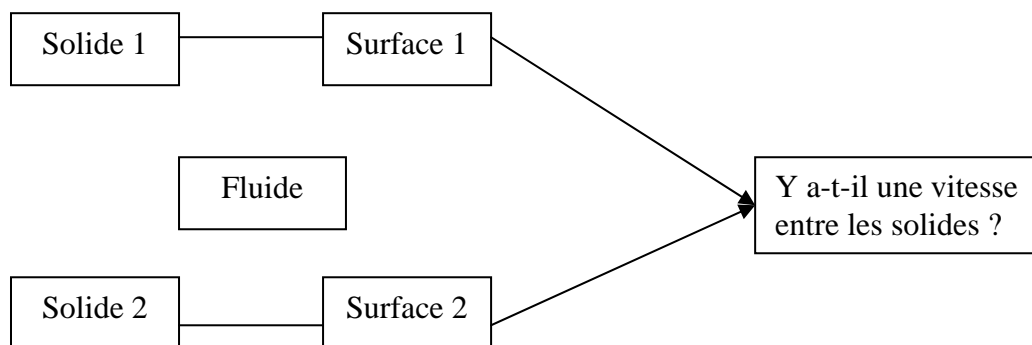


Résumé de cours « Etanchéité ; application aux vérins »

Benjamin MARTIN
Publié sur <http://www.ifrance.com/espace-prepa/>

Organigramme pour résoudre un problème d'étanchéité



Si il n'y a pas de vitesse entre les solides on parle d'étanchéité statique :

On va rencontrer le problème du maintien du contact entre les solides et donc de l'uniformité de la pression.

Si il y a une vitesse entre les solides on parle d'étanchéité dynamique :

On va rencontrer le problème du frottement du joint sur la surface et donc celui de la rugosité.

De plus le joint entraîne la dissipation de la puissance.

Le fait d'avoir une vitesse nulle ou pas entraîne un choix qui conduit à une optimisation de la solution retenue.

Paramètres importants intervenants dans le choix de l'étanchéité

La géométrie de la surface

- Plane
- Cylindrique de révolution

Le fluide

- La viscosité
- La différence de pression

- La température
- Le débit de fuite toléré

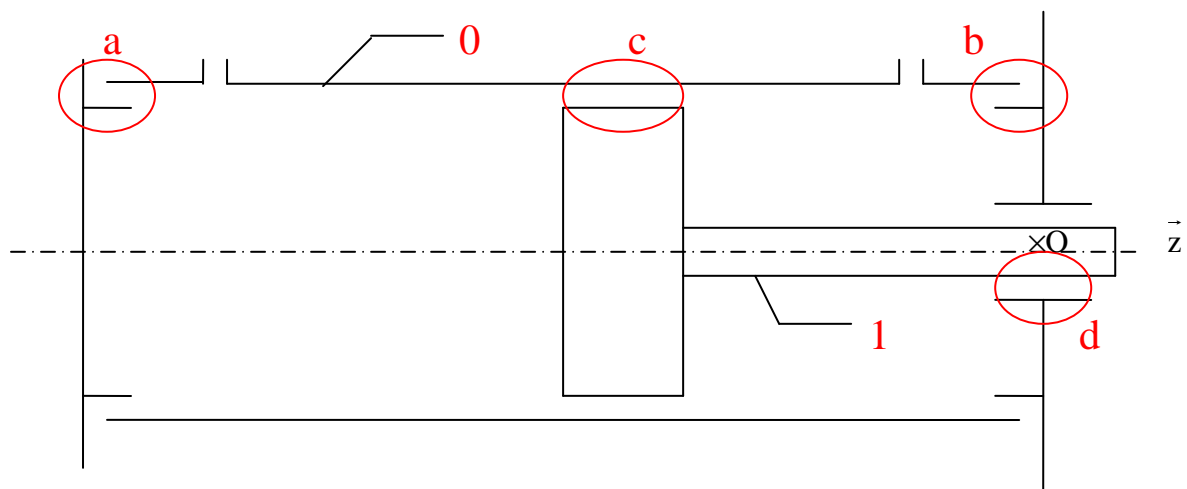
La vitesse

Le type d'étanchéité dépend de la vitesse appliquée sur les solides

La différence de pression

Application au vérin

Schéma cinématique



$$[0/1] = \begin{cases} \vec{X}.\vec{x} + \vec{Y}.\vec{y} + \vec{Z}.\vec{z} \\ m_o = L.\vec{x} + M.\vec{y} + N.\vec{z} \end{cases}$$

Inventaire des problèmes

Il y a des problèmes en a, b, c, d :

- En a, b : étanchéité statique
- En c, d : étanchéité dynamique

Résolution des problèmes

On suppose que le fluide utilisé est de l'air (vérin pneumatique)

La pression vaut entre 6 et 8 bars à l'intérieur du vérin.

Le débit $q_v = 150 \text{ L} \cdot \text{min}^{-1}$

La température vaut la température ambiante.

La nature des surfaces : cylindre de révolution.

La vitesse du piston : $0,8$ à 1 m.s^{-1}

On souhaite des pertes par frottements les plus faibles possibles.

En combinant toutes ces contraintes on propose une solution :

Ici, pour les problèmes c et d on peut utiliser :

- Un joint torique
- Un joint 4 lobes
- Un joint en U (si on applique une pression plus importante)

De plus on peut combiner un joint racleur en d avec un autre type de joint.

Théorème de Bernoulli

Tout d'abord, rappelons que $q_f = S.V$ avec :

- S la section de passage du fluide
- V la vitesse
- Q le débit

On étudie le débit de fuite à travers la section d'un cylindre, l'état 1 étant l'entrée et l'état 2 la sortie ; on veut trouver une relation entre les différents facteurs intervenant sur le débit de fuite et celui-ci :

On applique le théorème de l'énergie cinétique :

$$\Delta E = \sum W$$

Avec :

$$\Delta E = E(t+dt) - E(t) = \frac{1}{2} m. (V_2^2 - V_1^2)$$

Avec :

- V la vitesse du fluide
- W les travaux des forces extérieures

Et la somme des forces extérieures peut se décomposer en

- Forces de pression

$$\sum W_z = P_1.S_1.V_1.dt - P_2.S_2.V_2.dt \quad (\text{Le produit } P.S \text{ correspond aux forces de pression})$$

- Forces de pesanteur

$$\sum W_z = mg.(z_1 - z_2)$$

D'où :

$$\frac{1}{2} m.(V_2^2 - V_1^2) = (P_1.S_1.V_1 - P_2.S_2.V_2).dt + mg.(z_1 - z_2) \quad (\text{or } m = \rho.S_1.V_1.dt = \rho.S_2.V_2.dt)$$

$$\boxed{\frac{1}{2}(V_2^2 - V_1^2) + \frac{P_2 - P_1}{\rho} + g.(z_2 - z_1) = 0} \quad \text{Théorème de Bernoulli}$$

Grâce à cette équation on peut en déduire facilement la vitesse du fluide et en le multipliant par la section S, le débit.

Étanchéité statique

On vient de voir que pour diminuer le débit de fuite il faut diminuer la section de passage, mais il existe toujours des défauts de surface plus ou moins importants (voir le fichier intitulé : « Le cours sur l'étude des surfaces »), on peut donc pour avoir une étanchéité aussi bonne que possible :

- Déformer et écraser les défauts : c'est l'étanchéité directe
- Interposer un élément déformable : joint

Étanchéité directe : pas de joint

Plus la pression dans la conduite est importante plus l'aire de contact sera faible :

- Une surface plane pour des faibles pressions
- Une surface conique pour des pressions moyennes (10 bars)
- Un contact linéique, porté à couteau pour des pressions élevées (300 bars)

Dans le cas de soupapes les défauts macroscopiques sont traités par le rodage.

Étanchéité par élément déformable

Maintient de contact :

$$F = \frac{\pi}{400} * D^2 * p + \frac{2 * b * \pi}{100} * D * m * p$$

Avec :

- p : pression à l'intérieur de la conduite (en daN.cm⁻²)
- b : largeur effective du joint
- m : facteur de serrage

Étanchéité dynamique

On ne peut pas avoir un jeu nul, il faut un jeu de fonctionnement

Les facteurs liés à l'étanchéité

- Coefficients de frottement dynamique
- La vitesse de glissement
- La distribution de pression
- Les caractéristiques du fluide : pression, température, viscosité

Différents types d'étanchéité

Les membranes

Les avantages sont :

- Une étanchéité parfaite
- Des tolérances d'usinage larges
- Pas de lubrification

Les critères d'utilisation :

- Une différence de pression inférieure à 70 bars (avec des variations les plus faibles possibles pour éviter de détériorer la membrane)
- Une température d'utilisation comprise entre -70°C et 175°C

Les segments

$$\Gamma_{\max} = 12 * p * \frac{R^2}{e^2}$$

Les joints à lèvres

Le ressort toroïdal permet de conserver le pré serrage du joint lors de pressions d'utilisation faibles