

1.1. Étude bibliographique

On dit, un palier ou une butée hydrostatique fonctionnent parfaitement si l'une ou les deux conditions suivantes sont vérifiées. Dans le cas simple où l'épaisseur du film lubrifiant est constante et les vitesses des surfaces nulles, l'équation de Reynolds se réduit à l'équation de Laplace: $\Delta p = 0$. Cela entraîne un champ de pression positif, si et seulement si, une partie de la frontière du domaine d'intégration est à pression positive.

Lorsque la vitesse des surfaces conduit à une portance hydrodynamique et qu'il existe une source à pression positive, le régime de lubrification est appelé hybride.

Une des premières réalisations connues des paliers hydrostatiques est mentionnée dans le grand dictionnaire Universel Larousse de 1865 [1]. Cette invention est présentée ainsi : « Girard a imaginé récemment un nouveau mode de support des arbres, au moyen duquel on obtient une réduction considérable dans la résistance due au frottement; la partie du coussinet sur laquelle doit reposer le tourillon est percée d'un trou autour duquel sont disposées des rainures en sens divers, un jet d'eau à forte pression pénètre par ce trou et soulève le tourillon, qui tourne sur une mince couche d'eau sans toucher au coussinet, de sorte que le coefficient de frottement est presque réduit à zéro. Quoique la machine doive fournir la force nécessaire pour mettre en jeu la pompe, l'économie, dit-on, est considérable. Néanmoins, cette invention n'a pas reçu d'application sérieuse et, de fait, l'introduction de l'eau dans des organes en fer nous paraît présenter de sérieux inconvénients. »

Aujourd'hui, le rotor de la pompe primaire des réacteurs nucléaires N4 est guidé par un palier hybride fonctionnant sur ce principe et lubrifié par de l'eau pressurisée à une température voisine de 280° (figure. 1.1).

Nous citerons aussi les travaux de Gérard en 1949 [2,3] qui présente la réalisation de broches utilisant des paliers hydrostatiques dont la raideur est, selon la pression d'alimentation, comprise entre $5 \cdot 10^7$ et 10^8 N/m.



Figure 1.1: Coussinet du palier hybride d'une pompe primaire de réacteur nucléaire N4

1.2. Principe de la lubrification hydrostatique

Un système hydrostatique comporte deux surfaces, l'une est lisse tandis que l'autre comporte une ou plusieurs cavités (ou alvéoles).

On distingue deux régions : une zone où l'épaisseur h du film est mince et une zone, constituée par les cavités où l'épaisseur e du film est grande. L'arrivée extérieure de fluide se fait dans l'alvéole.

Les deux principales méthodes utilisées pour introduire le fluide à l'intérieur du palier sont:

- L'alimentation à débit constant (ce type de lubrification est seulement valable pour les liquides) (figure 1.2.b).
- L'alimentation à pression constante (figure 1.2.c).

Dans les systèmes à débit constant, on place une pompe à débit constant entre le réservoir et l'alvéole (figure 1.2.b). Lorsque le mécanisme comporte plusieurs alvéoles, on peut soit alimenter chaque butée par une pompe individuelle, soit utiliser des régulateurs à débit constant qui permettent de distribuer le fluide à partir d'une seule pompe. Cette solution qui assure une grande raideur est peu employée car elle est complexe coûteuse. On préfère utiliser des systèmes à pression constante.

Dans les mécanismes à pression constant, on place une résistance hydraulique immédiatement en amont de l'alvéole (figure 1.2.c). Les types des résistances les plus fréquemment utilisés sont les tubes capillaires et les orifices en parois mince (diaphragme), on emploie parfois des gicleurs qui représentent un compromis entre les deux systèmes précédents. On utilise aussi des résistances auto régulatrices (de types servo valve) qui possèdent une résistance variable avec le débit, ceci permet d'accroître la raideur du palier. Théoriquement, il est possible de dessiner des résistances variables telles que la raideur du mécanisme soit infinie, en pratique, ces résistances variables sont parfois sources d'oscillations auto entretenues: le palier devient alors un générateur de vibration. On trouve peut de résultats publiés sur ce type de résistance hydraulique [4, 5,6] et ils sont souvent obtenus en laboratoire. Dans le cas de paliers hybrides, Rowe [7] propose de supprimer l'alvéole et d'utiliser des orifices inhérents comme on le fait dans les paliers à gaz. Cette solution permet d'utiliser l'action hydrodynamique et de réduire les pertes par cisaillement à grande vitesse.

Chapitre I : Les Butées Hydrostatiques

Nous n'envisagerons ici que le principe à pression constante par résistance hydraulique fixe: capillaire et orifice.

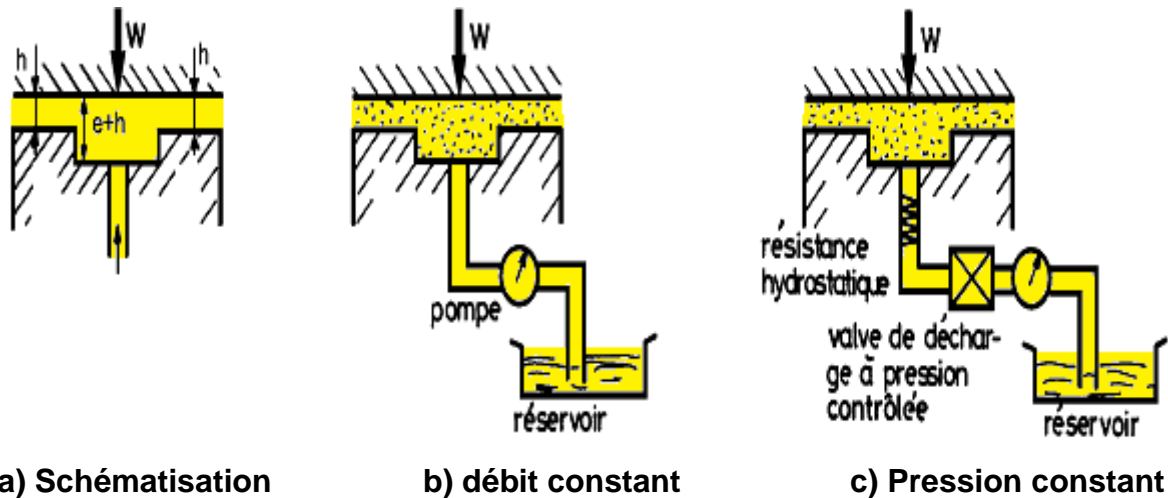


Figure 1.2: Principe de fonctionnement d'une butée hydrostatique.

1.3. Principaux types des butées hydrostatiques à simple effet

Tous les résultats qui suivent sont valables pour un fluide incompressible ($\rho = \text{cte}$), isovisqueux ($\mu = \text{cte}$) en régime permanent ($W = \text{cte}$) et laminaire dans le film en dehors des alvéoles.

A part la butée plane circulaire à un alvéole central dont la solution est analytique, tous les calculs exacts de la pression dans le film d'une butée hydrostatique ne peuvent être effectués que par résolution numérique de l'équation de Reynolds qui dans ce cas a une forme semblable à celle de l'équation de Laplace. Cependant dans la plupart des cas une solution analytique est amplement suffisante.

Nous allons représenter les différents types des butées avec les équations de coefficient de la charge K_W et le coefficient du débit K_Q .

1.3.1. Butée plane

1.3.1.1. Butée plane à un alvéole

Cette butée peut être rectangulaire ou carrée (figure 1.3). si les largeurs des portées a et b sont petites devant les dimensions externes de la butée l et L , on peut avec une très bonne approximation supposer la répartition de pression linéaire. Cela revient à négliger la convexité de la courbe de pression (figure 1.3), qui résulte des effets d'angle.

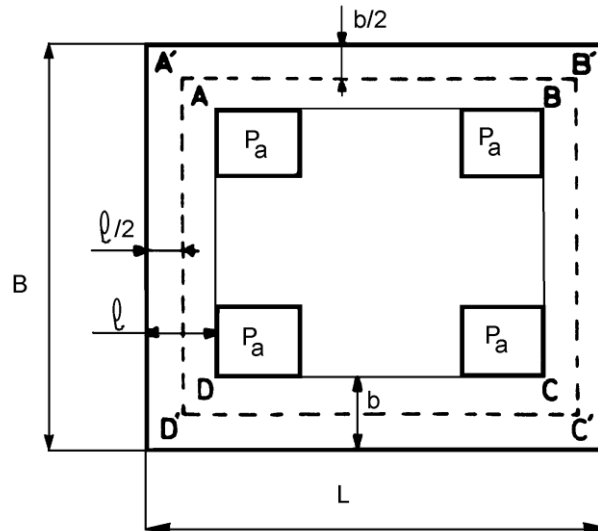


Figure I.5: Butée à quatre alvéoles

Pour déterminer la valeur exacte des coefficients de charge et de débit, il faudrait utiliser une méthode numérique. Toutefois, si la largeur des portées est assez faible devant les dimensions de la butée, on peut utiliser une méthode approchée. En supposant que la surface de l'alvéole correspond à la surface du rectangle ABCD qui englobe les quatre alvéoles (figure 1.5).

1.3.2. Butée plane circulaire

1.3.2.1. Butée plane circulaire à un alvéole

Si la butée possède un orifice central circulaire de rayon R_i (figure 1.6.a.) Où la pression est égale à la pression ambiante on a alors:

$$K_w = \frac{1 - R_i^2 / R_e^2}{2 \ln (R_e / R_i)} \quad (1.3)$$

$$K_Q = \frac{\pi}{6 \ln (R_e / R_i)} \quad (1.4)$$

et

$$S = \pi R_e^2 \quad (1.5)$$

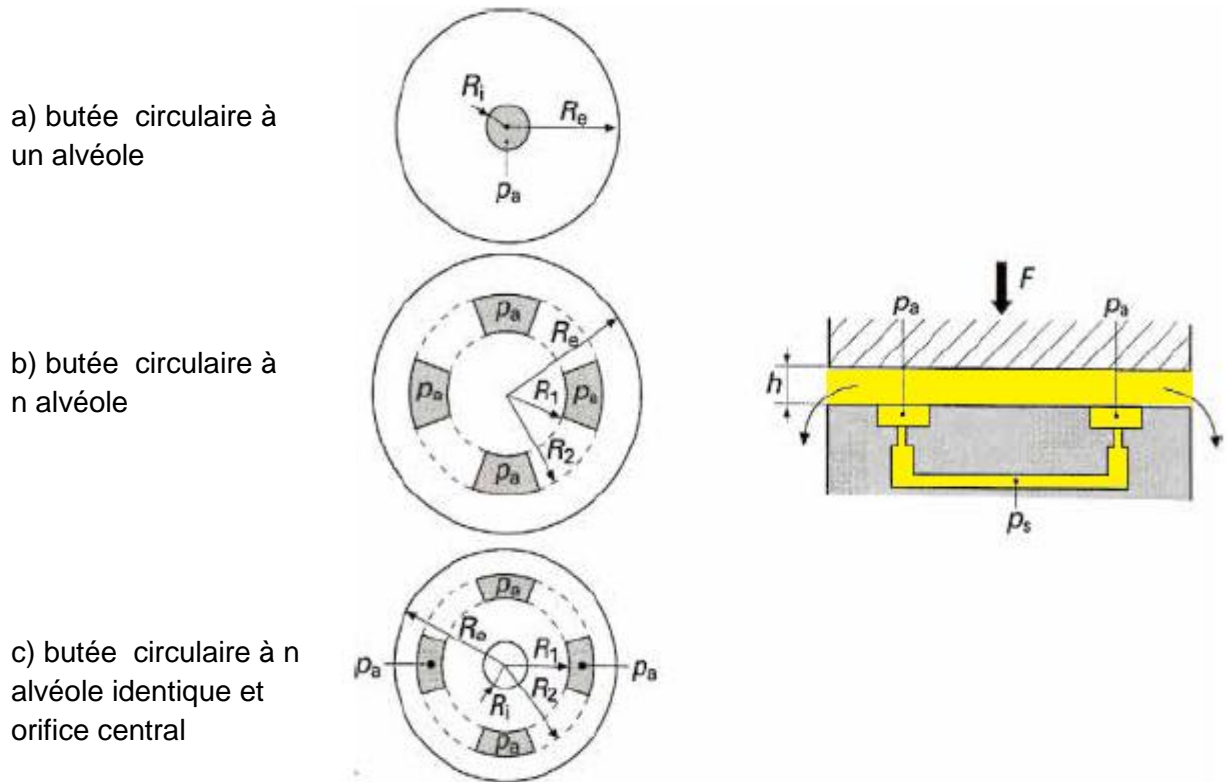


Figure 1.6: Butée plane circulaire

1.3.2.2 Butée plane circulaire à n alvéole

Si l'on veut connaître les performances d'une butée plane circulaire telle que celle représentée sur la (figure 1.6.b), il faut résoudre l'équation:

$$\frac{\partial}{\partial r} \left(r \frac{\partial p}{\partial r} \right) + \frac{\partial}{\partial \theta} \left(\frac{1}{r} \frac{\partial p}{\partial \theta} \right) = 0 \quad (1.6)$$

Avec les conditions aux limites :

$P = P_a$ sur le contour et dans les alvéoles.

$P = 0$ sur le contour extérieur ($r = R_e$)

L'équation précédente n'admet pas de solution analytique. Toutefois, si l'on suppose que la pression est constante, et égale à la pression P_a sur le domaine circulaire défini par ($r \leq R_e$), cette équation se simplifie et s'écrit : sur le contour et dans les alvéoles $P = 0$ sur le contour extérieur ($r = R_e$).

$$\frac{d}{dr} \left(r \frac{dp}{dr} \right) = 0 \quad (1.7)$$

Par intégration il vient :

$$r \frac{dp}{dr} = A \quad (1.8)$$

Soit:

$$p = A \ln r + B \quad (1.9)$$

Les conditions aux limites permettent de calculer les constantes A et B, ce qui donne la répartition de pression :

$$p(r) = P_a \frac{\ln (r / R_e)}{\ln (R_2 / R_e)} \quad (1.10)$$

Puis la charge [8] :

$$W = P_a S K_w \quad (1.11)$$

$$K_w = \frac{1 - R_2^2 / R_e^2}{2 \ln R_e / R_2} \quad (1.12)$$

Le débit radial est donné par [8]:

$$Q = P_a \frac{h^3}{\mu} K_Q \quad (1.13)$$

$$K_Q = \frac{\pi}{6 \ln (R_e / R_2)} \quad (1.14)$$

et

$$S = \pi R_e^2 \quad (1.15)$$

1.3.2.3. Butée plane circulaire à n alvéole identique et orifice central

Si la butée possède un orifice central circulaire (figure I.6.c) de rayon R_i où la pression est égale à la pression ambiante, on a alors :

$$K_w = \frac{1}{2(R_e^2 - R_i^2)} \left[\frac{R_e^2 - R_2^2}{\ln (R_e / R_2)} - \frac{R_1^2 - R_i^2}{\ln (R_1 / R_i)} \right] \quad (1.16)$$

$$K_Q = \frac{\pi}{6} \left[\frac{1}{\ln (R_e / R_2)} + \frac{1}{\ln (R_1 / R_i)} \right] \quad (1.17)$$

Avec

$$S = \pi (R_e^2 - R_i^2) \quad (1.18)$$

1.3.3. Butée hydrostatique coniques

Ces butées assurent un guidage radial mais se comportent pratiquement comme une rotule.

1.3.3.1. Butée conique comportant un alvéole central

Une pompe, ou un autre organe, amène le fluide à la pression P_a dans l'espace circulaire centrale (figure 1.7.a).

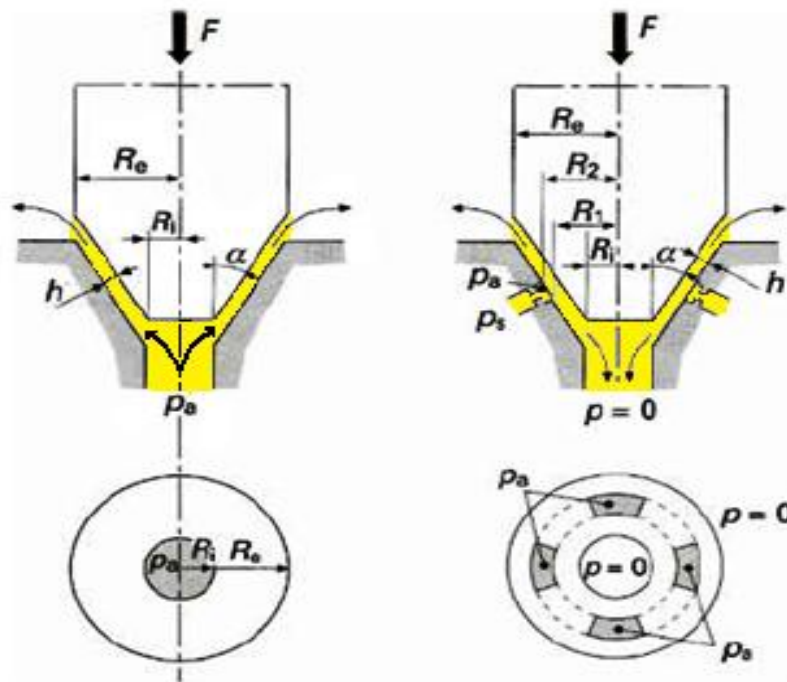
Le calcul analytique de la charge supportée par la butée, est effectué dans le plan projeté. Sous ces conditions les résultats sont identiques à ceux obtenus pour la butée plane circulaire:

$$p(r) = \frac{P_a \ln (r / R_e)}{\ln (R_i / R_e)} \quad (1-19)$$

$$K_w = \frac{1 - R_i^2 / R_e^2}{2 \ln (R_e / R_i)} \quad (1-20)$$

et

$$S = \pi R_e^2 \quad (1-21)$$



a) Butée conique à alvéole central b) Butée conique à 4 alvéoles

Figure 1.7: Butée conique

Chapitre I : Les Butées Hydrostatiques

L'expression du débit est différente car l'écoulement a lieu selon des directions parallèles aux génératrices du cône. Il vient :

$$K_Q = \frac{\pi \sin \alpha}{6 \ln (R_e / R_i)} \quad (1-22)$$

Si l'on compare les caractéristiques de cette butée avec celles d'une butée plane circulaire, on remarque que pour une même charge normale, la pression dans l'alvéole central et l'épaisseur du film sont identiques ; par contre, le débit est plus faible et le coefficient de frottement plus élevé. En statique, la capacité de charge radiale est nulle.

1.3.3.2 Butée conique à 4 alvéoles identiques et orifice central

Afin d'obtenir un guidage radial, on place le long d'une circonférence 4 alvéoles identiques (figure 1.7.b). Chacun de ces alvéoles est alimenté à travers une résistance hydraulique. Le calcul des caractéristiques de cette butée est identique aux calculs précédents. Si l'on suppose que la pression est constante dans l'espace annulaire $R_1 \leq r \leq R_2$ et égale à la pression P_a .

$$K_w = \frac{1}{2 (R_e^2 - R_i^2)} \left[\frac{(R_e^2 - R_2^2)}{\ln (R_e / R_2)} - \frac{R_1^2 - R_i^2}{\ln (R_1 / R_i)} \right] \quad (1-23)$$

$$K_Q = \frac{\pi \sin \alpha}{6} \left[\frac{1}{\ln (R_e / R_2)} + \frac{1}{\ln (R_1 / R_i)} \right] \quad (1-24)$$

$$S = \pi(R_e^2 - R_i^2) \quad (1-25)$$

La capacité de charge radiale est accrue si l'on pratique le long des génératrices du cône des rainures (figure 1.8). La fonction première de ces rainures est d'éviter l'interaction entre chaque alvéole. Leur présence, si elle augmente la capacité de charge radiale, nécessite, pour une même charge verticale, une pression dans les alvéoles et un débit plus important. Si la vitesse de rotation est grande, de l'air risque d'être introduit dans le mécanisme. La largeur et la profondeur de ces rainures doivent être environ 100 fois plus grandes que l'épaisseur du film lubrifiant

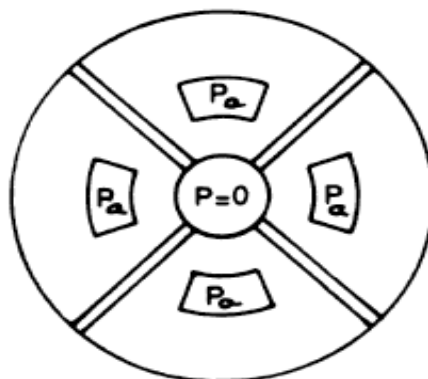
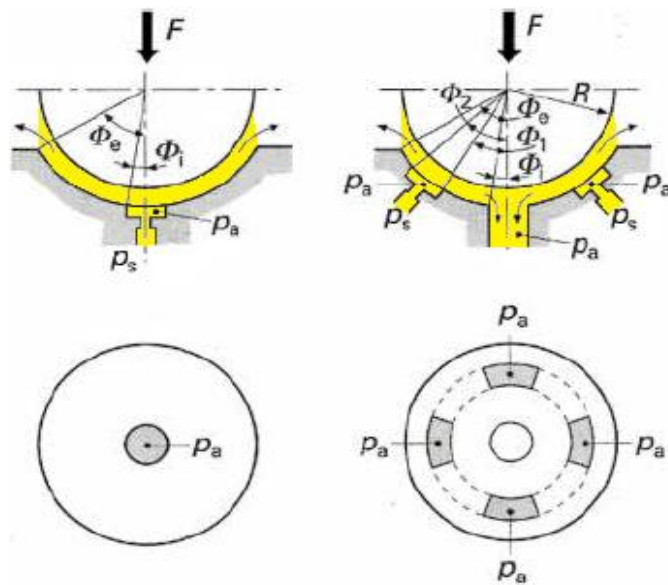


Figure 1.8: Butée conique à rainures

1.3.4 Butées hydrostatiques sphériques

Ces butées assurent un guidage aussi précis que les butées coniques, elles permettent de plus de la sphère sans qu'il y ait rupture du film fluide. Elles peuvent comporter un alvéole central ou plusieurs alvéoles indépendants (figure 1.9) Les rayons des deux sphères peuvent être ou non égaux. La majorité des butées sphériques de même rayon. Toutefois, si l'angle au centre $2\Phi_e$ est supérieur à 100° , il est nécessaire de prendre deux rayons différents afin d'éviter le contact du à un film trop mince (figure 1.10). Pour calculer les performances d'une butée sphérique, on ne peut plus se placer dans le plan projeté, du fait de la sphéricité des surfaces. Pour une butée à quatre alvéoles, (figure 1.9) [9] :



a) Butée sphérique à alvéole central

b) Butée sphérique à quatre alvéoles

Figure 1.9: Configuration de butées sphériques

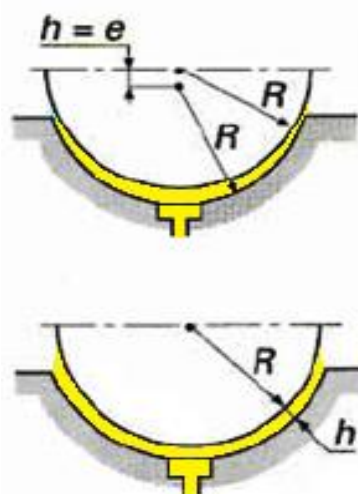


Figure 1.10: Influence du rayon des sphères

1.3.4.1 Butée sphérique à rayons déferents

1.3.4.1.1 Butée sphérique à un alvéole centrale

Les équations pour une butée sphérique à rayons déferents sont données en fonction de la surface et les angles intérieur et extérieur.

$$K_w = \frac{\pi R^2}{S} \left[\frac{\cos \Phi_i - \cos \Phi_e}{\ln \left[\tan (\Phi_e / 2) / \tan (\Phi_i / 2) \right]} \right] \quad (1-26)$$

$$K_Q = \frac{\pi}{6 \ln \left[\tan (\Phi_e / 2) / \tan (\Phi_i / 2) \right]} \quad (1-27)$$

avec

$$S = \pi R^2 \sin^2 \Phi_e \quad (1-28)$$

1.3.4.1.2 Butée sphérique à n alvéole identique

Les équations de K_w et K_Q Pour une butée à n alvéole identique sont données par les relations suivants:

$$K_w = \frac{\pi R^2}{S} \left[\frac{(\cos \Phi_2 - \cos \Phi_e)}{A} - \frac{(\cos \Phi_i - \cos \Phi_1)}{B} \right] \quad (1-29)$$

$$K_Q = \frac{\pi}{6} \left[\frac{1}{A} + \frac{1}{B} \right] \quad (1-30)$$

avec

$$S = \pi R^2 (\sin^2 \Phi_e - \sin^2 \Phi_i) \quad (1-31)$$

et

$$A = \ln \left[\tan (\Phi_e / 2) / \tan (\Phi_2 / 2) \right] \quad (1-32)$$

$$B = \ln \left[\tan (\Phi_1 / 2) / \tan (\Phi_i / 2) \right] \quad (1-33)$$

1.3.4.2 Butée sphérique de même rayon

1.3.4.2.1 Butée sphérique à un alvéole identique

Les équations pour une butée sphérique de même rayon sont données par:

$$K_w = \pi R^2 (\tan^2 \Phi_e - \tan^2 \Phi_i) / SC \quad (1-34)$$

$$K_Q = \pi / 3C \quad (1-35)$$

avec

$$S = \pi R^2 \sin^2 \Phi_e \quad (1-36)$$

et

$$C = \tan^2 \Phi_e - \tan^2 \Phi_i + \ln (\tan^2 \Phi_e / \tan^2 \Phi_i) \quad (1-37)$$

1.3.4.2.2 Butée sphérique à n alvéole identique

Pour plusieurs alvéole identiques les coefficients donner par :

$$K_w = \pi R^2 [(\tan^2 \Phi_e - \tan^2 \Phi_2) / D - (\tan^2 \Phi_1 - \tan^2 \Phi_i) / E] / S \quad (1-38)$$

$$K_Q = \pi [(1/D) + (1/E)] / 3 \quad (1-39)$$

avec

$$S = \pi R^2 (\sin^2 \Phi_e - \sin^2 \Phi_i) \quad (1-40)$$

et

$$D = \tan^2 \Phi_e - \tan^2 \Phi_2 + \ln (\tan^2 \Phi_e / \tan^2 \Phi_2) \quad (1-41)$$

$$E = \tan^2 \Phi_1 - \tan^2 \Phi_i + \ln (\tan^2 \Phi_1 / \tan^2 \Phi_i) \quad (1-42)$$

1.3.5 Butées cylindriques

Les butées cylindriques permettent de supporter, ou de guider, des arbres soumis à des charges unidirectionnelles avec un coefficient de frottement très réduit. De même que pour les butées sphériques les rayons peuvent être ou non égaux. Dans le cas de rayons identiques l'angle au centre interceptant le palier doit être inférieur à 45°. Selon la valeur de l'angle au centre, et il peut y avoir un ou plusieurs alvéoles. Il n'existe pas de solutions analytiques exactes permettant de calculer les caractéristiques d'une butée cylindrique

$$K_w = \frac{(1 - a / L) (\sin \Phi_e + \sin \Phi_2)}{2 \sin \Phi_e} \quad (1-43)$$

$$K_Q = \frac{1}{3} \left[\frac{0,25 (\Phi_e - \Phi_2)}{L/D} + \frac{L/D (1 - a / L)}{\Phi_e - \Phi_2} \right]$$

$$W = \frac{p_s L (2c + a)}{1 + \frac{LR_h h^3}{6\eta a}} \quad (1-44)$$

Avec

$$S = LD \sin\Phi_e \quad (1-45)$$

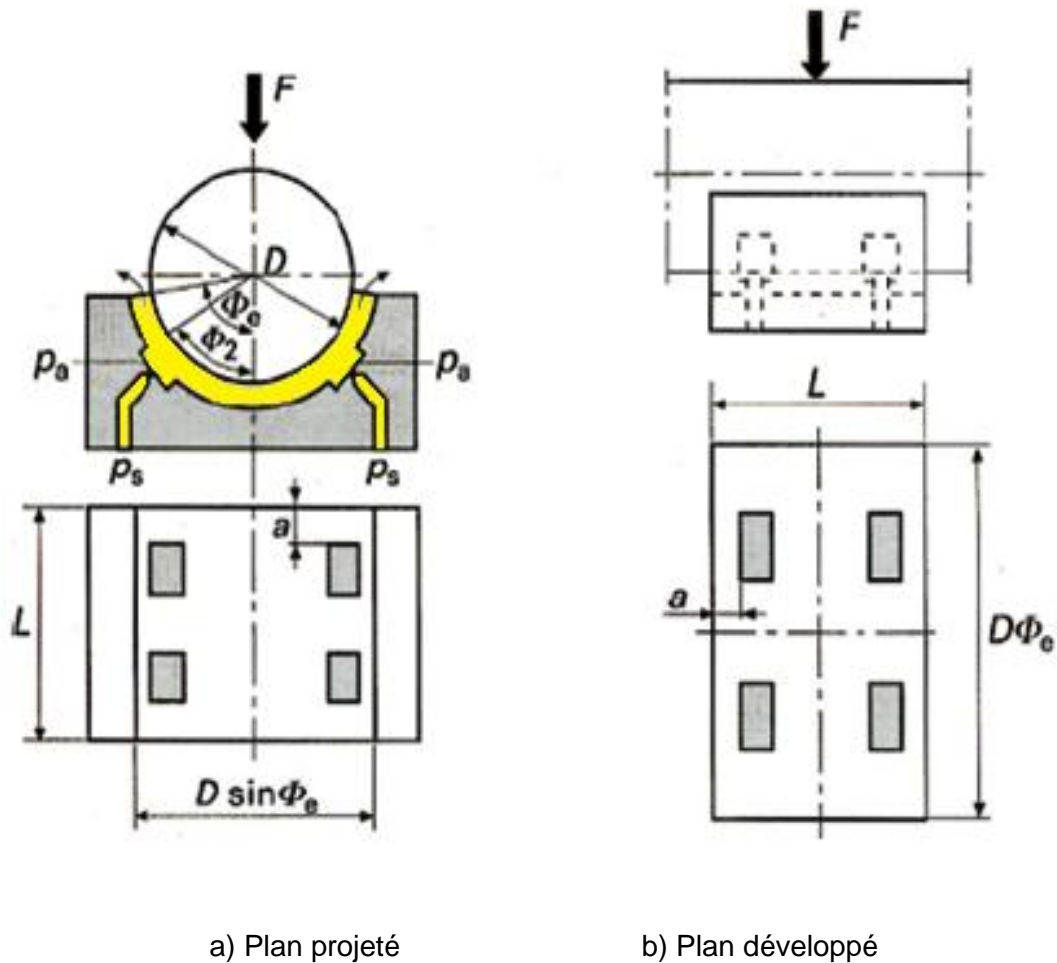


Figure 1.11: Butée cylindrique à 4 alvéoles

Si l'angle au centre $2\Phi_e$ interceptant le palier est inférieur à 60° , (figure 1.11), les Caractéristiques de la butée sont identiques à celles d'une butée plane ayant pour géométrie la projection de la butée cylindrique sur le plan normal à la charge, (figure 1.11.a).

Lorsque cet angle au centre est supérieur à 60° , mais inférieur ou égal à 180° , la charge portante est voisine de celle de la butée plane équivalente obtenue par projection. On peut avoir une valeur approchée du débit en développant les cylindres et en effectuant le calcul comme dans le cas d'une butée plane(figure 1.11.b).

Une erreur lors de l'estimation du débit qui est proportionnel au cube de l'épaisseur du film (h^3), n'a que très peu d'influence sur le comportement de la butée.

1.4. Étude d'une butée hydrostatatique

On a présenté une étude détaillée sur un seul type de butée hydrostatatique alimentée par une résistance hydraulique de type capillaire en régime laminaire.

Cette butée est :

- Butée hydrostatatique finie à simple effet.

1.4.1 Butées finie à un alvéole

Butée à un alvéole carrée. Les notations utilisées sont précisées sur la (figure 1.12).

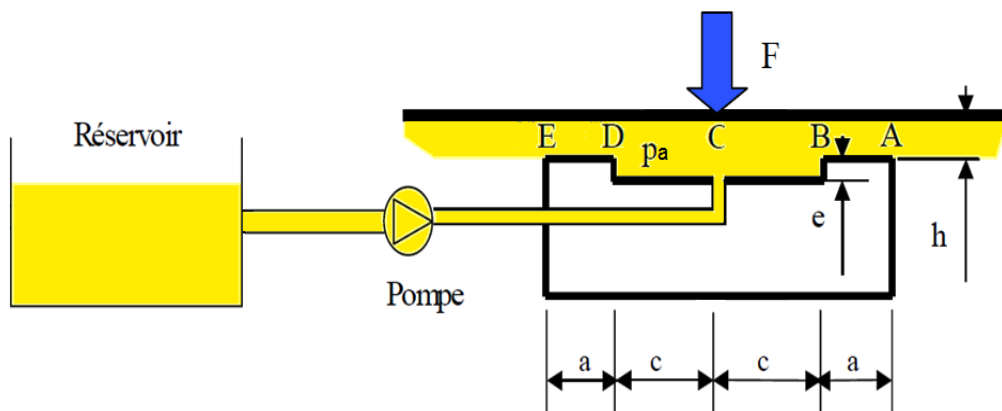


Figure 1.12: Schématisation d'un patin hydrostatatique à un alvéole

1.4.2 Méthode analytique approchée

On suppose que

- Dans l'alvéole la pression est constante et égale à P_a ;
- Sur le reste de la butée, les variations de la pression sont linéaires.

1.4.2.1 Calcul du champ de pression

La pression est connue entre B et D, sa valeur est P_a . L'approximation de la formule générale pour le film épais, appliquée aux zones AB et DE (La pression entre B et D est connue), donne :

$$h^3 \frac{\partial}{\partial x} \left[\frac{\partial p}{\partial x} \right] = 0 \quad (1.47)$$

avec $h \neq 0$

soit : $p(x) = \alpha x + \beta$

Les conditions aux limites en A, B, D, E permettent de calculer les constantes d'intégration. Si on choisit d'exprimer les pressions en échelle relative ($P=0$ pour la pression atmosphérique).

CL1 en D , $x = c$: $P = Pa$,

CL2 en E , $x = c + a$: $P = 0$ (ce qui correspond à une pression absolue : P_{atm}).

Le champ des pressions est linéaire, son allure correspond à celle présentée en (Figure 1.13).

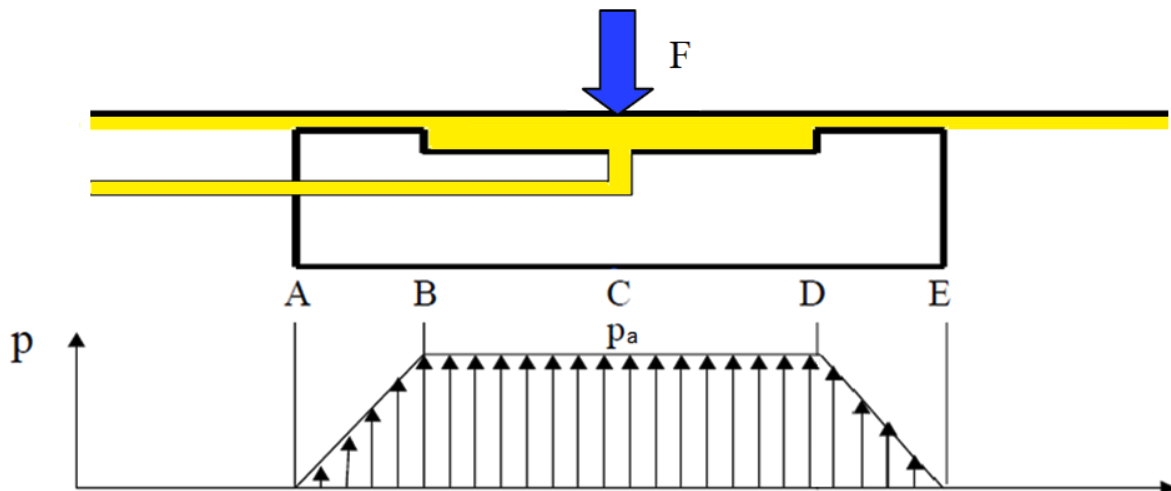


Figure 1.13 : Évolution de la pression dans le contact.

1.4.3. Asservissement de la pression en utilisant une résistance hydraulique en amont de la cavité.

La situation précédente s'avère parfaitement satisfaisante mais souffre sur le plan pratique d'un handicap majeur. Elle nécessite une pompe par alvéole ou alors d'installer des régulateurs volumétriques à chaque alvéole ce qui alourdit la conception. Pour des installations centralisées (plusieurs contacts et donc plusieurs alvéoles), un dispositif plus simple consiste à installer à l'entrée de la cavité une résistance hydraulique qui va créer un asservissement entre le débit et la perte de charge (Figure 8).

Cette résistance pourra être un simple rétrécissement (capillaire) de la canalisation d'amenée d'huile.

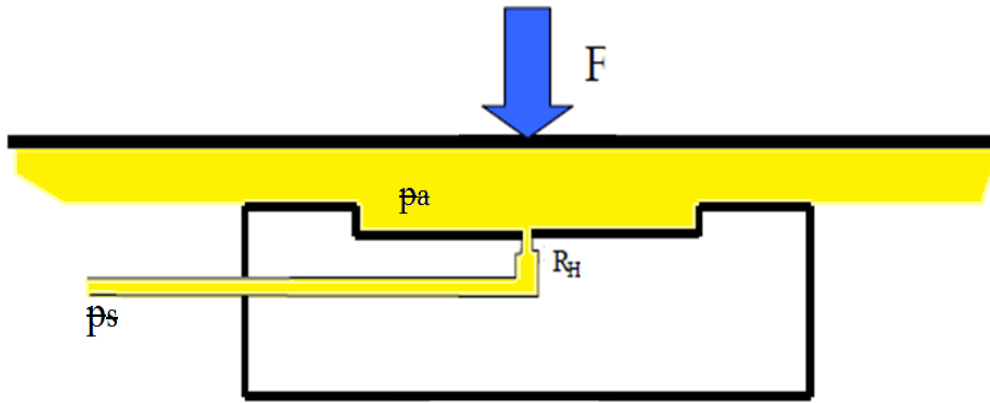


Figure 1.14 : Utilisation d'une résistance hydraulique

Dans ce cas, le débit Q est une inconnue mais si P_s est la pression réglée en sortie de pompe et si P_a reste la pression dans la cavité, on a les relations complémentaires suivantes :

$$Q = \frac{P_s - P_a}{R_h} \quad (1.48)$$

et $P_a = C^{te}$

Avec R_h résistance hydraulique en entrée de cavité

La formulation est la suivante :

(1.49)

$$W = \frac{p_s L (2c + a)}{1 + \frac{LR_h h^3}{6\eta a}}$$

On constate que ce dispositif permet d'asservir la force de portance W à la charge mécanique extérieure par variation de l'épaisseur du film d'huile. L'utilisation d'une pompe commune à plusieurs cavités est rendue possible par l'utilisation sur chaque cavité d'un limiteur de pression

1.4.4 Description de la géométrie

C'est une butée hydrostatique à une alvéole centrale carrée (axisymétrique). Afin de simplifier la géométrie, les deux coussinets du butée sont fixes (stationnaire). Système d'alimentation d'huile consiste d'une pompe, qui pompe avec une pression de **1 bar** .via un capillaire de diamètre **D** et une longueur **L_D** .L'huile est injectée dans l'alvéole 5, usinée dans la partie inférieure du partie, .

les paramètres suivants sont respectés:

- pression d'alimentation **p_s**
- pression de la cavité **p_a**
- épaisseur du film **H₂**
- La hauteur d'alvéole **H₁**
- température moyenne de l'huile, **T**.

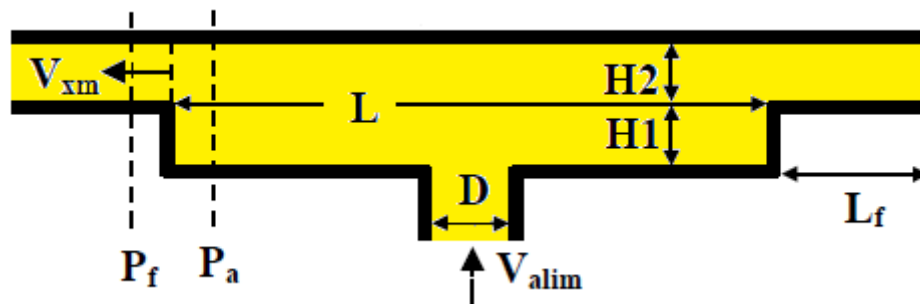


Figure 1.15 : Paramètres et géométrie de l'étude

$$D=5.76 \text{ mm} \quad L_D=58\text{mm} \quad L=27\text{mm}$$

$$L_f=15.5218\text{mm} \quad H_2=0.0762\text{mm}$$

$$H_1=E [0.3048 ; 11.5824] \text{ mm}$$

1.4.5 Caractéristiques des lubrifiants

Les caractéristiques du lubrifiant utilisé dans cette étude est mentionné dans le tableau suivant :

Tableau 01: Caractéristique de lubrifiants

| Conductivité Thermique W/m.K | Viscosité dynamique μ [Pa.s] | Masse volumique du lubrifiant ρ [kg/m ³] | Chaleur spécifique C_p [J/kg°C] |
|------------------------------------|----------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|-----------------------------------------|
| 0.118 | 0.12347 | 1008.4 | 1562 |

1.5. Avantages et inconvénients des butées hydrostatiques

Par rapport aux autres types de support, la différence essentielle est qu'il n'y a jamais de contact entre les deux surfaces puisqu'une pompe extérieure permet l'introduction de liquide sous pression à l'intérieur de la zone de contact et assure donc l'existence permanente d'un film lubrifiant même à vitesse nulle. Cela entraîne les avantages suivants

- L'absence d'usure ;
- Un coefficient de frottement très faible ;
- Une très grande raideur, permettant de conserver un positionnement précis malgré des fluctuations de charge importantes ;
- L'inexistence de concentrations de contraintes car, La pression étant sensiblement constante dans l'alvéole, la charge est supportée par une grande surface ;
- Des problèmes thermiques au sein du film lubrifiant très souvent secondaires, car on est en présence d'un écoulement forcé à débit important ainsi l'hypothèse d'un régime d'écoulement isotherme est justifiée.

Les inconvénients majeurs des dispositifs hydrostatiques sont leur coût, car ils nécessitent une pompe, des filtres, des régulateurs de pression, etc. Car le moindre incident dans le système d'alimentation peut entraîner la destruction des surfaces.

Du fait de l'environnement majeur des dispositifs hydrostatiques sont leur coût de sa réalisation et dans l'absence de standardisation, on a recours à un système hydrostatique lorsqu'un roulement ou un palier hydrodynamique ne permet pas un fonctionnement correct.

Les avantages énumérés précédemment montrent que le domaine d'utilisation des butées et paliers hydrostatiques est très vaste. Citons quelques applications particulières

- Les télescopes et grande antennes radars, qui doivent se déplacer très lentement et de façon régulière.
- Les cylindres pour broyeurs de minerai, dans lesquels les températures ambiantes sont très élevées.
- Les machines-outils de précision et les machines de contrôle, où une grande précision de centrage et une grande rigidité sont nécessaires.
- Les turbopompes, utilisées pour véhiculer des fluides cryogéniques à très basse température et animées de grandes vitesses de rotation.
- Les dispositifs de mesure sur machines d'essai, qui nécessitent d'isoler des éléments afin de mesurer précisément les efforts.

Un très grand nombre d'études ont été consacrées à la lubrification hydrostatique ; la plupart d'entre elles traitent de problèmes spécifiques et ont été publiées dans des revues spécialisées, nous ne donnerons en référence que les ouvrages à caractère général. Au cours des années 1980 à 1990 les publications ont été principalement axées sur le fonctionnement en régime non laminaire, avec comme principale application les turbopompes utilisées dans le domaine spatial.

Il faut également noter une série d'articles liés aux dispositifs de régulation afin de contrôler les raideurs et les amortissements en fonctions de charge par exemple.