
**Paliers lisses hydrodynamiques radiaux
fonctionnant en régime stabilisé — Paliers
circulaires cylindriques —**

**Partie 1:
Méthode de calcul**

iTeh STANDARD PREVIEW

*Hydrodynamic plain journal bearings under steady-state conditions —
Circular cylindrical bearings —*

Part 1: Calculation procedure

ISO 7902-1:1998

<https://standards.itih.ai/catalog/standards/sist/a636baab-0fe8-41f1-a2fc-a489f38d42c9/iso-7902-1-1998>



Avant-propos

L'ISO (Organisation internationale de normalisation) est une fédération mondiale d'organismes nationaux de normalisation (comités membres de l'ISO). L'élaboration des Normes internationales est en général confiée aux comités techniques de l'ISO. Chaque comité membre intéressé par une étude a le droit de faire partie du comité technique créé à cet effet. Les organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales, en liaison avec l'ISO participent également aux travaux. L'ISO collabore étroitement avec la Commission électrotechnique internationale (CEI) en ce qui concerne la normalisation électrotechnique.

Les projets de Normes internationales adoptés par les comités techniques sont soumis aux comités membres pour vote. Leur publication comme Normes internationales requiert l'approbation de 75 % au moins des comités membres votants.

La Norme internationale ISO 7902-1 a été élaborée par le comité technique ISO/TC 123, *Paliers lisses*, sous-comité SC 4, *Méthodes de calcul des paliers lisses*.

L'ISO 7902 comprend les parties suivantes, présentées sous le titre général *Paliers lisses hydrodynamiques radiaux fonctionnant en régime stabilisé — Paliers circulaires cylindriques*:

- *Partie 1: Méthode de calcul*
- *Partie 2: Fonctions utilisées pour le calcul*
- *Partie 3: Paramètres opérationnels admissibles*

Les annexes A et B de la présente partie de l'ISO 7902 sont données uniquement à titre d'information.

© ISO 1998

Droits de reproduction réservés. Sauf prescription différente, aucune partie de cette publication ne peut être reproduite ni utilisée sous quelque forme que ce soit et par aucun procédé, électronique ou mécanique, y compris la photocopie et les microfilms, sans l'accord écrit de l'éditeur.

Organisation internationale de normalisation
Case postale 56 • CH-1211 Genève 20 • Suisse
Internet central@iso.ch
X.400 c=ch; a=400net; p=iso; o=isocs; s=central

Imprimé en Suisse

Paliers lisses hydrodynamiques radiaux fonctionnant en régime stabilisé — Paliers circulaires cylindriques —

Partie 1: Méthode de calcul

1 Domaine d'application

La présente partie de l'ISO 7902 prescrit une méthode de calcul des paliers lisses hydrodynamiques à lubrification par huile dont l'arbre et les surfaces de frottement sont complètement séparés par une pellicule de lubrifiant.

Elle traite des paliers circulaires à portée angulaire Ω , de 360°, 180°, 150°, 120° et 90° dont le segment d'arc est mis en charge en son centre et dont le jeu circulaire est constant à quelques petites déformations négligeables près résultant de la pression et de la température de la pellicule lubrifiante.

La méthode de calcul sert à optimiser les cotes des paliers lisses utilisés dans les turbines, les générateurs, les moteurs électriques, les engrenages, les trains de laminage, les pompes et autres machines. Elle est limitée aux paliers en régime stabilisé, c'est-à-dire fonctionnant dans des conditions continues, sans variation de l'ampleur et du sens de la mise en charge ni vitesses angulaires des parties tournantes. Elle reste applicable si le palier lisse complet est soumis à une force constante tournant à n'importe quelle vitesse. Elle ne tient pas compte des mises en charge dynamiques, c'est-à-dire qui varient en ampleur et sens avec le temps telles que peuvent en donner les rotors rapides du fait des vibrations et de l'instabilité de fonctionnement.

2 Références normatives

Les normes suivantes contiennent des dispositions qui, par suite de la référence qui en est faite, constituent des dispositions valables pour la présente partie de l'ISO 7902. Au moment de la publication, les éditions indiquées étaient en vigueur. Toute norme est sujette à révision et les parties prenantes des accords fondés sur la présente partie de l'ISO 7902 sont invitées à rechercher la possibilité d'appliquer les éditions les plus récentes des normes indiquées ci-après. Les membres de la CEI et de l'ISO possèdent le registre des Normes internationales en vigueur à un moment donné.

ISO 3448:1992, *Lubrifiants liquides industriels — Classification ISO selon la viscosité.*

ISO 7902-2:1998, *Paliers lisses hydrodynamiques radiaux fonctionnant en régime stabilisé — Paliers circulaires cylindriques — Partie 2: Fonctions utilisées pour le calcul.*

ISO 7902-3:1998, *Paliers lisses hydrodynamiques radiaux fonctionnant en régime stabilisé — Paliers circulaires cylindriques — Partie 3: Paramètres opérationnels admissibles.*

ISO 7904-2:1995, *Paliers lisses — Symboles — Partie 2: Applications.*

3 Base de calcul, hypothèses et conditions préalables

3.1 La base de calcul est toujours la solution numérique de l'équation différentielle de Reynolds appliquée à une longueur finie de palier, compte tenu des conditions physiquement correctes aux limites engendrant les pressions:

$$\frac{\partial}{\partial x} \left(h^3 \frac{\partial p}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(h^3 \frac{\partial p}{\partial z} \right) = 6\eta (u_J + u_B) \frac{\partial h}{\partial x} \quad \dots (1)$$

Les symboles sont donnés dans l'article 5.

Voir [1] à [3] et [11] à [14] de l'annexe B pour la dérivation de l'équation différentielle de Reynolds et [4] à [6] et [12] et [13] pour la solution numérique.

3.2 Les hypothèses et conditions préalables idéales dont la validité a été confirmée de façon suffisante par l'expérimentation et la pratique sont les suivantes:

- a) Le lubrifiant est un fluide newtonien.
- b) Tous les écoulements de lubrifiant sont laminaires.
- c) Le lubrifiant adhère totalement aux surfaces de frottement.
- d) Le lubrifiant est incompressible.
- e) Dans la zone sous charge, la rainure de graissage est complètement remplie de lubrifiant. Le remplissage dans la zone non chargée dépend du mode d'alimentation en lubrifiant.
- f) Les effets dus à l'inertie, aux forces de la pesanteur et aux forces magnétiques du lubrifiant sont négligeables.
- g) Les éléments formant la rainure de graissage sont rigides ou leur déformation est négligeable. Leur surface est un cylindre circulaire idéal.
- h) Les rayons de courbure des surfaces en mouvement les unes par rapport aux autres sont importants par rapport à l'épaisseur de la pellicule de lubrifiant.
- i) Dans le sens axial (axe z), l'épaisseur de la pellicule de lubrifiant demeure constante.
- j) Les fluctuations de pression à l'intérieur de la pellicule de lubrifiant perpendiculairement à la surface du palier (axe y) sont négligeables.
- k) Il n'existe pas de mouvement normal à la surface du palier (axe y).
- l) Le lubrifiant est isovisqueux dans la totalité de la rainure de graissage.
- m) Le lubrifiant est introduit au niveau du coussinet de palier où la rainure de graissage est la plus large. La pression d'alimentation en lubrifiant est négligeable par rapport aux pressions s'exerçant dans la pellicule lubrifiante.

3.3 Les conditions aux limites engendrant les pressions dans la pellicule lubrifiante remplissent les critères de continuité suivants:

- au niveau du bord d'attaque du profil de pression: $p(\varphi_1, z) = 0$
- au niveau du bord du palier: $p(\varphi, z = \pm B/2) = 0$
- au niveau du bord de fuite du profil des pressions: $p[\varphi_2(z), z] = 0$
- et $\partial p / \partial \varphi[\varphi_2(z), z] = 0$

Pour certains types ou dimensions de paliers, il est bon de spécifier les conditions aux limites.

Dans les paliers partiels, si l'inéquation suivante est satisfaite:

$$\varphi_2 - (\pi - \beta) < \frac{\pi}{2}$$

le bord de fuite du profil des pressions se trouvera à la sortie du palier:

$$p(\varphi = \varphi_2, z) = 0$$

3.4 On pratique l'intégration numérique de l'équation différentielle de Reynolds — éventuellement par transformation de la pression comme le suggèrent [3], [11] et [12] — ou par transformation en équation différentielle appliquée à une grille de points d'appui, ce qui donne un système d'équations linéaires. La précision de l'intégration numérique dépend du nombre de points d'appui; il y a avantage à utiliser la grille à points non équidistants suggérée en [6] et [13]. Après substitution dans l'équation des conditions aux limites au bord de fuite du profil des pressions, l'intégration donne la répartition des pressions dans le sens axial sur la circonférence.

L'application du principe de similitude à la théorie des paliers lisses hydrodynamiques donne des grandeurs de similitude sans dimensions pour les paramètres intéressants du type capacité de charge, comportement au frottement, débit de lubrifiant, longueur relative du palier, etc. L'utilisation de ces grandeurs de similitude réduit le nombre de solutions numériques à trouver à l'équation différentielle de Reynolds (voir ISO 7902-2). D'autres solutions sont également valables si elles remplissent les conditions fixées dans l'ISO 7902-2 et ont une précision numérique comparable.

iTeh STANDARD PREVIEW

3.5 L'ISO 7902-3 renferme les paramètres opérationnels admissibles sur lesquels les calculs doivent être orientés pour garantir un fonctionnement correct des paliers lisses.

Dans des cas particuliers, il est permis de se mettre d'accord sur des paramètres différents.

ISO 7902-1:1998
<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/a636baab-0fe8-41f1-a2fc-a489f38d42c9/iso-7902-1-1998>

4 Méthode de calcul

4.1 Par calcul on entend la détermination du fonctionnement correct à partir de paramètres de fonctionnement réels (voir figure 1) comparables aux paramètres opérationnels. Les paramètres de fonctionnement définis dans des conditions opératoires variables doivent donc se trouver dans les limites admissibles fixées pour les paramètres opérationnels. Il faut donc déterminer toutes les conditions opératoires en fonctionnement continu.

4.2 L'absence d'usure n'est garantie que si le lubrifiant garantit une séparation complète des surfaces homologues d'un palier. Un fonctionnement continu en régime mixte entraîne des défaillances. Il est inévitable de faire fonctionner les paliers en régime mixte pendant de brèves périodes, par exemple au démarrage et à l'arrêt des machines, et cela n'endommage en général pas les paliers, mais lorsque le palier est soumis à une lourde charge, il peut s'avérer nécessaire de prévoir des dispositions hydrostatiques auxiliaires pour le démarrage et l'arrêt à faible vitesse. L'aptitude au rodage et l'usure adaptée peuvent compenser les écarts par rapport à la surface géométrique idéale lorsque ces phénomènes sont d'ampleur limitée en surface et dans le temps et n'entraînent pas de surcharge. Dans certains cas, un rodage spécifique peut être intéressant, selon le matériau choisi.

4.3 Les limites de charge mécanique sont fonction de la résistance du matériau antifricction. De petites déformations rémanentes sont admises si elles n'affectent pas le fonctionnement correct du palier.

4.4 Les limites de charge thermique sont fonction de la stabilité thermique du matériau antifricction mais aussi des relations viscosité/température et de la tendance à la dégradation du lubrifiant.

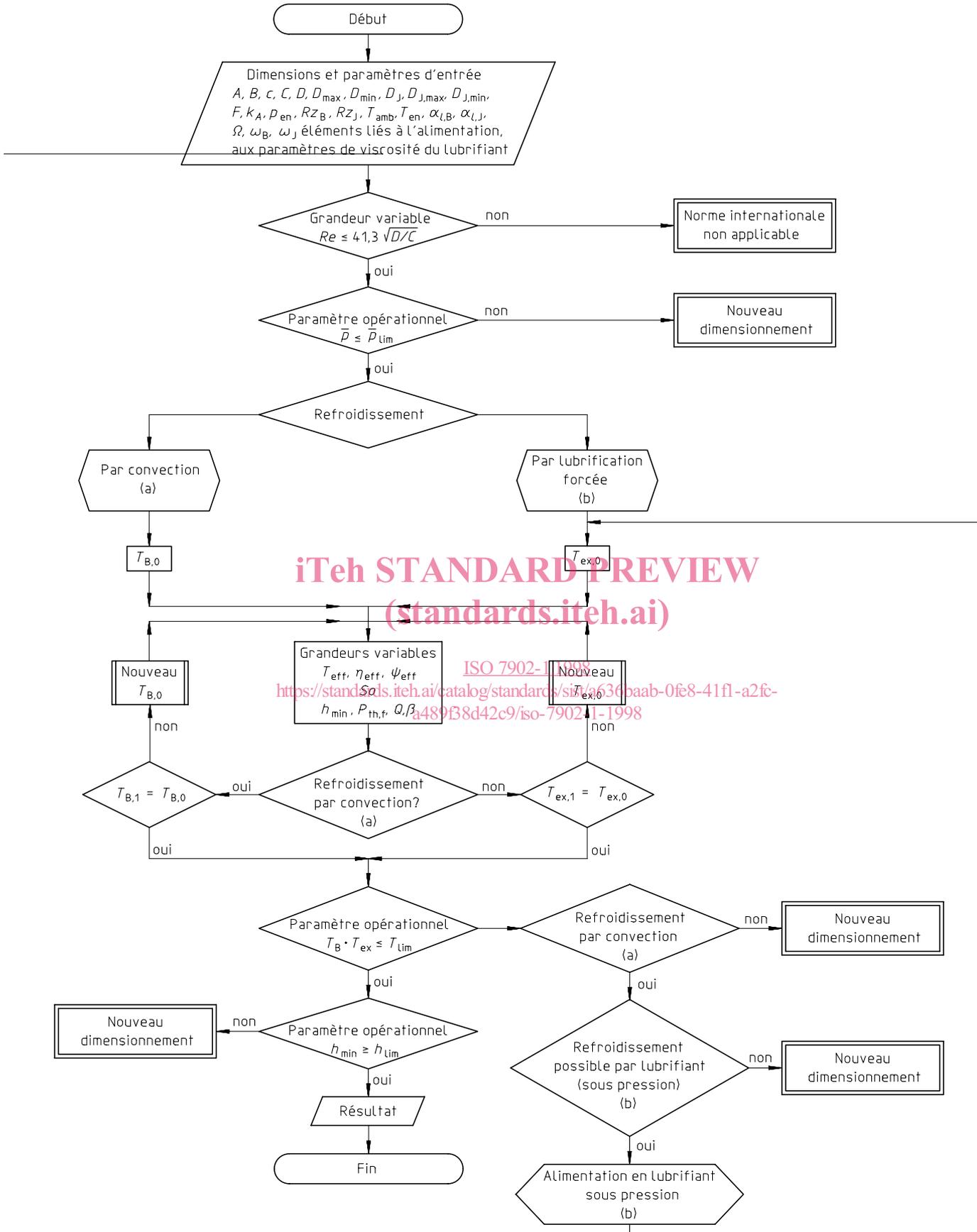


Figure 1 — Abaque de calcul

4.5 Un calcul correct des paliers lisses suppose avant tout que l'on connaisse les conditions opératoires dans tous les cas de fonctionnement continu. En pratique toutefois, il intervient fréquemment des phénomènes qui ne sont pas connus au stade de la conception et ne sont pas toujours prévisibles. Aussi est-il recommandé de prévoir une certaine marge de sécurité entre les paramètres réels de fonctionnement et les paramètres opérationnels permis. Parmi les phénomènes perturbateurs, on peut citer, par exemple:

- les forces parasites (balourd, vibrations, etc.);
- écarts de forme géométrique (tolérances d'usinage, écarts de montage, etc.);
- contamination du lubrifiant par la poussière, l'eau, l'air, etc.;
- corrosion, érosion électrique, etc.

D'autres grandeurs d'influence sont indiquées en 6.7.

4.6 Le nombre de Reynolds sert à vérifier que l'ISO 7902-2, dans laquelle un écoulement laminaire est nécessaire dans la rainure de graissage, est bien applicable:

$$Re = \frac{\rho U_J \frac{C_{R,eff}}{2}}{\eta} = \frac{\pi D N_J \frac{C_{R,eff}}{2}}{v} \leq 41,3 \sqrt{\frac{D}{C_{R,eff}}} \quad \dots (2)$$

Dans les paliers lisses, dont $Re > 41,3 \sqrt{\frac{D}{C_{R,eff}}}$ (en raison par exemple d'une vitesse périphérique élevée), il faut s'attendre à des coefficients de perte élevés et à des températures importantes dans le palier. La capacité de charge peut également augmenter. Les paliers à écoulement turbulent ne peuvent pas être calculés à l'aide de la présente partie de l'ISO 7902.

ISO 7902-1:1998

[https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/a636baab-0fe8-41f1-a2fc-](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/a636baab-0fe8-41f1-a2fc-a489f38d42c9/iso-7902-1-1998)

[a489f38d42c9/iso-7902-1-1998](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/a636baab-0fe8-41f1-a2fc-a489f38d42c9/iso-7902-1-1998)

4.7 Le calcul des paliers lisses tient compte des facteurs suivants (fonction des dimensions du palier et des données opérationnelles que l'on connaît):

- rapport entre la capacité de charge et l'épaisseur de la pellicule lubrifiante;
- la puissance de frottement;
- le débit de lubrifiant;
- le bilan thermique.

Ces facteurs sont tous interdépendants.

La solution est recherchée par une méthode itérative dont la procédure est illustrée à la figure 1.

Pour optimiser les divers paramètres, on peut les faire varier et également modifier la suite des opérations.

5 Symboles et unités

Voir figure 2 et tableau 1.

Épaisseur minimale de la pellicule de lubrifiant, h_{\min} :

$$h_{\min} = \frac{D - D_J}{2} - e = 0,5D\psi(1 - \varepsilon)$$

où l'excentricité relative, ε , est donnée par

$$\varepsilon = \frac{e}{\frac{D - D_J}{2}}$$

Si

$$\varphi_2 - (\pi - \beta) < \frac{\pi}{2}$$

alors

$$h_{\min} = 0,5D\psi(1 + \varepsilon \cos \varphi_2)$$

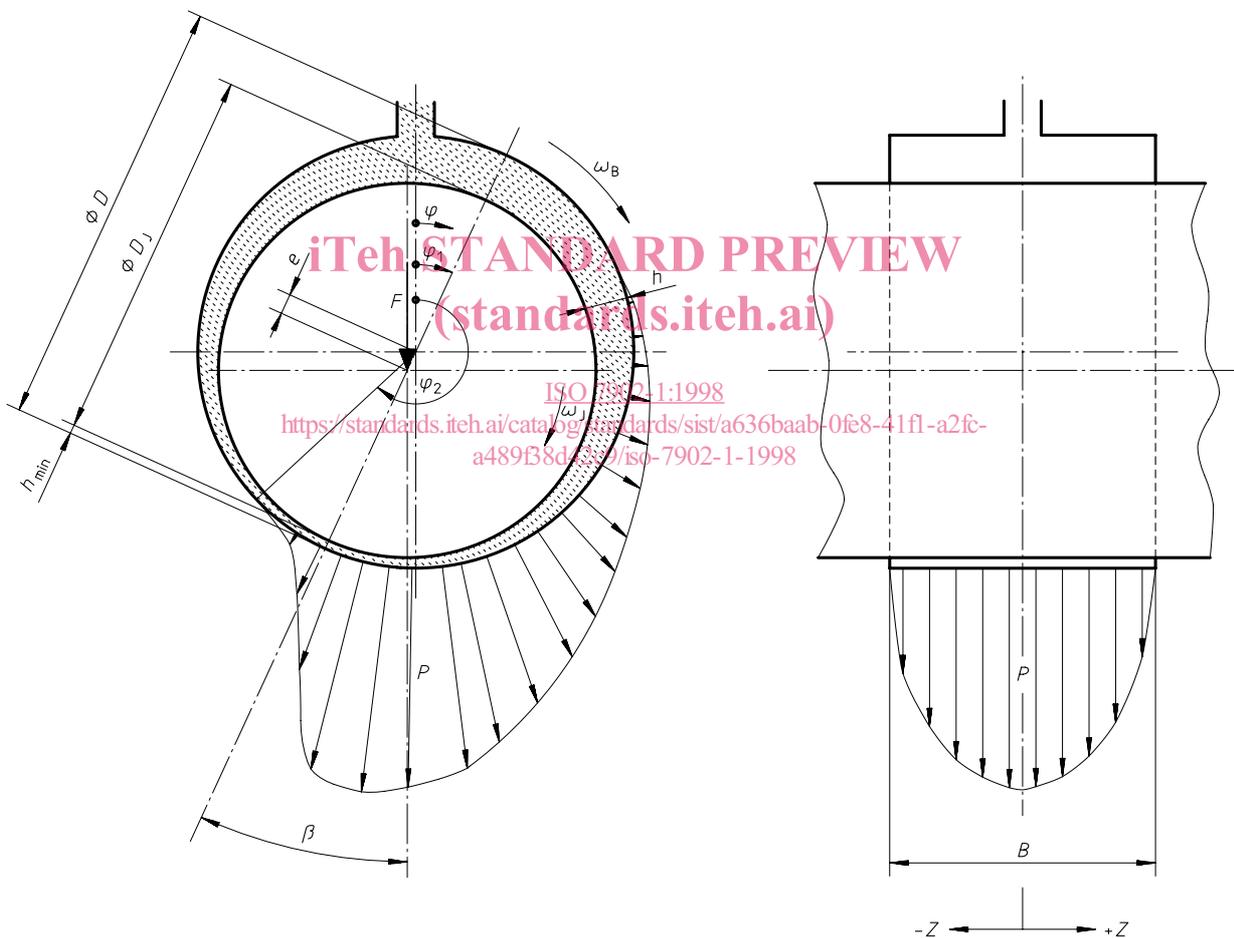


Figure 2 — Illustration des symboles

Tableau 1 — Symboles et leurs désignations

Symbole	Désignation	Unité
A	Surface émettant de la chaleur (logement)	m ²
b_G	Largeur de la rainure de graissage	m
B	Largeur nominale du palier	m
c	Capacité de chaleur massique du lubrifiant	J/(kg·K)
C	Jeu nominal du palier	m
$C_{R,eff}$	Jeu radial utile du palier	m
d_L	Diamètre du trou de graissage	m
D	Diamètre nominal du palier (diamètre intérieur)	m
D_J	Diamètre nominal de l'arbre	m
$D_{J,max}$	Valeur maximale de D_J	m
$D_{J,min}$	Valeur minimale de D_J	m
D_{max}	Valeur maximale de D	m
D_{min}	Valeur minimale de D	m
e	Excentricité entre l'axe d'un arbre et l'axe du palier	m
E	Module d'élasticité	1
f	Coefficient de frottement	1
F	Force d'appui (charge nominale)	N
F_f	Force de frottement dans la zone sous charge du film de lubrifiant	N
F'_f	Force de frottement dans la zone non chargée du film de lubrifiant	N
G	Module de cisaillement	1
h	Épaisseur locale du film de lubrifiant	m
h_{lim}	Épaisseur minimale admissible du film de lubrifiant	m
h_{min}	Épaisseur minimale du film de lubrifiant	m
h_{wav}	Ondulation de la surface de frottement	m
$h_{wav,eff}$	Ondulation utile de la surface de frottement	m
$h_{wav,eff,lim}$	Ondulation utile maximale admissible de la surface de frottement	m
k_A	Coefficient de transmission thermique extérieure (aire de référence A)	W/(m ² ·K)
l_G	Longueur de la rainure de graissage	m
l_P	Longueur de la poche à huile	m
L_H	Longueur du logement de palier à angle droit de l'axe	m
N_B	Fréquence de rotation du palier	m/s
N_F	Fréquence de rotation de la force d'appui	m/s
N_J	Fréquence de rotation de l'arbre	m/s
p	Pression locale du film de lubrifiant	Pa
\bar{p}	Charge spécifique	Pa
p_{en}	Pression d'alimentation en lubrifiant	Pa
p_{lim}	Pression admissible du film de lubrifiant	Pa
\bar{p}_{lim}	Charge spécifique admissible sur le palier	Pa
P_f	Puissance de frottement	W
P_{th}	Débit thermique	W
$P_{th,amb}$	Débit thermique à l'ambiante	W
$P_{th,f}$	Débit thermique en fonction de la puissance de frottement	W
$P_{th,L}$	Débit thermique dans le lubrifiant	W
Q	Débit de lubrifiant	m ³ /s
Q_1	Débit de lubrifiant à l'entrée de l'ouverture	m ³ /s
Q_2	Débit de lubrifiant à la sortie de l'ouverture	m ³ /s
Q_3	Débit de lubrifiant dû à la pression hydrodynamique	m ³ /s
Q_3^*	Paramètre de débit de lubrifiant dû à la pression hydrodynamique	1

Symbole	Désignation	Unité
Q_p	Débit de lubrifiant en fonction de la pression d'alimentation	m ³ /s
Q_p^*	Paramètre de débit de lubrifiant en fonction de la pression d'alimentation	1
R_{zB}	Hauteur moyenne de crête à creux de la surface de frottement du palier	m
R_{zJ}	Hauteur moyenne de crête à creux de la surface correspondante de l'arbre	m
Re	Nombre de Reynolds	1
So	Nombre de Sommerfeld	1
T_{amb}	Température ambiante	°C
T_B	Température du palier	°C
$T_{B,0}$	Température initiale supposée du palier	°C
$T_{B,1}$	Température calculée du palier résultant d'une itération	°C
T_{en}	Température du lubrifiant à l'entrée du palier	°C
T_{ex}	Température du lubrifiant à la sortie du palier	°C
$T_{ex,0}$	Température initiale supposée du lubrifiant à la sortie du palier	°C
$T_{ex,1}$	Température calculée du lubrifiant à la sortie du palier	°C
T_J	Température de l'arbre	°C
T_{lim}	Température maximale admissible du palier	°C
\bar{T}_L	Température moyenne du lubrifiant	°C
U_B	Vitesse périphérique du palier	m/s
U_J	Vitesse périphérique de l'arbre	m/s
v_a	Vitesse de l'air de ventilation	m/s
x	Coordonnée parallèle à la surface de frottement, dans le sens circonférentiel	m
y	Coordonnée perpendiculaire à la surface de frottement	m
z	Coordonnée parallèle à la surface de frottement, dans le sens axial	m
$\alpha_{l,B}$	Coefficient de dilatation thermique linéaire du palier	K ⁻¹
$\alpha_{l,J}$	Coefficient de dilatation thermique linéaire de l'arbre	K ⁻¹
β	Angle d'assiette (position angulaire de l'excentricité de l'arbre par rapport à la direction d'application de la charge)	°
δ_J	Défaut d'alignement angulaire de l'arbre	rad
ε	Excentricité relative	1
η	Viscosité dynamique du lubrifiant	Pa·s
η_{eff}	Viscosité dynamique effective du lubrifiant	Pa·s
ν	Viscosité cinématique du lubrifiant	Pa·s
ξ	Coefficient de résistance à la rotation dans la zone sous charge du film de lubrifiant	1
ξ'	Coefficient de résistance à la rotation dans la zone non chargée du film de lubrifiant	1
ξ_G	Coefficient de résistance à la rotation dans la zone de la rainure circulaire de graissage	1
ξ_P	Coefficient de résistance à la rotation dans la zone de la poche à huile	1
ρ	Masse volumique du lubrifiant	kg/m ³
φ	Coordonnée angulaire dans le sens circonférentiel	rad
φ_1	Coordonnée angulaire du bord d'attaque	rad
φ_2	Coordonnée angulaire du bord de fuite	rad
ψ	Jeu relatif du palier	1
$\bar{\psi}$	Jeu moyen relatif du palier	1
ψ_{eff}	Jeu relatif utile du palier	1
ψ_{max}	Valeur maximale de ψ	1
ψ_{min}	Valeur minimale de ψ	1
ω_B	Vitesse angulaire du palier	s ⁻¹
ω_h	Vitesse angulaire hydrostatique	s ⁻¹
ω_J	Vitesse angulaire de l'arbre	s ⁻¹
Ω	Portée angulaire du segment de palier	°
Ω_G	Portée angulaire de la rainure de graissage	°
Ω_P	Portée angulaire de la poche d'huile	°

6 Définition des symboles

6.1 Capacité de charge

Le paramètre caractéristique de la capacité de charge est le nombre de Sommerfeld, S_o , nombre sans dimension:

$$S_o = \frac{F \psi_{\text{eff}}^2}{DB \eta_{\text{eff}} \omega_h} = S_o \left(\varepsilon, \frac{B}{D}, \Omega \right) \quad \dots (3)$$

Les valeurs de S_o sont données dans l'ISO 7902-2 en fonction de l'excentricité relative ε , de la longueur relative de palier B/D et du battement angulaire du segment de palier Ω . Les variables ω_h , η_{eff} et ψ_{eff} tiennent compte des effets thermiques, de la vitesse angulaire de l'arbre et du palier, et de la force dans le palier (voir 6.4 et 6.7).

L'excentricité relative ε décrit, avec l'angle d'inclinaison β (voir ISO 7902-2), la valeur et la position de l'épaisseur minimale de la pellicule de lubrifiant. Dans un palier complet ($\Omega = 360^\circ$), l'huile doit être introduite là où le jeu est le plus grand ou, compte tenu du sens de rotation, juste avant. C'est la raison pour laquelle il est utile de connaître l'angle d'inclinaison β .

6.2 Perte par frottement

Le frottement engendré dans un palier lisse hydrodynamique par la contrainte de cisailage visqueux est caractérisé par le coefficient de frottement $f = F_f/F$ et par les caractéristiques non dimensionnelles dérivées de perte par frottement ξ et f/ψ_{eff} .

$$\xi = \frac{F_f \psi_{\text{eff}}}{DB \eta_{\text{eff}} \omega_h} \quad \dots (4)$$

$$\frac{f}{\psi_{\text{eff}}} = \frac{\xi}{S_o} \quad \dots (5)$$

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

ISO 7902-1:1998

[https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/a636baab-0fe8-41f1-a2fc-](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/a636baab-0fe8-41f1-a2fc-418078d1309/iso-7902-1-1998)

Ces formules sont applicables si l'on tient compte de la perte par frottement uniquement dans la partie sous charge de la pellicule de lubrifiant.

S'il est nécessaire de calculer la perte par frottement dans la partie sous charge et dans la partie non chargée, les valeurs de

$$f, F_f, \xi, \frac{f}{\psi_{\text{eff}}}$$

sont remplacées par

$$f', F_f', \xi', \frac{f'}{\psi_{\text{eff}}}$$

dans les équations (4) et (5), ce qui revient à dire que tout le jeu est rempli de lubrifiant.

Les valeurs de f/ψ_{eff} et f'/ψ_{eff} sont données dans l'ISO 7902-2 pour diverses valeurs de ε , B/D et Ω .

L'ISO 7902-2 donne également les valeurs approchées des équations dérivées de [15] qui servent à déterminer la perte par frottement dans le palier due aux poches à huile et rainures de graissage.

Le frottement ou la chaleur produite dans le palier s'exprime sous la forme

$$P_f = P_{\text{th},f} = fF \quad \dots (6)$$

$$P_f' = f'F \quad \dots (7)$$

6.3 Débit de lubrifiant

Le lubrifiant introduit dans le palier forme une pellicule qui sépare les surfaces de frottement. L'augmentation de pression dans cette pellicule chasse le lubrifiant vers les extrémités du palier.

La proportion Q_3 de débit de lubrifiant résultant de cette augmentation de pression hydrodynamique est

$$Q_3 = D^3 \psi_{\text{eff}} \omega_h Q_3^* \quad \dots (8)$$

où $Q_3^* = Q_3^*(\varepsilon, B/D, \Omega_1)$ est donné dans l'ISO 7902-2.

Il se produit également un écoulement de lubrifiant dans le sens circulaire par la rainure de graissage qui va en s'élargissant. Si la charge augmente et que la rainure est petite, cette proportion du débit de lubrifiant peut être négligée.

La pression d'alimentation en lubrifiant p_{en} chasse également le lubrifiant vers les extrémités du palier. La proportion Q_p de débit de lubrifiant résultant de la pression d'alimentation est

$$Q_p = \frac{D^3 \psi_{\text{eff}}^3 p_{\text{en}}}{\eta_{\text{eff}}} Q_p^* \quad \dots (9)$$

où $Q_p^* = Q_p^*(\varepsilon, B/D, \Omega)$ est donné dans l'ISO 7902-2.

6.3.1 Les éléments utilisés pour la lubrification sont les trous de graissage, les rainures de graissage et les poches à huile. Il convient que la pression d'alimentation en lubrifiant p_{en} soit sensiblement inférieure à la charge spécifique du palier \bar{p} , pour éviter d'introduire des charges hydrostatiques supplémentaires. En règle générale, p_{en} se situe entre 0,05 MPa et 0,2 MPa. La profondeur des rainures de graissage et poches à huile est beaucoup plus grande que le jeu du palier.

6.3.2 Les rainures de graissage sont des éléments conçus pour diffuser le lubrifiant dans le sens circonférentiel. Les encoches usinées dans la surface de frottement courent sur la périphérie et sont étroites dans le sens axial. Si les rainures se situent au voisinage d'une augmentation de pression, la pression se répartit entre deux « crêtes » indépendantes, ce qui réduit de façon notable la capacité de charge (voir figure 3). Dans ce cas, on effectue le calcul sur une charge partagée par moitié entre chaque demi-coussinet. Toutefois, en raison de l'augmentation de la pression hydrodynamique, Q_3 , on ne tiendra compte que de la moitié du débit pour équilibrer les pertes thermiques (voir 6.4) puisque le retour dans la rainure de graissage ne joue aucun rôle dans la dissipation de la chaleur. Il est plus avantageux pour un palier complet de placer la rainure de graissage dans une région non chargée car la totalité de l'écoulement de lubrifiant Q_p est prise en compte dans le bilan thermique.

6.3.3 Les poches à huile sont des éléments conçus pour diffuser le lubrifiant sur toute la longueur du palier. Les encoches usinées dans la surface de frottement sont orientées dans le sens axial et il convient qu'elles prennent aussi peu de place que possible dans le sens circonférentiel. Il est recommandé que la longueur relative des poches remplisse la condition $b_p/B < 0,7$. Bien que le débit d'huile augmente avec leur nombre, l'huile sortant des petites nervures rétrécies aux extrémités du palier ne joue aucun rôle dans la dissipation de chaleur. C'est encore plus vrai si les nervures sont orientées dans le sens axial. Les paliers complets ($\Omega = 360^\circ$) ont une poche de graissage dans le sens opposé de la charge et deux poches de graissage perpendiculaires à la charge. Le débit de lubrifiant aidant à dissiper la chaleur de frottement due aux cisaillements, même dans la partie non chargée du palier, les poches à bulle doivent être prises en compte totalement dans le bilan thermique. Dans les segments partiels ($\Omega < 360^\circ$), le débit de lubrifiant dû à la pression d'alimentation des poches à huile à l'entrée ou à la sortie du segment ne contribue presque pas à la dissipation de chaleur car les poches se rétrécissent à peine aux extrémités de segment et la majeure partie du lubrifiant sort directement.

Si le lubrifiant remplit la partie sous charge du palier alors qu'il n'y en a pas dans la partie non chargée, on ne tient compte que du débit de lubrifiant dans la partie sous charge dans la dissipation de chaleur.

L'influence du type et de la disposition des éléments utilisés pour la lubrification sur le débit de lubrifiant est traitée dans l'ISO 7902-2.