
**Paliers lisses — Butées hydrodynamiques
à patins géométrie fixe fonctionnant en
régime stationnaire**

Partie 1:

Calcul des butées à segments

iTeh STANDARD PREVIEW

*Plain bearings — Hydrodynamic plain thrust pad bearings under
steady-state conditions*

Part 1: Calculation of thrust pad bearings

ISO 12131-1:2001

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/3e8458ad-ae57-4bea-a4d4-99422719fc06/iso-12131-1-2001>



PDF – Exonération de responsabilité

Le présent fichier PDF peut contenir des polices de caractères intégrées. Conformément aux conditions de licence d'Adobe, ce fichier peut être imprimé ou visualisé, mais ne doit pas être modifié à moins que l'ordinateur employé à cet effet ne bénéficie d'une licence autorisant l'utilisation de ces polices et que celles-ci y soient installées. Lors du téléchargement de ce fichier, les parties concernées acceptent de fait la responsabilité de ne pas enfreindre les conditions de licence d'Adobe. Le Secrétariat central de l'ISO décline toute responsabilité en la matière.

Adobe est une marque déposée d'Adobe Systems Incorporated.

Les détails relatifs aux produits logiciels utilisés pour la création du présent fichier PDF sont disponibles dans la rubrique General Info du fichier; les paramètres de création PDF ont été optimisés pour l'impression. Toutes les mesures ont été prises pour garantir l'exploitation de ce fichier par les comités membres de l'ISO. Dans le cas peu probable où surviendrait un problème d'utilisation, veuillez en informer le Secrétariat central à l'adresse donnée ci-dessous.

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

[ISO 12131-1:2001](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/3e8458ad-ae57-4bea-a4d4-99422719fc06/iso-12131-1-2001)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/3e8458ad-ae57-4bea-a4d4-99422719fc06/iso-12131-1-2001>

© ISO 2001

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'ISO à l'adresse ci-après ou du comité membre de l'ISO dans le pays du demandeur.

ISO copyright office
Case postale 56 • CH-1211 Geneva 20
Tel. + 41 22 749 01 11
Fax. + 41 22 749 09 47
E-mail copyright@iso.ch
Web www.iso.ch

Imprimé en Suisse

Sommaire

Page

Avant-propos.....	iv
1 Domaine d'application	1
2 Références normatives	1
3 Principes fondamentaux, hypothèses et suppositions	2
4 Symboles et unités	3
5 Méthode de calcul	6
5.1 Opérations de charge	6
5.2 Portance	8
5.3 Puissance de frottement	8
5.4 Débit de lubrifiant	9
5.5 Bilan thermique	10
5.6 Épaisseur minimale du film d'huile et charge spécifique du palier	13
5.7 Conditions de fonctionnement	13
5.8 Autres facteurs d'influence	14
Annexe A (normative) Exemples de calcul	15
Bibliographie	25

iteh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

[ISO 12131-1:2001](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/3e8458ad-ae57-4bea-a4d4-99422719fc06/iso-12131-1-2001)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/3e8458ad-ae57-4bea-a4d4-99422719fc06/iso-12131-1-2001>

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 Normes internationales sont rédigées conformément aux règles données dans les Directives ISO/CEI, Partie 3.

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.

L'attention est appelée sur le fait que certains des éléments de la présente partie de l'ISO 12131 peuvent faire l'objet de droits de propriété intellectuelle ou de droits analogues. L'ISO ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de propriété et averti de leur existence.

La Norme internationale ISO 12131-1 a été élaborée par le comité technique ISO/TC 123, *Paliers lisses*, sous-comité SC 4, *Méthodes de calcul des paliers lisses*.

L'ISO 12131 comprend les parties suivantes, présentées sous le titre général *Paliers lisses — Butées hydrodynamiques à patins géométrie fixe fonctionnant en régime stationnaire*:

- *Partie 1: Calcul des butées à segments* [ISO 12131-1:2001](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/3e8458ad-ae57-4bea-a4d4-99422719f-06/iso-12131-1-2001)
- *Partie 2: Fonctions pour le calcul des butées à segments*
- *Partie 3: Paramètres opérationnels admissibles pour le calcul des butées à segments*

L'annexe A constitue un élément normatif de la présente partie de l'ISO 12131.

Paliers lisses — Butées hydrodynamiques à patins géométrie fixe fonctionnant en régime stationnaire

Partie 1: Calcul des butées à segments

1 Domaine d'application

L'objet de la présente partie de l'ISO 12131 est de réaliser des modèles de paliers lisses qui soient fiables en fonctionnement par l'application d'une méthode de calcul pour les paliers lisses hydrodynamiques lubrifiés à l'huile avec séparation complète du collet de butée et des surfaces du palier lisse par un film de lubrifiant ^[1].

La présente partie de l'ISO 12131 s'applique aux paliers de butée lisses à cale intégrée et surfaces d'appui, qui ont un rapport de longueur de surface de cale l_{wed} et de longueur de patin L quelconque. Elle traite de préférence de la valeur $l_{wed}/L = 0,75$ dans la mesure où cette valeur représente le rapport optimum ^[2]. Le rapport de la largeur et de la longueur d'un patin peut varier dans la plage $B/L = 0,5$ à 2.

La méthode de calcul décrite dans la présente partie de l'ISO 12131 peut être utilisée pour d'autres formes de jeu intégré, par exemple paliers de butée lisses avec déflecteur intégré, lorsqu'il existe des solutions numériques de l'équation différentielle de Reynolds pour ces types de formes.

La méthode de calcul permet de concevoir et d'optimiser les paliers de butée lisses, par exemple pour les ventilateurs, groupes d'engrenages, pompes, turbines, machines électriques, compresseurs et machines-outils. Elle se limite aux conditions de régime permanent, c'est-à-dire que la charge et la vitesse angulaire de toutes les parties tournantes sont constantes dans des conditions de fonctionnement continu. Les conditions de fonctionnement dynamique ne sont pas incluses.

2 Références normatives

Les documents normatifs suivants contiennent des dispositions qui, par suite de la référence qui y est faite, constituent des dispositions valables pour la présente partie de l'ISO 12131. Pour les références datées, les amendements ultérieurs ou les révisions de ces publications ne s'appliquent pas. Toutefois, les parties prenantes aux accords fondés sur la présente partie de l'ISO 12131 sont invitées à rechercher la possibilité d'appliquer les éditions les plus récentes des documents normatifs indiqués ci-après. Pour les références non datées, la dernière édition du document normatif en référence s'applique. Les membres de l'ISO et de la CEI possèdent le registre des Normes internationales en vigueur.

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

ISO 12131-2:2001, *Paliers lisses — Butées hydrodynamiques à patins géométrie fixe fonctionnant en régime stationnaire — Partie 2: Fonctions pour le calcul des butées à segments*

ISO 12131-3, *Paliers lisses — Butées hydrodynamiques à patins géométrie fixe fonctionnant en régime stationnaire — Partie 3: Paramètres opérationnels admissibles pour le calcul des butées à segments*

3 Principes fondamentaux, hypothèses et suppositions

Le calcul est toujours effectué avec les solutions numériques de l'équation différentielle de Reynolds pour les surfaces glissantes à largeur finie, en tenant compte des conditions aux limites physiquement correctes pour la génération de la pression.

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

Il est fait référence par exemple à [1] pour la dérivation de l'équation différentielle de Reynolds et à [2] pour la solution numérique.

Pour la solution de l'équation (1), on utilise les hypothèses et suppositions idéales suivantes, dont la fiabilité est suffisamment confirmée par l'expérience et la pratique [3]:

- a) le lubrifiant correspond à un fluide newtonien;
- b) tous les écoulements de lubrifiant sont laminaires;
- c) le lubrifiant adhère complètement aux surfaces de glissement;
- d) le lubrifiant est incompressible;
- e) le jeu de lubrification est entièrement rempli de lubrifiant;
- f) les effets d'inertie, les forces de gravitation et magnétiques du lubrifiant sont négligeables;
- g) les composants constituant le jeu de lubrification sont rigides ou leur déformation est négligeable; leurs surfaces sont entièrement à niveau;
- h) l'épaisseur du film d'huile dans le sens radial (coordonnée z) est constante;
- i) les variations de pression du film d'huile perpendiculaire aux surfaces de glissement (coordonnée y) sont négligeables;
- j) absence de déplacement perpendiculairement aux surfaces de glissement (coordonnée y);
- k) le lubrifiant est isovisqueux sur tout le jeu de lubrification;
- l) le lubrifiant est injecté dans le jeu de lubrification le plus grand; la grandeur de la pression d'alimentation du lubrifiant est négligeable par comparaison aux pressions du film d'huile;
- m) la forme du patin des surfaces de glissement est remplacée par des rectangles.

Les conditions aux limites pour la résolution de l'équation différentielle de Reynolds sont les suivantes:

- 1) la pression au manomètre du lubrifiant au point d'alimentation est $p(x = 0, z) = 0$;
- 2) l'introduction du lubrifiant s'effectue de sorte qu'il n'interfère pas sur la génération de la pression dans le jeu de lubrification
- 3) la pression au manomètre du lubrifiant au niveau des bords latéraux du palier lisse est $p(x, z = 0,5 B) = 0$;
- 4) la pression au manomètre du lubrifiant est $p(x = L, z) = 0$ à l'extrémité du champ de pression.

L'application du principe de similarité dans la théorie des paliers lisses hydrodynamiques produit des paramètres de similarité non dimensionnés pour des caractéristiques telles que la portance, le comportement au frottement et le débit de lubrifiant.

L'utilisation des paramètres de similarité réduit le nombre de solutions numériques nécessaires de l'équation différentielle de Reynolds, compilées dans l'ISO 12131-2. En principe, d'autres solutions sont également admises lorsqu'elles satisfont les conditions données dans la présente partie de l'ISO 12131 et ont la précision numérique correspondante.

L'ISO 12131-3 contient les valeurs indicatives selon lesquelles le résultat des calculs doit être orienté afin de garantir le fonctionnement des paliers lisses.

Dans les cas particuliers, les valeurs indicatives qui s'écartent de l'ISO 12131-3 peuvent faire l'objet d'un accord pour les applications spécifiques.

4 Symboles et unités

Voir Tableau 1 et Figure 1.

Tableau 1 — Symboles et unités

Symbole	Terme	Unité
A	Surface émettrice de chaleur du corps du palier	m ²
B	Largeur d'un patin	m
c_p	Chaleur massique du lubrifiant ($p = \text{constante}$)	J/(kg·K)
C_{wed}	Profondeur de la cale	m
D	Diamètre moyen de glissement (diamètre de la bague du palier de butée)	m
D_i	Diamètre intérieur de la bague du palier de butée	m
D_o	Diamètre extérieur de la bague du palier de butée	m
f^*	Valeur caractéristique de frottement	1
f_B^*	Valeur caractéristique de frottement du palier de butée à patin	1
F	Force du palier (charge nominale)	N
F^*	Valeur caractéristique de la portance	1
F_B^*	Valeur caractéristique de la portance du palier de butée à patin	1
F_{st}	Force du palier (charge) dans des conditions de régime stationnaire	N
h	Épaisseur locale du film d'huile (hauteur de jeu)	m
h_{lim}	Épaisseur minimale admissible du film d'huile en cours de fonctionnement	m
$h_{\text{lim, tr}}$	Épaisseur minimale admissible du film d'huile dans la transition vers une lubrification mixte	m
h_{min}	Épaisseur minimale du film d'huile (hauteur minimale de jeu)	m
k	Coefficient de transmission thermique lié au produit $B \times L \times Z$	W/(m ² ·K)
k_A	Coefficient de transmission thermique externe (surface de référence A)	W/(m ² ·K)
l_{wed}	Longueur de la cale	m
L	Longueur d'un patin dans le sens périphérique	m
M	Facteur de mélange	1

Tableau 1 — (Suite)

Symbole	Terme	Unité
N	Fréquence de rotation (vitesse) du collet de butée	s^{-1}
p	Pression locale du film d'huile	Pa
\bar{p}	Charge spécifique du palier $\bar{p} = F/(B \times L \times Z)$	Pa
P_f	Puissance de frottement sur le palier ou flux thermique engendré par celle-ci	W
\bar{p}_{lim}	Charge spécifique maximale admissible du palier	Pa
$P_{th, amb}$	Flux thermique dans l'environnement	W
$P_{th, L}$	Flux thermique dans le lubrifiant	W
Q	Débit de lubrifiant	m^3/s
Q^*	Valeur caractéristique du débit de lubrifiant	m^3/s
Q_0	Débit relatif de lubrifiant $Q_0 = B \times h_{min} \times U \times Z$	m^3/s
Q_1	Débit de lubrifiant à l'entrée du jeu (sens périphérique)	m^3/s
Q_1^*	Valeur caractéristique du débit de lubrifiant à l'entrée du jeu	1
Q_2	Débit de lubrifiant à la sortie du jeu (sens périphérique)	m^3/s
Q_2^*	Valeur caractéristique du débit de lubrifiant $Q_1^* - Q_3^*$ à la sortie du jeu	1
Q_3	Débit de lubrifiant sur les côtés (perpendiculaire au sens périphérique)	m^3/s
Q_3^*	Valeur caractéristique du débit de lubrifiant sur les côtés	1
Re	Nombre de Reynolds	1
Rz	Hauteur de la rugosité moyenne crête-à-croix du collet de butée	μm
T_{amb}	Température ambiante	$^{\circ}C$
T_B	Température du palier	$^{\circ}C$
T_{eff}	Température effective du film d'huile	$^{\circ}C$
T_{en}	Température du lubrifiant à l'entrée du palier	$^{\circ}C$
T_{ex}	Température du lubrifiant à la sortie du palier	$^{\circ}C$
T_{lim}	Température maximale admissible du palier	$^{\circ}C$
T_1	Température du lubrifiant à l'entrée du jeu	$^{\circ}C$
T_2	Température du lubrifiant à la sortie de jeu	$^{\circ}C$
U	Vitesse de glissement par rapport au diamètre moyen de la bague du palier	m/s
w_{amb}	Vitesse de l'air environnant le corps du palier	m/s
x	Coordonnée dans le sens du mouvement (sens périphérique)	m
y	Coordonnée dans le sens du jeu de lubrification (sens axial)	m
z	Coordonnée perpendiculaire au sens du mouvement (sens radial)	m
Z	Nombre de patins	1
η	Viscosité dynamique du lubrifiant	Pa·s
η_{eff}	Viscosité dynamique effective du lubrifiant	Pa·s
ρ	Masse volumique du lubrifiant	kg/m^3

5 Méthode de calcul

5.1 Opérations de charge

5.1.1 Généralités

Le calcul signifie la détermination mathématique du bon fonctionnement à l'aide des paramètres de fonctionnement (voir Figure 2) qui peuvent être comparés aux valeurs indicatives. De ce fait, l'utilisation des paramètres de fonctionnement déterminés dans des conditions de fonctionnement variables doit être admise par comparaison aux valeurs indicatives. À cet effet, toutes les conditions de fonctionnement continu doivent être analysées.

5.1.2 Usure

La sécurité contre l'usure est obtenue si le lubrifiant assure une séparation complète des parties conjuguées du palier. Un fonctionnement continu dans la plage de lubrification mixte entraîne une perte prématurée de fonctionnement. Un fonctionnement de courte durée dans la plage de lubrification mixte tel que le démarrage et le ralentissement de machines à paliers lisses, est inévitable et peut entraîner un endommagement du palier après de fréquentes utilisations. Lorsqu'il est soumis à une lourde charge, un dispositif hydrostatique auxiliaire peut s'avérer nécessaire pour un démarrage ou une décélération à faible vitesse. Le rodage et une usure adaptative pour compenser les écarts géométriques de surface par rapport à une géométrie idéale sont admis dans la mesure où ils sont limités dans le temps et dans l'espace et se produisent sans effets de surcharge. Dans certains cas, une procédure spécifique de rodage peut être bénéfique. Ceci peut également être influencé par la sélection du matériau. Il convient d'attirer l'attention sur le fait que dans le cas de ce type de palier, l'usure peut entraîner une chute rapide de la portance.

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

5.1.3 Charge mécanique

Les limites de la charge mécanique sont données par la résistance du matériau pour palier. Les déformations légères permanentes sont admises dans la mesure où elles n'altèrent pas le bon fonctionnement du palier lisse.

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/3e8458ad-ae57-4bea-a4d4-99422719fc06/iso-12131-1-2001>

5.1.4 Charge thermique

Les limites de la charge thermique sont dues à la stabilité thermique du matériau pour palier mais également à la relation viscosité-température ainsi qu'à la tendance au vieillissement du lubrifiant.

5.1.5 Influences extérieures

Le calcul du bon fonctionnement des paliers lisses présuppose de connaître les conditions de fonctionnement pour tous les cas de fonctionnement continu. Toutefois, dans la pratique, d'autres influences perturbatrices, qui ne sont pas connues au moment de la conception, et qui ne peuvent pas toujours être calculées, sont fréquentes. Par conséquent, l'application d'une marge de sécurité appropriée entre les paramètres de fonctionnement et les valeurs indicatives admissibles est recommandée. Les influences perturbatrices sont, par exemple:

- les forces parasites (balourd, vibrations, etc.);
- les écarts par rapport à une géométrie idéale (tolérances d'usinage, écarts lors du montage, etc.);
- les lubrifiants contaminés par des corps étrangers solides, liquides et gazeux;
- la corrosion, l'érosion électrique, etc.

Les informations telles que celles relatives à d'autres facteurs d'influence sont données en 5.8.

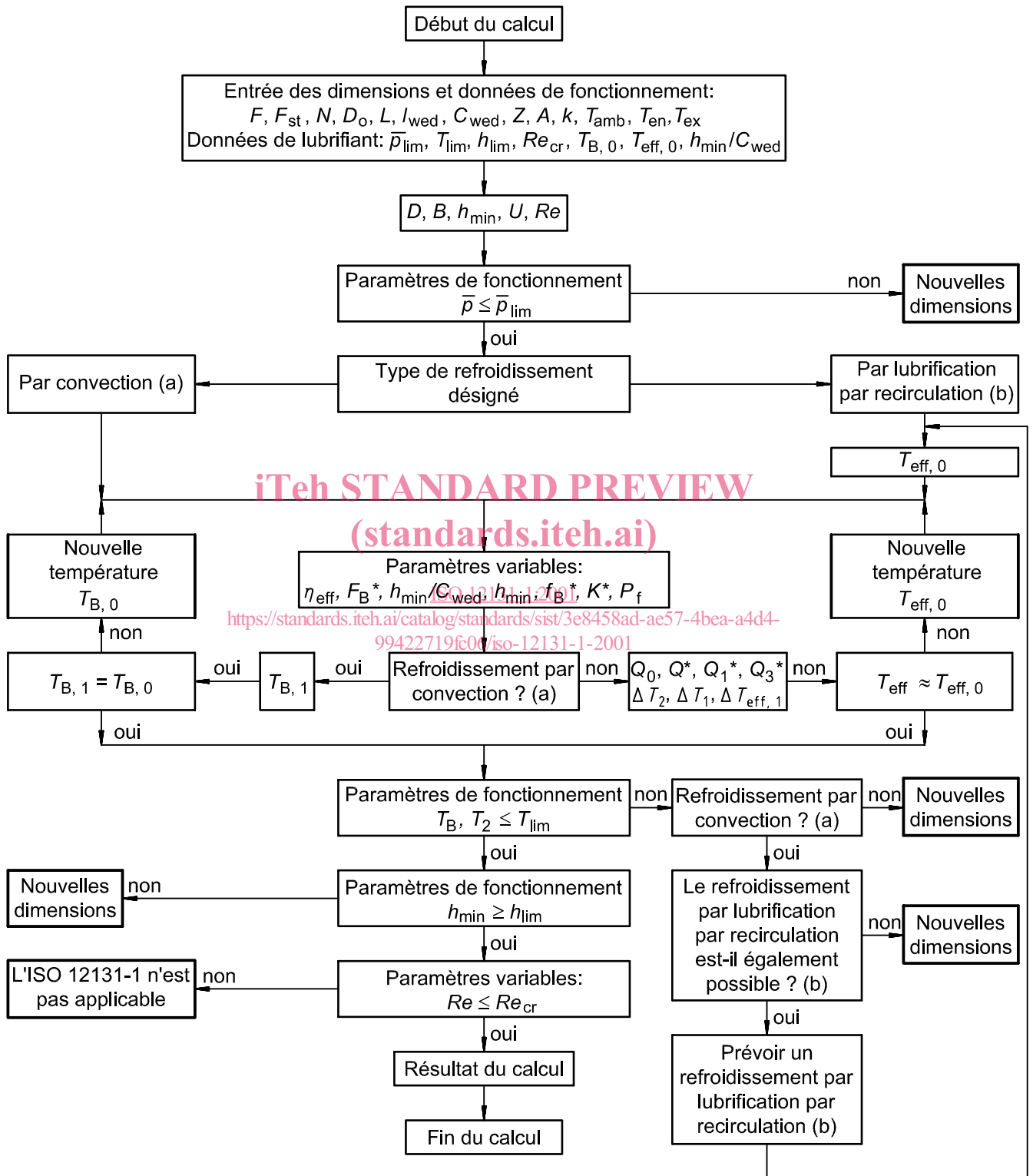


Figure 2 — Plan de calcul (organigramme)

L'applicabilité de la présente partie de l'ISO 12131 pour laquelle l'écoulement laminaire dans le jeu de lubrification est une condition nécessaire, doit être vérifiée par le nombre de Reynolds:

$$Re = \frac{\rho \times U \times h_{\min}}{\eta_{\text{eff}}} \leq Re_{\text{cr}} \quad (2)$$

Pour les jeux à coin avec $h_{\min}/C_{\text{wed}} = 0,8$, un nombre de Reynolds critique de $Re_{\text{cr}} = 600$ peut être pris comme valeur indicative selon [4].

Le calcul du palier lisse comprend, en commençant par les dimensions du palier et les données de fonctionnement connues:

- la relation entre la portance et l'épaisseur du film d'huile;
- la puissance de frottement;
- le débit de lubrifiant;
- le bilan thermique.

Tous ces éléments sont interdépendants. On obtient la solution en utilisant une méthode par itération, dont la séquence est résumée dans l'organigramme de calcul de la Figure 2.

Pour l'optimisation des paramètres individuels, on peut varier les paramètres et il est possible de modifier la séquence de calcul.

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

5.2 Portance

Le paramètre de portance est la valeur caractéristique non dimensionnée de la portance F^* :

$$F^* = \frac{F \times h_{\min}^2}{U \times \eta_{\text{eff}} \times L^2 \times B \times Z} \quad (3)$$

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/3e8458ad-ae57-4bea-a4d4-99422719fc06/iso-12131-1-2001>

La valeur de l'épaisseur minimale du film d'huile h_{\min} ainsi que celle de la viscosité effective η_{eff} ne sont pas connues dans l'équation (3). Pour éviter toute double itération par l'épaisseur minimale du film d'huile h_{\min} et la température effective du palier T_{eff} , la valeur caractéristique de la portance F^* selon [5] est modifiée de la manière suivante afin d'être la valeur caractéristique de la portance pour le calcul des paliers de butée à patin:

$$F_B^* = F^* \times \left(\frac{C_{\text{wed}}}{h_{\min}} \right)^2 \quad (4)$$

La fonction $F_B^* = f(h_{\min}/C_{\text{wed}}; B/L)$ est expliquée sur la base de [6] dans l'ISO 12131-2. Les fonctions approchées y sont également données.

5.3 Puissance de frottement

Les pertes dues au frottement sur un palier de butée lisse hydrodynamique sont données par la valeur caractéristique de frottement f^* définie de la manière suivante:

$$f^* = P_f \times \frac{h_{\min}}{U^2 \times \eta_{\text{eff}} \times B \times L \times Z} \quad (5)$$

La valeur caractéristique de frottement f^* est également modifiée de la manière suivante afin d'être la valeur caractéristique de frottement pour les paliers de butée à patin f_B^* selon [5].