

---

---

**Paliers lisses — Essai du comportement  
tribologique des matériaux antifriction —**

**Partie 2:**

Essai des matériaux pour paliers à base de  
polymère

**iTeh STANDARD PREVIEW**

*Plain bearings — Testing of the tribological behaviour of bearing  
materials*

*Part 2: Testing of polymer-based bearing materials*

ISO 7148-2:1999

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/7f6f479a-099b-4697-bf25-a4e4cfc08896/iso-7148-2-1999>



Sommaire	Page
1 Domaine d'application .....	1
2 Références normatives .....	1
3 Symboles et unités .....	1
4 Caractéristiques spéciales pour l'essai tribologique des matériaux à base de polymère .....	2
5 Méthodes d'essai .....	4
6 Éprouvettes .....	6
7 Méthode et équipement d'essai.....	10
8 Lubrification .....	12
9 Désignation .....	13
10 Conditions d'essai .....	13
11 Mode opératoire d'essai.....	16
12 Analyse .....	16
Annexe A (informative) Rapport d'essai .....	18
Bibliographie.....	19

iTeh STANDARD PREVIEW  
(standards.iteh.ai)

ISO 7148-2:1999

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/7f6f479a-099b-4697-bf25-a4c4c1c08890/iso-7148-2-1999>

## 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 7148 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 7148-2 a été élaborée par le comité technique ISO/TC 123, *Paliers lisses*, sous-comité SC 2, *Matériaux et lubrifiants, leurs propriétés, caractéristiques, méthodes d'essais et conditions d'essais*.

L'ISO 7148 comprend les parties suivantes, présentées sous le titre général *Paliers lisses — Essai du comportement tribologique des matériaux antifriction*:

— *Partie 1: Essai des matériaux métalliques*

[ISO 7148-2:1999](#)

— *Partie 2: Essai des matériaux pour palier à base de polymère*

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/iso/7148-2:1999/f479a-099b-4697-bf25-a4e4cf08896/iso-7148-2-1999>

L'annexe A de la présente partie de l'ISO 7148 est donnée uniquement à titre d'information.

## Introduction

Un premier pas vers la spécification des conditions de base des essais de frottement et d'usure des matériaux antifriction pour palier à base de polymère a été franchi avec l'ISO/TR 7147, l'ISO/TR 8285 et l'ISO/TR 9993. Cette première étape, longue de plusieurs années, qui a vu le développement de l'équipement d'essai de base (dispositif pion sur disque) et sa mise à essai dans le cadre d'expériences parallèles menées dans plusieurs instituts, est à présent achevée. Par la suite, il s'est avéré qu'en l'absence de toute autre recommandation ou norme uniforme, une référence était souvent nécessaire pour réaliser des essais comparatifs, notamment en cas de développement d'un nouveau matériau sans connaissance détaillée d'applications spécifiques. Dans le même temps, il s'est avéré nécessaire de limiter les variables d'essai ou de les définir précisément afin d'obtenir une comparaison aussi large que possible. En outre, il devait être possible d'utiliser différentes combinaisons d'essai ou de soumettre à essai des applications spécifiques (à savoir des essais simulant les conditions en service). La présente partie de l'ISO 7148 tient compte de ces exigences et spécifie les instructions de préparation des éprouvettes, les principes d'essai et l'équipement d'essai, ainsi que les instructions concernant le choix des variables d'essai, du mode opératoire d'essai et de l'analyse.

## iTeh STANDARD PREVIEW (standards.iteh.ai)

[ISO 7148-2:1999](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/7f6f479a-099b-4697-bf25-a4e4cf08896/iso-7148-2-1999)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/7f6f479a-099b-4697-bf25-a4e4cf08896/iso-7148-2-1999>

# Paliers lisses — Essai du comportement tribologique des matériaux antifriction —

## Partie 2:

## Essai des matériaux pour paliers à base de polymère

### 1 Domaine d'application

La présente partie de l'ISO 7148 spécifie les essais tribologiques des matériaux antifriction pour palier à base de polymère dans des conditions de fonctionnement spécifiées, quant à la charge, la vitesse de glissement et la température, avec ou sans lubrification. À partir des résultats des essais, des données sont obtenues qui indiquent le comportement tribologique relatif des pièces de frottement entre métal-polymère et polymère-polymère.

La présente partie de l'ISO 7148 vise à obtenir, pour les combinaisons de matériau polymère, des valeurs mesurées reproductibles de frottement et d'usure dans des conditions d'essai spécifiées et exactement définies, sans lubrification (surfaces sèches) et avec lubrification (lubrification limite).

Les résultats d'essai ne donnent des informations utiles pour une application pratique que si tous les paramètres d'influence sont identiques. Plus les conditions dévient de l'application réelle, plus l'incertitude est grande quant à l'applicabilité des résultats.

### 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 7148. 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 7148 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 527-2, *Plastiques — Détermination des propriétés en traction — Partie 2: Conditions d'essai des plastiques pour moulage et extrusion.*

ISO 1184, *Plastiques — Détermination des propriétés en traction des films.*

ISO 2818, *Plastiques — Préparation des éprouvettes par usinage.*

ISO 4385, *Paliers lisses — Essai de compression des matériaux antifriction.*

ISO 6691, *Polymères thermoplastiques pour paliers lisses — Classification et désignation.*

### 3 Symboles et unités

Voir Tableau 1.

Tableau 1 — Symboles et unités

Symbole	Définition	Unité
A, B, C, D	Méthode d'essai	—
$a$	Distance de glissement	km
dr	Sec	—
$f$	Coefficient de frottement; rapport entre la force de frottement et la force normale, c'est-à-dire: $f = \frac{F_f}{F_n}$	—
$F_f$	Force de frottement	N
$F_n$	Force normale	N
gr	Graisse	—
$K_w$	Coefficient d'usure, taux d'usure volumétrique par rapport à la force normale, c'est-à-dire: $K_w = \frac{V_w}{F_n \times a} = \frac{w_v}{F_n}$	mm <sup>3</sup> /(N·km)
$l_w$	Usure linéaire mesurée à partir d'une variation de distance	mm
$M_f$	Moment de frottement	Nm
oi	Huile	—
pl	Matériau à base de polymère	—
$\bar{p}$	Force spécifique par zone d'unité (force/surface de contact projetée)	N/mm <sup>2</sup>
$R_{d,B}$	Force de compression	N/mm <sup>2</sup>
$R_{d0,2}$	Limite de compression à 0,2%	N/mm <sup>2</sup>
so	Lubrifiant solide	—
$T$	Température des éprouvettes à proximité de la surface de glissement pendant des essais en régime normal stabilisé	°C
$T_{amb}$	Température ambiante	°C
$T_g$	Température de transition vitreuse	°C
$T_{lim}$	Température maximale admissible	°C
$t_{Ch}$	Durée de l'essai	h
$U$	Vitesse de glissement	m/s
$V_w$	Matériau enlevé par usure à partir d'une variation de volume	mm <sup>3</sup>
$w_l$	Taux d'usure linéique, à savoir: $w_l = \frac{l_w}{a}$	mm/km
$w_v$	Taux d'usure volumétrique, à savoir: $w_v = \frac{V_w}{a}$	mm <sup>3</sup> /km
$\eta$	Viscosité du lubrifiant	mPa·s

#### 4 Caractéristiques spéciales pour l'essai tribologique des matériaux à base de polymère

Les polymères ont une faible conductibilité thermique ainsi qu'une faible température de fusion, de sorte que la chaleur résultant du contact de frottement conduit à une fusion partielle qui ressemble ainsi à une usure. En raison de la dilatation thermique élevée des polymères (jusqu'à dix fois supérieure à celle de l'acier), les résultats obtenus

peuvent être trompeurs car les éprouvettes se sont dilatées sous l'effet de la chaleur du frottement. Par conséquent, une tolérance doit être prévue pour les effets de la dilatation thermique (changement du jeu) et de la conductivité thermique (fusion) lorsque les résultats sont évalués. Il convient, si possible, de contrôler la température des deux éprouvettes.

Les polymères ont une température de transition vitreuse  $T_g$  qui dépend de leur structure chimique. À cette température  $T_g$ , leurs caractéristiques physiques et leur comportement tribologique peuvent évoluer.

Les surfaces de polymères moulées par injection ont des propriétés différentes des surfaces usinées. Les éprouvettes doivent être soumises à essai avec des états de surface identiques aux applications pratiques.

Les renforts et les charges, à savoir les fibres, peuvent conduire à une anisotropie très forte du matériau et influencer son comportement à l'usure en fonction de l'orientation des fibres. Il convient que les éprouvettes aient une orientation de fibre identique à celle de l'application pratique.

Afin d'éviter un frottement saccadé, le banc d'essai doit être très rigide et insensible aux variations.

Le comportement tribologique des polymères dépend très fortement de la combinaison de matériau, dont une partie bouge et l'autre reste stationnaire. Le système d'essai doit être similaire à l'application pratique.

Les polymères présentent des processus d'usure différents de ceux des métaux. Il y a non seulement des processus abrasifs avec des débris d'usure sous forme de poudre, mais aussi des processus adhésifs avec création de couches de transfert qui peuvent être lisses ou rugueuses. De même, l'usure par défonçage et une fusion ou une déformation plastique peuvent se produire. Par conséquent, l'usure ne peut être mesurée par gravimétrie dans tous les cas, et l'état d'usure doit être apprécié après les essais (si les surfaces sont à grains fins ou à gros grains, rayées ou arrachées, écaillées, fondues ou plastiquement déformées).

Certains polymères peuvent présenter des résultats de faible répétabilité et nécessitent des essais répétés (six répétitions ou plus).

La préparation et le traitement préparatoire des éprouvettes (par exemple le conditionnement, le stockage et le nettoyage) peuvent exercer une grande influence sur la performance.

Avec certains thermoplastiques, par exemple les polyamides, les effets de la reprise d'humidité entraînent un changement graduel des dimensions linéaires et modifient leurs caractéristiques mécaniques. Il convient en conséquence de contrôler les paramètres d'environnement de la série d'essais. La reprise d'humidité rend impossible le mesurage gravimétrique de l'usure.

Plus les conditions d'essai dévient de l'application effective, plus l'incertitude est grande quant à l'applicabilité des résultats (voir Figures 1 et 2).

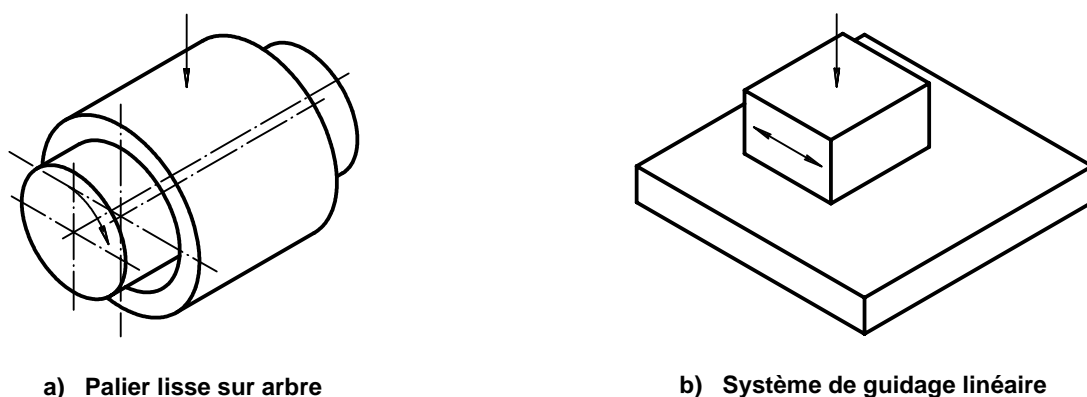


Figure 1 — Simulation des contacts de frottement réels

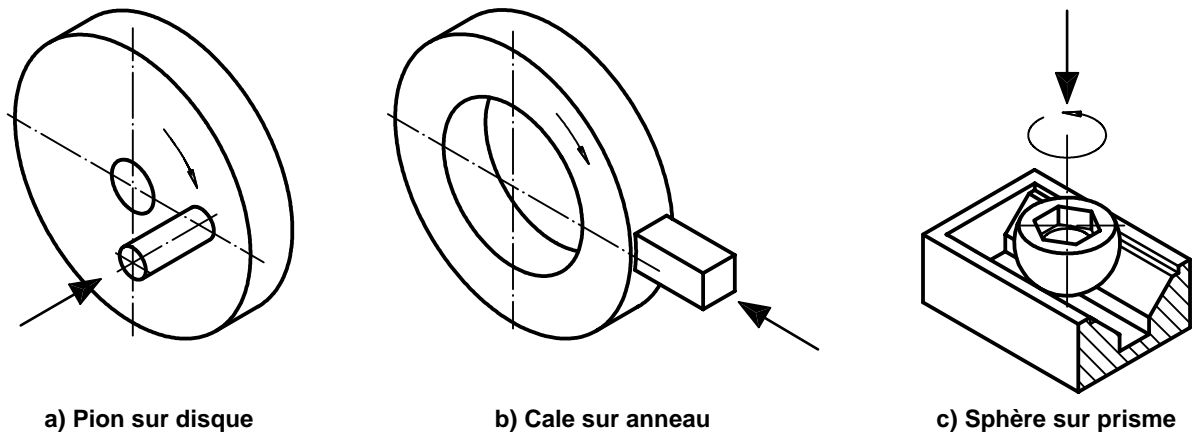


Figure 2 — Simulation dans des conditions d'essai approximatives et systèmes modèles de présélection de matériaux

## 5 Méthodes d'essai

### 5.1 Généralités

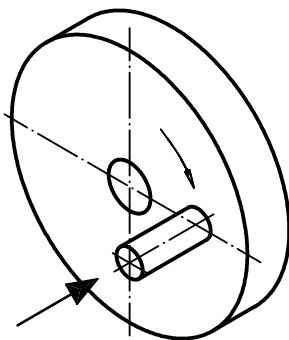
Différentes méthodes d'essai sont fournies pour les essais conformément à la présente partie de l'ISO 7148 afin que les géométries de contact suivantes soient disponibles. Il convient que les méthodes d'essai correspondent le plus possible à l'application pratique.

### 5.2 Méthode d'essai A: Pion sur disque

ISO 7148-2:1999

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/7f6f479a-099b-4697-bf25-a4e4cfc08896/iso-7148-2-1999>

Voir Figure 3.



#### Avantages:

- essai de base d'éprouvettes simples;
- essai des caractéristiques tribologiques;
- aucune augmentation de la surface de glissement due à l'usure;
- classement initial des matériaux;
- simulation de système de guidage linéaire [voir Figure 1b)].

#### Inconvénients:

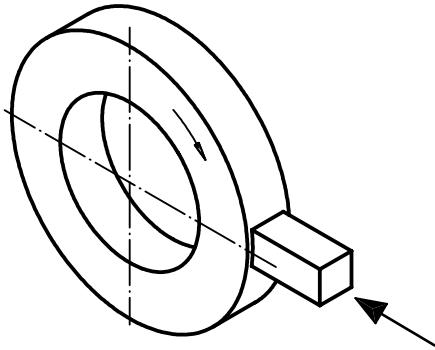
- le bord du pion risque d'essuyer le lubrifiant;
- pas de moulage par injection du pion avec un matériau avec renfort de fibre;
- pas de moulage du disque en raison de problèmes de rétrécissement.

Figure 3 — Méthode d'essai A: Pion sur disque



### 5.3 Méthode d'essai B: Cale (ou pion) sur anneau

Voir Figure 4.



#### Avantages:

- essai de base d'éprouvettes simples;
- essai des caractéristiques tribologiques;
- pas d'augmentation de la surface de glissement due à l'usure;
- classement initial des matériaux;
- avec ou sans lubrification.

#### Inconvénients:

- pas de moulage de la cale en raison de problèmes de rétrécissement et d'orientation de fibres;
- le bord de la cale risque d'essuyer le lubrifiant;
- pas de moulage par injection du disque en raison de problèmes de rétrécissement.

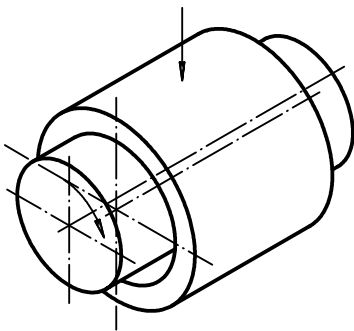
iTeh STANDARD PREVIEW  
(standards.iteh.ai)

Figure 4 — Méthode d'essai B: Cale (ou pion) sur anneau

### 5.4 Méthode d'essai C: Palier lisse sur arbre

ISO 7148-2:1999  
<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/716f479a-099b-4697-bf25-a4e4cfc08896/iso-7148-2-1999>

Voir Figure 5.



#### Avantages:

- meilleure simulation de tous les systèmes possibles;
- essai de paliers d'origine ou cadrés;
- prédiction de comportement pratique;
- avec ou sans lubrification.

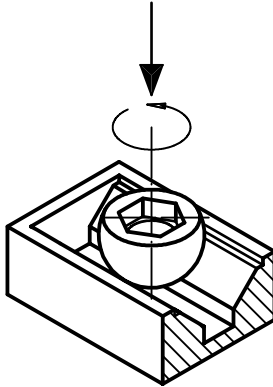
#### Inconvénients:

- temps d'essai longs (des essais accélérés pouvant provoquer une chaleur de frottement excessive);
- alignement difficile du palier d'essai;
- augmentation de la zone de surface de glissement due à l'usure dans des conditions de lubrification limite.

Figure 5 — Méthode d'essai C: Palier lisse sur arbre

## 5.5 Méthode d'essai D: Sphère sur prisme

Voir Figure 6.



### Avantages:

- essai de combinaisons polymère/polymère ou polymère/métal;
- avec ou sans lubrification (l'éprouvette contient un réservoir de lubrifiant);
- essai d'interaction de lubrifiants avec des polymères;
- éprouvettes moulées par injection disponibles;
- autoréglage de l'alignement du couple de glissement;
- augmentation de la surface de glissement due à l'usure en conditions de lubrification limite.

### Inconvénients:

- la déformation plastique peut affecter les résultats;
- augmentation de la surface de glissement due à l'usure en conditions sèches.

iTeh STANDARD PREVIEW  
(standards.iteh.ai)

**Figure 6 — Méthode d'essai D: Sphère sur prisme**

[ISO 7148-2:1999](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/7f6f479a-099b-4697-bf25-a4e4cf08896/iso-7148-2-1999)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/7f6f479a-099b-4697-bf25-a4e4cf08896/iso-7148-2-1999>

## 6 Éprouvettes

### 6.1 Données requises

Pour une série d'essais, plusieurs éprouvettes d'un matériau doivent provenir du même lot, avec un état uniforme après conditionnement et un apprêt uniforme de la surface de glissement. Les éprouvettes usinées et moulées par injection peuvent entraîner des résultats différents, car la cristallinité peut varier avec la profondeur à partir de la surface. Il convient de les soumettre à essai séparément.

Comme l'état structural des matériaux conjugués constitue un facteur essentiel pour la répétabilité des résultats de l'essai, les informations suivantes sont nécessaires :

- a) la spécification et la composition du matériau, y compris les charges ou les détails du renfort de fibre (voir l'ISO 6691);
- b) la méthode de fabrication;
- c) la structure, par exemple, la densité, le degré de cristallinité;
- d) les caractéristiques mécaniques du matériau, par exemple la dureté Shore, la limite de compression à 0,2%  $R_{d0,2}$  (voir l'ISO 4385), la résistance à la compression  $R_{d,B}$ ;
- e) l'état de conditionnement, par exemple la teneur en humidité;
- f) l'état de la surface et la rugosité de surface  $R_a$ , par exemple moulé par injection, usiné (voir l'ISO 2818), tourné, moulé, chevauchant, poli, broyé.

## 6.2 Matériaux antifriction à base de polymère (pl)

Ils peuvent être fabriqués par moulage, moulage par injection ou par découpe d'une barre ou d'un tube à la longueur ou par usinage de l'ensemble à partir de matériaux semi-finis ou par découpe dans des plaques (composites) moulées par injection ou laminées.

Si les polymères renforcés de fibres doivent être soumis à essai, les fibres doivent être dans la même direction que dans le produit fini, par exemple parallèles ou perpendiculaires à la surface de glissement.

## 6.3 Matériaux des composants conjugués

Tous les matériaux métalliques et à base de polymère peuvent être considérés comme des matériaux conjugués. Il convient que le choix soit le même que pour l'application pratique. Dans les applications pratiques, tous les systèmes sont possibles, par exemple boîte de vitesse en aluminium avec engrenages moulés par injection et arbres en polyoxyméthylène (POM). Les matériaux conjugués doivent avoir le même couple de glissement, par exemple un disque rotatif en POM ou une bille sur pion ou prisme fixe en aluminium. Dans ce cas, la combinaison inverse pion en POM sur disque en aluminium entraînerait des erreurs d'évaluation.

## 6.4 Dimensions des éprouvettes

Si des dimensions différentes de celles décrites ci-dessous sont utilisées, les résultats peuvent ne pas être comparables en raison des effets des films de transfert et de la dissipation thermique.

### 6.4.1 Disque

Le disque doit avoir les dimensions recommandées suivantes:

Diamètre extérieur: 110 mm

Diamètre intérieur: 60 mm

Rayon de la glissière:  $(51,5 \pm 0,2)$  mm

Largeur: 10 mm

La forme de base du disque est identique à celle de l'anneau de la butée à rainures profondes à billes, situé sur le côté de l'arbre.

### 6.4.2 Anneau

L'anneau doit, de préférence, avoir un diamètre extérieur de 40 mm et une largeur correspondant au moins à la largeur de la cale.

### 6.4.3 Pion

Le pion doit, de préférence, avoir un diamètre de 3 mm pour les matériaux moulés par injection. Pour les matériaux renforcés de fibres, un diamètre supérieur est recommandé.

Si un pion d'un diamètre supérieur à 7 mm est utilisé, le rayon de la glissière doit être réduit, ou le diamètre du disque augmenté. Des moyens doivent être prévus pour éviter la rotation du pion.

La longueur libre du pion ne doit pas excéder 2 mm. En raison de ses dimensions, il est possible de fabriquer le pion de polymère de 3 mm de diamètre à partir d'un barreau éprouvette conforme à l'ISO 1184 ou à l'ISO 527-2. Cela permet d'établir une corrélation entre les essais d'usure et les essais de résistance.

### 6.4.4 Cale

Il convient que la cale ait des dimensions recommandées de base de 10 mm × 10 mm × 20 mm. Si un composant suffisamment grand n'est pas disponible, une cale de 10 mm de longueur peut exceptionnellement être utilisée. La rugosité de la cale dépend des conditions d'usinage, par exemple du fraisage ou du tournage. Il convient que le rayon de la surface de frottement de la cale soit au minimum égal à 1,001 fois le rayon de l'anneau. Si le rayon