
**Paliers lisses — Essai de propriétés tribologiques
des matériaux pour paliers lubrifiés à l'huile —
Aptitude au rodage dans des conditions de
lubrification en régime mixte**

iTeh STANDARD PREVIEW

*Plain bearings — Testing of the tribological behaviour of bearing materials for oil
lubrication application — Running-in under mixed lubrication conditions*

ISO/TR 9993:1989

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/03d54d72-fbe8-4a01-89f0-25d9bd0be702/iso-tr-9993-1989>



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.

La tâche principale des comités techniques de l'ISO est d'élaborer les Normes internationales. Exceptionnellement, un comité technique peut proposer la publication d'un rapport technique de l'un des types suivants :

- type 1: lorsque, en dépit de maints efforts au sein d'un comité technique, l'accord requis ne peut être réalisé en faveur de la publication d'une Norme internationale;
- type 2: lorsque le sujet en question est encore en cours de développement technique et requiert une plus grande expérience; [ISO/TR 9993:1989](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/03d54d72-fbc8-4a01-89fd-2519bd0be7d7/iso-tr-9993-1989)
- type 3: lorsqu'un comité technique a réuni des données de nature différente de celles qui sont normalement publiées comme Normes internationales (ceci pouvant comprendre des informations sur l'état de la technique, par exemple).

La publication des rapports techniques dépend directement de l'acceptation du Conseil de l'ISO. Les rapports techniques des types 1 et 2 font l'objet d'un nouvel examen trois ans au plus tard après leur publication afin de décider éventuellement de leur transformation en Normes internationales. Les rapports techniques du type 3 ne doivent pas nécessairement être révisés avant que les données fournies ne soient plus jugées valables ou utiles.

L'ISO/TR 9993, rapport technique du type 2, a été élaboré par le comité technique ISO/TR 123, *Paliers lisses*.

L'annexe A du présent Rapport technique est donnée uniquement à titre d'information.

© ISO 1989

Droits de reproduction réservés. 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

Imprimé en Suisse

Introduction

Les surfaces du tourillon et du coussinet d'un palier conçu pour fonctionner dans des conditions de lubrification hydrodynamiques ne sont pas toujours suffisamment écartées par la pellicule continue d'huile que constitue le film hydrodynamique. Il en résulte une usure grave qui peut entraîner le grippage du palier. L'usure et la probabilité de grippage sont fonction de la période relative de fonctionnement dans des conditions de lubrification insuffisante ainsi que du rapport de superficie entre les surfaces de frottement fonctionnant aussi bien dans des conditions de lubrification en régime fluide ou limite qu'en contact direct.

La capacité d'un palier à former une pellicule hydrodynamique et une couche limite d'huile est assurée d'une part par sa conception et d'autre part par les propriétés anti-friction (tribologiques) du matériau du palier, mais surtout par son aptitude au rodage. Plus cette aptitude est grande et le temps de rodage long, moins le palier fonctionnera sous charge alternée dans des conditions de lubrification mixte et plus grande sera la plage des charges assurant l'hydrodynamisme et les effets aux limites.

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

[ISO/TR 9993:1989](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/03d54d72-fbe8-4a01-89f0-25d9bd0be702/iso-tr-9993-1989)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/03d54d72-fbe8-4a01-89f0-25d9bd0be702/iso-tr-9993-1989>

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

ISO/TR 9993:1989

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/03d54d72-fbe8-4a01-89f0-25d9bd0be702/iso-tr-9993-1989>

Paliers lisses — Essai de propriétés tribologiques des matériaux pour paliers lubrifiés à l'huile — Aptitude au rodage dans des conditions de lubrification en régime mixte

1 Domaine d'application

Le présent Rapport technique prescrit un mode opératoire d'essai de l'aptitude au rodage des matériaux de paliers dans des conditions de lubrification mixte.

Il n'est pas applicable aux matériaux dont la dureté est inférieure à 10 HB et l'épaisseur de revêtement inférieure à 0,02 mm.

Le mode opératoire d'essai aide à comparer l'aptitude au rodage du système essayé: matériau antifriction du palier + matériau conjugué + huile de lubrification, avec d'autres combinaisons des composantes ci-dessus pour faciliter le choix d'un système présentant les qualités requises d'aptitude à l'emploi.

2 Référence normative

La norme suivante contient des dispositions qui, par suite de la référence qui en est faite, constituent des dispositions valables pour le présent Rapport technique. Au moment de la publication, l'édition indiquée était en vigueur. Toute norme est sujette à révision et les parties prenantes des accords fondés sur le présent Rapport technique sont invitées à rechercher la possibilité d'appliquer l'édition la plus récente de la norme indiquée ci-après. Les membres de la CEI et de l'ISO possèdent le registre des Normes internationales en vigueur à un moment donné.

ISO 468 : 1982, *Rugosité de surface — Paramètres, leurs valeurs et les règles générales de la détermination des spécifications.*

3 Symboles et unités

Voir tableau 1.

Tableau 1

Symbole	Paramètre	Unité
u	Vitesse de glissement	m/s
f	Coefficient de frottement	—
F_n	Force normale	N
p	Pression	Pa
T_{oil}	Température du bain d'huile	°C
C	Taux de charge	Pa/min
C_1	$= 2 \times 10^5$	Pa/min
C_2	$= 5 \times 10^2$	Pa/min
R_{HT}, a	Constantes de rapport de température	—
R_H	Indice d'aptitude au rodage hydrodynamique	—

4 Définitions

Pour les besoins du présent Rapport technique, les définitions suivantes sont applicables.

4.1 rodage: Phénomène de transformation de la géométrie des surfaces de contact et des propriétés physiques et mécaniques des couches superficielles du matériau pendant les premiers instants de frottement, se traduisant généralement dans des conditions extérieures constantes par une diminution de la force de frottement, de la température et du degré d'usure.

4.2 aptitude au rodage: Capacité du matériau antifriction à atténuer la force de frottement, l'échauffement et l'intensité de l'usure pendant la période de rodage.

4.3 aptitude au rodage hydrodynamique: Capacité du matériau antifriction à réformer ou à conserver le film d'huile hydrodynamique pendant le rodage.

4.4 indice d'aptitude au rodage hydrodynamique, R_H : Rapport

$$\frac{p_2}{p_1}$$

où p_1 et p_2 sont les valeurs de pression correspondant au minimum de la fonction du coefficient de frottement et de la pression aux taux de charge $C_1 = 2 \times 10^5$ Pa/min et $C_2 = 5 \times 10^2$ Pa/min respectivement.

Cet indice caractérise l'aptitude d'un matériau à former un film d'huile hydrodynamique dans les cas de frottement en régime de lubrification mixte.

5 Principe

Un échantillon cylindrique qui tourne et un échantillon fixe en matériau antifriction à tester sont plongés dans un bain d'huile chauffé à une température prédéterminée. L'échantillon qui tourne est amené en rotation à la fréquence angulaire préétablie. Une charge est alors appliquée à l'échantillon, à faible vitesse et à vitesse élevée, jusqu'à ce que survienne un grippage. Pendant la mise en charge on enregistre en continu le coefficient de frottement. L'aptitude au rodage des alliages antifriction est évaluée en fonction de la valeur du coefficient de frottement en question.

6 Appareillage et matériaux

6.1 Appareillage

L'appareillage d'essai doit permettre

- d'appliquer à l'échantillon cylindrique une fréquence de rotation donnant en surface une vitesse linéaire de 1 m/s avec une erreur ne dépassant pas 5 %;
- de maintenir l'échantillon en place pressé sous une force alternée dont la pression est augmentée en continu à des taux $C_1 \pm 10\%$ et $C_2 \pm 10\%$, à partir de la pression de 10^{-3} Pa;
- de mesurer en continu la mise en charge de l'échantillon et le coefficient de frottement, avec un erreur ne dépassant pas 5 %.

NOTE — Des enregistreurs peuvent être utilisés pour noter en continu le moment des forces de frottement et la force normale, mais il convient que leur erreur n'excède pas 5 %.

La figure 1 représente un schéma de montage des échantillons. Le système de fixation de l'échantillon fixe doit lui permettre de se placer dans la position requise comme représenté à la figure 1.

L'appareillage doit comprendre un bain d'huile d'une capacité d'au moins 400 cm³, muni d'un dispositif de chauffage de l'huile et d'un dispositif de réglage de la température entre 20 °C et 120 °C à ± 2 °C.

6.2 Matériaux

Les fluides de rinçage doivent être de l'essence et de l'acétone.

L'échantillon fixe doit être tel que représenté à la figure 2. Ses paramètres de rugosité de surface R_a et R_z doivent correspondre autant que possible à ceux des éléments de palier essayés.

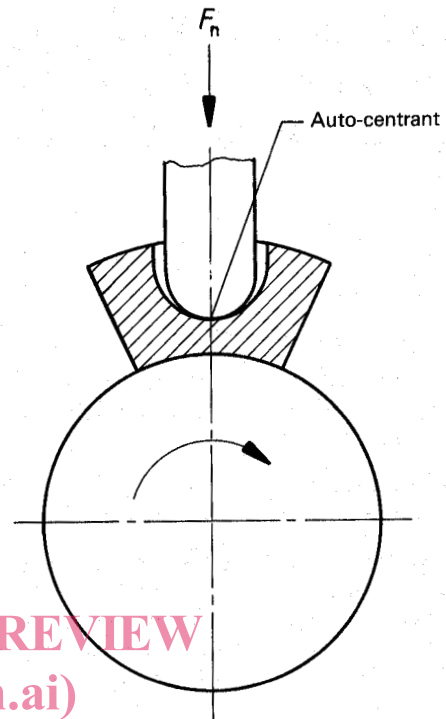
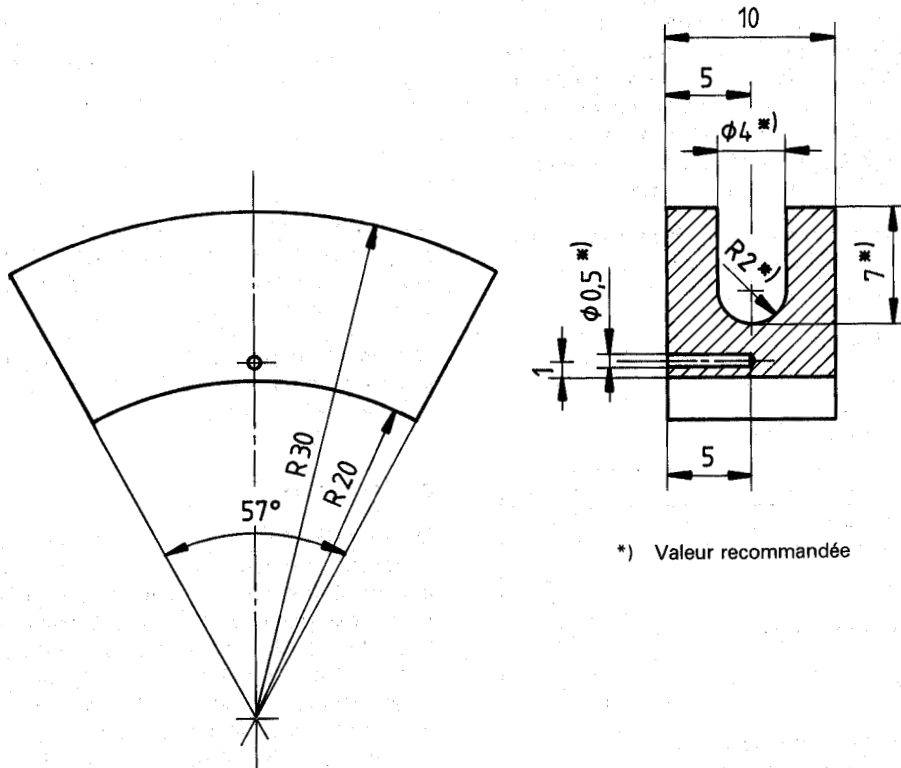


Figure 1 — Schéma de montage des échantillons

ISO/TR 9993:1989

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/03d54d72-fbe8-4a01-89f0-25d9bd0be702/iso-tr-9993-1989>

Dimensions en millimètres



*) Valeur recommandée

Figure 2 — Échantillon fixe

7 Préparation des essais

7.1 À l'aide d'un outil spécial, préparer la surface de frottement de l'échantillon fixe de manière qu'elle épouse le contour de l'échantillon tournant sur au moins 90 % de la surface de contact nominale. Contrôler la surface de frottement en vérifiant la trace du contact.

NOTE — Les surfaces peuvent être finies à la toile d'émeri afin d'obtenir un ajustement convenable.

7.2 Éliminer les bavures de la surface de frottement des échantillons fixe et tournant. Casser les arêtes vives et chanfreiner les extrémités. Rincer les surfaces avec de l'essence et de l'acétone. Mesurer les paramètres de rugosité de surface R_a et R_z des échantillons.

7.3 Placer les échantillons fixe et tournant dans l'appareillage d'essai. Amorcer l'alimentation en huile. Il convient que la quantité d'huile soit suffisante pour baigner complètement les deux échantillons. Mettre l'échantillon tournant en rotation.

NOTE — Pour les essais, il est préférable d'utiliser la même huile que celle qui servira en pratique avec la combinaison réellement utilisée de matériaux antifriction.

7.4 Appliquer une charge de 10 MPa. Poursuivre le rodage jusqu'à stabilisation du coefficient de frottement (moment des forces de frottement) mais pas moins de 120 min.

8 Mode opératoire d'essai

8.1 Porter le bain d'huile à une température de $30 \text{ °C} \pm 2 \text{ °C}$ et, dans le même temps, amorcer le rodage de l'échantillon conformément à 7.4.

8.2 Mettre en marche le dispositif de mise en charge de manière à obtenir une augmentation continue de la charge exercée au taux C_1 . Enregistrer en continu la valeur du coefficient de frottement.

NOTE — Il est permis d'enregistrer en continu la force de frottement et la charge au lieu de la valeur du coefficient de frottement.

8.3 Poursuivre l'essai conformément aux indications données en 8.1 et 8.2 jusqu'à ce que le coefficient de frottement présente une brusque augmentation ou jusqu'à l'apparition sur les échantillons de rayures, creux ou excroissances de moins de $5 \text{ }\mu\text{m}$ de profondeur ou de hauteur.

8.4 Enlever les échantillons et les remplacer par de nouveaux. Procéder de la manière indiquée à l'article 7 et en 8.1. Mettre en marche le dispositif de mise en charge de manière à obtenir une augmentation continue de la charge exercée au taux C_2 . Enregistrer en continu la valeur du coefficient de frottement et poursuivre l'essai de la manière indiquée en 8.3.

8.5 Répéter les opérations données en 8.1, 8.2, 8.3 et 8.4 à des températures du bain d'huile de 60 °C et 90 °C .

8.6 Répéter les opérations données de 8.1 à 8.5 au moins trois fois en utilisant à chaque fois de nouveaux échantillons.

8.7 Enlever les échantillons et les remplacer par de nouveaux pour les soumettre aux essais donnés en 8.6. Porter le bain d'huile à la température indiquée en 8.5. Mettre en marche le dispositif de mise en charge de manière à obtenir une augmentation continue de la charge exercée au taux C_2 . Enregistrer en continu les valeurs de la température superficielle et du coefficient de frottement. Poursuivre l'essai jusqu'à l'apparition d'un grippage.

9 Paramètres d'essai indépendants

Pour les essais comparatifs, il convient de maintenir constants les paramètres d'essai indépendants suivants :

- méthode d'usinage et de finition du matériau de l'échantillon tournant qui est plus dur (en général acier);
- rugosité initiale de la surface de l'échantillon tournant (R_a et $R_{a, \text{max}}$).

10 Expression des résultats

10.1 Prendre les résultats de chacun des essais décrits en 8.2, 8.4 et 8.6 sur au moins trois échantillons. Calculer la moyenne arithmétique des pressions correspondant au coefficient minimal de frottement à chaque taux de charge et aux températures T_1 , T_2 et T_3 .

10.2 À partir des valeurs définies en 10.1, déterminer l'indice d'aptitude au rodage hydrodynamique, R_H , pour chaque valeur de température du bain d'huile.

10.3 Linéariser la courbe de l'effet de l'indice d'aptitude au rodage hydrodynamique, R_H , en fonction de la température du bain d'huile, à l'aide de l'équation

$$R_H = R_{HT} + a T_{\text{huile}}$$

NOTE — Les paramètres R_{HT} et a sont utilisés comme indices d'aptitude au rodage. L'aptitude au rodage du matériau varie avec R_{HT} et inversement à a .

11 Description des matériaux, de l'huile, des conditions d'essai et des résultats d'essai

Sauf indication contraire, on doit fournir pour décrire les matériaux, l'huile, les conditions d'essai et les résultats d'essai, les indications suivantes :

11.1 Matériau antifriction du palier

Type

Composition chimique, en pourcentage

Traitement thermique

Paramètres de rugosité de surface, R_a et R_z

Dureté

Méthode d'application de la courbe superficielle

11.2 Matériau conjugué

- Type
- Composition chimique, en pourcentage
- Traitement thermique
- Paramètres de rugosité de surface, R_a et R_z
- Dureté
- Méthode d'application de la courbe superficielle

11.3 Huile

Type (y compris les informations sur sa viscosité et, si possible, ses additifs)

11.4 Gaz de protection

- Type
- Humidité relative, en pourcentage

11.5 Paramètres variables de fonctionnement

- Taux de charge, C , en pascals par minute
- Vitesse de glissement, u , en mètres par seconde
- Température du bain d'huile, T_{oil} , en degrés Celsius

12 Résultats d'essai

Les paramètres suivants doivent être donnés et inscrits dans le tableau 2.

- Indice d'aptitude au rodage hydrodynamique, R_H
- Constantes de rapport de température, R_{HT} et a

Tableau 2

	Matériau du palier	Matériau conjugué
Transfert de matériau		
Couche de réaction		
Rayures		
— néant		
— quelques (1 à 3)		
— nombreuses		

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

ISO/TR 9993:1989

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/03d54d72-fbe8-4a01-89f0-25d9bd0be702/iso-tr-9993-1989>

Annexe A (informative)

Bibliographie

ISO 4381 : 1981, *Paliers lisses — Alliages moulés de plomb et d'étain pour paliers lisses multicouches.*

ISO 4382-1 : 1982, *Paliers lisses — Alliages de cuivre — Partie 1: Alliages de cuivre moulés pour paliers lisses massifs et multicouches.*

ISO 4382-2 : 1981, *Paliers lisses — Alliages de cuivre — Partie 2: Alliages de cuivre corroyés pour paliers lisses massifs.*

ISO 4383 : 1981, *Paliers lisses — Matériaux métalliques multicouches pour paliers lisses minces.*

ISO 4384-1 : 1982, *Paliers lisses — Essai de dureté des matériaux antifriction — Partie 1: Matériaux multicouches.*

ISO 4384-2 : 1982, *Paliers lisses — Essai de dureté des matériaux antifriction — Partie 2: Matériaux massifs.*

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

[ISO/TR 9993:1989](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/03d54d72-fbe8-4a01-89f0-25d9bd0be702/iso-tr-9993-1989)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/03d54d72-fbe8-4a01-89f0-25d9bd0be702/iso-tr-9993-1989>
