

RAPPORT TECHNIQUE

ISO TR 8285

Première édition
1990-02-01

Paliers lisses — Évaluation des propriétés tribologiques des matériaux à base de polymères

Plain bearings — Evaluation of the tribological properties of polymer-based materials

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

ISO/TR 8285:1990

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/3c5dd48-201f-402f-a24a-425f4cb41d8/iso-tr-8285-1990>



Numéro de référence
ISO/TR 8285 : 1990 (F)

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;
- 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 8285, rapport technique du type 2, a été élaboré par le comité technique ISO/TR 123, *Paliers lisses*.

Les annexes A et B du présent Rapport technique sont données uniquement à titre d'information.

Depuis 1983, ce Rapport technique a fait l'objet de deux versions. La plupart des commentaires des comités membres ont été incorporés à la présente version.

Cette dernière couvre le sujet traité dans l'ISO/TR 7147 : 1985, *Paliers lisses — Essai du comportement tribologique des plastiques*. Un soutien important s'est manifesté au sein des membres de l'ISO/TC 123 (Autriche, Allemagne, R.F., Royaume-Uni) en faveur de la publication des deux documents comme Normes internationales en raison de leur importance.

Par conséquent, il a été décidé de publier l'Avant-projet 8285 en tant que Rapport technique afin de recueillir d'autres commentaires éventuels. Une nouvelle version, combinant les deux Rapports techniques, a été entreprise en même temps par le comité membre pour l'URSS. Il sera procédé à une nouvelle série d'essais et, en cas d'approbation, une Norme internationale sera préparée.

© ISO 1990

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

Paliers lisses — Évaluation des propriétés tribologiques des matériaux à base de polymères

1 Domaine d'application

Le présent Rapport technique traite des essais tribologiques d'échantillons en plastique massifs, utilisés dans des conditions spécifiées de service, c'est-à-dire charge, vitesse de glissement et température, sans lubrification. Les résultats des essais fournissent des informations sur le comportement tribologique des couples frottants acier-plastiques qui peuvent servir aux prévisions d'aptitude à l'emploi des systèmes à friction.

Il prescrit les conditions d'essais, appareils et programmes à adopter pour assurer une reproductibilité des résultats dans des conditions particulières de préparation des échantillons et d'essai.

Le présent Rapport technique spécifie la forme des échantillons, l'état des surfaces frottantes en plastique et en acier, le battement circulaire admissible de la contreface, le transfert de chaleur entre le logement du dispositif et la contreface, et la plage de variation des paramètres entrant dans le processus de frottement, afin d'assurer la reproductibilité des résultats des essais tribologiques des plastiques. Il suggère enfin des solutions techniques quant au matériel d'essai des propriétés tribologiques des plastiques.

2 Symboles et unités

Voir tableau 1.

Tableau 1

Symbole	Paramètre	Unité
f	Coefficient de frottement	—
F_n	Force normale	N
F_f	Force de frottement	N
p	Charge normale spécifique	N/mm ²
σ_s	Résistance à la compression du polymère	N/mm ²
Q	Constante thermique du système à friction	°C·m·s/N
T	Température dans la zone de frottement	°C
ΔT	Différence de température entre la zone de contact et la température ambiante	°C
u	Vitesse de glissement	m/s
t	Durée de l'essai	h
s	Distance de glissement	km
w_l	Usure linéaire	µm
w_t	Taux d'usure	µm/h
w_s	Intensité d'usure	µm/km
k	Coefficient d'usure	mm ² /N
T_m, T_s	Points de fusion et de ramollissement du polymère, respectivement	°C

3 Définition

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

3.1 coefficient de frottement, f : Quotient de la force de frottement résultant du glissement du plastique contre l'acier par la force normale qui appuie les deux corps l'un contre l'autre, c'est-à-dire:

$$f = \frac{F_f}{F_n}$$

3.2 taux d'usure, w_t : Quotient de l'usure linéaire du bloc de plastique essayé par la durée de l'essai, c'est-à-dire:

$$w_t = \frac{w_l}{t}$$

3.3 intensité d'usure, w_s : Quotient de l'usure linéaire par la distance de glissement, c'est-à-dire:

$$w_s = \frac{w_l}{s}$$

3.4 coefficient d'usure, k : Quotient de l'intensité d'usure par la charge normale spécifique appliquée, c'est-à-dire:

$$k = \frac{w_s}{p}$$

4 Forme et fabrication des échantillons

Pour évaluer conformément au présent Rapport technique les propriétés tribologiques des plastiques, il convient de former un système tribologique constitué d'un rouleau en acier et d'un bloc en plastique dont les surfaces de frottement s'ajustent l'une à l'autre (voir figure 1). Les combinaisons possibles de matériaux de rouleau et de bloc sont données dans le tableau 2.

Tableau 2

Combinaisons possibles	Couples	
	Bloc	Rouleau
I	Plastique	Métal
II	Métal	Plastique
III	Plastique	Plastique

La combinaison de base aux termes du présent Rapport technique est la combinaison I.

4.1 Bloc en plastique

Le bloc peut être fabriqué par moulage, moulage par injection, tournage ou par fraisage, de manière à exploiter les effets de structure près de la surface que donne le moulage ou l'usinage (voir figures 2 et 3).

Le bloc doit avoir 10 mm de haut, 10 mm de large et 20 mm de long (voir figure 2).

La rugosité dépend des conditions d'usinage. En cas de moulage ou de moulage par injection, elle dépend de la rugosité des pièces du moule ($R_a = 0,3 \mu\text{m}$ à $0,6 \mu\text{m}$).

4.2 Rouleau d'essai

Un rouleau d'essai en conformité avec le présent Rapport technique se compose d'un cylindre en acier et d'une douille calorifuge. Cette dernière, fabriquée en textolite, est montée de force dans le cylindre en acier. Les dimensions des pièces conjuguées sont indiquées à la figure 4.

Le cylindre en acier est fabriqué à partir d'un acier de teneur en carbone comprise entre 0,45 % et 0,8 %, de dureté 45 HRC à 50 HRC, comme, par exemple, les aciers conformes à l'ISO 683 (toutes les parties existantes).

Le cylindre à isolation thermique est conçu pour les essais comparatifs. Il assure la reproductibilité des résultats d'essais effectués sur des appareils de modèles différents.

En certification, il est essentiel d'avoir un contrôle de la température du rouleau d'essai. Un schéma de thermostat est donné à la figure 5.

La rugosité de surface, R_a , du rouleau peut prendre les valeurs suivantes selon le mode d'usinage ou de préparation des surfaces de frottement:

- a) $R_a = 0,63 \mu\text{m}$ à $0,8 \mu\text{m}$;
- b) $R_a = 0,25 \mu\text{m}$ à $0,32 \mu\text{m}$;
- c) $R_a = 0,04 \mu\text{m}$ à $0,05 \mu\text{m}$.

La solution b) est préférable pour l'estimation des propriétés tribologiques des plastiques.

5 Préparation des échantillons

Avant de procéder aux essais, il convient de nettoyer les échantillons (bloc et rouleau) à l'aide de liquides qui ne dissolvent pas la matière plastique pour en éliminer les différents polluants superficiels.

5.1 Bloc en polymère

Il convient de nettoyer la surface du bloc avec un liquide à une température de $23 \text{ }^\circ\text{C} \pm 5 \text{ }^\circ\text{C}$, sous une humidité relative de 50 %. Il est recommandé de sécher le bloc à l'air puis de le placer sous vide de 10^{-3} torr pendant 2 h.

Pour le nettoyage, on doit utiliser des liquides facilement volatiles à $23 \text{ }^\circ\text{C} \pm 5 \text{ }^\circ\text{C}$, du type essence, acétone, éthanol, cyclohexane, qui ne dissolvent pas le plastique ou ses composants. Il convient que le nettoyage se fasse dans un bain de l'un des liquides ci-dessus.

Pour le choix du liquide de nettoyage, il convient de tenir compte des recommandations du fabricant de plastiques.

5.2 Rouleau d'essai

Pour nettoyer la surface du rouleau, il convient d'utiliser l'un des liquides mentionnés en 5.1. Il est recommandé de sécher le rouleau à l'étuve entre $50 \text{ }^\circ\text{C}$ et $60 \text{ }^\circ\text{C}$ sans ventilation.

6 Appareillage d'essai

Les essais décrits dans le présent Rapport technique peuvent être effectués avec des appareils du type bloc-rouleau actuellement disponibles. Ces appareils ont cependant besoin d'être modernisés et demandent le respect de certaines conditions technologiques pour donner des résultats reproductibles.

Ces conditions technologiques sont les suivantes:

6.1 Il convient d'effectuer les essais comparatifs en intercalant une douille isolante entre l'arbre d'essai et le rouleau (voir figures 4 et 6). Le rayonnement thermique améliore la reproductibilité de résultats d'essai obtenus sur des appareils de conception différente.

6.2 Les essais de certification doivent être effectués avec des rouleaux à régulation thermique (voir figure 5) ou à l'aide d'un dispositif à positions multiples à arbre thermorégulé (voir figure 7). La régulation thermostatique permet d'estimer les propriétés tribologiques des plastiques à température constante des contrefaces.

6.3 Il ne convient pas que le battement circulaire radial de la surface travaillante du rouleau dépasse $25 \mu\text{m}$.

Il convient que le montage d'essai permette

- a) de contrôler la vitesse de glissement et de la maintenir à un niveau donné à $\pm 2,5 \%$ de la valeur réelle;
- b) de mettre l'échantillon en charge en continu à $\pm 2,5 \%$ de la valeur réelle;
- c) de mesurer le coefficient de frottement et la température de la surface de glissement du rouleau, ainsi que l'usure linéaire du bloc.

Le contrôle en continu de l'usure linéaire se fait à l'aide d'un instrument spécial d'une précision de $\pm 0,5 \mu\text{m}$ [l'emploi d'un tel instrument interrompt l'essai de l'échantillon après le rodage (voir figure 6)].

Pour mesurer la température moyenne des surfaces de frottement plastique et métallique, on place un thermocouple dans un trou percé dans le bloc en plastique, dépassant de $0,2 \text{ mm}$ de la surface de frottement.

Au stade de la régulation thermostatique, on contrôle la température du rouleau et de l'arbre de la machine à positions multiples en faisant varier les conditions de fonctionnement du thermostat du liquide.

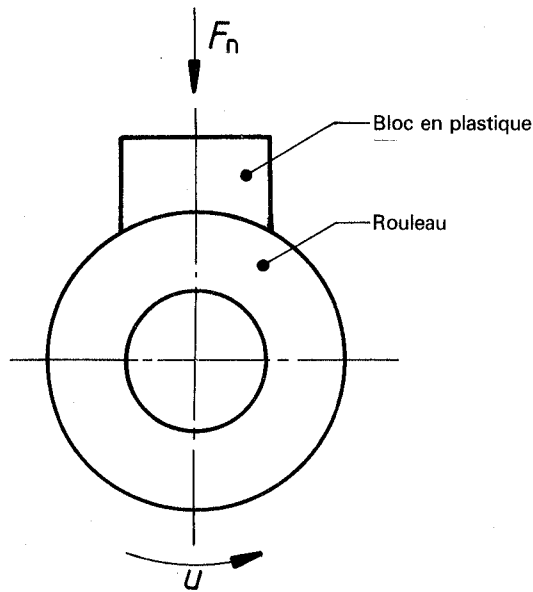
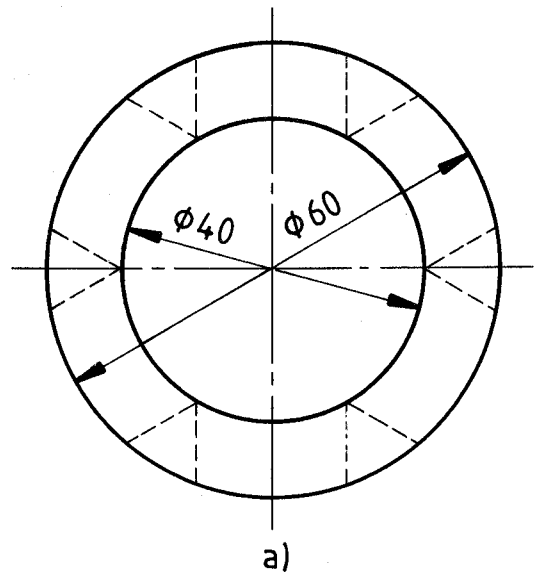


Figure 1 — Contact tribologique entre un bloc en plastique et un rouleau

Dimensions en millimètres



iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

ISO/TR 8285:1990

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/f3c5dd48-201f-402f-a24a-42f5f4cb41d8/iso-tr-8285-1990>

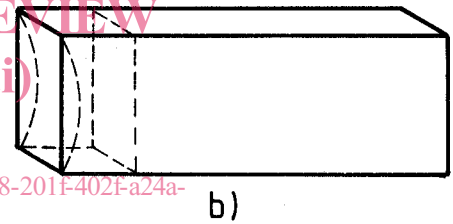


Figure 3 — Modes de préparation des blocs d'essai en plastique

Dimensions en millimètres

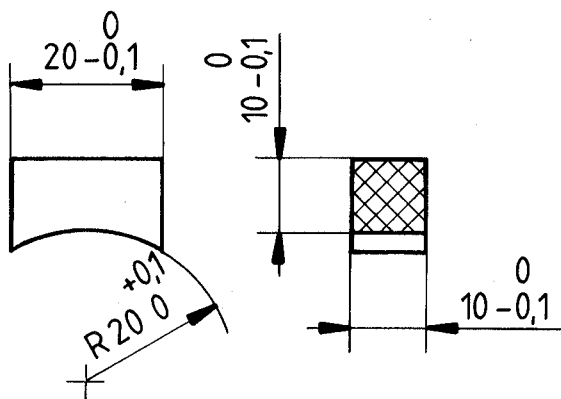


Figure 2 — Bloc en plastique

Dimensions en millimètres,
rugosité de surface en micromètres

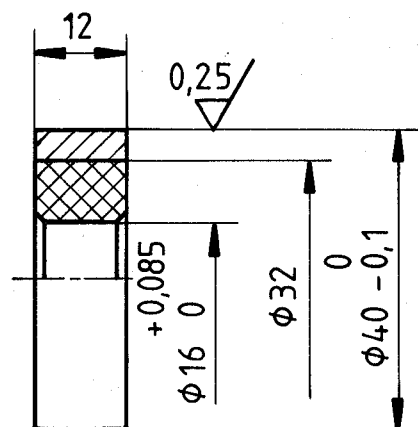


Figure 4 — Rouleau d'essai

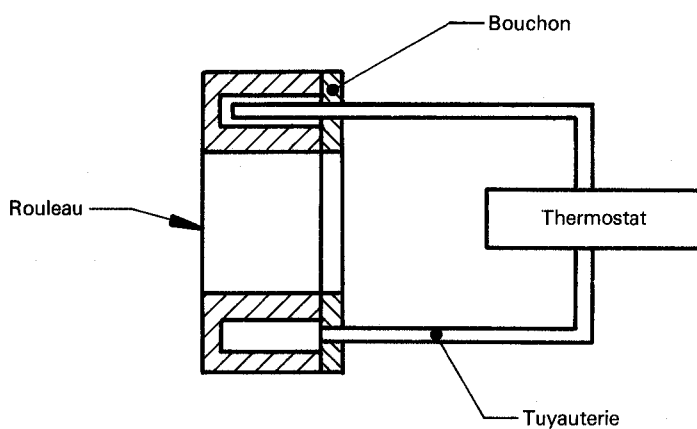


Figure 5 — Système de régulation thermique du rouleau

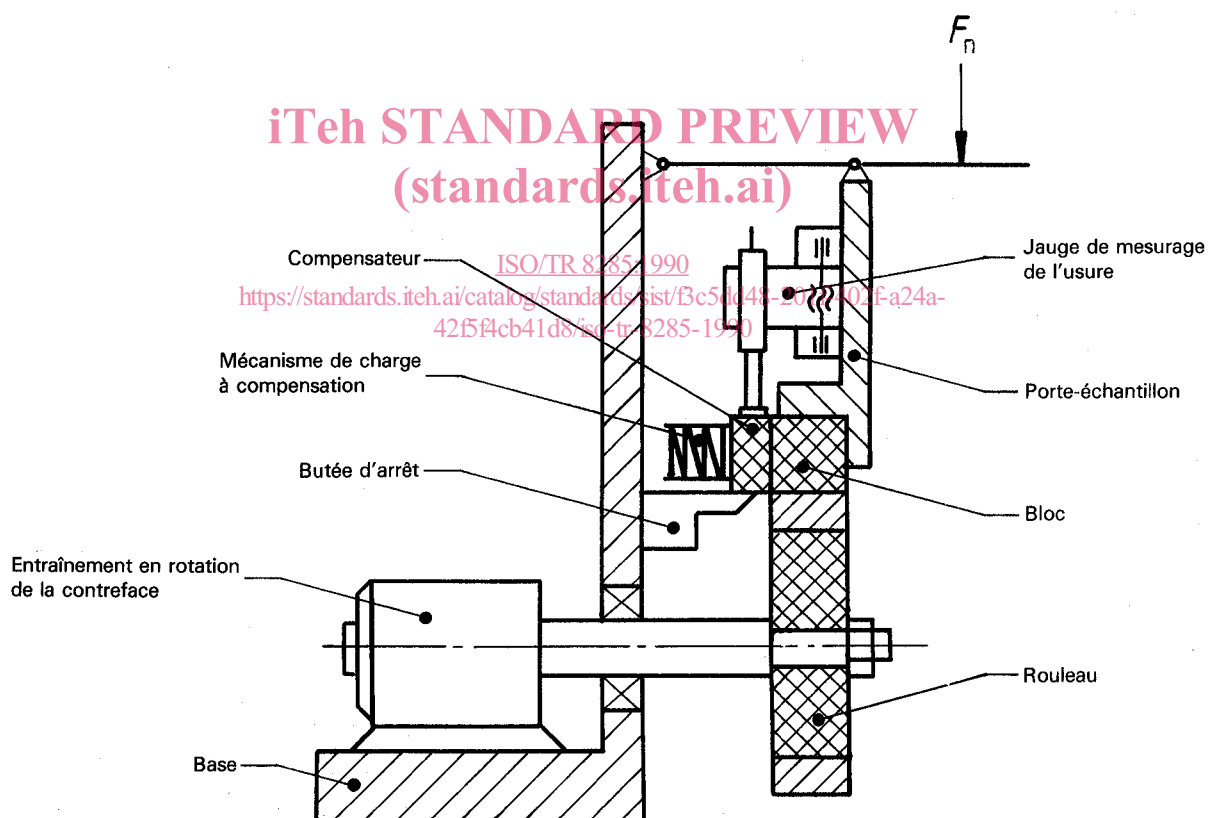
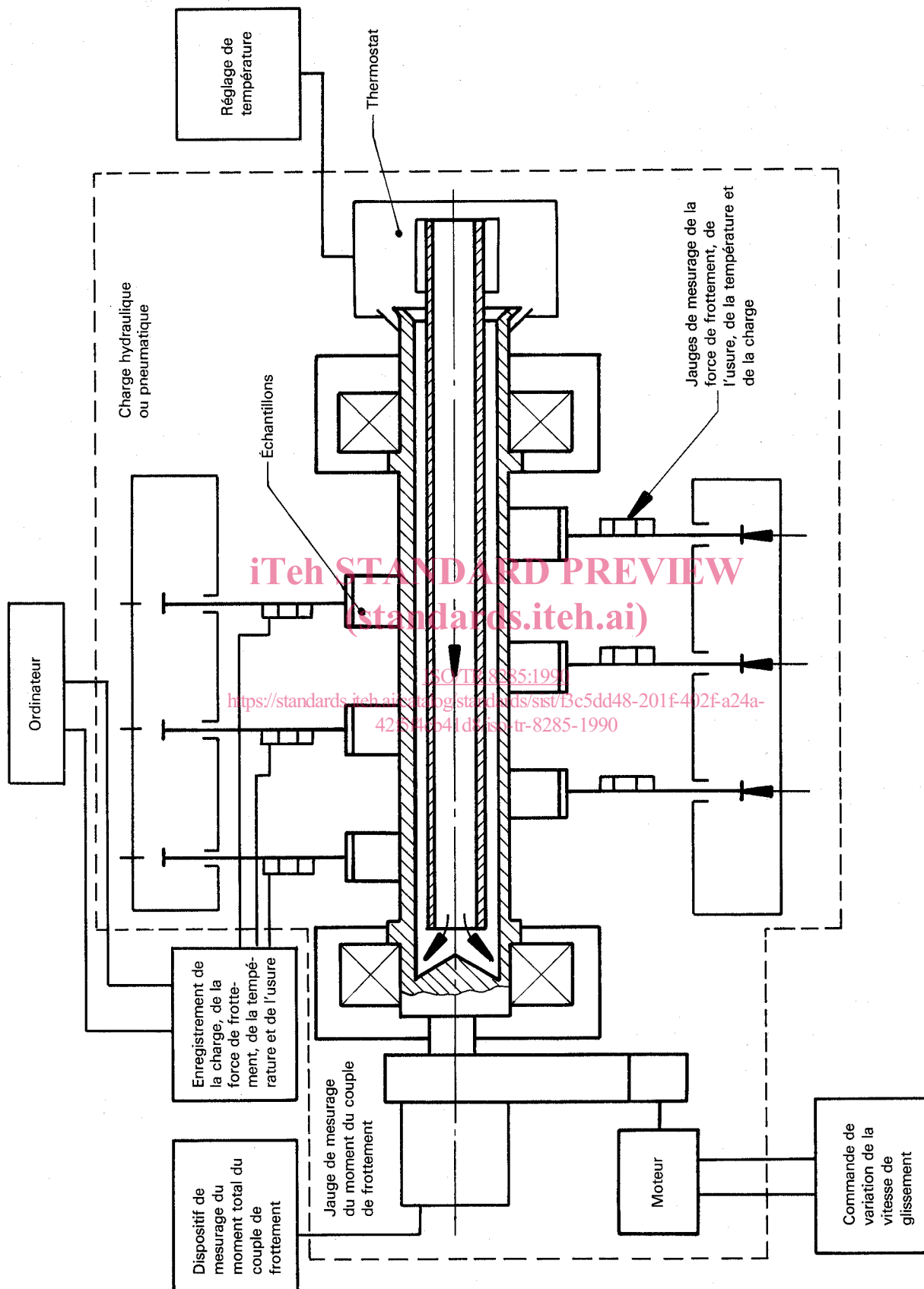


Figure 6 — Dispositif et système de mesurage de l'usure



NOTE — Le système de base est représenté en traits interrompus.

Figure 7 — Installation d'essai à positions multiples et arbre à régulation thermique

7 Mode opératoire d'essai

7.1 Conditions ambiantes

Il convient d'adopter les conditions ambiantes d'essai suivantes: température de $23 \text{ °C} \pm 5 \text{ °C}$ et humidité relative de 40 % à 60 %. Tout écart par rapport à ces conditions doit être consigné dans le rapport d'essai. Pour avoir des conditions d'essai reproductibles, il convient de placer le couple de frottement dans un espace restreint.

7.2 Montage de l'échantillon

Monter le rouleau dont la surface de glissement a été préparée, sur l'arbre de la machine d'essai et le fixer. Mesurer son battent circulaire radial à l'aide d'un indicateur mécanique gradué en micromètres.

Placer sans jeu le bloc de plastique nettoyé dans le porte-bloc (voir figure 6). La force de frottement tangentielle est absorbée par la paroi du logement du porte-bloc qui possède une résistance élevée à la flexion.

La partie qui dépasse de l'échantillon doit mesurer au moins 3 mm.

7.3 Rodage du bloc

Il convient de roder l'échantillon en plastique sur la surface du rouleau avant de commencer l'essai. Le but du rodage est de réaliser un contact étroit sur toute la surface de frottement du bloc en plastique.

La durée du rodage dépend de la précision de la fabrication et du montage des échantillons, des matériaux, des conditions de rodage, des processus de transferts par frottement et des structures secondaires qui se forment à la surface du bloc. Le transfert par frottement produit une pellicule plastique qui peut avoir $0,5 \text{ }\mu\text{m}$ à $3 \text{ }\mu\text{m}$ d'épaisseur sur la surface métallique.

Lorsque la fabrication et le montage du bloc et du rouleau sont précis, le rodage dure de 3 h à 7 h. Les critères fondamentaux de fin de rodage sont une usure uniforme, un coefficient de frottement, f , constant et un contact étroit entre les surfaces du bloc et du rouleau.

7.4 Programmes d'essai

Le présent Rapport technique spécifie deux programmes spéciaux.

7.4.1 Programme C

Ce programme sert à comparer les propriétés des matériaux. Les propriétés tribologiques des plastiques sont évaluées dans des conditions similaires aux conditions de service.

On distingue arbitrairement entre trois régimes de vitesse de mise en charge: faible — moyen — élevé (voir tableau 3). Chaque zone de mise en charge est délimitée par la charge et la température maximale de la zone de contact associées à la résistance à la compression σ_s et au point de fusion T_m (ou de ramollissement T_s) du plastique.

Pour les essais comparatifs, il convient de tenir compte de la constante thermique de l'unité d'essai en frottement, Q :

$$Q = \frac{\Delta T}{f p u}$$

Q s'évalue par voie expérimentale et est consignée dans le rapport d'essai. La valeur de Q est maintenue dans la plage $7 \times 10^{-4} \text{ °C} \cdot \text{m} \cdot \text{s} / \text{N}$ à $12 \times 10^{-4} \text{ °C} \cdot \text{m} \cdot \text{s} / \text{N}$ à l'aide d'un isolateur thermique placé entre le rouleau d'essai et l'arbre.

Au premier stade du programme d'essais comparatifs, on prend les valeurs de charge données dans le tableau 3, c'est-à-dire une valeur pour chaque zone de charge. Puis, on calcule les vitesses minimale et maximale de glissement (voir tableau 3) qui servent à compiler une matrice des régimes charge-vitesse.

Tableau 3 — Régimes charge-vitesse pour l'essai des plastiques

Zone de charge	Charge normale spécifique, p N/mm ²	Température moyenne de contact, T °C	Vitesse de glissement, u m/s
Régime faible	0,000 3 σ_s à 0,001 σ_s	jusqu'à $23 \pm 5 + 0,2 T_m$ (ou T_s)	$\frac{0,2 T_m}{f p_i Q}$
Régime moyen	0,001 3 σ_s à 0,005 σ_s	jusqu'à $23 \pm 5 + 0,4 T_m$ (ou T_s)	$\frac{0,4 T_m}{f p_i Q}$
Régime élevé	0,005 3 σ_s à 0,01 σ_s	jusqu'à $23 \pm 5 + 0,6 T_m$ (ou T_s)	$\frac{0,6 T_m}{f p_i Q}$

$$\left(\frac{p}{u}\right)_{ij} = \begin{pmatrix} \frac{p_1}{u_1} & \frac{p_1}{u_2} & \frac{p_1}{u_3} \\ \frac{p_2}{u_1} & \frac{p_2}{u_2} & \frac{p_2}{-} \\ \frac{p_3}{u_1} & \frac{p_3}{-} & \frac{p_3}{-} \end{pmatrix}$$

Le programme est établi à l'aide des colonnes et lignes de la matrice. Chaque essai est répété trois fois à chacun des régimes et l'on enregistre les valeurs de force de frottement, d'usure et de température dans la zone de contact. Il convient que l'usure mesurée pendant les essais soit supérieure d'un ordre de grandeur à l'erreur de mesure.

Une fois l'échantillon essayé à l'un des régimes, on polit la surface du rouleau d'essai à la toile émeri et on la nettoie conformément aux indications de 5.2. La toile émeri est placée sur un morceau de bois de 200 mm × 50 mm × 10 mm revêtu de caoutchouc vulcanisé collé. Le polissage, effectué sur la machine d'essai ou un montage spécial, doit redonner à la surface du rouleau sa rugosité initiale (voir 4.2) avant que l'essai au régime suivant ne débute.

7.4.2 Programme P

Les essais de certification servent à obtenir des données de référence sur les propriétés tribologiques des plastiques. Ils couvrent de 9 à 27 régimes charge-vitesse. Les valeurs de p , u , et T_i sont déterminées d'après le tableau 3, et on compile une matrice des résultats d'essai:

$$\left(\frac{p}{u}\right)_{ij} = \begin{pmatrix} \frac{p_1}{u_1} & \frac{p_1}{u_2} & \frac{p_1}{u_3} \\ \frac{p_2}{u_1} & \frac{p_2}{u_2} & \frac{p_2}{u_3} \\ \frac{p_3}{u_1} & \frac{p_3}{u_2} & \frac{p_3}{u_3} \end{pmatrix}$$

aux températures de régulation thermique T_1 , T_2 et T_3 .

On enregistre pendant les essais la force de frottement et l'usure à la température préétablie. Si l'arbre subit un contrôle thermique, il convient que la constante thermique Q soit qualifiée et consignée dans le rapport d'essai.

Les essais sont effectués trois fois à chaque régime charge-vitesse. On mesure en continu la quantité d'usure à l'aide d'un dispositif spécial dont l'erreur ne dépasse pas $\pm 0,5 \mu\text{m}$ (voir figure 6).

Les essais à la température T_i sont réalisés aux neuf régimes sur le même échantillon. Cet échantillon est ensuite changé et l'on recommence les essais. Lorsque le régime devient plus sévère, il n'est pas nécessaire de nettoyer la surface du rouleau, ce qui économise le temps d'usure non uniforme nécessaire pour former la pellicule de transfert par frottement.

Lorsqu'on change l'échantillon, il est nécessaire de décaper la surface du rouleau à la toile émeri pour lui redonner sa rugosité initiale telle que prescrite en 4.2 puis de la nettoyer conformément aux indications de 5.2.

8 Analyse et rapport d'essai

8.1 Généralités

Il convient que les conditions d'essai suivantes figurent dans le rapport d'essai.

- conditions ambiantes (température et humidité);
- type de programme d'essai et de régimes de mise en charge;
- caractéristiques particulières du plastique (voir 4.1), sa résistance à la compression et son point de fusion (point de ramollissement du polymère);
- caractéristiques particulières du rouleau (voir 4.2) (nuance d'acier, dureté Rockwell et rugosité superficielle);
- caractéristiques du nettoyage et du rodage des surfaces de frottement du plastique et du rouleau.

8.2 Résultats d'essai

À frottement et usure uniformes des plastiques, les paramètres suivants doivent être donnés comme fonctions de la charge normale spécifique p , de la vitesse de glissement u , et de la température T :

- valeur moyenne du coefficient de frottement;
- taux d'usure du plastique;
- coefficient d'usure du plastique.