

---

Norme internationale



4666/2

---

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION • МЕЖДУНАРОДНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ ПО СТАНДАРТИЗАЦИИ • ORGANISATION INTERNATIONALE DE NORMALISATION

---

**Caoutchouc vulcanisé — Détermination de l'élévation de température et de la résistance à la fatigue dans les essais aux flexomètres —  
Partie 2 : Flexomètre à rotation**

*Rubber, vulcanized — Determination of temperature rise and resistance to fatigue in flexometer testing — Part 2 : Rotary flexometer*

Première édition — 1982-07-01

**iTeh STANDARD PREVIEW**  
**(standards.iteh.ai)**  
<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/178201c2-6361-462f-870e-ff52c9ea20d2/iso-4666-2-1982>

---

CDU 678.063 : 620.178.3 : 620.1.05

Réf. n° : ISO 4666/2-1982 (F)

**Descripteurs** : caoutchouc, caoutchouc vulcanisé, essai, essai de flexion, essai de fatigue, essai d'échauffement, matériel d'essai, conditions d'essai, mesurage de température.

## 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 confiée aux comités techniques de l'ISO. Chaque comité membre intéressé par une étude a le droit de faire partie du comité technique correspondant. Les organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales, en liaison avec l'ISO, participent également aux travaux.

Les projets de Normes internationales adoptés par les comités techniques sont soumis aux comités membres pour approbation, avant leur acceptation comme Normes internationales par le Conseil de l'ISO.

La Norme internationale ISO 4666/2 a été élaborée par le comité technique ISO/TC 45, *Élastomères et produits à base d'élastomères*, et a été soumise aux comités membres en octobre 1979.

Les comités membres des pays suivants l'ont approuvée : <https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/178201c2-6361-462f-870e-ff52c9ea20d2/iso-4666-2-1982>

Afrique du Sud, Rép. d'	Égypte, Rép. arabe d'	Royaume-Uni
Allemagne, R. F.	Espagne	Suède
Autriche	France	Suisse
Belgique	Hongrie	Tchécoslovaquie
Bulgarie	Inde	URSS
Chine	Italie	USA
Corée, Rép. de	Malaisie	
Danemark	Roumanie	

Les comités membres des pays suivants l'ont désapprouvée pour des raisons techniques :

Brésil  
Canada

# Caoutchouc vulcanisé — Détermination de l'élévation de température et de la résistance à la fatigue dans les essais aux flexomètres —

## Partie 2 : Flexomètre à rotation

### 1 Objet et domaine d'application

La présente partie de l'ISO 4666 spécifie l'essai au flexomètre à rotation pour la détermination de l'élévation de température et de la résistance à la fatigue de caoutchoucs vulcanisés, sous force de cisaillement rotative. Elle permet d'utiliser les quatre types de conditions d'essai décrits dans l'ISO 4666/1.

Elle donne des directives pour effectuer des mesurages qui permettent des prévisions quant à la durabilité des caoutchoucs dans les articles finis (pneumatiques, paliers, courroies trapézoïdales, inserts annulaires pour tambours de câble et produits similaires soumis à des flexions dynamiques en service). Toutefois, étant donné les grandes variations des conditions de service, il n'est pas possible d'assurer qu'il existe une corrélation simple entre les essais accélérés décrits dans la présente Norme internationale et les performances en service.

### 2 Références

ISO 4648, *Caoutchouc vulcanisé — Détermination des dimensions des éprouvettes et des produits en vue des essais.*

ISO 4666/1, *Caoutchouc vulcanisé — Détermination de l'élévation de température et de la résistance à la fatigue dans les essais aux flexomètres — Partie 1 : Principes fondamentaux.*

### 3 Définitions

Pour les définitions des termes et concepts utilisés dans le cadre de cet essai et dans l'évaluation des résultats, voir l'ISO 4666/1.

### 4 Principe

Une éprouvette cylindrique est comprimée axialement, jusqu'à une contrainte ou une déformation prédéterminée (précontrainte ou prédéformation), entre deux plaques de serrage. L'une des deux plaques est montée sur un arbre tournant librement tandis que l'autre est montée sur un arbre entraîné par un moteur. Les arbres sont déplacés latéralement l'un par rapport à l'autre, soit d'une distance prédéterminée, soit sous l'effet d'une force prédéterminée. L'excentricité des deux plaques

tournantes produit une déformation de l'éprouvette qui tourne pendant qu'elle est sous compression, ce qui entraîne une élévation de la température et finalement une détérioration par fatigue. L'élévation de la température au centre de l'éprouvette est déterminée à l'aide d'une sonde constituée par une aiguille. La résistance à la fatigue est aussi déterminée.

### 5 Éprouvettes

Pour avoir des indications générales sur le nombre, la préparation et le conditionnement des éprouvettes, voir l'ISO 4666/1.

Les éprouvettes doivent être des cylindres de hauteur égale au diamètre. Les dimensions doivent être égales à  $20 \pm 0,2$  mm ou à  $38 \pm 0,4$  mm. L'éprouvette plus petite est préférable en raison de la plus grande uniformité de son degré de vulcanisation dans l'ensemble de la masse.

Si les éprouvettes sont préparées par vulcanisation dans des moules, il est recommandé d'utiliser des empreintes ayant un diamètre et une profondeur de  $20,2 \pm 0,05$  mm ou de  $38,2 \pm 0,05$  mm, pour tenir compte du retrait thermique après vulcanisation. Si les éprouvettes sont découpées dans des pièces finies, il est recommandé d'utiliser à cet effet un emporte-pièce circulaire de diamètre intérieur égal à  $20 \pm 0,03$  mm ou à  $38 \pm 0,03$  mm.

### 6 Appareillage

#### 6.1 Flexomètre à rotation (voir figures 1 et 2)

La figure 1 représente schématiquement les parties essentielles du flexomètre. L'éprouvette cylindrique agit à la manière d'un embrayage à friction entre les deux plaques de serrage, montées sur des arbres parallèles de façon à pouvoir être mises en rotation. L'arbre portant la plaque de serrage de droite (voir figure 1) doit être monté sur un palier mobile de manière à permettre un mouvement presque sans friction dans la direction axiale. Le but est de pouvoir soumettre l'éprouvette à une compression axiale, en déplaçant la plaque de serrage mobile d'une quantité prédéterminée (essai sous prédéformation constante), ou à l'action d'une force prédéterminée (sous précontrainte constante), par exemple au moyen d'un ressort à compression.

Il faut aussi que le palier mobile puisse être déplacé perpendiculairement à l'axe de l'éprouvette. Ce déplacement peut être réalisé par le mouvement du support de palier ou au moyen d'un dispositif support transversal. Une déformation transversale est ainsi imposée à l'éprouvette. La déformation peut être d'une valeur prédéterminée (essai sous déformation cyclique constante) ou être obtenue sous l'action d'une force prédéterminée (essai sous contrainte cyclique constante).

La plaque de serrage gauche doit être entraînée par un moteur à une fréquence de rotation de  $14,6 \pm 0,1$  Hz ou de  $25,0 \pm 0,2$  Hz. L'éprouvette transmet la rotation de cette plaque à la plaque de serrage mobile.

La rotation et la déformation simultanées soumettent l'éprouvette à une déformation en cisaillement, de forme sinusoïdale. On doit utiliser des instruments tels que des jauges à cadran et des capteurs électroniques pour déterminer toutes les déformations et forces auxquelles l'éprouvette est soumise. Les instruments de mesure des déformations doivent avoir une précision d'au moins 0,01 mm. La précision des dynamomètres doit être au moins de 0,1 N. Il est recommandé d'utiliser des enregistreurs graphiques pour enregistrer la force transversale ou le déplacement transversal. Les instruments de mesure doivent être montés de telle sorte que leur pression agisse dans un sens opposé à la force, comme le montre la figure 1.

Les plaques de serrage doivent être en acier. Pour les essais d'échauffement, si cela s'avère nécessaire, on peut recouvrir ces plaques de capuchons en plastique ou autres matériaux thermo-isolants dont la conductibilité n'est pas supérieure à  $0,28 \text{ W/m}\cdot\text{K}$ . Ces capuchons doivent avoir une épaisseur de  $10,0 \pm 0,2$  mm et doivent être en contact étroit avec les plaques métalliques sur toute leur surface. Au lieu d'utiliser des capuchons, on peut placer des disques en matériau thermo-isolant immédiatement derrière les plaques de serrage.

Pour faciliter la mise en place de l'éprouvette cylindrique entre les plaques de serrage ou les capuchons et afin d'éviter un déplacement latéral pendant l'essai, les plaques et capuchons doivent avoir un évidement central destiné à recevoir l'éprouvette. Cet évidement doit avoir les dimensions suivantes :

- pour les petits cylindres :  
diamètre :  $20,2 \pm 0,03$  mm,  
profondeur :  $0,7 \pm 0,03$  mm;
- pour les grands cylindres :  
diamètre :  $38,4 \pm 0,05$  mm,  
profondeur :  $1,0 \pm 0,05$  mm.

## 6.2 Jauge de mesure

La jauge utilisée pour mesurer la hauteur et le diamètre des éprouvettes doit être conforme aux spécifications de l'ISO 4648. Une jauge à cadran ayant un pied circulaire de diamètre 10 mm et exerçant une pression de  $22 \pm 5$  kPa convient.

## 6.3 Dispositif de mesure de la température

Un dispositif de mesure de la température muni d'une sonde constituée d'une aiguille dont le diamètre n'est pas supérieur à

1 mm doit être utilisé. L'erreur maximale tolérée est de  $\pm 0,5$  °C.

## 6.4 Instrument de mesure du temps

L'erreur sur la mesure du temps ne doit pas être supérieure à 5,0 s.

## 7 Mode opératoire

### 7.1 Préparation

Lorsqu'on utilise la petite éprouvette pour l'essai d'échauffement, il est recommandé de mettre les capuchons isolants sur les plaques de serrage. Lorsqu'on utilise la grande éprouvette ou lorsqu'on détermine la résistance à la fatigue, il n'est pas nécessaire d'utiliser les capuchons.

Mesurer la hauteur de l'éprouvette non chargée, à 0,05 mm près, avant de la placer dans le flexomètre.

Avant de commencer l'essai proprement dit, faire un essai préliminaire de 15 min dans les conditions de l'essai, en utilisant un caoutchouc de même dureté que celle de l'éprouvette. De cette manière, les plaques de serrage (et les capuchons, lorsqu'on les utilise) sont réchauffées et l'appareil est amené aux conditions normales.

### 7.2 Réalisation de l'essai

Le dispositif étant maintenu fixe, amener les deux plaques de serrage en alignement axial et intercaler l'éprouvette. Comprimer ensuite l'éprouvette axialement d'environ 10 %, c'est-à-dire jusqu'à environ 90 % de la hauteur initiale. Mettre le moteur en marche et vérifier que l'éprouvette est positionnée correctement. Si l'éprouvette n'est pas bien centrée, l'enlever et la replacer correctement. Ensuite, c'est-à-dire dès le début de l'essai, comprimer l'éprouvette jusqu'à la déformation voulue ou appliquer la force voulue au moyen du ressort de compression ou d'un poids. Immédiatement après, déplacer le palier droit (mobile) à l'aide du pivot fileté transversal ou en appliquant une force transversale perpendiculaire à l'axe de l'appareil. La déformation complète doit être atteinte en 10 s. La durée de l'essai est comptée à partir du moment où la déformation transversale requise a été appliquée.

#### 7.2.1 Mesure de l'élévation de température

Au bout du temps d'essai spécifié, arrêter le moteur, cesser d'appliquer la déformation transversale et la déformation axiale et mesurer immédiatement la température au centre de l'éprouvette avec la sonde à aiguille. Le temps écoulé entre l'arrêt du moteur et le mesurage de la température doit être de  $10 \pm 2$  s. On peut mesurer la température dans l'éprouvette lorsque cette dernière est dans l'appareil ou après l'en avoir retirée.

#### 7.2.2 Détermination de la résistance à la détérioration par fatigue

Mesurer le temps écoulé entre le début des déformations cycliques et le début de la détérioration à l'intérieur de l'éprouvette.

Si aucune détérioration ne se produit après 30 min, arrêter l'essai, sauf si une durée d'essai plus longue est spécifiée. Dans ce cas, donner la déformabilité de fatigue ou la contrainte de fatigue au lieu du seuil de déformation ou du seuil de contrainte (voir 9.2.2).

Le début de la détérioration se manifeste par les variations de la force transversale ou du déplacement transversal. Le critère utilisé pour déterminer le début de la détérioration doit être le même pour tous les essais de comparaison.

L'essai terminé, sectionner l'éprouvette en coupant dans un plan axial et examiner à l'œil nu pour s'assurer que le degré de détérioration (indiqué par la présence de fins pores, de craquelures ou d'une dégradation du caoutchouc au centre de l'éprouvette) est comparable. Dans le cas de caoutchoucs où le début de la dégradation est difficile à déceler, soumettre plusieurs éprouvettes à l'essai pour être sûr d'obtenir une estimation correcte.

## 8 Conditions d'essai

### 8.1 Généralités

Les essais doivent être effectués à la température normale de laboratoire, soit  $23 \pm 2$  °C ou  $27 \pm 2$  °C.

Les forces exercées par les jauges à cadran ou les jauges de contrainte doivent être prises en considération.

### 8.2 Mesure de l'élévation de température

Après une durée de marche de  $20 \pm 0,5$  min, l'équilibre de température étant alors généralement atteint, l'élévation de température doit être mesurée.

Les charges recommandées sont les forces ou déformations données sous la rubrique «normales» du tableau 1. Si l'élévation de température résultante est trop faible pour permettre une comparaison significative, on peut utiliser les valeurs «supérieures».

### 8.3 Détermination de la résistance à la détérioration par fatigue

S'il s'agit seulement de déterminer la résistance à la fatigue pour une charge, ou pour des recherches préliminaires destinées à déterminer les gammes de forces appropriées pour établir la courbe de résistance à la fatigue, les conditions d'essai recommandées normalement sont celles données sous la rubrique «normales» du tableau 2. S'il en résulte une durée d'essai trop courte, des valeurs «inférieures» peuvent être utilisées.

Tableau 1 — Conditions de charge pour mesurer l'élévation de température

Conditions d'essai	Dimensions de l'éprouvette mm	Normales		Supérieures	
		Axiales	Transversales	Axiales	Transversales
Valeur maximale de précontrainte et de contrainte cyclique constantes	20 × 20 38 × 38	300 ± 2 N 1 000 ± 5 N	30 ± 0,2 N 100 ± 0,5 N	500 ± 2 N 1 400 ± 5 N	40 ± 0,2 N 200 ± 1 N
Valeur maximale de prédéformation et de déformation cyclique constantes	20 × 20 38 × 38	6 ± 0,02 mm 10 ± 0,04 mm	2,8 ± 0,02 mm 3,0 ± 0,04 mm	— —	— —

Tableau 2 — Conditions de charge pour déterminer la résistance à la détérioration par fatigue

Conditions d'essai	Dimensions de l'éprouvette mm	Normales		Inférieures	
		Axiales	Transversales	Axiales	Transversales
Valeur maximale de précontrainte et de contrainte cyclique constantes	20 × 20 38 × 38	500 ± 2 N 1 700 ± 5 N	80 ± 0,2 N 270 ± 2 N	500 ± 2 N 1 700 ± 5 N	50 ± 0,2 N 150 ± 1 N
Valeur maximale de prédéformation et de déformation cyclique constantes	20 × 20 38 × 38	6 ± 0,02 mm 10 ± 0,04 mm	6,5 ± 0,02 mm 10 ± 0,04 mm	6 ± 0,02 mm 10 ± 0,04 mm	3,5 ± 0,02 mm 5,0 ± 0,04 mm

## 9 Évaluation des résultats d'essai

### 9.1 Élévation de température

Mesurer l'élévation de température au centre de l'éprouvette par rapport à la température normale de laboratoire.

### 9.2 Résistance à la détérioration par fatigue

#### 9.2.1 Résistance à la fatigue

La résistance à la fatigue est le nombre de cycles de charge jusqu'à rupture,  $N$ , qui peut être calculé par le produit du temps, en secondes, jusqu'à rupture par la fréquence d'essai, en hertz, ou qui peut être mesuré directement.

#### 9.2.2 Courbes de résistance à la fatigue

Le mieux est de représenter la résistance à la détérioration par fatigue sur un graphique. Les valeurs de résistance à la fatigue  $N$  (nombre de cycles jusqu'à détérioration) et les amplitudes de force sont portées sur un graphique où les abscisses (nombre de cycles) sont en échelle logarithmique et les ordonnées (forces) sont en échelle linéaire. La figure 3 est un exemple obtenu en réalisant les essais avec des éprouvettes cylindriques de 20 mm de hauteur et de 20 mm de diamètre, dans des conditions de déformation cyclique.

La valeur maximale de la déformation cyclique ou la valeur maximale de la contrainte cyclique, à laquelle la courbe de résistance à la fatigue devient pratiquement parallèle à l'axe de log  $N$ , est considérée comme le seuil de déformation,  $\gamma_{\infty}$ , ou le seuil de contrainte,  $\tau_{\infty}$ .

Si nécessaire, on peut utiliser une courbe de résistance à la fatigue en fonction de la valeur maximale de la déformation cyclique ou de la valeur maximale de la contrainte cyclique pour calculer la déformabilité de fatigue ou la contrainte de fatigue pour une résistance à la fatigue donnée. Dans ce cas, il n'est pas nécessaire de faire des essais aux valeurs maximales de déformation cyclique ou aux valeurs maximales de contrainte cyclique pour lesquelles la résistance à la fatigue tend vers l'infini.

Les valeurs des amplitudes de force cyclique choisies selon 8.3 sont utilisées conjointement avec les dimensions nominales de l'éprouvette pour calculer la valeur maximale de la déformation cyclique,  $\gamma$ , et la valeur maximale de la contrainte cyclique,  $\tau$ , en mégapascals, à l'aide des formules

$$\gamma = \frac{s}{h} = \frac{s}{h_0 - h_r}$$

où

$s$  est la déformation transversale, en millimètres;

$h_0$  est la hauteur de l'éprouvette, en millimètres (20 ou 38);

$h_r$  est la compression statique, en millimètres;

et

$$\tau = \frac{Q}{A}$$

où

$Q$  est la force transversale, en newtons;

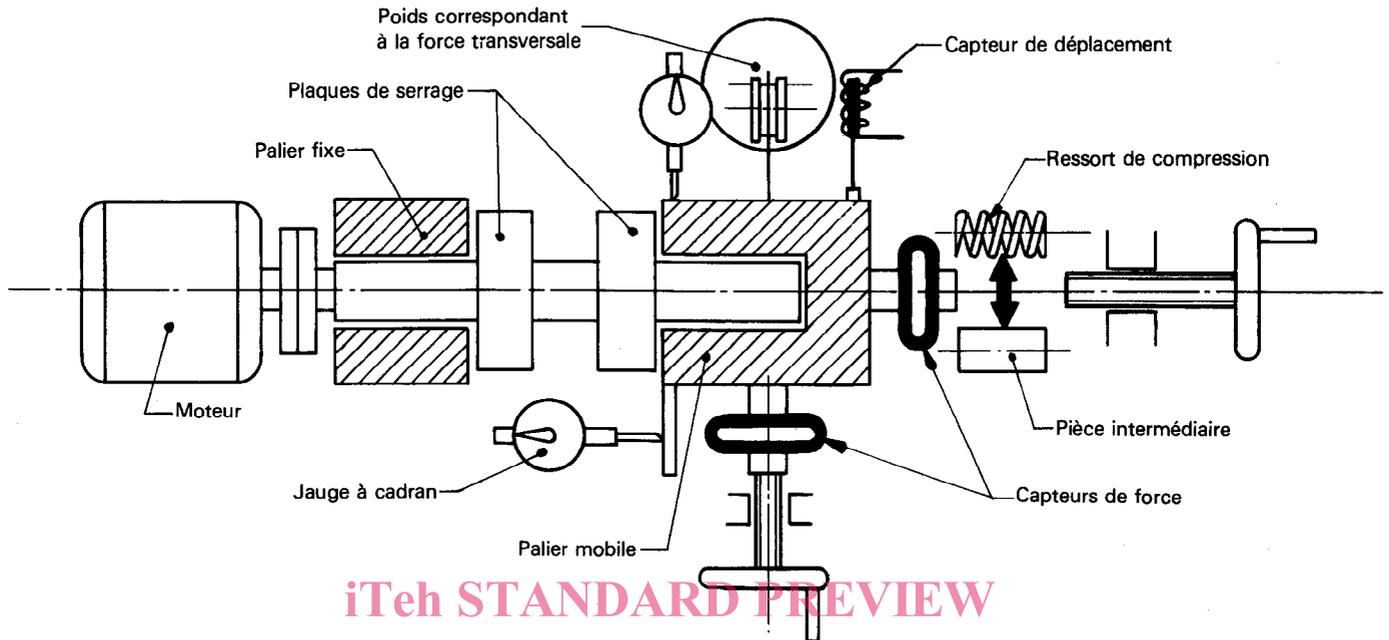
$A$  est la surface d'une section transversale, en millimètres carrés, de l'éprouvette.

Cette méthode d'évaluation simplifiée est valable étant donné que les tolérances admises sur les dimensions de l'éprouvette sont fixées d'une manière très étroite. La méthode permet de tracer directement la courbe de résistance à la fatigue à partir des valeurs de  $Q$ , en newtons, et de  $s$ , en millimètres.

## 10 Procès-verbal d'essai

Le procès-verbal d'essai doit comporter les indications suivantes :

- a) la référence de la présente Norme internationale;
- b) la nature du caoutchouc;
- c) les dimensions de l'éprouvette;
- d) les conditions d'essai, c'est-à-dire les paramètres suivants, selon le cas :
  - prédéformation (ou compression axiale statique, en millimètres),
  - précontrainte, en mégapascals (ou force axiale statique, en newtons),
  - valeur maximale de déformation cyclique (ou déformation transversale cyclique, en millimètres),
  - valeur maximale de contrainte cyclique, en mégapascals (ou force cyclique, en newtons);
- e) la fréquence de rotation, en hertz;
- f) le type de plaques de serrage ou de capuchons;
- g) dans le mesurage de l'élévation de température : les valeurs individuelles des élévations de température mesurées, en degrés Celsius, et leurs moyennes arithmétiques;
- h) dans la détermination de la résistance à la détérioration par fatigue :
  - pour les déterminations de la résistance à la fatigue : les valeurs individuelles du nombre de cycles mesuré jusqu'à détérioration,  $N$ , et leurs moyennes arithmétiques,
  - les limites de confiance des valeurs moyennes, si un nombre suffisant d'éprouvettes ont été essayées,
  - si une courbe de résistance à la fatigue a été établie : la déformabilité de fatigue ou le seuil de déformation, la contrainte de fatigue ou le seuil de contrainte, selon le cas;
- j) tout écart par rapport au mode opératoire et aux procédures spécifiés dans la présente Norme internationale;
- k) la date de l'essai.

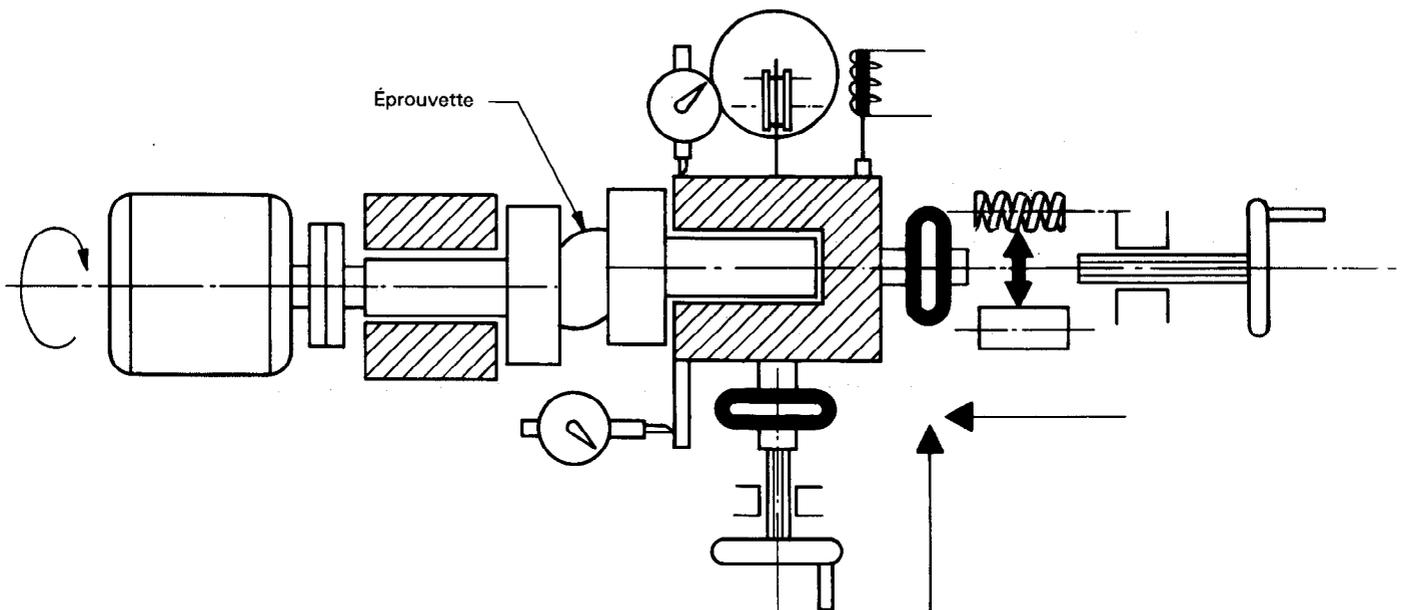


**iTeh STANDARD PREVIEW**  
 (standards.iteh.ai)

**Figure 1 – Flexomètre à rotation avant application des forces**

ISO 4666-2:1982

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/178201c2-6361-462f-870e-ff52c9ea20d2/iso-4666-2-1982>



**Figure 2 – Flexomètre à rotation après application des forces**

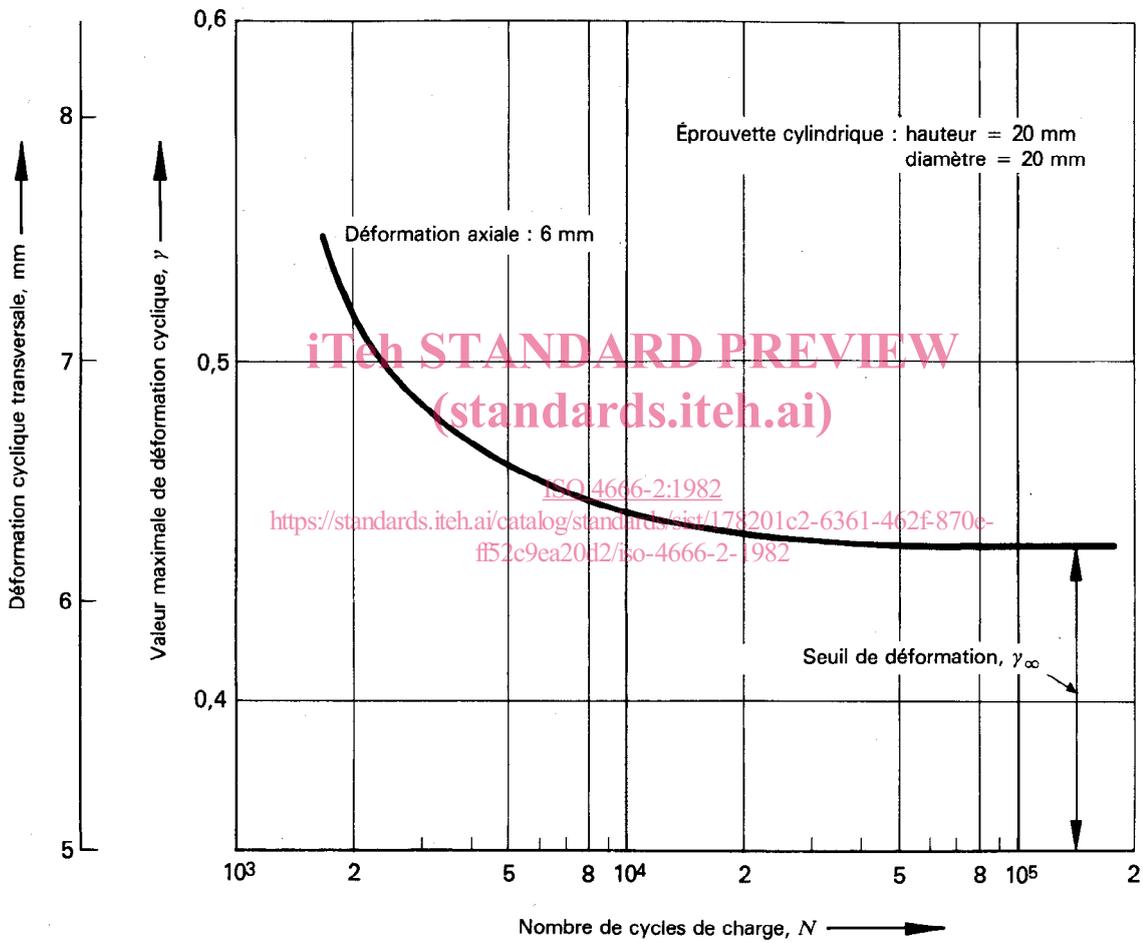


Figure 3 – Exemple de courbe de résistance à la fatigue avec déformation cyclique prédéterminée

## Bibliographie

- [1] KAINRADL, P., WOLF, F., und ECKER, H., Dauerschwingversuche an Vulkanisaten im Rotationsflexometer (Essais de fatigue sur des vulcanisats au flexomètre à rotation). *Gummi, Asbest, Kunststoffe*, **24** (1971), pp. 578 et 686.
- [2] KAINRADL, P., WOLF, F., und ECKER, H., Variations in testing procedures on the rotary flexometer (Variations dans les méthodes d'essai utilisant le flexomètre à rotation). *Rubber Chemistry and Technology*, **49** (1976), pp. 258-277.

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

[ISO 4666-2:1982](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/178201c2-6361-462f-870e-ff52c9ea20d2/iso-4666-2-1982)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/178201c2-6361-462f-870e-ff52c9ea20d2/iso-4666-2-1982>