

---

# Norme internationale



# 2321

---

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

---

## Fils élastiques — Méthodes d'essai

*Rubber threads — Methods of test*

Deuxième édition — 1983-11-15

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

[ISO 2321:1983](#)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/1635d231-15b0-4749-93e2-180391796be0/iso-2321-1983>

---

CDU 678.4/.8-426 : 620.1

Réf. n° : ISO 2321-1983 (F)

Descripteurs : produit en caoutchouc, caoutchouc, essai, essai de traction, essai de vieillissement accéléré, allongement après rupture.

Prix basé sur 18 pages

## 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 2321 a été élaborée par le comité technique ISO/TC 45, *Elastomères et produits à base d'élastomères*.

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

Cette deuxième édition fut soumise directement au Conseil de l'ISO, conformément au paragraphe 6.11.2 de la partie 1 des Directives pour les travaux techniques de l'ISO. Elle annule et remplace la première édition (ISO 2312-1975), qui avait été approuvée par les comités membres des pays suivants:

Afrique du Sud, Rép. d'	France	Portugal
Allemagne, R.F.	Inde	Roumanie
Belgique	Irlande	Royaume-Uni
Bulgarie	Israël	Tchécoslovaquie
Canada	Italie	Thaïlande
Égypte, Rép. arabe d'	Pologne	

Le comité membre du pays suivant l'avait désapprouvée pour des raisons techniques:

USA

Cette Norme internationale annule et remplace également l'Additif 1-1975, l'Additif 2-1980 et l'Additif 3-1980.

# Fils élastiques — Méthodes d'essai

## 1 Objet et domaine d'application

La présente Norme internationale spécifie des méthodes d'essai pour déterminer certaines caractéristiques physiques et mécaniques des fils élastiques. En raison de la faible section et des conditions d'emploi particulières de ces matériaux, il est nécessaire de leur appliquer des méthodes d'essai spéciales.

Les essais figurant dans la présente Norme internationale s'appliquent à des fils élaborés à partir de caoutchouc naturel ou de polyisoprène de synthèse; ils ne conviennent pas toujours pour des fils préparés à partir d'autres élastomères de synthèse, comme le polyuréthane par exemple.

Il est à noter que des comparaisons ne doivent être faites qu'entre des fils neufs ou entre ceux qui auront subi un traitement identique. Lors de l'interprétation des résultats concernant des fils qui ont été enroulés ou utilisés de façon quelconque, il faut garder à l'esprit que l'histoire antérieure du fil est importante et que tout ce qui est connu de celle-ci et des traitements de relaxation utilisés doit être mentionné dans le procès-verbal d'essai.

## 2 Références

ISO 37, *Caoutchouc vulcanisé — Essai de traction-allongement.*

ISO 105, *Textile — Essais de solidité des teintures*

Section A02, *Échelle de gris pour l'évaluation des dégradations.*

Section A03, *Échelle de gris pour l'évaluation des dégorgements.*

ISO 188, *Caoutchouc vulcanisé — Essais de résistance au vieillissement accéléré ou à la chaleur.*

ISO 471, *Caoutchouc — Températures, humidités et durées normales pour le conditionnement et l'essai des éprouvettes.*

ISO 648, *Verrerie de laboratoire — Pipettes à un trait.*

ISO 1042, *Verrerie de laboratoire — Fioles jaugées à un trait.*

## 3 Conditionnement des échantillons ou éprouvettes

Les échantillons ou éprouvettes doivent être tenus à l'état de repos dans l'obscurité et dans l'une des atmosphères spécifiées dans l'ISO 471, durant au moins 16 h, avant l'essai. Les essais

doivent être effectués dans des conditions identiques. L'éprouvette choisie doit être propre, sèche et ne présenter aucun défaut apparent.

Les échantillons ou éprouvettes ne doivent pas être mis en contact avec du cuivre ou du manganèse ou leurs combinaisons, pendant le conditionnement ou l'essai.

## 4 Calibre

### 4.1 Calibre sectionnel

Le calibre défini par la section, c'est-à-dire le calibre sectionnel d'un fil élastique est donné par l'aire de sa section exprimée en millimètres carrés multipliée par 1 000.

NOTE — Le calibre sectionnel correspond au calibre tex lorsque le fil possède une masse volumique de 1 Mg/m<sup>3</sup> (= 1 g/cm<sup>3</sup>). L'utilisation du calibre sectionnel est recommandée.

### 4.2 Calibre conventionnel

4.2.1 Le calibre conventionnel d'un fil élastique est le nombre de brins de ce fil qui, placés côté à côté, mesurent 25,4 mm.

Le calibre conventionnel d'un fil rond est calculé en divisant 25,4 mm par le diamètre du fil, exprimé en millimètres.

Le calibre conventionnel d'un fil carré est calculé en divisant 25,4 mm par la mesure, en millimètres, d'un côté de sa section.

Le calibre conventionnel d'un fil rectangulaire est généralement défini comme le calibre du fil carré ayant la même section droite.

Par exemple, dans le cas d'un fil rond, le nombre 100 est le calibre conventionnel d'un fil ayant un diamètre de 0,254 mm; dans le cas d'un fil carré, le nombre 100 est le calibre conventionnel d'un fil dont le côté de la section droite mesure 0,635 mm.

4.2.2 Il est d'usage courant d'indiquer le calibre conventionnel d'un fil rond suivi du nombre entier et pair qui est le plus proche du calibre exact du fil carré de section droite équivalente (calibre du fil rond  $\times 1,13 =$  calibre exact du fil carré correspondant); c'est ainsi qu'un fil rond de calibre 50 est référencé: 50/56.

**4.2.3** Le calibre conventionnel d'un fil rond multibrins est exprimé en indiquant successivement le nombre de brins, le calibre du fil rond qui aurait la même section droite que l'ensemble de ces brins et le calibre du fil carré correspondant.

Par exemple, le calibre conventionnel d'un fil composé de trois brins dont la section droite serait équivalente à un calibre 32 rond est référencé: 3/32/36.

**4.3 Mode opératoire**

**4.3.1 Découpage des éprouvettes**

Prélever cinq échantillons de fil droit et les couper à environ 1 050 mm de longueur.

NOTE — Dans le cas de fil tortillé ou courbé, il faut s'attendre à des erreurs.

Si ces échantillons sont prélevés sur bobine ou sur toute autre présentation commerciale maintenant le fil sous tension, il convient de les maintenir durant 30 min dans une étuve thermorégularisée à 70 ± 2 °C. Après ce traitement, laisser reposer le fil dans les conditions spécifiées dans le chapitre 3. Pour les fils prélevés des supports ne conférant aucune tension au fil, les conditionner comme il est spécifié dans le chapitre 3.

Deux types d'appareils peuvent être utilisés pour la coupe à la longueur exacte. Avec le premier (méthode A), la coupe est faite sur un échantillon placé horizontalement. Avec le second (méthode B), le fil est suspendu et maintenu à la verticale sous sa propre masse.

**4.3.1.1 Méthode A (voir figure 1)**

L'appareil comporte une plaque métallique horizontale présentant une ou plusieurs rainures rectilignes longitudinales. À quelques centimètres des extrémités de l'appareil se trouvent des pinces maintenant l'échantillon en place. Un dispositif de coupe est fixé à chaque extrémité de l'appareil, avec un écartement de 1 000 ± 1 mm. Les rainures de l'appareil doivent avoir une section en forme de triangle équilatéral de 2 mm de côté au minimum.

Placer le fil conditionné dans une des rainures, en évitant toute tension. Le fixer à l'aide des pinces et le couper au moyen du dispositif de coupe.

**4.3.1.2 Méthode B (voir figure 2)**

L'appareil consiste en un panneau rectangulaire vertical; sur les extrémités supérieure et inférieure de celui-ci sont montées deux plaques métalliques dont les bords intérieurs sont parallèles et à bord franc. Ils sont également munis de deux dispositifs de coupe (formant ciseaux avec les bords intérieurs des plaques métalliques) et de deux pinces de fixation situées à l'extérieur des dispositifs de coupe. Ces pinces sont à ressort, et la distance entre les bords internes des plaques métalliques doit être de 1 000 ± 1 mm.

Suspendre chaque fil conditionné en le fixant dans la pince supérieure. Lorsqu'il a trouvé la position verticale sans tension, le fixer à l'aide de la pince inférieure. Couper le fil à la longueur exacte, à l'aide des dispositifs de coupe, en commençant par l'inférieur.

**4.3.2 Pesée des éprouvettes**

Nettoyer les éprouvettes de tout produit pulvérulent en les secouant ou en les pressant délicatement, et les peser ensuite avec une précision de ± 1 %.

**4.4 Expression des résultats**

**4.4.1** Calculer le calibre sectionnel, *S*, à l'aide de l'équation

$$S = 1\,000 \frac{m}{\rho}$$

où

$\rho$  est la masse volumique du fil, en mégagrammes par mètre cube, déterminée comme il est spécifié dans le chapitre 6;

*m* est la masse, en grammes, de 1 000 mm de fil.

**4.4.2** Calculer le calibre conventionnel, *C*, à l'aide des équations

pour les fils ronds:  $C = 22,51 \sqrt{\frac{\rho}{m}}$

pour les fils carrés:  $C = 25,40 \sqrt{\frac{\rho}{m}}$

où

$\rho$  est la masse volumique du fil, en mégagrammes par mètre cube, déterminée comme il est spécifié dans le chapitre 6;

*m* est la masse, en grammes, de 1 000 mm de fil.

**4.4.3** Exprimer le calibre du fil par la médiane des valeurs obtenues pour les cinq éprouvettes et calculées selon 4.2.3. Noter également les valeurs minimales et maximales observées lors des pesées.

**5 Métrage au kilogramme**

**5.1 Définition**

**métrage au kilogramme:** Nombre de mètres qui peut être obtenu sans tension, avec 1 000 g de fil.

**5.2 Mode opératoire**

Déterminer la masse de chacune des cinq éprouvettes comme il est spécifié en 4.3.2.

### 5.3 Expression des résultats

**5.3.1** Calculer le métrage au kilogramme du fil élastique, en mètres par kilogramme, à l'aide de la formule

$$\frac{1\ 000}{m}$$

où  $m$  est la masse, en grammes, de 1 000 mm de fil.

**5.3.2** Exprimer le métrage au kilogramme du fil par la médiane des valeurs trouvées pour les cinq éprouvettes.

## 6 Masse volumique

### 6.1 Définition

**masse volumique:** Masse de l'unité de volume d'une éprouvette de fil à une température normale de laboratoire et exprimée en mégagrammes par mètre cube.

Les températures normales de laboratoires sont données dans l'ISO 471.

### 6.2 Principe

Immersion des éprouvettes dans un mélange de deux liquides de masse volumique connue, ces deux liquides étant mélangés dans une proportion telle que, après immersion, les éprouvettes restent dans le liquide, sans flotter ni couler.

### 6.3 Liquides pour immersion

**6.3.1** L'éventail des masses volumiques rencontrées dans la plupart des fils va de 0,90 à 1,11 Mg/m<sup>3</sup>. Il est donc nécessaire de disposer d'une série de liquides ayant une masse volumique comprise entre ces valeurs. Des mélanges d'alcool éthylique (0,79 Mg/m<sup>3</sup>) et d'éthylène glycol (1,11 Mg/m<sup>3</sup>) conviennent à cette fin.

Pour les fils ayant une masse volumique plus élevée, une solution de sel inorganique, par exemple, de chlorure de sodium, peut être utilisée.

**6.3.2** Avant leur utilisation, les mélanges doivent être homogènes et exempts de bulles d'air. Ils doivent être conservés dans des réservoirs fermés afin d'éviter l'évaporation. Ils doivent être utilisés à une température de  $20 \pm 2$  °C.

### 6.4 Appareillage

**6.4.1 Verre cylindrique**, de capacité 1 000 cm<sup>3</sup> environ.

**6.4.2 Hydromètre ou balance hydrostatique, ou tout autre appareil** permettant de mesurer la masse volumique des liquides avec une précision d'au moins 0,005 Mg/m<sup>3</sup>.

### 6.5 Mode opératoire

**6.5.1** Prélever quatre éprouvettes, d'une longueur approximative de 10 mm, sur l'échantillon. Tremper chaque éprouvette dans de l'alcool éthylique, et la frotter avec les doigts pour enlever toute trace de matière pulvérulente et éliminer toutes bulles d'air à sa surface.

**6.5.2** Homogénéiser le mélange (6.3.1) en prenant soin de ne pas introduire de bulles d'air dans le liquide. Mettre l'une des éprouvettes dans le liquide. Par adjonction de l'un ou de l'autre des composants, obtenir un mélange dans lequel l'éprouvette reste dans flotter ni couler.

**6.5.3** Mettre les trois autres éprouvettes dans le mélange, au moins deux de celles-ci devant rester entre deux eaux pendant une période de 3 à 10 min.

**6.5.4** Déterminer la masse volumique du mélange liquide avec une précision de 0,005 Mg/m<sup>3</sup>.

## 7 Résistance à la rupture

### 7.1 Définition

**résistance à la rupture,  $R_m$ :** Charge pour laquelle le fil casse lorsqu'il est étiré dans des conditions spécifiées.

La résistance à la rupture est exprimée en mégapascals<sup>1)</sup> et calculée sur la base de la section droite initiale du fil.

### 7.2 Appareillage

L'opération nécessite par principe un dynamomètre (précision de  $\pm 2$  %) équipé de mâchoires conçues pour éviter tout endommagement de l'éprouvette.

Les appareils décrits en 7.2.1 ou en 7.2.2 peuvent être utilisés à cette fin.

#### 7.2.1 Mâchoires constituées par des galets tournants

Un appareil convenable est représenté à la figure 3 et comprend

- Dynamomètre à ressort;**
- Poulie folle de tension**, liée directement à l'extrémité mobile du ressort et libre de se déplacer dans la direction correspondant à l'axe du ressort;
- Deux galets d'entraînement**, munis de fentes ou d'autres dispositifs pour permettre la fixation des extrémités de l'éprouvette.

Les poulies et les galets d'entraînement doivent avoir un diamètre identique compris entre 25 et 30 mm; les galets doivent être entraînés en rotation par un moteur à une vitesse circonférentielle telle que la vitesse d'étirement du fil soit comprise entre 50 et 60 mm par seconde; la longueur du fil passant de l'un à l'autre galet doit être comprise entre 250 et 400 mm.

Les surfaces des poulies et des galets doivent être douces et polies.

1) 1 MPa = 1 N/mm<sup>2</sup>

**7.2.2 Mâchoires constituées par des pinces rigides**

L'appareil décrit dans l'ISO 37 est utilisé avec des mâchoires composées chacune de :

- a) Face rigide et plate, de 25 mm environ au carré, pour l'une;
- b) Face rigide et convexe, de 5 ± 3 mm de rayon et de 25 mm de large, pour l'autre.

Le fil élastique est coincé dans ces mâchoires après avoir été introduit dans un tube en caoutchouc de diamètre intérieur 1,6 mm environ, et d'épaisseur de paroi 0,8 mm. Pour insérer le fil élastique dans le tube, on peut utiliser un fil normal ou tout autre artifice.

**7.3 Mode opératoire**

**7.3.1 Méthode avec galets d'entraînement**

Préparer cinq éprouvettes composées d'un nombre adéquat de fils pour présenter une résistance convenable à la rupture. Placer successivement chacune d'elles sur les deux poulies de tension et fixer les extrémités aux deux galets d'entraînement.

Mettre l'appareil en marche.

À la rupture de l'éprouvette, lire et noter la valeur de la charge de rupture.

**7.3.2 Méthode avec mâchoires rigides**

Préparer cinq éprouvettes ayant approximativement 125 mm de longueur. Placer les mâchoires décrites en 7.2.2 sur le dynamomètre de façon que les axes des parties convexes soient bien horizontaux et soient distants de 50 mm environ. Couper deux morceaux de tube en caoutchouc d'au moins 10 mm de long, et y introduire les extrémités de l'éprouvette de façon qu'au moins 25 mm du fil élastique dépassent du tube à chaque extrémité. Assurer un des morceaux de tube avec un fil qui leur passe à l'intérieur, dans la mâchoire supérieure. Maintenir l'éprouvette rectiligne, ajuster le tube sur l'autre extrémité en vue d'éliminer tout flambage, puis assurer ainsi la seconde extrémité dans la mâchoire inférieure.

Choisir l'échelle du dynamomètre permettant d'obtenir une précision de ± 2 %.

Mettre l'appareil en marche et observer ou enregistrer la force et l'allongement à la rupture de l'éprouvette. Si une éprouvette casse à moins de 3 mm d'une mâchoire, ne pas tenir compte du résultat et essayer un autre éprouvette.

**7.4 Expression des résultats**

**7.4.1** Calculer la résistance à la rupture,  $R_m$ , en mégapascals, de chaque éprouvette, à l'aide de l'équation

$$R_m = \frac{F}{SN}$$

où

$F$  est la charge à la rupture, en méganewtons;

$S$  est l'aire, en mètres carrés, de la section droite initiale de l'éprouvette;

$N$  est le nombre d'extrémités fixées au dynamomètre.

**7.4.2** Exprimer la résistance à la rupture du fil par la médiane des valeurs obtenues pour les cinq éprouvettes. Noter également les valeurs minimale et maximale observées. Le procès-verbal d'essai doit mentionner le type d'appareil et la méthode utilisés.

**8 Allongement à la rupture**

**8.1 Définition**

**allongement à la rupture :** Accroissement de longueur du fil à la rupture lorsque ce fil est étiré dans les conditions spécifiées, exprimé en pourcentage de la longueur initiale.

Par exemple, une éprouvette de longueur initiale 30 mm cassant à 210 mm est dite avoir un allongement à la rupture de 600 %.

**8.2 Éprouvettes**

**8.2.1** Les éprouvettes doivent avoir une longueur appropriée à l'appareil utilisé.

**8.2.2** Chaque éprouvette doit avoir deux repères de référence indiqués clairement à l'encre, à une distance d'au moins 30 mm l'un de l'autre.

**8.3 Appareillage**

Comme il est décrit en 7.2.1, sans dynamomètre, mais avec une adjonction d'une échelle graduée, parallèle à l'éprouvette et près de celle-ci, mais comme il est décrit en 7.2.2.

**8.4 Mode opératoire**

**8.4.1 Méthode avec galets d'entraînement**

Préparer cinq éprouvettes. Fixer successivement les extrémités de chacune d'elles aux deux galets d'entraînement et mettre ceux-ci en marche.

Suivre la progression des deux repères de référence sur l'échelle graduée (deux observateurs sont nécessaires).

À la rupture de l'éprouvette, repérer la position atteinte par chacun des deux repères sur l'échelle. Noter la longueur atteinte par l'éprouvette (entre les deux repères de référence).



#### 8.4.2 Méthode avec mâchoires rigides

Si l'appareil décrit en 7.2.2 est utilisé, suivre le mode opératoire qui est spécifié en 7.3.2, en prenant 50 mm comme longueur initiale de l'éprouvette.

#### 8.5 Expression des résultats

8.5.1 Calculer l'allongement à la rupture,  $A$ , exprimé en pourcentage, de chaque éprouvette, à l'aide de l'équation

$$A = \frac{L_u - L_o}{L_o} \times 100$$

où

$L_o$  est la longueur initiale, en millimètres, entre repères de référence de l'éprouvette;

$L_u$  est la longueur à la rupture, en millimètres, entre repères de référence de l'éprouvette.

8.5.2 Exprimer l'allongement à la rupture du fil par la médiane des valeurs obtenues pour les cinq éprouvettes. Noter également les valeurs maximale et minimale observées. Le procès-verbal d'essai doit mentionner le type d'appareil et la méthode utilisés.

### 9 Contrainte correspondant à des allongements prédéterminés

#### 9.1 Définitions

9.1.1 **contrainte correspondant à la première extension prédéterminée**: Force, exprimée en mégapascals <sup>1)</sup> et calculée à partir de la section droite initiale du fil, nécessaire pour allonger celui-ci pour la première fois d'une longueur donnée.

NOTE — Dans l'usage courant, celle-ci est également appelée «module de Green».

9.1.2 **massage (conditionnement mécanique)**: Soumission de l'échantillon, conditionné comme il est spécifié au chapitre 3, avant toute lecture, à un certain nombre de cycles d'extension et de rétraction, l'allongement étant supérieur à celui auquel sont effectuées les lectures, afin de reproduire d'aussi près que possible les conditions d'utilisation.

9.1.3 **indice de Schwartz**: Moyenne des modules, en mégapascals <sup>1)</sup>, calculée à partir de la section droite initiale, à un allongement déterminé, et mesurée pendant l'extension et la rétraction d'un fil «masse». Elle est désignée par le symbole  $VS_n^c$ , où  $c$  est l'allongement au «massage» et  $n$  celui à la lecture, tous deux étant exprimés en pourcentage de la longueur initiale;  $c$  et  $n$  doivent être des multiples de 100 et, sauf spécification contraire, on les choisit de façon que

$$c = n + 100$$

Les valeurs de  $n$  recommandées sont 300 et 500 % suivant le type de fil à essayer.

9.1.4 **coefficient de Schwartz**: Rapport des efforts à un allongement déterminé, mesuré pendant la rétraction et l'extension, après conditionnement mécanique. Il est désigné par le symbole  $SHR_n^c$  dans les textes anglo-saxons et par le symbole  $CS_n^c$  dans les textes français. Dans les deux cas,  $c$  est l'allongement au «massage» et  $n$  celui à la lecture, tous deux étant exprimés en pourcentage de la longueur initiale;  $c$  et  $n$  doivent être des multiples de 100 et, sauf spécification contraire, on les choisit de façon que

$$c = n + 100$$

Les valeurs de  $n$  recommandées sont 300 et 500 %, suivant le type de fil à essayer.

#### 9.2 Détermination de la contrainte correspondant à la première extension prédéterminée, de la valeur Schwartz et du coefficient Schwartz

##### 9.2.1 Appareillage

L'appareillage suivant ou celui qui est décrit en 7.2.2 peuvent être utilisés. Cet appareillage doit essentiellement permettre de soumettre l'éprouvette à l'extension et à la rétraction, à une vitesse de  $100 \pm 30$  mm/s, jusqu'à et depuis tout allongement déterminé; il doit également être capable d'indiquer l'effort en tout point du cycle.

Un tel appareil est représenté sous forme schématique à la figure 4.

Il est équipé d'une chaîne sans fin (1) autour de deux pignons (2) et (3), le pignon inférieur (3) étant actionné par un moteur réversible relié à un frein actionné par un solénoïde (ceci est nécessaire pour obtenir un changement de course rapide sans dépassement).

L'éprouvette consistant en une boucle est tendue entre deux crochets dont l'un (4) est fixé sur la chaîne et l'autre (5) sur un dynamomètre à ressort (6), auquel est suspendue une échelle graduée (7). Il peut être prévu de noter l'effort indiqué par le dynamomètre à ressort à chaque stade du cycle, notamment au moyen de la décharge d'une étincelle perforant une feuille de papier.

##### 9.2.2 Mode opératoire

Préparer trois éprouvettes, chacune consistant en une ou plusieurs boucles de fil, ayant  $100 \pm 1$  mm de circonférence; le nombre de boucles est à choisir en fonction du calibre du fil et de la capacité de l'appareil.

Répartir le fil de façon égale entre elles, en tournant l'échevette sur les doigts, avant de placer le fil sur les crochets (4) et (5).

Effectuer six cycles de massage d'extension et de rétraction sans interruption, jusqu'à un allongement de  $c$  %. Pendant le premier cycle (extension), effectuer la lecture à  $n$  % et pendant le sixième cycle (extension et rétraction), effectuer la lecture à  $n$  %; des pauses minimales sont admises pour la lecture.

1) 1 MPa = 1 N/mm<sup>2</sup>

NOTE — Si l'appareil décrit en 7.2.2 est utilisé, suivre le mode opératoire qui est spécifié en 7.3.2, mais effectuer six cycles d'extension et de rétraction sans interruption, jusqu'à l'allongement  $c$  % et effectuer les à  $n$  % pendant le premier cycle (extension) et pendant le sixième cycle (extension et rétraction).

### 9.2.3 Expression des résultats

Calculer la contrainte correspondant à la première extension prédéterminée (module de Green),  $GM_n$ , en mégapascals, à l'aide de l'équation

$$GM_n = \frac{F_1}{2SN}$$

Calculer l'indice de Schwartz,  $VS_n^c$ , en mégapascals, et le coefficient de Schwartz  $CS_n^c$ , exprimé en pourcentage, à l'aide des équations

$$VS_n^c = \frac{F_2 + F_3}{4 SN}$$

$$CS_n^c = \frac{F_3}{F_2} \times 100$$

où

$F_1$  est la charge, en méganewtons, à  $n$  % d'allongement, mesurée en extension (1<sup>er</sup> cycle);

$F_2$  est la charge, en méganewtons, à  $n$  % d'allongement, mesurée en extension (6<sup>e</sup> cycle);

$F_3$  est la charge, en méganewtons, à  $n$  % d'allongement, mesurée en rétraction (6<sup>e</sup> cycle);

$S$  est l'aire, en mètres carrés, de la section droite initiale de l'éprouvette;

$N$  est le nombre de boucles complètes essayées.

Exprimer la contrainte correspondant à la première extension prédéterminée, la valeur Schwartz et le coefficient de Schwartz du fil par la médiane des valeurs obtenues pour les trois éprouvettes. Le procès-verbal d'essai doit mentionner le type d'appareil et la méthode utilisés.

## 10 Allongement sous charge déterminée

### 10.1 Définition

**allongement sous charge déterminée:** Pourcentage d'allongement d'un fil élastique soumis à l'application d'une charge spécifiée par unité de surface.

Il est déterminé par l'application d'une charge à un fil non «massé»; il peut donc être affecté par l'âge, le stockage, le conditionnement et l'histoire du fil.

Il est normalement déterminé par deux niveaux de force appliquée, à savoir 15,5 kPa<sup>1)</sup> et 27,4 kPa<sup>1)</sup>.

### 10.2 Éprouvettes

l'éprouvette doit être composée d'un ou de plusieurs fils, suivant le calibre.

### 10.3 Appareillage

**10.3.1** L'appareil utilisé doit essentiellement permettre l'allongement de l'éprouvette à une vitesse constante, jusqu'à ce qu'elle supporte elle-même la charge requise, et posséder une échelle graduée pour la lecture de l'allongement.

**10.3.2** Un appareil convenable pour cet essai est représenté à la figure 5 et comprend

a) **Échelle graduée**, pour la lecture de l'allongement de l'éprouvette;

b) **Deux mâchoires**, pour fixer les extrémités de l'éprouvette, la distance entre les mâchoires étant initialement de  $150 \pm 2$  mm, avec un moyen de mouvoir mécaniquement la mâchoire supérieure dans la direction verticale pour allonger l'éprouvette avec une vitesse constante de  $30 \pm 10$  mm/s;

c) **Plateau**, fixé à la mâchoire inférieure, permettant de placer les poids nécessaires pour atteindre la charge convenant au calibre du fil essayé;

d) **Interrupteur électrique**, situé sous le plateau; si la force exercée par le fil étiré est supérieure au poids du plateau, le plateau doit être soulevé, et l'interrupteur doit provoquer l'arrêt du moteur et l'application du frein.

NOTE — Si l'appareillage utilisé est différent de celui qui est décrit précédemment, mais conforme cependant aux spécifications de 7.2.2, le procès-verbal d'essai doit mentionner le type d'appareil et la méthode utilisés.

### 10.4 Mode opératoire

Préparer trois éprouvettes. Fixer les extrémités de chacune d'elles dans les mâchoires et placer les poids nécessaires sur le plateau. Mettre le moteur d'entraînement en marche et, lors de son arrêt automatique par l'interrupteur, lire l'allongement de l'éprouvette à l'aide de l'échelle graduée prévue à cette fin.

### 10.5 Expression des résultats

**10.5.1** Calculer l'allongement de l'éprouvette,  $A$ , exprimé en pourcentage, sous charge déterminée, à l'aide de l'équation

$$A = \frac{L_t - L_o}{L_o} \times 100$$

1) 15,5 kPa = 15,5 mN/mm<sup>2</sup>  
27,4 kPa = 27,4 mN/mm<sup>2</sup>



où

$L_0$  est la longueur initiale, en millimètres, de l'éprouvette;

$L_t$  est la longueur totale, en millimètres, de l'éprouvette allongée.

**10.5.2** Exprimer l'allongement sous charge déterminée par la médiane des valeurs obtenues pour les trois éprouvettes.

## 11 Contrainte résiduelle après élongation

### 11.1 Définition

**contrainte résiduelle après élongation:** Charge résiduelle, exprimée en pourcentage de la charge initiale appliquée à l'éprouvette, après que celle-ci ait été soumise à une extension constante (généralement de 100 %), pendant un temps déterminé.

### 11.2 Éprouvettes

Les éprouvettes doivent consister en des boucles du type décrit en 9.2.2.

### 11.3 Appareillage

Un appareil convenable pour cet essai est représenté à la figure 6. L'une des extrémités de l'éprouvette est passée autour d'un ergot, l'autre étant fixée à l'autre ergot au moyen d'une pince métallique. Un dynamomètre à ressort doit être fixé à l'autre extrémité de la pince et la charge réglée jusqu'à ce que la pince métallique décolle de l'ergot qui la supporte. La distance entre les deux ergots doit être telle que le fil soit soumis à l'allongement prévu avec une précision de  $\pm 2\%$  (généralement de  $100 \pm 2\%$ ).

### 11.4 Mode opératoire

**11.4.1** Préparer trois éprouvettes. Passer l'extrémité de chacune d'elles autour de l'ergot du bas et fixer l'autre extrémité à la pince métallique (voir figure 6). Ensuite, placer la boucle interne de la pince métallique sur l'ergot supérieur de façon que l'éprouvette subisse un allongement prévu avec une précision de  $\pm 2\%$  (généralement de  $100 \pm 2\%$ ). Maintenir cette extension pendant la période fixée pour l'essai.

**11.4.2** Lorsqu'un mesurage doit être fait, accrocher le dynamomètre à ressort à la boucle extérieure de la pince métallique, et tirer le dynamomètre jusqu'à ce que la pince métallique décolle de l'ergot qui la supporte. À ce moment, la force lue sur le dynamomètre indique la tension exercée sur le fil élastique.

**11.4.3** Effectuer la lecture initiale  $30 \pm 1$  min après la mise sous tension de l'éprouvette et les lectures suivantes après 14 jours et à intervalles intermédiaires, si nécessaire.

## 11.5 Expression des résultats

**11.5.1** Calculer la charge résiduelle, exprimée en pourcentage, après élongation, à l'aide de la formule

$$\frac{F_2}{F_1} \times 100$$

où

$F_1$  est la charge initiale;

$F_2$  est la charge finale.

**11.5.2** Exprimer la charge résiduelle après élongation du fil par la médiane des valeurs obtenues pour les trois éprouvettes.

NOTE — Cet essai peut être effectué à la température ambiante ou à température élevée; les conditions et la durée de l'essai doivent être mentionnées dans le procès-verbal d'essai.

## 11.6 Procès-verbal d'essai

Si l'élongation adoptée au cours de l'essai diffère de 100 %, ce fait doit être mentionné dans le procès-verbal d'essai.

## 12 Essai de vieillissement accéléré sur des fils élastiques à l'état non tendu

### 12.1 Généralités

**12.1.1** Le vieillissement accéléré à l'état non tendu est effectué en vue de déterminer le changement des propriétés physiques d'un fil élastique soumis à un traitement à l'air chaud, à la pression atmosphérique et à une température contrôlée pendant une période déterminée.

**12.1.2** Les essais de vieillissement accéléré ont seulement une valeur comparative et ne doivent pas être pris comme une indication exacte de la vie du fil élastique lors de son stockage, car les conditions de l'essai ne peuvent reproduire tous les aspects variés du stockage.

### 12.2 Principe

**12.2.1** L'évolution des propriétés d'un fil élastique est habituellement évaluée d'après les mesures suivantes:

- résistance à la rupture
- allongement à la rupture
- indice de Schwartz

**12.2.2** Ces propriétés sont déterminées d'abord sur des éprouvettes non vieilles selon les méthodes spécifiées dans les chapitres 7, 8 et 9.

Les mêmes propriétés sont évaluées ensuite sur d'autres éprouvettes ayant subi un traitement à l'air chaud, à  $70 \pm 1$  °C, durant 14 jours, puis comparées à celles qui sont mesurées sur les éprouvettes non vieilles.

**12.2.3** D'autres paramètres peuvent être comparés de la même façon.

### 12.3 Éprouvettes

Un lot d'éprouvettes doit être préparé et identifié pour chacune des propriétés à prendre en considération comme il est spécifié dans les chapitres 7, 8 et 9.

### 12.4 Appareillage

**Étuve à circulation d'air chaud**, réglable à 70 °C, telle qu'elle est décrite dans l'ISO 188; l'étuve compartimentée est préférable car elle a l'avantage de maintenir les éprouvettes provenant de différents échantillons dans des compartiments distincts pendant le processus du vieillissement.

### 12.5 Mode opératoire

**12.5.1** Le lot d'éprouvettes doit être placé dans une étuve préalablement réglée à 70 °C et laissé ainsi à l'état non tendu durant 14 jours. À la fin de cette période, le lot d'éprouvettes doit être enlevé de l'étuve et laissé durant 16 h dans les conditions spécifiées dans le chapitre 3.

**12.5.2** Les propriétés citées en 12.1 sont alors mesurées sur les éprouvettes vieilles.

### 12.6 Expression des résultats

Les résultats de cet essai doivent être exprimés en mentionnant

- la médiane des valeurs obtenues pour chaque caractéristique mesurée avant l'essai de vieillissement;
- la médiane des valeurs obtenues pour chaque caractéristique mesurée après l'essai de vieillissement;
- le pourcentage des écarts de chaque caractéristique dus au traitement de vieillissement, calculé comme suit:

$$\frac{x_a - x_o}{x_o} \times 100$$

où

$x_o$  est la valeur de la caractéristique avant vieillissement;

$x_a$  est la valeur de la caractéristique après vieillissement.

au préalable. Détermination de la force minimale nécessaire pour séparer ces deux groupes de fils, sur une longueur spécifiée plus loin suivant un taux d'allongement spécifié.

Afin d'exprimer ce résultat indépendamment de la masse linéique du fil, le degré d'adhérence est généralement exprimé comme étant la longueur du ruban soumis à l'essai dont le poids est égal à la force nécessaire mesurée pour séparer les fils.

### 13.3 Appareillage

**13.3.1 Machine d'essai de traction**, ayant un taux constant d'écartement des mâchoires de  $5,0 \pm 0,3$  mm/s et des mors plats tels que les fils séparés puissent être alignés parallèlement; une capacité variant de 0 à 5 N est généralement satisfaisante. L'utilisation d'un papier diagramme contrainte-déformation est recommandée.

**13.3.2** On peut également utiliser un appareillage plus simple, qui consiste en un support (crochet ou mâchoire) sur lequel on peut accrocher l'un des deux groupes de fils, et un plateau, sur lequel pourront être placés des poids pouvant être attachés à l'autre groupe de fils.

### 13.4 Éprouvettes

Chaque éprouvette doit être constituée par un morceau du ruban entier, de longueur 500 mm environ. (Voir note en 13.6.)

### 13.5 Mode opératoire

**13.5.1** Séparer tous les fils à un bout de l'éprouvette sur une longueur de 50 mm environ.

**13.5.1.1** Si l'on utilise l'appareillage décrit en 13.3.1, réunir ensemble tous les fils marqués «pair» et tous ceux marqués «impair» en groupes séparés en plaçant alternativement et individuellement chaque fil, l'un après l'autre, sur une bande adhésive marquée. Maintenir les fils individuels alignés.

Régler la séparation de mâchoire sur la machine d'essai à 75 mm.

Placer l'un des jeux de fils dans la mâchoire supérieure et l'autre dans la mâchoire inférieure en prenant soin d'aligner les fils pour qu'ils soient rigoureusement parallèles. L'extrémité libre du ruban doit être maintenue horizontale pendant toute la durée de l'essai.

Mettre l'appareil en marche et enregistrer la force moyenne nécessaire pour séparer les fils sur une longueur d'essai de 100 mm.

**13.5.1.2** Si l'on utilise l'appareil décrit en 13.3.2, grouper ensemble les fils pairs et impairs et nouer les extrémités libres. Accrocher l'un des groupes au support, en laissant l'autre libre pour attacher le plateau.

Appliquer la force en ajoutant des poids de masse connue dans le plateau, jusqu'à obtention d'une séparation lente mais continue du ruban sur 50 mm au moins.

**13.5.2** Pendant l'essai, noter si la séparation se produit d'une manière suffisamment uniforme sur toute la face du ruban, chaque irrégularité indiquant les différents degrés d'adhérence de différents fils.

### 13.6 Expression des résultats

Exprimer l'adhérence du ruban par la longueur du ruban, en mètres, dont le poids correspond à la moyenne de force de séparation déterminée.

NOTE — Dans le cas où ce sont des fragments du ruban entier, par exemple dix fils, qui sont soumis à l'essai, la valeur du degré d'adhérence obtenu doit être multipliée par un facteur de correction tenant compte du rapport différent dans les deux cas entre le nombre de fils et les lignes d'adhérence; on peut ainsi la comparer à la valeur du degré d'adhérence dans le ruban entier. Ce rapport est exprimé au moyen de la formule

$$\frac{(N - 1)n}{(n - 1)N}$$

où

$N$  est le nombre de fils dans le ruban entier;

$N - 1$  est le nombre de lignes d'adhérence dans le ruban entier;

$n$  est le nombre de fils dans le fragment de ruban soumis à l'essai;

$n - 1$  est le nombre de lignes d'adhérence dans le fragment de ruban.

### 13.7 Procès-verbal d'essai

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

- l'identification du ruban soumis à l'essai;
- le degré d'adhérence, en mètres;
- si la séparation se produit de façon uniforme ou non.

## 14 Résistance à la coloration par le cuivre pendant lavage

### 14.1 Généralités

**14.1.1** La présente méthode est prévue pour déterminer le tachage causé à des textiles et le niveau de décoloration d'un fil élastique lorsqu'il est lavé dans de l'eau contenant des sels de cuivre dissous.

**14.1.2** Cet essai a seulement une valeur comparative et ne peut indiquer la performance exacte du fil en service à cause des larges variations de teneur en cuivre des eaux domestiques.

### 14.2 Principe

Mise au contact intime du fil élastique à essayer avec un tissu textile et chauffage dans une solution de lavage ayant une teneur connue en cuivre. Évaluation du tachage et du niveau de décoloration par inspection visuelle de l'éprouvette après l'essai, en utilisant une échelle de gris appropriée.

### 14.3 Réactifs

**14.3.1 Cuivre**, solution étalon correspondant à 1 g de Cu par décimètre cube.

Dissoudre 3,928 g de sulfate de cuivre(II) pentahydraté ( $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ) dans de l'eau distillée exempte de cuivre, et ajouter 100 cm<sup>3</sup> d'une solution d'hydroxyde d'ammonium à 280 g/dm<sup>3</sup>, de qualité analytique.

Transvaser quantitativement la solution dans une fiole jaugée de 1 000 cm<sup>3</sup>, compléter au volume avec de l'eau distillée exempte de cuivre, et homogénéiser.

1 cm<sup>3</sup> de cette solution étalon contient 1 µg de Cu.

**14.3.2 Cuivre**, solution étalon correspondant à 5 mg de Cu par décimètre cube.

Introduire 5,0 cm<sup>3</sup> de la solution étalon de cuivre (14.3.1) dans une fiole jaugée de 1 000 cm<sup>3</sup>, compléter au volume avec de l'eau distillée exempte de cuivre, et homogénéiser.

1 cm<sup>3</sup> de cette solution étalon contient 5 µg de Cu.

Préparer cette solution au moment de l'emploi.

**14.3.3 Savon**, solution étalon, ou **dodécylbenzène sulfonate de sodium**.

Préparer la solution de savon en dissolvant 10 g d'hydroxyde de sodium de qualité analytique dans 100 cm<sup>3</sup> d'eau distillée exempte de cuivre et en ajoutant 500 cm<sup>3</sup> d'eau distillée exempte de cuivre, bouillante. Verser, sous agitation, cette solution dans 70,5 g d'acide oléique de qualité analytique et chauffer à 70 °C. Lorsque la mousse est tombée et que la solution est froide, la transvaser quantitativement dans une fiole jaugée de 1 000 cm<sup>3</sup>, compléter au volume avec de l'eau distillée exempte de cuivre, et homogénéiser.

### 14.4 Appareillage et matériaux

**14.4.1 Plaques d'aluminium**, de dimensions 50 mm × 50 mm × 3 mm.

**14.4.2 Bêchers**, de capacité 250 cm<sup>3</sup>.

**14.4.3 Thermomètre**, échelle 0 à 100 °C, gradué en 0,2 °C.

**14.4.4 Fioles jaugées**, de capacité 1 000 cm<sup>3</sup>, conformes aux spécifications de l'ISO 1042.

**14.4.5 Pipettes**, de 5 cm<sup>3</sup> et de 1 cm<sup>3</sup>, conformes aux spécifications de l'ISO 648.

**14.4.6 Tissus témoins de contrôle.**

Ceux-ci peuvent être des éprouvettes individuelles de tissus d'acétate blanc, de coton, de nylon et de viscose, ou des fils individuels ou encore des pièces de tissus multifibres.