



## RAPPORT TECHNIQUE 4137

Publié 1978-06-15

Les rapports techniques ISO sont réexaminés tous les trois ans à partir de la date de leur publication, afin de parvenir à l'accord nécessaire pour la publication d'une Norme internationale.

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

### Plastiques — Détermination du module d'élasticité par flexion alternée

*Plastics — Determination of modulus of elasticity by alternating flexure*

Le rapport technique 4137 a été établi par le comité technique ISO/TC 61, *Matières plastiques*, et approuvé par la majorité de ses membres. Les raisons qui ont conduit à publier ce document sous la forme d'un rapport technique sont les suivantes :

- il existe déjà des méthodes d'essai normalisées bien établies pour la mesure du module d'élasticité, mettant en œuvre un matériel et des techniques connus et utilisés par la plupart des laboratoires d'essai à travers le monde;
- l'essai proposé (flexion alternée au moyen des pendules de Savart) est particulier à un pays et requiert un appareillage spécialisé pour lequel il existe un seul fabricant connu.

Il a en conséquence été jugé opportun de publier cette méthode sous la forme d'un rapport technique, afin de la rendre plus accessible et de permettre ultérieurement au comité technique ISO/TC 61 de décider de sa publication en tant que Norme internationale, au moment du réexamen du rapport technique.

[ISO/TR 4137:1978](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/c8d0a2d5-eca5-4c95-886a-e322e0718782/iso-tr-4137-1978)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/c8d0a2d5-eca5-4c95-886a-e322e0718782/iso-tr-4137-1978>

#### 1 OBJET ET DOMAINE D'APPLICATION

1.1 Le présent Rapport technique décrit une méthode de détermination du module d'élasticité longitudinal des plastiques au moyen des pendules de Savart.

1.2 Cette méthode n'est pas considérée comme une méthode dynamique au sens habituel du terme. Elle ne conduit pas à la détermination du module complexe. La période des oscillations est de l'ordre de 1 s.

1.3 La méthode est applicable aux produits pour lesquels la caractéristique déterminée est supérieure à 1 500 MPa\* et à partir desquels il est possible de préparer, par découpage ou par moulage, des éprouvettes de 1 à 5 mm d'épaisseur.

1.4 La présente méthode nécessite des éprouvettes de dimensions relativement petites, qui peuvent être prélevées dans des objets de façon à pouvoir en contrôler l'hétérogénéité ou l'anisotropie.

1.5 De plus, l'essai étant non destructif et les déformations imposées étant faibles, la détermination peut être facilement répétée sur des éprouvettes dont on désire contrôler les modifications d'ordre chimique ou physique (modification de la cristallinité, etc.).

\* 1 MPa = 1 N/mm<sup>2</sup>

CDU 621.5/.8 : 678.01 : 539.32

Réf. no : ISO/TR 4137-1978 (F)

Descripteurs : matière plastique, module d'élasticité, essai, essai de torsion, spécification

## 2 RÉFÉRENCES

ISO 291, *Plastiques – Atmosphères normales de conditionnement et d'essai.*

ISO/R 527, *Matières plastiques – Détermination des caractéristiques en traction.*

## 3 PRINCIPE

**3.1** L'élasticité de l'éprouvette est utilisée pour la transmission de l'énergie d'un pendule en mouvement à un autre pendule, l'éprouvette d'essai servant de support à l'ensemble des deux pendules.

**3.2** Ce transfert d'énergie dépend, d'une part, des caractéristiques statiques et dynamiques des pendules et, d'autre part, des dimensions de l'éprouvette et du module d'élasticité longitudinal de la matière.

**3.3** Pour l'exécution de l'essai, une éprouvette en forme de parallélépipède rectangle est fixée en position verticale dans une mâchoire fixe, par l'une de ses extrémités, et, par l'autre extrémité, à une platine à laquelle deux pendules identiques sont suspendus symétriquement. L'un des pendules (pendule moteur) étant écarté de sa position d'équilibre et mis en mouvement, il se produit des flexions alternées de l'éprouvette et l'énergie du pendule moteur est transmise à l'autre pendule, provoquant ainsi le mouvement de celui-ci.

**3.4** L'amplitude des oscillations du pendule moteur diminue progressivement jusqu'à ce qu'il s'arrête. L'intervalle de temps entre le lancement et le premier arrêt du pendule moteur est la demi-période de battement, qui est fonction du module d'élasticité longitudinal (de Young) en flexion alternée.

## 4 APPAREILLAGE

iTeh STANDARD PREVIEW

**4.1** **Micromètre**, permettant le mesurage des dimensions des éprouvettes à 0,01 mm près.

**4.2** **Élasticimètre pendulaire**<sup>1)</sup> (voir figures dans les annexes A et B), composé des éléments suivants :

- a) Bâti rigide, muni de vis de réglage destinées à assurer son horizontalité (il doit reposer sur un massif, d'une masse minimale de 300 kg, ne transmettant pas les vibrations).
- b) Support fixe portant la mâchoire supérieure d'encastrement réglable, muni d'une clé dynamométrique.
- c) Support de platine.
- d) Platine portant la mâchoire inférieure réglable munie d'une clé dynamométrique.
- e) Deux pendules (de grande ou de petite taille – voir annexe B) amovibles et rigides, suspendus à la platine par l'intermédiaire de couteaux et d'étriers et oscillant dans le plan de la figure.
- f) Support intermédiaire, permettant de soulever les pendules de façon que leurs étriers ne reposent plus sur les couteaux lorsque l'appareil est au repos.
- g) Dispositif de déclenchement permettant, à la fois, de libérer le pendule moteur et de mettre en route un chronomètre.

La distance entre les mâchoires inférieure et supérieure doit être de  $60 \pm 0,1$  mm.

Les deux pendules doivent avoir des caractéristiques dynamiques aussi identiques que possible.

Le pendule moteur doit posséder une masse compensatrice mobile pour le réglage.

Les caractéristiques A, B et C de l'appareil, déterminées selon la méthode donnée dans l'annexe C, doivent être telles que la durée de l'essai soit au moins de 60 s sans toutefois dépasser 120 s.

Le chronomètre doit permettre des lectures à 0,1 s près.

Il est avantageux d'utiliser un suiveur de spot, adapté à l'appareil, pour enregistrer les oscillations du pendule moteur. Cet appareillage complémentaire permet d'éliminer les possibilités d'erreur lors de la détermination au moment où le pendule s'immobilise. Il est ainsi possible d'effectuer de bonnes déterminations avec des durées d'essai inférieures à 60 s.

1) L'élasticimètre pendulaire du type «Le Rolland-Sorin» convient.

La clef dynamométrique doit être réglée de telle sorte que, après serrage, les mâchoires exercent sur l'éprouvette une pression de 10 MPa.

L'appareil doit être réalisé de façon que, lorsque l'éprouvette est serrée dans les mâchoires, l'axe de cette dernière coïncide avec l'axe de symétrie de l'appareil, quelle que soit l'épaisseur de l'éprouvette.

## 5 ÉPROUVETTES

### 5.1 Dimensions

Pour assurer des mesurages corrects, les éprouvettes doivent être suffisamment planes. La largeur doit être constante tout au long de l'éprouvette, à 0,02 mm près. L'épaisseur doit aussi être uniforme tout au long de l'éprouvette.<sup>1)</sup>

Les dimensions de l'éprouvette normalisée sont les suivantes :

- longueur  $l$  :  $100 \pm 2$  mm
- largeur  $b$  :  $10 \pm 0,2$  mm
- épaisseur  $h$  :  $4 \pm 0,1$  mm

Dans les cas où, pour des raisons diverses, il n'est pas possible ou souhaitable de respecter l'épaisseur susmentionnée, des éprouvettes d'épaisseur comprise entre 1 et 5 mm peuvent être utilisées.

### 5.2 Échantillonnage

Le mode d'échantillonnage et d'usinage des éprouvettes ainsi que leur nombre doivent être tels qu'indiqués dans les Normes internationales correspondantes ou tels que fixés par accord entre l'acheteur et le fournisseur. Sauf spécifications contraires, deux éprouvettes doivent être utilisées. En principe, les grandes faces ne doivent pas être usinées. Au cas où cette prescription ne peut être satisfaite, le procès-verbal d'essai doit indiquer le nombre de faces usinées.

### 5.3 Conditionnement

Les éprouvettes doivent être conditionnées durant au moins 24 h dans une atmosphère ayant les caractéristiques suivantes :

- température :  $23 \pm 2$  °C
- humidité relative :  $(50 \pm 5)$  %

## 6 MODE OPÉRATOIRE

6.1 Effectuer l'essai dans une atmosphère<sup>2)</sup> ayant les caractéristiques suivantes :

- température :  $23 \pm 2$  °C<sup>3)</sup>
- humidité relative :  $(50 \pm 5)$  %

6.2 Mesurer les dimensions des éprouvettes à 0,01 mm près avec le micromètre (4.1). Mesurer l'épaisseur de chaque éprouvette en trois points, respectivement, l'un au milieu de l'éprouvette et les deux autres à 25 mm de chacune des extrémités. Utiliser dans les calculs la moyenne arithmétique,  $h$ , de ces trois valeurs, arrondie au 0,01 mm le plus proche.

6.3 S'assurer que la surface supérieure de l'appareil est horizontale, en utilisant au besoin les vis de réglage.

6.4 Fixer l'éprouvette et la serrer à ses deux extrémités dans les mâchoires à l'aide de la clef dynamométrique.

Le chronomètre étant à zéro, armer le dispositif de déclenchement.

Régler les étriers des pendules pour les amener au contact des couteaux.

Libérer simultanément le pendule moteur et le chronomètre.

1) L'uniformité nécessaire de l'épaisseur n'étant pas contrôlable avec des instruments ne donnant que des mesurages à 0,01 mm près, elle doit être vérifiée en recommençant l'essai après avoir retourné l'éprouvette de bout en bout. Le nouveau résultat ne doit pas différer du premier de plus de 1 %.

2) Conformément à l'ISO 291.

3) D'autres températures peuvent être utilisées, par accord entre vendeur et acheteur, à condition que les exigences de 1.3 soient respectées.

6.5 Si l'amplitude des oscillations du pendule moteur ne s'annule pas, recommencer l'essai après avoir modifié la période d'oscillation au moyen de la masse compensatrice. Cette masse doit être abaissée si les pendules sont en opposition de phase au moment où l'amplitude des oscillations du pendule moteur passe par sa valeur minimale. Au contraire, elle doit être relevée si, à ce moment, les pendules sont en phase.

6.6 Noter le temps ( $t_1$ ) qui s'est écoulé jusqu'au premier arrêt du pendule moteur, à 0,2 s près.

6.7 Faire un second essai, en retournant l'éprouvette de bout en bout, et noter le temps ( $t_2$ ), à 0,2 s près.

## 7 EXPRESSION DES RÉSULTATS

7.1 Le module d'élasticité longitudinal (de Young),  $E$ , est donné, en mégapascals, par la formule

$$E = \frac{1}{b h^3} \left( A t + \frac{B}{t} + C \right)$$

où

$b$  est la largeur de l'éprouvette, en millimètres;

$h$  est l'épaisseur de l'éprouvette, en millimètres (voir 6.2);

$t$  est le temps écoulé entre le lancement et l'arrêt du pendule moteur, en secondes;

$A$ ,  $B$  et  $C$  sont les caractéristiques de l'appareil<sup>1)</sup>, exprimées dans les unités appropriées.

7.2 Déterminer le module d'élasticité longitudinal,  $E_1$  et  $E_2$ , séparément pour les temps  $t_1$  et  $t_2$ , respectivement (voir 6.6 et 6.7).

Si les valeurs de  $E_1$  et de  $E_2$  obtenues sur la même éprouvette diffèrent entre elles de plus de 1 %, annuler l'essai et recommencer une nouvelle série de mesurages ou, si nécessaire, prendre une nouvelle éprouvette.

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/c8d0a2d5-eca5-4c95-886a-e322e0718782/iso-tr-4137-1978>

## 8 PROCÈS-VERBAL D'ESSAI

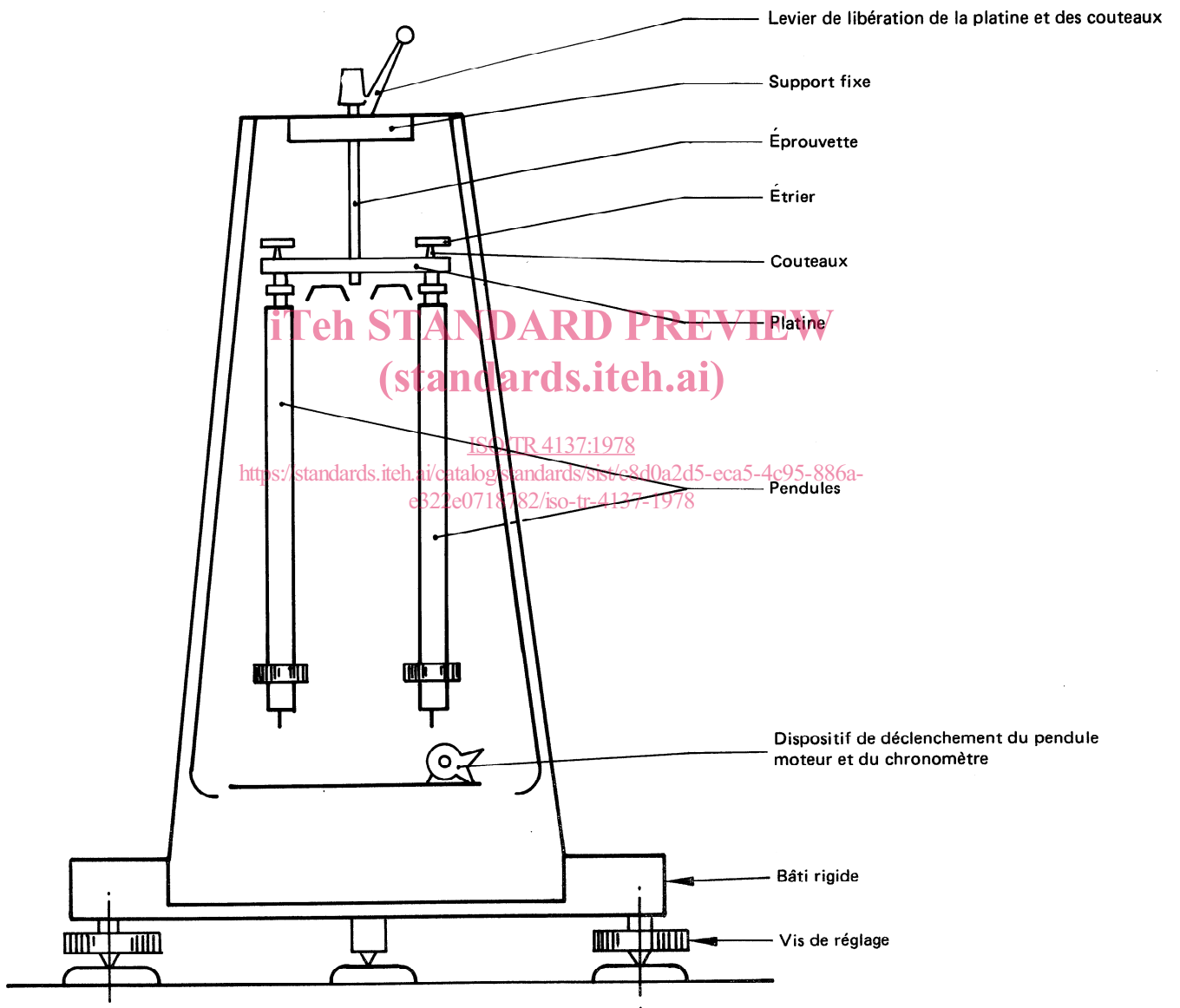
Le procès-verbal d'essai doit contenir les indications suivantes :

- les données permettant d'identifier la matière soumise à l'essai;
- les dimensions des éprouvettes;
- l'épaisseur des éprouvettes, si celle-ci est différente de la valeur retenue pour l'éprouvette normalisée;
- les emplacements de prélèvement des éprouvettes dans l'objet à contrôler et la direction des éprouvettes;
- le nombre d'éprouvettes soumises à l'essai;
- les caractéristiques  $A$ ,  $B$  et  $C$  de l'appareil utilisé;
- la moyenne et les valeurs extrêmes du module d'élasticité longitudinal.

1) La méthode de détermination ou de vérification de ces caractéristiques est fournie dans l'annexe C.

ANNEXE A

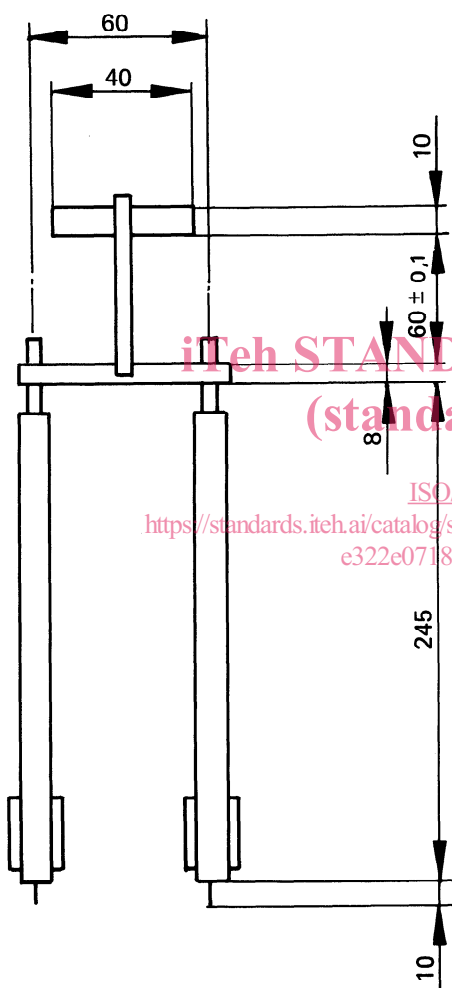
SCHÉMA DE L'ÉLASTICIMÈTRE PENDULAIRE



ANNEXE B

CARACTÉRISTIQUES D'UN ÉLASTICIMÈTRE PENDULAIRE TYPE

Dimensions en millimètres



**Gros pendules :**

longueur : 245 mm

diamètre : 39 mm

masse : 2 kg

**Petits pendules :**

longueur : 245 mm

diamètre : 13,5 mm

masse : 400 g

**Écartement des pendules : 60 mm**

**Amplitude maximale des oscillations : 4°**

## ANNEXE C

## DÉTERMINATION OU VÉRIFICATION DES CARACTÉRISTIQUES DE L'ÉLASTICIMÈTRE PENDULAIRE

Les caractéristiques  $A$ ,  $B$  et  $C$  de l'appareil sont déterminées en appliquant le mode opératoire du chapitre 6 et la formule du chapitre 7 à trois étalons métalliques différents.

Les matières suivantes<sup>1)</sup> sont préconisées pour la confection des étalons métalliques :

- le fer pur;
- le cuivre électrolytique;
- l'aluminium 99,99 %.

Le module d'élasticité longitudinal en traction des étalons doit être connu avec une précision supérieure à 5 pour mille.<sup>2)</sup>

Selon les caractéristiques de la paire de pendules, les dimensions des étalons métalliques sont telles qu'indiquées dans le tableau suivant.

Étalon	Longueur, $l$ mm	Largeur, $b$ mm	Épaisseur, $h$ mm
Grande section	$100 \pm 2$	$10 \pm 0,1$	$2 \pm 0,02$
Section réduite	$100 \pm 2$	$10 \pm 0,1$	$0,8 \pm 0,02$

ISO/TR 4137:1978

NOTE — Il est possible de déterminer les valeurs des trois caractéristiques  $A$ ,  $B$  et  $C$  en appliquant les formules découlant des théories de l'élasticité aux deux pendules couplés. Cependant, les mesurages des dimensions et des masses, la détermination du centre de gravité et du temps d'oscillation du pendule synchrone semblent plus délicats que la détermination des caractéristiques au moyen des étalons de référence proposés ici; les résultats obtenus par l'une ou l'autre méthode sont très voisins.

1) A titre d'exemple, les métaux suivants ont été utilisés pour la confection des étalons métalliques :

Métal	Masse volumique, $\rho$	Module d'élasticité longitudinal en traction, $E$
	t/m <sup>3</sup>	GPa
Acier	7,7	196
Cuivre	8,93	118
Aluminium	2,69	72,6

2) À cet effet, utiliser l'ISO/R 527.

Page blanche

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

ISO/TR 4137:1978

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/c8d0a2d5-eca5-4c95-886a-e322e0718782/iso-tr-4137-1978>