

# NORME INTERNATIONALE

ISO  
4651

Deuxième édition  
1988-12-01



---

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

---

## Caoutchoucs et plastiques alvéolaires — Détermination de la capacité d'amortissement dynamique

**iTeh STANDARD PREVIEW**

*Cellular rubbers and plastics — Determination of dynamic cushioning performance*  
(standards.iteh.ai)

[ISO 4651:1988](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/e21927a6-993f-42e0-93a0-84b241f1e2a2/iso-4651-1988)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/e21927a6-993f-42e0-93a0-84b241f1e2a2/iso-4651-1988>

Numéro de référence  
ISO 4651 : 1988 (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.

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. Les Normes internationales sont approuvées conformément aux procédures de l'ISO qui requièrent l'approbation de 75 % au moins des comités membres votants.

(standards.iteh.ai)

La Norme internationale ISO 4651 a été élaborée par le comité technique ISO/TC 45, *Elastomères et produits à base d'élastomères*.

[ISO 4651:1988](#)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/e21927a6-993f-42e0-93a0->

Cette deuxième édition annule et remplace la première édition (ISO 4651:1979), dont les paragraphes 3.1, 7.1, 7.2.1, 7.2.2, 8.2 et 9.2 ont fait l'objet d'une révision technique.

L'annexe A de la présente Norme internationale est donnée uniquement à titre d'information.

# Caoutchoucs et plastiques alvéolaires — Détermination de la capacité d'amortissement dynamique

## 1 Domaine d'application

La présente Norme internationale prescrit une méthode pour la détermination de la capacité d'amortissement dynamique de caoutchoucs alvéolaires et de plastiques alvéolaires rigides et souples, par mesurage de la valeur crête de la décélération d'une masse tombant sur une éprouvette. L'essai décrit a pour but principal le contrôle de qualité; en outre, du fait que ce type d'essai est également utilisé pour obtenir des données nécessaires à la réalisation de projets, des indications sont données dans l'annexe A pour servir à ce deuxième objectif.

La méthode est applicable uniquement aux matériaux utilisés en emballage.

## 2 Références normatives

Les normes suivantes contiennent des dispositions qui, par suite de la référence qui en est faite, constituent des dispositions valables pour la présente Norme internationale. Au moment de la publication, les éditions indiquées étaient en vigueur. Toute norme est sujette à révision et les parties prenantes des accords fondés sur la présente Norme internationale sont invitées à rechercher la possibilité d'appliquer les éditions les plus récentes des normes indiquées ci-après. Les membres de la CEI et de l'ISO possèdent le registre des Normes internationales en vigueur à un moment donné.

ISO 291 : 1977, *Plastiques — Atmosphères normales de conditionnement et d'essai.*

ISO 471 : 1983, *Caoutchouc — Températures, humidités et durées normales pour le conditionnement et l'essai des éprouvettes.*

ISO 845 : 1977, *Caoutchoucs et plastiques alvéolaires — Détermination de la masse volumique apparente.*

ISO 1923 : 1981, *Plastiques et caoutchoucs alvéolaires — Détermination des dimensions linéaires.*

ISO 2231 : 1973, *Supports textiles revêtus d'élastomères ou de plastiques — Atmosphères normales de conditionnement et d'essai.*

ISO 3205 : 1976, *Températures préférentielles d'essai.*

## 3 Définitions

Pour les besoins de la présente Norme internationale, les définitions suivantes s'appliquent.

**3.1 contrainte statique,  $\sigma_{ST}$ :** La masse totale du marteau et de toute charge additionnelle multipliée par l'accélération due à la pesanteur  $g_n$  divisée par l'aire de la section initiale de l'éprouvette.

**3.2 valeur crête de décélération,  $a$ :** Valeur maximale atteinte par la décélération instantanée du marteau pendant toute la durée de l'impact sur l'éprouvette. Dans le système international d'unités (SI), cette valeur est exprimée en mètres par seconde carrée ( $m/s^2$ ).

**3.3 courbe de déplacement:** Courbe représentant le déplacement de la surface de l'éprouvette soumise à l'impact en fonction du temps et pendant toute la durée de l'impact. (Voir annexe A.)

**3.4 contrainte dynamique:** Quotient de la force de décélération exercée par le matériau sur le marteau par l'aire de la section initiale de l'éprouvette.

**3.5 force de décélération:** Produit de la masse du marteau par sa décélération instantanée.

**3.6 déformation:** Quotient du déplacement par l'épaisseur initiale de l'éprouvette, exprimé en pourcentage.

**3.7 diagramme de compression dynamique:** Courbe représentant la relation entre la contrainte dynamique (force de décélération par unité d'aire) et la déformation (quotient du déplacement par l'épaisseur) dans le matériau amortisseur et pendant toute la durée de l'impact. La pente de cette courbe, pour une valeur donnée de déformation (compressibilité dynamique), peut être utilisée comme constante caractéristique du produit pour la vitesse d'impact et l'épaisseur d'éprouvette données. (Voir annexe A.)

**3.8 diagramme d'amortissement:** Diagramme représentant, d'une part, la variation de la valeur crête de décélération  $a$  et, d'autre part, la valeur maximale du déplacement  $\Delta L_{max}$  de la surface du matériau soumise à l'impact, comme une fonction de la contrainte statique  $\sigma_{ST}$  pour les éprouvettes du matériau concerné ayant une épaisseur initiale donnée  $L_0$ . (Voir annexe A.)

**3.9 valeur crête corrigée de décélération,  $a_c$ :** Valeur crête de décélération après correction pour tout écart de faible valeur entre l'épaisseur initiale de l'éprouvette et l'épaisseur normale de référence de 50 mm. Cette valeur est obtenue en multipliant

la décélération crête mesurée par le quotient de l'épaisseur initiale par l'épaisseur normale de référence.

**3.10 hauteur de chute équivalente,  $h$ :** Hauteur de chute qui, en condition de chute libre dans le vide sous l'accélération conventionnelle due à la pesanteur, causera la même vitesse d'impact du marteau que celle obtenue lors de l'essai.

La hauteur de chute équivalente  $h$ , en mètres, est donnée par l'équation

$$h = \frac{v^2}{2g_n}$$

où

$v$  est la vitesse d'impact, en mètres par seconde, du marteau;

$g_n$  est la valeur conventionnelle de l'accélération due à la pesanteur, à savoir 9,806 65 m/s<sup>2</sup>.

## 4 Appareillage

### 4.1 Généralités

L'appareillage doit consister en un marteau mobile possédant une base plane, de surface plus grande que celle des éprouvettes, et une enclume de masse au moins égale à 100 fois celle du marteau mobile et dont une face est parallèle à la base du marteau. Deux types d'appareillage d'essais dynamiques sont couramment utilisés (voir figures 1 et 2). Ce sont un appareil d'essai à chute verticale guidée dans lequel le marteau tombe entre des guides verticaux sur l'éprouvette reposant sur l'enclume et l'appareil du type pendulaire.

L'appareil à chute verticale guidée est bien adapté aux essais à grande décélération et/ou sous de fortes contraintes statiques. L'appareil pendulaire est plus approprié dans le cas des essais à faible décélération ou pour de faibles contraintes statiques.

Le marteau doit être équipé d'un capteur mesurant la valeur crête de décélération à l'impact avec une précision de  $\pm 5\%$  et permettant l'enregistrement de la variation temporelle de la décélération pendant l'impact. On doit prévoir un dispositif permettant la mesure de la vitesse du marteau avec une précision de  $\pm 5\%$  immédiatement avant l'impact. Ce mesurage doit être effectué dans les derniers 50 mm de course du marteau. Des équipements appropriés, tels qu'un chronomètre digital susceptible d'enregistrer le temps de chute sur 25 mm doivent être disponibles pour définir avec une précision de  $\pm 1\%$  la vitesse du marteau avant l'impact. Le mesurage doit être terminé, avant l'impact, en un point sur le parcours du marteau situé à moins de 5 mm de sa position lors de l'impact initial.

Un capteur conforme aux exigences de 4.2.1 doit être disposé au centre du marteau de façon à n'introduire aucune distorsion. La câble transportant le signal du capteur doit être monté de façon à n'apporter aucun effort de flexion au raccordement avec le capteur.

La masse du marteau doit être ajustable dans la gamme de contraintes statiques nécessaires; on peut également utiliser plusieurs marteaux. Lorsque les marteaux sont ajustés à l'aide de masses additionnelles, il est recommandé que celles-ci soient ajoutées à la partie supérieure du marteau.

Il est important que marteau et enclume soient suffisamment rigides afin que des vibrations parasites ne soient pas enregistrées sur la courbe décélération-temps. La fréquence naturelle de vibration du marteau doit être aussi élevée que possible, de préférence supérieure à 1 000 Hz.

Avant tout mesurage, la vitesse du marteau à l'impact doit être vérifiée; celle-ci doit être au minimum égale à 95 % de la vitesse en chute libre. La vitesse en chute libre équivalente doit être calculée à l'aide de l'équation

$$v = \sqrt{2g_n h}$$

où

$v$  est la vitesse finale en chute libre, en mètres par seconde;

$g_n$  est la valeur conventionnelle de l'accélération due à la pesanteur, à savoir 9,806 65 m/s<sup>2</sup>;

$h$  est la hauteur mesurée, en mètres, du marteau au-dessus de l'éprouvette.

**ATTENTION — Il est essentiel que le mécanisme provoquant la chute du marteau soit choisi de façon à assurer la sécurité de l'opérateur lorsque ce dernier positionne les éprouvettes sur l'enclume, et il est recommandé d'utiliser un verrouillage de sécurité.**

### 4.2 Chaîne de mesure

La chaîne de mesure des courbes décélération-temps doit se composer d'un capteur, d'un amplificateur et d'un enregistreur. Les capteurs sont généralement soit piézo-électriques, soit à jauge de contrainte. Le choix d'un type particulier de chaîne de mesure d'enregistrement n'est pas imposé. Cependant, il est impératif que la chaîne de mesure (capteur et enregistreur inclus) ait une réponse en fréquence adéquate pour mesurer la valeur crête de décélération avec une précision de  $\pm 5\%$ . L'impulsion «décélération-temps» obtenue est habituellement de type transitoire, s'apparentant approximativement à une demi-sinusoïde dans le cas des mousses souples, pour de faibles indentations de l'éprouvette, et devenant triangulaire et même pointue (voir figure 3) pour les impacts entraînant de fortes indentations des éprouvettes. Dans le cas des mousses rigides qui se brisent sous compression, l'impulsion «accélération-temps» peut être approximée par un front raide dans la phase initiale, suivi par un palier horizontal ou quasi horizontal précédant la décroissance. La bande passante nécessaire pour la mesure de ces impulsions en régime transitoire est plus large qu'on ne pourrait s'y attendre. Il est donc important de satisfaire aux exigences suivantes, en ce qui concerne les principaux éléments de la chaîne de mesure.

#### 4.2.1 Capteurs

Ils sont généralement du type soit piézo-électrique, soit à jauge de contrainte. Les décéléromètres piézo-électriques ont un faible amortissement interne, et, si leur fréquence de résonance

est trop basse, ils peuvent être mis en résonance par l'impulsion de décélération, amenant ainsi des erreurs dues aux suroscillations. En général, celles-ci peuvent être évitées en faisant de sorte que la période de vibration propre du capteur soit inférieure à  $1/20$  de la durée de l'impulsion de décélération  $T$ . Cependant, pour les impulsions en forme de demi-sinusoïde ou pour les impulsions à front raide, il suffit que la période de vibration propre soit respectivement inférieure à  $1/10$  de la durée de l'impulsion ou à  $1/6$  du temps de montée de l'impulsion.

Les décéléromètres à jauge de contrainte ou magnétiques ont un amortissement interne plus élevé (entre 0,4 et 0,7 fois la valeur de l'amortissement critique). Pour obtenir une précision meilleure que 5 % sur la mesure de la valeur crête de décélération, le décéléromètre doit présenter une période de vibration propre inférieure à  $1/3$  de la durée de l'impulsion pour des impulsions en forme de demi-sinusoïde ou triangulaires. Pour des impulsions à front raide, cette période doit être inférieure à  $1/6$  du temps de montée de l'impulsion. L'utilisation d'un capteur piézo-électrique du type «Annular Shear» dont les éléments réactifs sont isolés du montage avec un raccordement sur le dessus est recommandée.

Les décéléromètres piézo-électriques ne répondent pas aux signaux entretenus et la réponse en basse fréquence dépend de l'étage du système d'amplification qui leur fait suite. Si l'étage qui suit le décéléromètre est un adaptateur d'impédance à cathode asservie, la constante de temps du circuit d'entrée de l'adaptateur d'impédance, associée à celle du capteur, détermine la réponse en basse fréquence. Pour obtenir les valeurs crête de décélération à mieux que 5 % près sur des demi-sinusoïdes, la constante de temps doit être au moins égale à sept fois la durée de l'impulsion  $T$ . Dans le cas d'impulsions de forme carrée, la valeur correspondante doit être  $20 T$ .

Si l'étage suivant est un amplificateur de charges, la réponse à des signaux sinusoïdaux continus ne doit alors pas être inférieure à la valeur d'entrée de plus de 5 % à la fréquence de  $1/22 T$  pour une erreur de 5 % sur des demi-sinusoïdes. La fréquence correspondante pour des impulsions de forme carrée est  $1/50 T$ .

Ces valeurs peuvent également être utilisées pour d'autres systèmes amplificateurs où l'on utilise un couplage en courant alternatif en imposant, dans ce cas, que la réponse du système à des signaux sinusoïdaux continus soit réduite de 5 %.

#### 4.2.2 Enregistreurs

La réponse en haute fréquence des oscilloscopes cathodiques convient en général. Pour des oscillographes de type galvanométrique, la réponse en haute fréquence peut être limitée, et, étant donné que normalement l'amortissement de ces dispositifs a une valeur située entre 0,4 et 0,7 fois l'amortissement critique, il convient que l'oscillographe galvanométrique ait une période de vibration propre inférieure à  $1/3$  de la durée de l'impulsion, pour des impulsions en forme de demi-sinusoïde ou triangulaires. L'oscilloscope et d'autres enregistreurs utilisant des amplificateurs en courant alternatif peuvent avoir une réponse en basse fréquence inacceptable, et c'est pourquoi les considérations, énoncées précédemment et concernant les amplificateurs de charges, doivent être prises en compte. Les enregistreurs à écriture directe peuvent avoir une réponse qui ne convient pas du fait de l'inertie du système d'écriture. Il peut

être nécessaire de restreindre la réponse en haute fréquence de l'enregistreur de façon à atténuer des signaux parasites provenant de résonances mécaniques de l'équipement d'essai. La fréquence supérieure doit être maintenue aussi élevée que possible en compatibilité avec l'atténuation des signaux parasites. L'exigence minimale n'étant pas plus de 5 % d'atténuation à une fréquence équivalente à deux fois la fréquence attendue.

Les durées et les temps de montée d'impulsion dépendent du type de matériau soumis à l'essai et des conditions d'essai. Dans le cas d'éprouvettes en mousse souple de 50 mm d'épaisseur, des durées d'impulsion allant de 10 ms à 25 ms ont été observées. Dans le cas des matériaux rigides, les impulsions peuvent être brèves, avec des temps de montée de l'ordre de 2 ms à 5 ms. Des détecteurs de valeurs crête peuvent être utilisés pour obtenir des mesures plus précises de la décélération pendant l'impact.

## 5 Éprouvettes

### 5.1 Forme et dimensions

L'éprouvette doit être un parallélépipède rectangle dont les dimensions sont les suivantes :

— longueur	150 mm $\pm$ 5 mm
— largeur	150 mm $\pm$ 5 mm
— épaisseur	50 mm $\pm$ 5 mm

Découper l'éprouvette par un moyen approprié qui n'altère pas les caractéristiques dynamiques, par exemple une scie à ruban ou un couteau tranchant. Ne pas utiliser un fil chaud pour découper les éprouvettes.

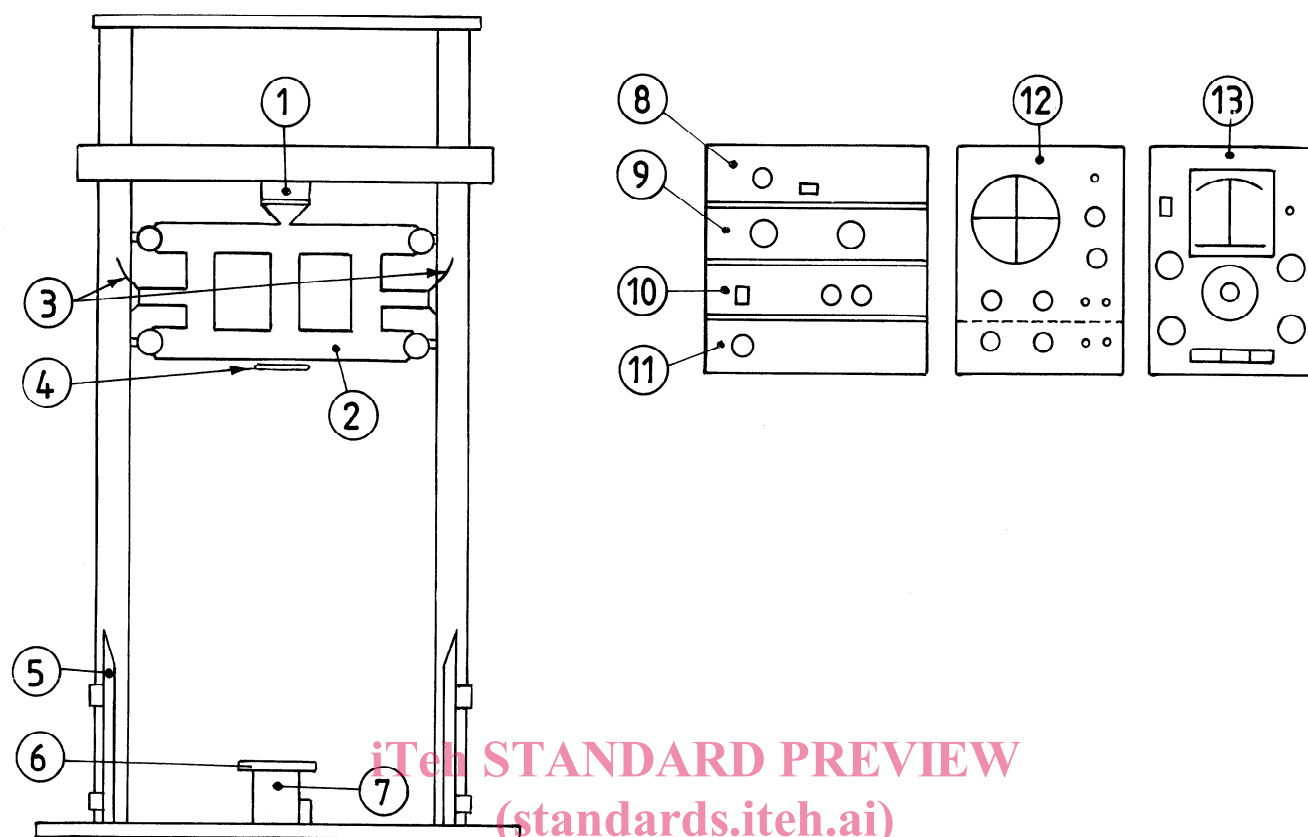
Les écarts entre les épaisseurs moyennes de chacune des éprouvettes d'un lot de dix ne doivent pas dépasser 2 mm. Les dimensions doivent être mesurées conformément à l'ISO 1923. On peut réaliser une éprouvette d'épaisseur voulue par superposition de deux plaques au plus, d'au moins 20 mm d'épaisseur et dont l'orientation est la même vis-à-vis des directions d'anisotropie, si on les connaît.

### 5.2 Uniformité

La masse volumique de chaque éprouvette ne doit pas différer de plus de  $\pm 10$  % de la masse volumique moyenne du lot d'éprouvettes.

### 5.3 Orientation pour l'essai

Les éprouvettes découpées dans les produits finis doivent être essayées de manière que la contrainte dynamique exercée lors de l'essai ait la même direction, vis-à-vis de la structure du matériau, que celle que le matériau sera susceptible de subir en tant que produit fini. Si cela n'est pas possible, il convient de préciser, dans le rapport d'essai, la position relative de la direction de la contrainte dynamique principale subie par le produit fini vis-à-vis de la direction de contrainte adoptée au cours de l'essai sur éprouvette.



STANDARD PREVIEW  
(standards.iteh.ai)

ISO 4651:1988

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/e21927a6-993f-42e0-93a0-84b241f1e2a2/iso-4651-1988>

- 1 Électroaimant
- 2 Équipement mobile
- 3 Contacts glissants pour le potentiomètre de mesure du déplacement
- 4 Marteau plan
- 5 Potentiomètre de mesure du déplacement
- 6 Support d'éprouvette (enclume), masse 950 g
- 7 Cellule de mesure de force, gamme 0 à 50 kN
- 8 Dispositif d'indication de surcharge de la cellule de mesure de force
- 9 Alimentation automatique pour l'éclairage de prises de vues
- 10 Alimentation de l'électroaimant et du potentiomètre de mesure du déplacement
- 11 Alimentation stabilisée générale en courant alternatif
- 12 Oscilloscope à double faisceau, gamme 0 à 300 kHz, avec appareil automatique de prises de vues
- 13 Amplificateur linéaire à fréquence porteuse, 50 kHz.

Figure 1 — Disposition typique d'un appareil à chute de marteau pour la détermination de la capacité d'amortissement dynamique

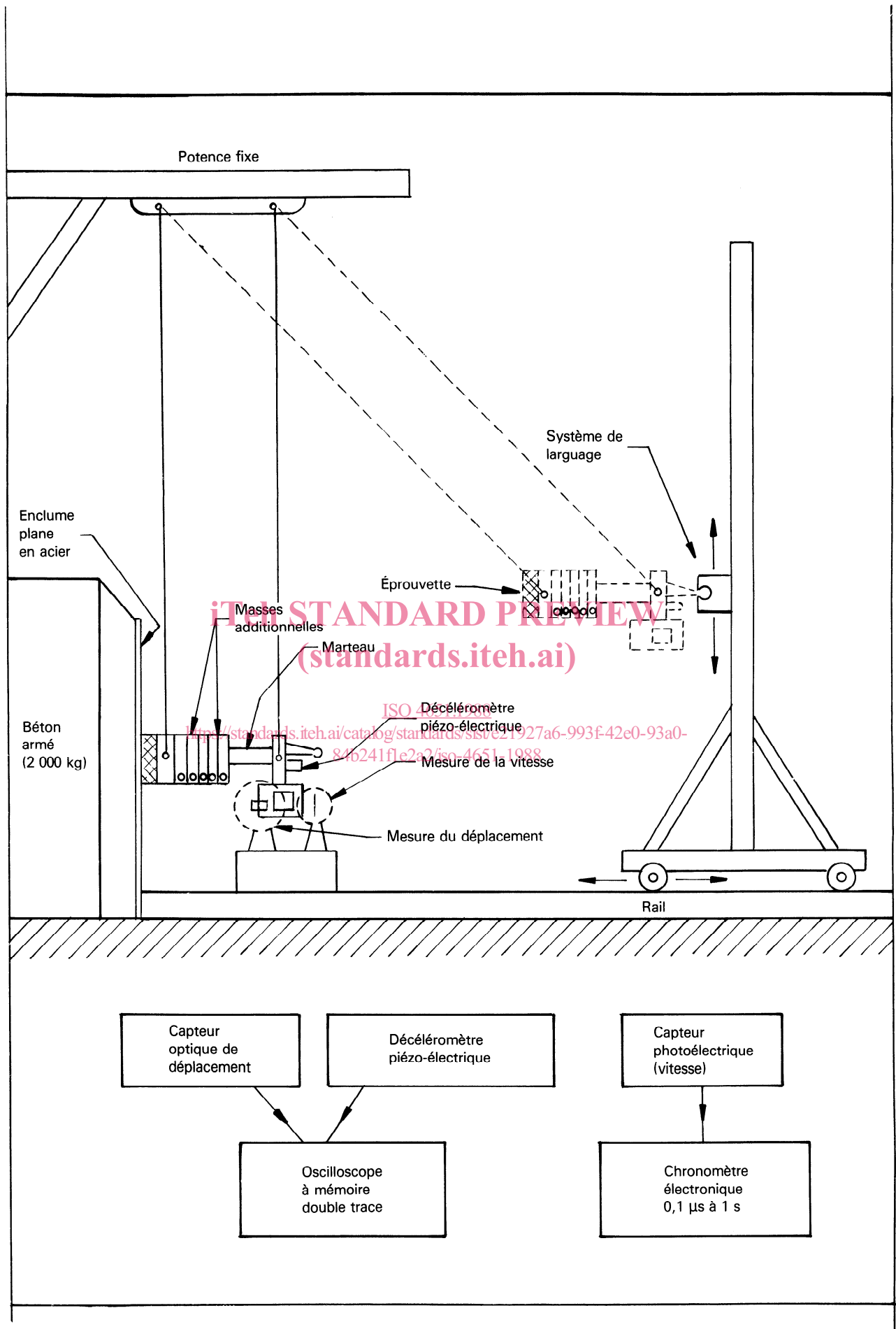


Figure 2 — Disposition typique d'un appareil pendulaire pour la détermination de la capacité d'amortissement dynamique

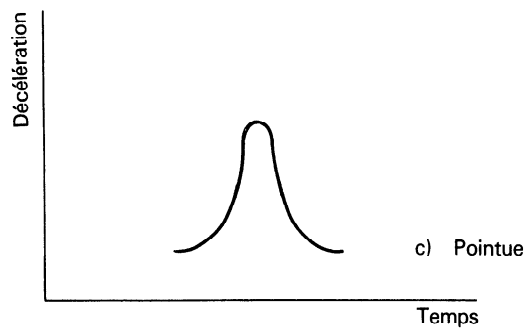
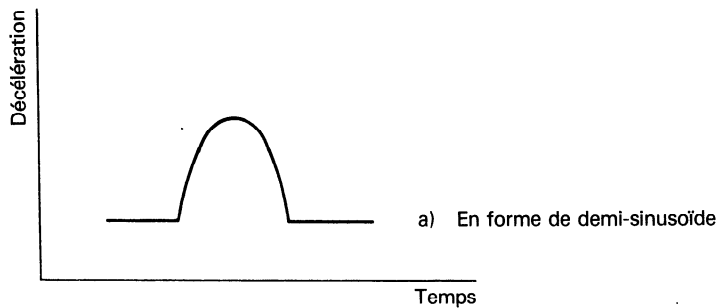


Figure 3 — Impulsions « décélération-temps »



## 5.4 Nombre

Au moins dix éprouvettes doivent être soumises à l'essai.

## 6 Préconditionnement et conditions d'essai

Les échantillons ne doivent être utilisés pour les essais que passé un délai d'au moins 72 h après la fabrication. Avant de subir les essais, les éprouvettes doivent être conditionnées durant au moins 16 h, conformément à l'ISO 291, l'ISO 471 ou l'ISO 2231, selon le cas. En cas de litige, le conditionnement doit être effectué dans une atmosphère convenue, de préférence  $23\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$  et  $50\% \pm 5\%$  d'humidité relative.

La période de conditionnement peut constituer la phase finale du délai de 72 h après la fabrication. Les essais doivent être effectués dans les mêmes conditions, à moins d'un autre accord passé entre le fournisseur et le client.

## 7 Mode opératoire

### 7.1 Généralités

Noter les épaisseurs initiales des éprouvettes, déterminées conformément à 5.1. Mesurer la masse volumique de chaque éprouvette conformément à l'ISO 845. S'assurer que le marteau est en position de sécurité.

Placer l'éprouvette sur l'enclume de l'appareil et préparer le marteau pour la réalisation de l'impact sur l'éprouvette.

Réaliser l'impact trois fois de suite sur l'éprouvette à  $60\text{ s} \pm 15\text{ s}$  d'intervalle, en utilisant une vitesse et une contrainte statique, prédéterminées conformément à 7.2 et 7.3 respectivement. Mesurer la valeur crête de décélération du marteau lors du premier et du troisième impact. Chaque éprouvette ne doit être utilisée que pour un seul couple de valeurs « vitesse d'impact, contrainte statique ».

Après que l'éprouvette aura été soumise aux trois impacts, la laisser reposer durant 5 min et mesurer à nouveau son épaisseur.

### 7.2 Vitesse d'impact

Adopter deux vitesses d'impact, correspondant à des hauteurs de chute libre de 250 mm et de 750 mm; une hauteur de chute de 1 250 mm peut également être utilisée. Chaque impact doit satisfaire à l'exigence de 95 % de la chute libre telle que définie en 4.1. Tout impact qui ne satisfait pas à cette exigence doit être écarté.

### 7.3 Contrainte statique

À chaque vitesse d'impact, choisir cinq valeurs différentes de contrainte statique par accord entre le fournisseur et le client de sorte que l'une de ces valeurs de contrainte statique corresponde approximativement à la valeur crête minimale de décélération d'impact; les quatre contraintes statiques restantes sont

réparties de part et d'autre de cette valeur de façon à correspondre approximativement à des augmentations de 10 % et de 20 % de la valeur crête de décélération.

Pour certains matériaux, le nombre de valeurs de contrainte statique peut être réduit à deux, à savoir celles correspondant aux valeurs à + 10 % par rapport à la valeur minimale. Cela peut faire l'objet d'un accord entre le fournisseur et le client si un essai préalable a montré que des changements significatifs des performances du tampon amortisseur sont détectables par cet essai simplifié.

## 8 Expression des résultats

### 8.1 Déformation résiduelle

La déformation résiduelle, exprimée en pourcentage, après impact de l'éprouvette, est donnée par la formule

$$\left( \frac{L_o - L_v}{L_o} \right) \times 100$$

où

$L_o$  est l'épaisseur initiale, en millimètres, de l'éprouvette;

$L_v$  est l'épaisseur finale, en millimètres, de l'éprouvette après impact.

### 8.2 Valeur crête de décélération

La valeur correcte de la valeur crête de décélération  $a_c$ , exprimée en unités d'accélération conventionnelle due à la pesanteur, est donnée par l'équation

$$a_c = \frac{L_o}{L_s} \times \left( \frac{v_n}{v_a} \right) a_m$$

où

$L_o$  est l'épaisseur initiale, en millimètres, de l'éprouvette;

$L_s$  est l'épaisseur normale de référence, en millimètres, pour les éprouvettes (50 mm);

$v_n$  est la vitesse nominale, en mètres par seconde;

$v_a$  est la vitesse réelle, en mètres par seconde;

$a_m$  est la valeur crête mesurée de décélération, en unités d'accélération conventionnelle due à la pesanteur.

## 9 Rapport d'essai

Le rapport d'essai doit contenir les indications suivantes:

- référence à la présente Norme internationale;
- description du matériau;