

Te 45

# NORME INTERNATIONALE 4662

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

## Caoutchouc — Détermination de la résilience de rebondissement des vulcanisats

*Rubber — Determination of rebound resilience of vulcanizates*

Première édition — 1978-02-01

CDU 678.43 : 620.178.311.6

Réf. n° : ISO 4662-1978 (F)

**Descripteurs** : caoutchouc, caoutchouc vulcanisé, essai, essai au choc, détermination, résilience.

Prix basé sur 10 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 4662 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 novembre 1975.

Les comités membres des pays suivants l'ont approuvée :

Allemagne	Italie	Suède
Australie	Mexique	Tchécoslovaquie
Belgique	Pays-Bas	Turquie
Brésil	Pologne	U.R.S.S.
Canada	Portugal	U.S.A.
Hongrie	Roumanie	
Inde	Royaume-Uni	

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

France

Cette Norme internationale annule la Recommandation ISO/R 1767-1971.

# Caoutchouc — Détermination de la résilience de rebondissement des vulcanisats

## 0 INTRODUCTION

La déformation d'un caoutchouc met en jeu une certaine quantité d'énergie, dont une partie est restituée lorsque celui-ci reprend sa forme initiale. Cette partie d'énergie, qui n'est pas restituée sous forme d'énergie mécanique, se trouve dissipée en chaleur dans le caoutchouc.

Le rapport de l'énergie restituée à l'énergie appliquée est pris comme expression de la résilience. Lorsque la déformation est une indentation causée par un seul choc, le rapport est pris comme expression de la résilience de rebondissement.

La valeur de la résilience de rebondissement pour un matériau donné n'est pas une quantité fixe, mais varie avec : la température; la répartition de la déformation, déterminée par le type et les dimensions de l'indenteur et de l'éprouvette; le taux de déformation, déterminé par la vitesse de l'indenteur; l'énergie de déformation, déterminée par la masse et la vitesse de l'indenteur; l'historique de la déformation. L'historique de la déformation est particulièrement important dans le cas des polymères chargés, où l'effet d'assouplissement par contrainte nécessite aussi un conditionnement mécanique.

Cette variation de la résilience en fonction des conditions est une propriété inhérente aux polymères, dont l'évaluation complète n'est par conséquent possible que moyennant l'exécution d'essais portant sur un domaine très étendu de conditions. Les facteurs cités peuvent avoir une incidence quantitative différente sur la résilience : alors que la température l'affecte de manière critique dans les zones de transition du matériau essayé, les facteurs liés au temps et à l'amplitude d'indentation n'ont, au contraire, que des effets modérés et s'accroissent de marges de tolérances relativement larges.

Le mesurage idéal de la résilience de rebondissement doit être effectué sur une éprouvette dont la face arrière est adhérente à un support rigide, afin d'éviter des pertes par friction causées par le ripage au cours du choc. Du fait que l'utilisation d'éprouvettes adhérentes se révèle peu pratique dans de nombreuses applications, on en utilise qui ne le sont pas. Celles-ci nécessitent un système de serrage sûr pour éviter les mouvements de friction.

Pour se rapprocher de ces conditions idéales avec un appareillage pratique, il est nécessaire d'imposer les limitations quant à la dureté du caoutchouc qui doit être soumis à l'essai : du côté dur, pour éviter des exigences de rigidité exceptionnelles pour l'appareillage; du côté mou, pour éviter des difficultés de serrage.

Le choix d'un ensemble défini de conditions mécaniques et d'un appareillage adéquat permettent d'obtenir une valeur de résilience de rebondissement à n'importe quelle température normalisée, avec un degré de reproductibilité satisfaisant.

## 1 OBJET ET DOMAINE D'APPLICATION

La présente Norme internationale spécifie une méthode de détermination de la résilience de rebondissement du caoutchouc dans une gamme étroite de déformation au choc et de vitesses de déformation, au moyen de tout type d'appareil de mesure et de choc conforme aux spécifications données ci-après.

La méthode d'essai est applicable aux caoutchoucs vulcanisés dont la dureté, à la température d'essai, est comprise entre 30 et 85 D.I.D.C.

## 2 RÉFÉRENCES

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

ISO 1826, *Élastomères — Délai entre vulcanisation et essai.*

ISO 2856, *Élastomères — Spécifications générales pour essais dynamiques.*

ISO 3383, *Caoutchouc — Directives générales pour l'obtention de températures élevées ou de températures inférieures à la température normale lors des essais.*

ISO 4661, *Caoutchouc — Préparation des éprouvettes.*

## 3 DÉFINITION

La terminologie utilisée dans la présente Norme internationale ainsi que les conditions générales d'essai sont en accord avec l'ISO 2856, à laquelle la théorie pour l'essai fait aussi référence. On y adjoint la définition suivante :

**résilience de rebondissement normalisée :** Rapport de l'énergie restituée à l'énergie de choc appliquée lorsqu'une masse terminée par une sphère vient frapper une éprouvette plate, solidement maintenue quoique libre en gonflement latéral, les caractéristiques de la masse de choc, de l'indenteur et de l'éprouvette devant être telles qu'elles demeurent dans les limites spécifiées ci-après :

diamètre de l'indenteur ( $D$ ) : 12,45 à 15,05 mm

épaisseur de l'éprouvette ( $d$ ) :  $12,5 \pm 0,5$  mm

masse de choc ( $m$ ) :  $0,35 \begin{smallmatrix} + 0 \\ - 0,1 \end{smallmatrix}$  kg

vitesse de choc ( $v$ ) :  $1,4 \begin{smallmatrix} + 0,6 \\ - 0 \end{smallmatrix}$  m/s

indice volumique d'énergie de déformation ( $mv^2/Dd^2$ ) :  
 $351 \begin{smallmatrix} + 112 \\ - 27 \end{smallmatrix}$  kJ/m<sup>3</sup>

NOTES

1 Les conditions et l'appareillage spécifiés dans la présente Norme internationale impliquent, par conséquent, le choix d'un indenteur sphérique et d'une éprouvette plate et sont supposés dépendre essentiellement des grandeurs fondamentales  $D$ ,  $d$ ,  $m$  et  $v$  indiquées ci-dessus. De plus, le rapport de l'énergie du choc à un volume correspondant, ou «indice volumique d'énergie de déformation» ( $mv^2/Dd^2$ ), lequel en simplifiant est en relation avec la déformation au choc, doit être maintenu dans la gamme étroite de valeurs spécifiée.

2 Les caractéristiques nominales établies (12,5 mm; 12,5 mm; 0,35 kg; 1,4 m/s; 351 kJ/m<sup>3</sup>) sont les mêmes que celles données pour le pendule de Lüpke. L'élargissement des tolérances est tel qu'elles comprennent les caractéristiques nominales du pendule de Schob modifié (15,0 mm; 12,5 mm; 0,25 kg; 2 m/s; 427 kJ/m<sup>3</sup>).

De plus, il a été tenu compte :

- d'une petite tolérance ( $\pm 0,05$  mm) à admettre pour les imperfections mécaniques des sphères de diamètre nominal 12,5 et 15 mm;
- d'une tolérance supplémentaire ( $\begin{smallmatrix} + 36 \\ - 27 \end{smallmatrix}$  kJ/m<sup>3</sup>) sur  $mv^2/Dd^2$ , à admettre pour l'effet de variation de l'épaisseur de l'éprouvette ( $\pm 0,5$  mm).

4 APPAREILLAGE

4.1 Généralités

La résilience de rebondissement doit être mesurée au moyen d'un appareil qui consiste en un dispositif oscillant mécanique, ou une sorte de pendule, à un degré de liberté et en un support d'éprouvette massif et robuste.

Ces deux éléments doivent être convenablement rendus solidaires pour les mesurages de résilience de rebondissement et, éventuellement, peuvent être séparés afin de régler ou de vérifier le dispositif oscillant. Des moyens doivent être fournis pour le mesurage du rebondissement du pendule, soit sur une échelle calibrée, soit comme un signal électrique.

Plusieurs types pratiques d'appareillage, conformes à ces spécifications, sont disponibles (voir annexe B).

NOTE — Les types d'appareillage conçus pour fonctionner dans les gammes spécifiées pour les différents paramètres et correctement calibrés donnent sensiblement les mêmes valeurs de résilience de rebondissement.

4.2 Dispositif oscillant

Le dispositif oscillant doit consister en un corps rigide, ou marteau, terminé par une surface sphérique pénétrante et supporté de façon à osciller d'une manière linéaire ou circulaire sous l'action d'une force de rappel qui peut être fournie par gravité, par des réactions élastiques de ressorts

ou par un fil en torsion. Un système d'index et d'échelle fixe doit permettre de suivre le déplacement du marteau.

La vitesse de la surface sphérique pénétrante au point de choc doit être dirigée horizontalement.

4.2.1 Échelle (voir figure 1)

Dans le cas des pendules où la force de rappel est fournie par gravité, la résilience de rebondissement,  $R$ , est donnée par la formule

$$R = \frac{h}{H}$$

où

$h$  est la hauteur de rebondissement;

$H$  est la hauteur de chute.

Le mesurage par l'échelle soit de la distance horizontale de rebondissement soit, dans le cas des pendules à bras rigide en particulier, de l'angle de rebondissement, est généralement pratique. Dans le cas des pendules où la force de rappel est provoquée par un fil de torsion ou par les réactions élastiques de ressorts, la résilience de rebondissement est donnée par la formule

$$R = \frac{\alpha_R}{\alpha_I}$$

où

$\alpha_R$  est l'angle de rebondissement;

$\alpha_I$  est l'angle de choc.

Pour ce type d'appareillage, le mesurage par l'échelle de l'angle de rebondissement est pratique.

L'échelle peut être graduée uniformément ou être calibrée en unités de résilience. Pour les échelles graduées uniformément, des équations de conversion, des cartes ou des tables pour permettre la détermination de la résilience sont également exigées.

4.2.2 Réglage du dispositif oscillant

L'appareillage doit être essayé à plusieurs reprises par impact sur des pièces de caoutchouc de duretés extrêmes; son déplacement doit se faire en douceur et aucune forme d'oscillation parasite, telle qu'un fouettement ou une vibration, ne doit résulter du choc du fait d'une rigidité insuffisante du bâti ou d'un système défectueux de guidage.

Pour un réglage initial ou un contrôle périodique, le porte-éprouvette doit être séparé du dispositif oscillant et l'on doit procéder comme suit.

4.2.2.1 La pesée directe et les mesurages géométriques du marteau mobile, ainsi que de ses distances aux axes de guidage ou aux suspensions, doivent être faits de façon à effectuer les calculs des paramètres d'inertie. De ceux-ci, on doit déterminer si la masse de choc équivalente est conforme aux spécifications du chapitre 3 et si la ligne de choc est telle qu'elle ne cause pas de réactions sensibles sur les axes ou les suspensions.

S'assurer que le diamètre de la surface sphérique de l'indenteur est conforme aux spécifications du chapitre 3 et que la surface sphérique de l'indenteur est, dans tous les cas, plus grande que la surface indentée de l'élastomère; il est préférable que l'indenteur soit une demi-sphère complète.

**4.2.2.2** Le dispositif oscillant entier doit être admis à prendre librement sa position de repos. Vérifier que celle-ci correspond au point zéro de l'échelle, laquelle doit être également celle où le choc a lieu; à ce point, la sphère d'indentation doit se déplacer horizontalement.

**4.2.2.3** Afin de corriger pour les pertes par friction, le dispositif oscillant doit être mis en mouvement; la durée d'oscillation doit être mesurée et la décroissance des amplitudes successives, du même côté, doit être suivie et notée. Le décrement logarithmique correspondant  $\Delta$  doit être calculé en fonction de l'expression :

$$\Delta = \frac{1}{n} \log_e \frac{l_x}{l_{x+n}}$$

$$= \frac{1}{2n} \log_e \frac{R_x}{R_{x+n}}$$

où

$n$  est le nombre d'oscillations complètes considérées;

$l_x$  et  $l_{x+n}$  sont les amplitudes lues sur une échelle uniforme;

$R_x$  et  $R_{x+n}$  sont les amplitudes lues sur une échelle quadratique.

Dans le cas présent, il est peu important que l'échelle ait ou n'ait pas été corrigée pour de petites non-linéarités (voir 4.2.2.5).

Si le fonctionnement de l'appareil implique des conditions différentes d'amortissement au cours des déplacements aller et retour, avant et après le choc, dues par exemple au cliquet bloquant l'index, les mesurages doivent alors être effectués dans les deux conditions et leur moyenne établie.

**4.2.2.4** Les calculs de la période complète ( $T$ ) et du décrement logarithmique ( $\Delta$ ) doivent être obtenus par la moyenne de cinq oscillations autour d'amplitudes différentes, comme suit :

échelle complète	$T_1$	$\Delta_1$
demi-échelle	$T_2$	$\Delta_2$
quart d'échelle	$T_4$	$\Delta_4$

**4.2.2.5** Aucune des valeurs  $T_1$ ,  $T_2$  ou  $T_4$  ne doit différer de la moyenne de plus de 10 %. Alors qu'une différence inférieure à 1 % peut être négligée, une différence comprise entre 1 et 10 % doit être prise en considération pour les corrections appropriées de non-linéarité de l'échelle. Celles-ci doivent être faites en se référant à l'énergie du pendule correspondant au point de l'échelle.

La valeur de la vitesse de choc doit être vérifiée à partir des

dimensions géométriques et de la moyenne de  $T_1$ ,  $T_2$  et  $T_4$  ou à partir des valeurs de masse et d'énergie au point de résilience unitaire. Elle doit être conforme aux spécifications du chapitre 3.

**4.2.2.6** Aucune des valeurs de  $\Delta_1$ ,  $\Delta_2$  et  $\Delta_4$  ne doit différer de la moyenne de plus de 0,01 et aucune ne doit dépasser 0,03. Alors qu'une valeur inférieure à 0,01 peut être négligée, une correction doit être apportée aux résultats de rebondissement pour les valeurs comprises entre 0,01 et 0,03. Cette correction doit avoir la valeur de  $\Delta$  et être appliquée aux résultats, de préférence en déplaçant le point de départ de la masse mobile au-delà du point de résilience unitaire d'un montant correspondant.

Une évaluation plus précise de la correction n'est pas nécessaire dans la plupart des cas, mais elle peut être faite si l'on dispose d'une analyse détaillée des pertes d'énergie.

### 4.3 Porte-éprouvette

**4.3.1** Le disque éprouvette doit être solidement fixé pendant le conditionnement mécanique et le mesurage du rebondissement.

La surface contre laquelle est appliqué le dos de l'éprouvette doit être métallique, plate, d'un fini lisse, verticale et perpendiculaire à la direction de la vitesse de choc.

Cette face plate fait partie d'une enclume, laquelle, si elle est libre, doit avoir une masse d'au moins 200 fois celle de la masse de choc ou être solidement fixée à un système très rigide, comme une structure en maçonnerie, par exemple.

Tout type de dispositif de fixation est utilisable, pourvu qu'il assure l'obtention de valeurs de résilience de rebondissement qui ne diffèrent pas de plus de 0,02 (en valeur absolue) de celles fournies par des éprouvettes adhérentes à une plaque arrière rigide. Ce résultat est à contrôler en utilisant un mélange à haute résilience de rebondissement (environ 0,90) et un autre de dureté élevée (environ 85 D.I.D.C.).

Des dispositifs convenables sont, par exemple, les suivants : dispositif de fixation par aspiration (vide), dispositif mécanique de serrage, ou combinaison de ces deux systèmes. Un dispositif de serrage mécanique recommandé consiste en un anneau de métal (voir figure 2); celui-ci doit avoir 20 mm de diamètre intérieur, 35 mm de diamètre extérieur et doit exercer sur la face avant de l'éprouvette une force de  $200 \pm 29$  N, obtenue par exemple à l'aide de ressorts; la sphère de l'indenteur doit pénétrer, en position de repos, au centre de l'évidement de l'anneau. Un autre dispositif de serrage recommandé consiste à pratiquer une aspiration sur le dos de l'éprouvette, en munissant la surface d'appui d'une gorge circulaire de 25 mm de diamètre et de 2 mm de largeur, reliée à une pompe à vide capable de maintenir une pression absolue inférieure à 10 kPa. En pareil cas, la force à exercer par l'anneau peut être réduite à  $150 \pm 15$  N.

Aucune retenue latérale ne doit s'exercer sur l'éprouvette qui doit, au contraire, disposer d'un jeu d'au moins 2 mm sur toute sa périphérie, pour lui assurer toute liberté de gonflement lors du choc de l'indenteur.

**4.3.2** Si l'on doit procéder à des mesurages avec une série de températures différentes de la température ambiante, le pendule peut être placé et utilisé dans une étuve ou une chambre froide fonctionnant en conformité avec l'ISO 3383. En ce cas, le fonctionnement correct de l'appareillage doit être vérifié (voir 4.2.2) dans la zone des températures considérée. Suivant une variante, on pourra s'arranger pour chauffer ou refroidir le porte-éprouvette au moyen d'une circulation de fluides (voir figure 3). Il est recommandé de prévoir un rideau de gaz chaud ou froid sur l'orifice central du porte-éprouvette, de manière à assurer un enveloppement complet de l'éprouvette dans un milieu thermorégularisé.

Des thermocouples ou d'autres moyens doivent être prévus pour mesurer la température du support, dans un voisinage aussi immédiat que possible de l'éprouvette.

## 5 ÉPROUVETTE

### 5.1 Préparation

Les éprouvettes doivent être préparées en conformité avec l'ISO 4661, soit par moulage, soit par découpage. Elles doivent être exemptes de tissu ou de tout autre matériau de renfort.

Les éprouvettes doivent présenter des faces planes, lisses et parallèles, obtenues, si nécessaire, par un ponçage de finition. Si une certaine adhésivité se présente sur la surface soumise aux chocs, on doit éviter les effets par un léger saupoudrage, par exemple, de talc.

### 5.2 Dimensions

L'éprouvette normalisée doit être un disque de  $12,5 \pm 0,5$  mm d'épaisseur et de  $29 \pm 0,5$  mm de diamètre. D'autres éprouvettes, de dimensions non normalisées, sont utilisables pour des mesurages comparatifs moyennant certaines dispositions (voir annexe A).

### 5.3 Mesurage des dimensions

L'épaisseur de l'éprouvette doit être mesurée à 0,05 mm près, et son diamètre à 0,2 mm près.

### 5.4 Nombre d'éprouvettes

On doit essayer successivement deux éprouvettes de chaque matériau.

### 5.5 Conditionnement

**5.5.1** Le délai entre la vulcanisation et l'essai doit être conforme à l'ISO 1826.

**5.5.2** Les échantillons et les éprouvettes doivent être protégées de la lumière aussi complètement que possible dans l'intervalle de temps entre la vulcanisation et l'essai.

**5.5.3** Si l'éprouvette doit subir un ponçage, le délai entre le ponçage et l'essai ne doit pas excéder 72 h.

**5.5.4** Les éprouvettes préparées doivent être conditionnées immédiatement avant l'essai à la température normale de laboratoire, en conformité avec l'ISO 471.

## 6 TEMPÉRATURE D'ESSAI

L'essai doit être, de préférence, exécuté à la température normale de laboratoire (voir 5.5.4). Des essais peuvent aussi être exécutés à l'une ou à plusieurs des températures suivantes : - 75, - 55, - 40, - 25, - 10, 0, 40, 55, 70, 85, 100 °C. La tolérance sur la température ne doit pas dépasser  $\pm 1$  °C.

Lorsque la résilience varie rapidement avec la température, d'autres températures à intervalles plus réduits peuvent être utilisées.

## 7 MODE OPÉRATOIRE

### 7.1 Conditionnement thermique

Si la température d'essai est différente de la température normale de laboratoire (voir 5.5.4), porter l'appareillage d'essai complet ou le porte-éprouvette spécial chauffé ou refroidi (voir 4.3.2) à la température d'essai.

Monter l'éprouvette dans le porte-éprouvette et prévoir un temps suffisant pour lui permettre d'atteindre une température uniforme dans les tolérances prescrites : pour l'épaisseur normalisée de 12,5 mm, ce temps de conditionnement sera d'au moins 20 min. Suivant une variante, les éprouvettes peuvent être chauffées ou refroidies séparément du support, dans une étuve ou une chambre froide en conformité avec l'ISO 3383, et ensuite rapidement introduites dans le support chauffé ou refroidi; en pareil cas, le temps de séjour dans le support avant l'essai peut être réduit à 3 min.

Dans les essais à basses températures, des dispositions doivent être prises pour éviter la formation de givre sur l'éprouvette.

### 7.2 Conditionnement mécanique de l'éprouvette

Après le conditionnement thermique prescrit et la mise en état du support, procéder à un conditionnement mécanique en soumettant l'éprouvette à au moins trois et au plus sept chocs successifs, de manière à obtenir une amplitude de rebondissement pratiquement constante.

### 7.3 Mesurage de la résilience de rebondissement

Immédiatement après les chocs de conditionnement mécanique, appliquer trois nouveaux chocs à l'éprouvette, à la même vitesse, et noter les trois lectures de rebondissement.

Convertir ces trois lectures, si nécessaire (voir 4.2.1), en valeurs de résilience exprimées en pourcentage, la valeur médiane étant la résilience de rebondissement de l'éprouvette.

Calculer alors la moyenne des valeurs des deux éprouvettes.

**8 PROCÈS-VERBAL D'ESSAI**

## a) Détails concernant l'échantillon :

- 1) description complète de l'échantillon et de son origine;
- 2) détails du composé et conditions de vulcanisation, s'ils sont connus;
- 3) mode de préparation des éprouvettes, par exemple moulées ou découpées;
- 4) toutes particularités relatives à la période avant essai des éprouvettes.

## b) Méthode d'essai et détails concernant l'essai :

- 1) numéro de référence de la présente Norme internationale et norme nationale correspondante (si elle existe);

- 2) type d'appareillage utilisé et valeurs correspondantes du diamètre de l'indenteur, de la masse de choc et de la vitesse de choc;

- 3) méthode de fixation de l'éprouvette;

- 4) température d'essai;

- 5) temps et température de conditionnement des éprouvettes avant essai;

- 6) tout mode opératoire non normalisé utilisé au cours de l'essai.

## c) Résultats de l'essai :

- 1) nombre d'éprouvettes essayées;

- 2) valeur moyenne calculée, en pourcentage, de la résilience de rebondissement des éprouvettes essayées, comme indiqué en 7.3.

## d) Date de l'essai.

## ANNEXE A

## ÉPROUVETTES NON NORMALISÉES

## A.1 DIAMÈTRES NON NORMALISÉS

Les pièces d'épaisseur normalisée mais présentant un diamètre supérieur au diamètre normalisé, jusqu'à un maximum de 53 mm, peuvent être essayées selon les modes opératoires et avec les appareillages normalisés et fournissent des résultats voisins de ceux des éprouvettes normalisées, à la seule condition d'appliquer une force de serrage accrue (voir tableau).

## A.2 ÉPAISSEURS NON NORMALISÉES

La résilience des éprouvettes présentant une épaisseur différente de (et en général inférieure à)  $12,5 \pm 0,5$  mm est susceptible d'un mesurage capable de fournir des résultats voisins de la résilience de rebondissement normalisée, moyennant l'emploi de deux méthodes différentes mais basées toutes deux sur le principe du maintien d'une valeur constante de l'indice d'énergie de déformation volumique  $mv^2/Dd^2 \approx 351$  kJ/m<sup>3</sup>.

## A.2.1 Méthode A : réglage de la vitesse de choc

La vitesse de choc,  $v$ , est modifiée proportionnellement à l'épaisseur de l'éprouvette (voir le tableau). Cette réduction de vitesse s'obtient en changeant le point de départ et la déviation initiale de la masse de choc, en maintenant le diamètre de l'indenteur et la masse de choc aux valeurs normalisées (voir chapitre 3).

Pour assurer le serrage d'éprouvettes de moindre épaisseur tout en conservant le même diamètre intérieur de l'anneau de serrage, on doit faire appel à une aspiration (voir 4.3.1).

Bien que cette méthode conduite, du fait d'une distribution différente des déformations et d'un serrage moins assuré de l'éprouvette, à des résultats présentant certaines divergences par rapport à la résilience de rebondissement normalisée, elle a l'avantage d'être moins onéreuse puisqu'un appareillage unique peut, moyennant des ajustements mineurs, s'adapter aux différentes épaisseurs.

TABLEAU – Paramètres fondamentaux, basés sur le principe de la similitude mécanique (méthode B), recommandés pour les essais au pendule d'éprouvettes de dimensions non normalisées

	Taille I	Taille II	Taille III	Taille IV	Taille V
<b>Caractéristiques fondamentales</b>					
Épaisseur de l'éprouvette $d$ mm	$2 \pm 0,1$	$4 \pm 0,2$	$6,3 \pm 0,3$	$12,5 \pm 0,5$	$25 \pm 1$
Diamètre de la sphère de l'indenteur $D$ mm	$2 \pm 0,05$	$4 \pm 0,1$	$6,3 \pm 0,1$	$12,5 \pm 0,1$	$25 \pm 0,2$
Masse de choc $m$ kg	$0,056 \pm 0,001$	$0,112 \pm 0,002$	$0,176 \pm 0,005$	$0,35 \pm 0,01$	$0,70 \pm 0,01$
Vitesse de choc, $v$ m/s	$0,225 \pm 0,005$	$0,45 \pm 0,005$	$0,71 \pm 0,01$	$1,40 \pm 0,01$	$2,80 \pm 0,02$
<b>Serrage mécanique recommandé</b>					
Diamètre de l'éprouvette minimum mm	9	15	20	29	50
maximum mm	25	45	53	53	70
Diamètre de l'anneau de serrage (voir figure 4) intérieur mm	5	8	12	20	36
extérieur mm	10	16	22	35	55
Force sur l'éprouvette N	50	100	150	300	600

NOTE — La force de serrage de 300 N pour la taille IV correspond à un diamètre maximal de 53 mm, alors que la force de 200 N prescrite en 4.3.1 correspond à un diamètre maximal de 35 mm. La force de serrage nécessaire pour obtenir des valeurs cohérentes de résilience se situe, en valeur, dans une large bande de variations suivant les dimensions et les propriétés du vulcanisat, le fini des surfaces de fixation et les antécédents de leurs contacts. Sa valeur maximale est limitée par l'éventualité d'une déformation de vulcanisats mous, alors que sa valeur minimale est limitée par l'éventualité de dérapage ou de glissement.

Les valeurs indiquées ici sont considérées comme sûres pour la plupart des échelles de dimensions et de propriétés concernées.

### A.2.2 Méthode B : similitude mécanique

Le diamètre de l'indenteur  $D$ , la masse de choc  $m$  et la vitesse de choc  $v$  sont tous modifiés en proportion de l'épaisseur de l'éprouvette (voir le tableau). En même temps, le diamètre de l'éprouvette, l'anneau de serrage et la force appliquée sont à modifier pour s'adapter au changement de l'épaisseur (voir le tableau et la figure 4).

Cette méthode exige évidemment, pour son application, des appareillages de différentes tailles et, à moins que l'on n'ait à essayer qu'une seule épaisseur non normalisée, se révèle par conséquent plus onéreuse; elle présente cependant l'important avantage de fournir des résultats extrêmement cohérents avec ceux de la résilience de rebondissement normalisée.

### A.2.3 Éprouvettes empilées

Un empilage de pas plus de trois éprouvettes minces d'un même matériau est utilisable pour atteindre une épaisseur plus grande. Il est nécessaire que les surfaces des éprouvettes soient bien lisses et une aspiration latérale peut aider à assurer leur contact.

L'empilage d'éprouvettes introduit de nouvelles incertitudes et ne doit être utilisé que pour des mesurages comparatifs.

### A.3 CONDITIONNEMENT THERMIQUE D'ÉPROUVETTES NON NORMALISÉES

Le conditionnement thermique d'éprouvettes non normalisées peut être conduit comme celui des éprouvettes normalisées (voir 7.1), mais en tenant compte des différences de dimensions.

Approximativement, le temps, en minutes, à observer pour atteindre une température uniforme ne doit pas être inférieur à 1,5 fois l'épaisseur, en millimètres. En aucun cas, ce temps ne doit être inférieur à 3 min.

### A.4 PROCÈS-VERBAL D'ESSAI

En plus des indications déjà spécifiées (voir chapitre 8), les dimensions de l'éprouvette ainsi que la méthode et l'appareillage utilisés pour s'adapter aux dimensions non normalisées doivent figurer au procès-verbal d'essai.

ANNEXE B

TYPES D'APPAREILLAGES

On trouvera, ci-après, les références aux types d'appareillages qui, convenablement dimensionnés et construits, se conforment à la présente Norme internationale.

**B.1 PENDULE DE LÜPKE**

Le marteau mobile est essentiellement constitué par une barre cylindrique terminée par une surface sphérique et supportée par une suspension quadrifilaire. Le système oscille sous l'action de la gravité.

Le marteau a une masse de 0,35 kg et la surface sphérique a un diamètre de 12,5 mm; la longueur de la suspension est de 2 m et la déviation initiale est celle qui correspond à une élévation de la masse de 0,1 m.

La description détaillée est donnée dans :

LÜPKE IR., P., The impact resiliometer, *Rubber Chemistry and Technology*, vol 7 (1934), p. 591.

**B.2 PENDULE DE SCHOB**

Il consiste en un pendule rigide comprenant un marteau, terminé par une surface sphérique d'indentation d'un diamètre de 15 mm et une bielle, d'une longueur d'environ 200 mm, reliant le marteau à un pivot.

Les dimensions et les masses sont telles que, lorsque ce pendule est dévié d'un angle droit à partir de sa position de repos puis libéré, il frappe l'éprouvette avec une vitesse de 2 m/s et une énergie de 0,5 J.

Le pendule de Schob tel qu'originellement décrit dans

SCHOB, A., *Mitteilungen aus dem staatlichem Materialprüfungsamt*, Berlin 1919, p. 227,

prévoit l'emploi d'une éprouvette de 6 mm d'épaisseur et sort de ce fait du cadre des spécifications prescrites dans la présente Norme internationale. Le modèle prévu pour admettre une éprouvette de 12,5 mm d'épaisseur entre, au contraire, dans le cadre de la présente Norme internationale.

**B.3 PENDULE DE ZERBINI**

Il consiste en une barre munie d'un indenteur sphérique fixé transversalement à son extrémité, qui tourne sous l'action d'un fil de torsion convenablement rendu solidaire en son milieu avec ladite barre et ancré sur des points fixes à ses extrémités.

Le principe de cet appareil s'applique à une grande variété de réalisations, comme décrit dans :

ZERBINI, V., Torsion resilience pendulum, *Rubber Chemistry and Technology*, vol. 43 (1970), pp. 1005-1014.

Le modèle du type C/L/12,5 est conforme aux exigences de la présente Norme internationale, tandis que ceux des types A/L/4 et A/L/2 peuvent convenir aux essais d'éprouvettes d'épaisseur non normalisée (voir A.2.2).