

Norme internationale



2856

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

Élastomères — Spécifications générales pour essais dynamiques

Elastomers — General requirements for dynamic testing

Deuxième édition — 1981-10-15

ITeH STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

ISO 2856:1981

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/112534f2-fbfd-4b04-8562-516195181def/iso-2856-1981>

CDU 678.074 : 620.1

Réf. n° : ISO 2856-1981 (F)

Descripteurs : caoutchouc, définition, essai, conditions d'essai, spécimen d'essai, matériel d'essai, propriété d'élasticité.

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 2856 a été élaborée par le comité technique ISO/TC 45, *Élastomères et produits à base d'élastomères*.

La première édition (ISO 2856-1975) avait été approuvée par les comités membres des pays suivants :

Afrique du Sud, Rép. d'	France	Roumanie
Allemagne, R. F.	Hongrie	Royaume-Uni
Australie	Inde	Suède
Autriche	Italie	Suisse
Belgique	Mexique	Tchécoslovaquie
Brésil	Nouvelle-Zélande	Thaïlande
Canada	Pays-Bas	URSS
Égypte, Rép. arabe d'	Pologne	USA
Espagne	Portugal	

Aucun comité membre ne l'avait désapprouvée.

Cette deuxième édition, qui annule et remplace l'ISO 2856-1975, incorpore le projet d'amendement 1, qui a été soumis aux comités membres en décembre 1979 et qui a été approuvé par les comités membres des pays suivants :

Afrique du Sud, Rép. d'	Espagne	Sri Lanka
Allemagne, R. F.	France	Suisse
Autriche	Hongrie	Tchécoslovaquie
Belgique	Inde	Thaïlande
Canada	Italie	Turquie
Chine	Pays-Bas	URSS
Corée, Rép. de	Pologne	USA
Danemark	Roumanie	
Égypte, Rép. arabe d'	Royaume-Uni	

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

Malaisie
Suède

Sommaire

Page

1	Objet et domaine d'application	1
2	Références	1
3	Termes et relations utilisés pour définir les propriétés dynamiques des élastomères	1
4	Indications générales relatives aux machines d'essai	3
5	Conditions imposées aux machines d'essai	3
6	Valeurs recommandées pour les essais normalisés	4
7	Éprouvettes	5
8	Conditionnement des éprouvettes	7
9	Données	7
10	Procès-verbal d'essai	9

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/1125342-fb4d-4b04-8562-516195181def/iso-2856-1981>

[ISO 2856:1981](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/1125342-fb4d-4b04-8562-516195181def/iso-2856-1981)

Annexes

A	Concepts fondamentaux	10
B	Relations entre contrainte et déformation	11
C	Propriétés dynamiques	12
D	Répercussions des propriétés dynamiques sur les conditions d'essai	13-14
	Bibliographie	15

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

ISO 2856:1981

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/112534f2-fbfd-4b04-8562-516195181def/iso-2856-1981>

Élastomères — Spécifications générales pour essais dynamiques

1 Objet et domaine d'application

La présente Norme internationale donne des définitions et spécifie les conditions quantitatives et les prescriptions générales relatives aux éprouvettes, machines et méthodes d'essai pour la détermination des paramètres visco-élastiques des élastomères par l'application de forces ou déformations cycliques de formes, fréquences et amplitudes définies, y compris les forces ou déformations d'impact. Le terme «propriétés dynamiques» est utilisé ici pour caractériser le comportement des élastomères à la déformation, dans les conditions où la contrainte et la déformation varient toutes deux périodiquement avec le temps.

La présente Norme internationale est axée sur l'emploi d'éprouvettes de laboratoire, mais les principes invoqués s'appliquent aussi bien aux essais effectués sur des produits finis ou leurs modèles.

Un rappel succinct des concepts fondamentaux et de la théorie du comportement dynamique des élastomères, étayé par une bibliographie sélectionnée, permettra de clarifier les définitions et l'interprétation des données.

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 3383, *Caoutchoucs — 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 Termes et relations utilisés pour définir les propriétés dynamiques des élastomères

Chacun des termes et relations suivant se rapporte à des modèles linéaires du comportement des élastomères.

Il est recommandé de proscrire l'emploi du terme «module» de manière indéterminée. Il conviendra de le préciser et, par exemple, d'écrire «module d'élasticité en cisaillement». Les modules de dilatation cubique ou de compressibilité hydrostatique applicables aux élastomères étant, par ailleurs, de plusieurs ordres de grandeur supérieurs à ceux correspondant aux déformations présentement considérées, il n'en sera pas fait mention dans la suite de la présente Norme internationale. Les modules d'élasti-

cité en cisaillement et d'extension-compression sont des propriétés de l'élastomère vulcanisé en tant que matière et sont dépendants de la taille et de la forme. Au contraire, la constante de ressort et la constante d'amortissement dépendent de la géométrie (forme et dimensions) et sont habituellement utilisées pour des produits finis tels que bagues, supports et bandages de roues.

Il est enfin recommandé de se servir des unités SI sous leur forme fondamentale; elles seront donc citées en regard des termes ci-après.

3.1 Termes s'appliquant à tout mouvement périodique

3.1.1 boucle d'hystérésis mécanique : Courbe fermée représentant les états successifs de contrainte-déformation du matériau au cours d'une déformation cyclique.

NOTE — Les boucles peuvent être centrées autour du point d'origine des coordonnées ou plus fréquemment décrites autour de divers niveaux de déformation ou de contrainte; dans ce cas, la forme de la boucle devient diversement asymétrique, mais fréquemment on ne tient pas compte de ce fait.

3.1.2 perte d'énergie (J/m³) : Énergie perdue, par unité de volume, dans chaque cycle de déformation. C'est l'aire de la boucle d'hystérésis calculée d'après l'échelle des coordonnées de référence.

3.1.3 puissance dissipée (W/m³) : Par unité de volume, puissance dissipée et transformée en chaleur du fait de l'hystérésis. C'est le produit de la perte d'énergie par la fréquence.

3.1.4 contrainte moyenne (Pa) : Valeur moyenne de la contrainte dans le parcours d'une seule boucle d'hystérésis complète (voir figure 1).

3.1.5 déformation moyenne (sans dimension) : Valeur moyenne de la déformation dans le parcours d'une seule boucle d'hystérésis complète (voir figure 1).

3.1.6 module moyen (Pa) : Rapport de la contrainte à la déformation moyenne.

3.1.7 amplitude de la contrainte (Pa) : Rapport de la force maximale appliquée, mesurée à partir de la force moyenne, à l'aire de la section droite de l'éprouvette non contrainte (de zéro au maximum sur un seul côté).

3.1.8 contrainte quadratique moyenne (Pa) : Racine carrée de la valeur moyenne du carré de la contrainte moyenne sur un cycle de déformation. Pour une contrainte sinusoïdale symétrique, elle est égale au quotient par $\sqrt{2}$ de l'amplitude de la contrainte.

3.1.9 amplitude de la déformation (sans dimension) : Rapport de la déformation absolue maximale, mesurée à partir de la déformation moyenne, à la longueur libre de l'éprouvette non déformée (de zéro au maximum sur un seul côté).

3.1.10 déformation quadratique moyenne (sans dimension) : Racine carrée de la valeur moyenne du carré de la déformation moyenne sur un cycle de déformation. Pour une déformation sinusoïdale symétrique, elle est égale au quotient par $\sqrt{2}$ de l'amplitude de la déformation.

3.2 Termes s'appliquant à un mouvement sinusoïdal

Un mouvement sinusoïdal implique des boucles d'hystérésis elliptiques ou qu'on peut considérer comme telles. Le terme «incrémental» peut être utilisé pour désigner la réaction dynamique à un mouvement sinusoïdal autour de différents niveaux de contrainte moyenne ou de déformation moyenne (par exemple : constante de ressort incrémentale, module d'élasticité en cisaillement incrémental).

Dans le cas de déformations sinusoïdales importantes, la boucle d'hystérésis dévient d'une ellipse du fait que le rapport contrainte-déformation de l'élastomère n'est pas linéaire (voir figure 1). La réaction est donc non linéaire et le mouvement n'est plus sinusoïdal.

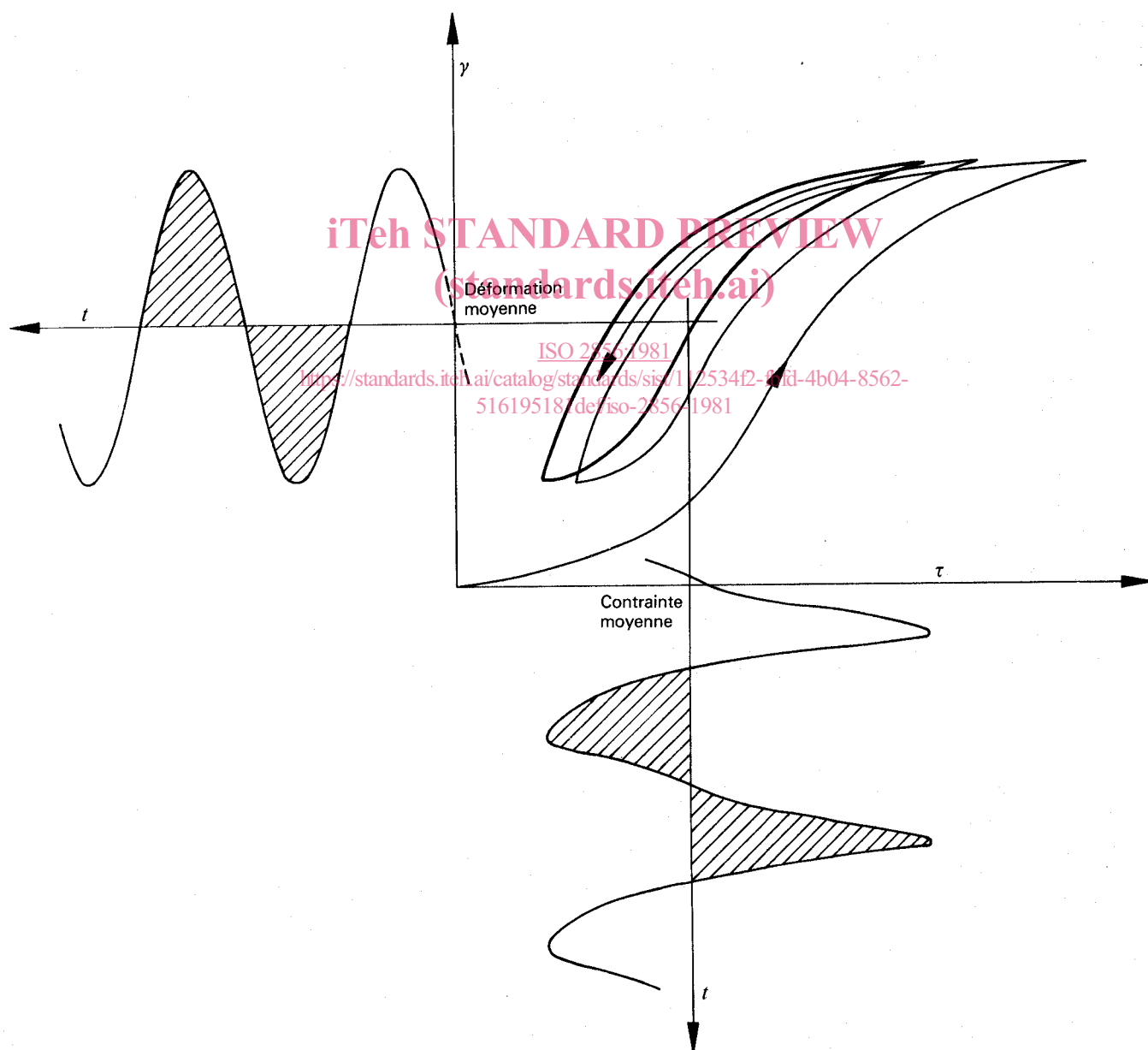


Figure 1 — Boucle d'hystérésis fortement déformée, obtenue sous l'action d'une déformation sinusoïdale forcée. On peut voir les boucles initialement ouvertes, ainsi que la déformation moyenne et la contrainte moyenne à l'équilibre déduites en tant que valeurs moyennes, dans le temps, de la déformation et de la contrainte instantanées

3.2.1 constante de ressort k (N/m) : Composante de la force appliquée qui est en phase avec la déformation, divisée par l'amplitude de la déformation absolue.

3.2.2 module élastique de glissement G' (Pa) : Composante de la contrainte tangentielle appliquée en phase avec la déformation de cisaillement, divisée par la déformation.

3.2.3 module élastique d'extension-compression (module élastique de Young) E' (Pa) : Composante de la contrainte normale appliquée en phase avec la déformation normale, divisée par la déformation.

3.2.4 constante d'amortissement c (N.s/m) : Composante de la force appliquée en quadrature avec la déformation, divisée par la vitesse de la déformation.

3.2.5 module de perte de glissement G'' (Pa) : Composante de la contrainte tangentielle appliquée en quadrature avec la déformation de cisaillement, divisée par la déformation.

3.2.6 module de perte d'extension-compression (module de perte de Young) E'' (Pa) : Composante de la contrainte normale appliquée en quadrature avec la déformation normale, divisée par la déformation.

3.2.7 module complexe de glissement $G^* = G' + jG''$ (Pa) : Rapport de la contrainte de glissement à la déformation de cisaillement lorsque chacune d'elles est un vecteur pouvant être représenté par un nombre complexe.

3.2.8 module complexe d'extension-compression (module de Young complexe) $E^* = E' + jE''$ (Pa) : Rapport de la contrainte normale à la déformation normale lorsque chacune d'elles est un vecteur pouvant être représenté par un nombre complexe.

3.2.9 valeur absolue du module complexe de glissement $G^* = |G^*| = \sqrt{G'^2 + G''^2}$ (Pa) : Grandeur du module complexe de glissement.

3.2.10 facteur de perte δ (sans dimension) : Rapport du module de perte au module élastique. Dans le cas des contraintes de cisaillement, $\tan \delta = G''/G'$ et, dans le cas des contraintes d'extension-compression, $\tan \delta = E''/E'$.

3.2.11 angle de perte δ (rad) : Angle de phase entre la contrainte et la déformation, dont la tangente est le facteur de perte.

3.3 Termes s'appliquant à d'autres mouvements

3.3.1 décrétement logarithmique Λ (sans dimension) : Logarithme népérien du rapport entre les amplitudes successives de même signe d'une oscillation amortie.

3.3.2 taux d'amortissement u (sans dimension) : Rapport de l'amortissement effectif à l'amortissement critique correspondant au cas limite entre le comportement oscillatoire et le

comportement non oscillatoire. Le taux d'amortissement est lié au décrétement logarithmique par la relation

$$u = \frac{\Lambda/2\pi}{\sqrt{1 + (\Lambda/2\pi)^2}} = \sin \arctg (\Lambda/2\pi)$$

avec, pour les faibles valeurs de Λ : $u = \Lambda/2\pi$

3.2.3 résilience de rebondissement R (sans dimension) : Après plusieurs chocs successifs une fois le régime permanent établi, rapport de l'énergie restituée à l'énergie fournie par l'impact d'une masse en mouvement sur l'éprouvette.

4 Indications générales relatives aux machines d'essai

Les machines d'essai doivent pouvoir provoquer des chocs ou des oscillations cycliques dans les diverses plages de contraintes et de déformations ainsi que de fréquences et de températures^{[6] [19]}. Il n'est pas fait état ici des machines fonctionnant à des fréquences supérieures à 500 Hz ou donnant lieu à des oscillations réparties. Deux ou plusieurs types de machines seront souvent nécessaires pour couvrir tous les domaines de fonctionnement désirés.

On peut classer les machines d'essai de la façon suivante :

- 1) Genre de mouvement
 - Oscillations cycliques de résonance
 - Oscillations cycliques de non-résonance
 - Roulement, flexion pulsatoire
 - Oscillations libres amorties
 - Choc
- 2) Grandeur imposée
 - Déformation
 - Contrainte
 - Énergie
- 3) Gamme de fréquences couverte
 - Statique ou basse fréquence : < 1 Hz
 - Moyenne fréquence : de 1 à 100 Hz
 - Haute fréquence : > 100 Hz

5 Conditions imposées aux machines d'essai

Il ne sera question ici que des conditions générales imposées aux machines d'essai. Elles doivent être, naturellement, robustes et précises. Leur sensibilité ne doit pas être affectée par des résonances, propres à la machine, dans les plages des fréquences

ces d'essai ou encore par des vibrations parasites dues à des causes internes ou externes. L'amplitude et la fréquence imposées doivent être constantes et, éventuellement, réglables.

Les lectures et les enregistrements, qu'ils soient obtenus par des moyens mécaniques, optiques ou électriques, doivent présenter une sensibilité, une linéarité et une insensibilité à l'action de variables extérieures (telles que la température) amplement suffisantes. Si l'on doit effectuer des mesurages à des températures autres que la température ambiante, il conviendra de prévoir une enceinte, convenablement thermostatée, fonctionnant selon l'ISO 3383, pour contenir au moins le support d'éprouvette, ainsi qu'un dispositif de mesurage de la température correctement conçu. Pour l'obtention d'indications précises quant à la température de l'éprouvette, il sera peut-être nécessaire d'utiliser des capteurs, tels que des thermocouples internes ou externes, ou encore des thermistances, équipés des dispositifs de lecture ou d'enregistrement voulus.

6 Valeurs recommandées pour les essais normalisés

Du fait de la complexité du comportement visco-élastique des élastomères, les résultats des mesurages dynamiques sont très affectés par les conditions d'essai, telles que température, fréquence et amplitude de la force appliquée ou déformation (voir annexe D), ainsi que par la forme de l'éprouvette (voir chapitre 7).

Il est nécessaire de spécifier l'amplitude, soit de la déformation, soit de la contrainte, et, également, soit de la déformation moyenne, soit de la contrainte moyenne.

Les conditions des essais normalisés doivent concorder avec celles indiquées dans le présent chapitre.

6.1 Température (°C)

Les températures nominales doivent être choisies parmi les suivantes (°C) :

-70	+ 70
-55	+ 85
-40	+ 100
-25	+ 125
-10	+ 150
0	+ 175
+ 23	+ 200
+ 27	+ 225
+ 40	+ 250
+ 55	

La température effective en tout endroit de l'éprouvette ne doit pas différer de la valeur nominale de plus de la valeur de la tolérance prévue. Celle-ci est normalement de ± 2 °C, mais peut être réduite à $\pm 0,5$ °C au voisinage d'une température de transition ou, au contraire, élargie lorsque de hautes fréquences ou amplitudes sont en jeu. La tolérance doit être mentionnée dans le procès-verbal d'essai (voir chapitre 10).

6.2 Forme et genre de contrainte et de déformation appliquées

La forme préférée des contraintes et déformations appliquées est la forme sinusoïdale. On donnera la préférence aux contraintes et déformations de cisaillement, les contraintes et déformations d'extension-compression demeurant admissibles à condition qu'elles soient raisonnablement homogènes (voir 7.2). On doit appliquer à l'éprouvette une déformation ou contrainte sinusoïdale, avec une distorsion harmonique aussi faible que possible et de toute façon inférieure à 10 %. On peut superposer une contrainte ou une déformation dynamique à n'importe quel niveau de contrainte ou de déformation moyenne, y compris nulle.

D'autres formes de contrainte ou déformation appliquées sont admissibles, telles que des oscillations libres amorties avec un décrétement logarithmique inférieur à 1,0 des cycles périodiques semi-sinusoïdaux et des chocs.

6.3 Fréquences et amplitudes

Suivant le résultat d'essai recherché, les plages de fréquences, d'amplitudes de contrainte et de déformation peuvent s'étendre sur quelques unités ou plusieurs décades. On recommande que ces paramètres expérimentaux soient étalés de façon logarithmique. Les échelles suivantes, données à titre d'exemple, sont extensibles dans les deux sens en les multipliant par les puissances de dix voulues, négatives ou positives.

Échelle A : 1; 10

Échelle B : 1; 3; 10

Échelle C : 1; 2; 5; 10

Échelle D : 1; 1,5; 2; 3; 5; 7; 10

6.3.1 Fréquence (Hz)

La tolérance sur la fréquence doit être de ± 2 % de la valeur nominale, celle-ci ne pouvant dépasser 500 Hz dans le cadre de la présente Norme internationale.

6.3.2 Amplitude de déformation (sans dimension)

La tolérance sur l'amplitude de déformation doit être de ± 5 % de la valeur nominale.

6.3.3 Amplitude de contrainte (Pa)

La tolérance sur l'amplitude de contrainte doit être de ± 5 % de la valeur nominale.

6.4 Contrainte ou déformation moyenne (précharge)

La direction de la précharge n'est pas limitée à celle des contraintes et déformations alternées. Les valeurs et les tolérances doivent être choisies comme pour les valeurs alternées.

6.5 Valeur de référence unique

Dans le cas où, dans un but de référence, un seul ensemble de paramètres est demandé, il doit correspondre aux conditions suivantes :

température :	70 °C
forme et genre de déformation appliquée :	sinusoïdale au cisaillement
fréquence :	10 Hz
amplitude de déformation :	0,06
déformation moyenne :	nulle

7 Éprouvettes

Bien que les dimensions hors tout des éprouvettes puissent affecter leur échauffement interne pendant l'essai, cet échauffement est aussi influencé par d'autres facteurs (voir 8.4) et, pour cette raison, des dimensions absolues ne sont pas spécifiées.

Cependant, la forme de l'éprouvette et la manière dont la force est appliquée affectent directement la répartition des contraintes, ainsi que les valeurs des modules obtenues expérimentalement. Ces deux paramètres sont spécifiés (voir 7.2.3).

7.1 Préparation des éprouvettes

Les éprouvettes doivent être préparées conformément à l'ISO 4661.

Les éprouvettes doivent, de préférence, être moulées et vulcanisées de façon appropriée. Leurs armatures métalliques terminales doivent être collées par vulcanisation à l'aide d'agents appropriés. On doit veiller soigneusement à obtenir une vulcanisation très uniforme, en particulier lorsque les éprouvettes sont épaisses.

Une solution peut consister à prélever des éprouvettes sur des produits finis, par découpage et ponçage. On doit se servir d'un adhésif durcissant à froid approprié pour coller ces éprouvettes à leurs armatures métalliques.

7.2 Forme des éprouvettes et genre de déformation

Une éprouvette idéale présente une distribution homogène des contraintes et des déformations. Dans la pratique cependant, cela n'arrive que rarement. En pareil cas, un traitement analytique ou empirique approprié doit être utilisé afin de corriger les résultats obtenus expérimentalement.

7.2.1 Étude des déformations

Sauf prescription contraire, l'étude de la déformation de l'éprouvette doit suivre une première approximation basée, statistiquement ou de façon phénoménologique, sur la théorie de l'élasticité de l'élastomère. Les expressions suivantes concer-

nent la composante élastique du module. Des expressions analogues relatives à la composante de perte peuvent être dérivées par référence aux annexes B et C.

On doit utiliser l'équation (1) pour les éprouvettes cisailées :

$$\tau = \Phi_s G \gamma \quad \dots (1)$$

où

τ est la contrainte de cisaillement;

G est le module de glissement;

γ est la déformation unitaire de cisaillement;

Φ_s est un facteur de forme.

On doit utiliser l'équation (2) pour les éprouvettes sollicitées à l'extension ou à la compression :

$$\sigma \approx \Phi_s E (\lambda - 1) \quad \dots (2)$$

où

σ est la contrainte normale rapportée à la section initiale;

λ est le rapport d'allongement (rapport de la longueur déformée à la longueur initiale).

Cette équation approchée n'est valable que si λ est proche de l'unité et, en tout cas, compris dans la plage de 0,8 à 1,2.

Si l'on procède à une étude plus précise de la déformation (telle que celle figurant à l'annexe B), il faut le mentionner dans le procès-verbal d'essai.

7.2.2 Facteurs de forme pour déformations non homogènes

Toute non-homogénéité de déformation doit être prise en considération à l'aide de facteurs ou fonctions de forme voulus^[24].

On donnera la préférence aux relations ne contenant pas, explicitement ou implicitement, des modules ou autres grandeurs restant à déterminer.

7.2.3 Formes et facteurs de forme recommandés

7.2.3.1 Prisme carré cisailé

Le côté b de sa base doit être égal à quatre fois la hauteur h . La force de cisaillement doit être appliquée aux bases et parallèlement à l'un des côtés.

Utiliser l'équation (1) (voir 7.2.1) avec un facteur de forme $\Phi_s = 1,0$, d'où

$$\tau = G \gamma$$

7.2.3.2 Cylindre circulaire cisailé

Le rayon r doit être égal à la hauteur h . La force de cisaillement doit être appliquée aux faces circulaires, parallèlement à un diamètre.