

NORME INTERNATIONALE

ISO
6603-2

Première édition
1989-12-15

Plastiques — Détermination du comportement des plastiques rigides sous un choc multiaxial —

Partie 2 : Essai par perforation instrumentée

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/61c392bf-bd5-410a-ac04-8c452d1c2804/iso-6603-2-1989>
*Plastics — Determination of multiaxial impact behaviour of rigid plastics —
Part 2 : Instrumented puncture test*



Numéro de référence
ISO 6603-2:1989(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.

La Norme internationale ISO 6603-2 a été élaborée par le comité technique ISO/TC 61, *Plastiques*. <https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/0fe392bf-f9d5-416a-ac64-8c432d1c2804/iso-6603-2-1989>

L'ISO 6603 comprend les parties suivantes, présentées sous le titre général *Plastiques — Détermination du comportement des plastiques rigides sous un choc multiaxial*:

- *Partie 1: Essai par chute de projectile*
- *Partie 2: Essai par perforation instrumentée*

Les annexes A et B et C et D de la présente partie de l'ISO 6603 sont données uniquement à titre d'information.

Plastiques — Détermination du comportement des plastiques rigides sous un choc multiaxial —

Partie 2 : Essai par perforation instrumentée

1 Domaine d'application

1.1 La présente partie de l'ISO 6603 prescrit une méthode pour la détermination du comportement sous choc multiaxial de matières plastiques se présentant sous la forme d'échantillons plats, tels que disques ou carrés, directement façonnés ou prélevés dans des feuilles.

Le présent essai est utilisé pour caractériser des feuilles et objets façonnés soumis, perpendiculairement à leur plan, à l'impact d'un percuteur.

Différents paramètres expérimentaux, fonction de la géométrie du percuteur, sont prescrits.

1.2 ISO 6603-1¹⁾ est utilisée lorsque la caractérisation du comportement à l'impact des matières plastiques ne porte que sur l'énergie de rupture. La présente partie de l'ISO 6603 est utilisée lorsque la caractérisation du comportement à l'impact repose sur les relations force-déformation ou force-temps à vitesse de percuteur pratiquement constante.

Ceci s'applique lorsque

- les grandeurs demandées ne peuvent être déduites que de ces relations;
- on ne dispose que d'un nombre restreint d'éprouvettes.

1.3 La méthode d'évaluation s'applique aux éprouvettes dont l'épaisseur est comprise entre 1 mm et 4 mm.

NOTE 1 Pour les épaisseurs inférieures à 1 mm, on utilisera l'ISO 7765-2. Les épaisseurs supérieures à 4 mm pourront être évaluées pour autant que le matériel le permette, mais ces évaluations se situeront en dehors du domaine de la présente partie de l'ISO 6603.

1.4 Les résultats d'évaluations ne seront comparables que si les conditions de préparation des éprouvettes, les dimensions, l'état de surface sont identiques et que si les conditions d'évaluation sont semblables. En particulier, des résultats obtenus sur des éprouvettes d'épaisseurs différentes ne pourront pas être comparés. Une évaluation globale du comportement à l'impact implique que des mesures soient réalisées en fonction de la vitesse de déformation et de la température ainsi que de paramètres caractérisant la matière elle-même tels que la cristallinité et le degré d'humidité. Le comportement au choc des produits finis ne peut être établi de manière directe au départ de la présente méthode, mais des éprouvettes peuvent être prélevées sur produits finis pour être évaluées suivant celle-ci.

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 partie de l'ISO 6603. 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 partie

1) ISO 6603:1985, *Plastiques — Détermination du comportement des plastiques rigides sous un choc multiaxial — Partie 1: Essai par chute de projectile.*

de l'ISO 6603 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 293:1986, *Plastiques — Moulage par compression des éprouvettes en matières thermoplastiques*.

ISO 294:1975, *Matières plastiques — Moulage par injection des éprouvettes en matières thermoplastiques*.

ISO 2557-2:1986, *Plastiques — Thermoplastiques amorphes — Préparation des éprouvettes à niveau de retrait spécifié — Partie 2: Plaques*.

ISO 7765-2:—²⁾, *Film et feuille de plastiques — Détermination de la résistance au choc par la méthode en chute libre — Partie 2: Essai avec appareil de perforation*.

3 Définitions

Pour les besoins de la présente partie de l'ISO 6603, les définitions suivantes s'appliquent.

3.1 force de pointe, F_p : Force maximale par le percuteur dans la direction du choc au cours de l'essai (voir figures 1, 2 et 3).

3.2 déformation à la force de pointe, l_p : Déformation produite au centre de l'éprouvette et correspondant à la force de pointe. Pour les matériaux présentant une force de pointe en plateau, la déformation sera prise au centre du plateau (voir figures 1 et 2).

3.3 énergie à la force de pointe, E_p : Aire de la surface comprise sous la courbe force-déformation et limitée par l'origine, la force de pointe et la déformation à la force de pointe (voir figures 1, 2 et 3).

3.4 énergie totale de pénétration, E_{tot} : Énergie totale développée lors de la pénétration de l'éprouvette (voir figures 1, 2 et 3).

4 Principe

L'éprouvette est sollicitée perpendiculairement à son plan par un percuteur se mouvant à une vitesse nominale uniforme. La relation résultante force-déformation ou force-temps est enregistrée électriquement. L'éprouvette peut être fixée ou maintenue libre pendant l'essai.

La relation force-déformation établie permet de définir le comportement au choc de l'éprouvette et de déduire différentes grandeurs caractéristiques du matériau. Par exemple, la rupture peut être «fragile», «ductile», «très ductile»: elle peut se produire par déchirure immédiate ou par initiation de fissure et propagation. De plus, des effets dynamiques peuvent avoir lieu, tels des phénomènes de résonance au niveau du percuteur, de l'éprouvette ou tels que des pics d'inertie lors du contact initial (voir annexe A). Dans tous les cas, une certaine prudence s'impose lors de l'exploitation des résultats: en effet, le mécanisme même de rupture, avec toutes les interférences possibles, n'est pas entièrement connu et fait encore l'objet de recherches.

NOTES

2 Des exemples de graphiques force-déformation pour des matériaux très ductiles et fragiles sont donnés aux figures 1 à 3; des comportements plus complexes sont décrits à l'annexe A.

3 Il n'est pas du domaine de la présente partie de l'ISO 6603 de donner une interprétation des mécanismes relatifs à chaque point particulier des graphiques force-déformation. Une telle interprétation relève de la recherche scientifique.

5 Appareillage

L'appareillage consiste en un dispositif mécanique pour application de la force d'essai (appareil d'essai), des instruments de mesure de la force et de la distance et d'une jauge d'épaisseur.

5.1 Appareil d'essai

Les principales composantes de l'appareil sont: la source énergétique (normalement une masse tombante mais également une masse mue pneumatiquement, hydrauliquement ou au moyen d'un ressort ou un appareil de choc pendulaire), le percuteur, le support pour éprouvette avec un dispositif annulaire (facultatif).

L'appareil doit permettre une pénétration de l'éprouvette en son centre à une vitesse nominale constante perpendiculaire à la surface. La force imprimée à l'éprouvette suivant la direction de l'impact ainsi que la déformation dans cette direction doivent pouvoir être déduites ou mesurées (voir figure 4).

Des appareils convenant pour l'évaluation sont les machines à masse tombante, les machines pendulaires à bras suffisamment long pour qu'on puisse considérer que la course de pénétration est rectiligne ou les machines de traction à grande vitesse pourvues des accessoires requis.

2) À publier.

5.1.1 Source énergétique

Il est nécessaire que l'énergie d'impact disponible (par exemple l'énergie de chute) soit grande en comparaison de l'énergie totale de pénétration, E_{tot} . Étant donné que l'influence de la vitesse d'essai (dans la gamme de vitesses utilisées pour ce type d'essais) sur le comportement viscoélastique des matières plastiques est relativement faible, une chute de vitesse du percuteur de 20 % est admise. Cette tolérance est vérifiée pour les machines à masse tombante ou pendulaires si

$$m \geq \frac{3E_{\text{tot}}}{g \cdot h_0}$$

où

- m est la masse tombante, en kilogrammes;
- g est l'accélération due à la pesanteur (9,81 m/s²);
- h_0 est la hauteur de chute, en mètres;
- E_{tot} est l'énergie totale de pénétration, en joules.

Un système à dard tombant comprend un appareil capable de maintenir et de lâcher un percuteur pesant, celui-ci étant guidé dans sa chute. La chute doit se faire librement, pratiquement sans friction et sans déviation de trajectoire. Il est tenu compte, dans les calculs, de tout effet de frottement.

NOTE 4 L'expérience a montré que des percuteurs de 20 kg et 5 kg convenaient dans la plupart des cas comme limites supérieure et inférieure, (voir 5.1.2).

Les jauges de vitesse doivent être placées à proximité du point d'impact de sorte que les effets de friction sont automatiquement pris en considération.

Pour les machines de traction à grande vitesse mues hydrauliquement, toute variation de la vitesse pendant le choc doit être établie, à l'aide, par exemple, d'un enregistrement de la courbe distance-temps et du contrôle de la pente.

5.1.2 Percuteur

Le percuteur recommandé est pourvu d'une tête hémisphérique de 20 mm $\pm$ 0,2 mm de diamètre, polie et durcie; en alternative, un percuteur à tête hémisphérique de 10 mm $\pm$ 0,1 mm peut être utilisé. Le percuteur doit être en acier.

La jauge de force équipant le percuteur doit être montée aussi près que possible de la pointe de manière à minimiser les forces parasites. Un exemple est donné à la figure 4.

La fréquence de résonance du couple percuteur-jauge de force doit être supérieure telle que prescrite en 5.2.

5.1.3 Support pour éprouvette

On doit utiliser un cylindre d'acier, d'un diamètre intérieur de 40 mm $\pm$ 2 mm et d'une hauteur minimum de 12 mm. Le support doit reposer sur une base ferme et doit être conçu de manière telle qu'on n'emprisonne pas l'air compris sous l'éprouvette et qu'on ne provoque pas d'effets de rebondissement. On doit prévoir un espace suffisant en dessous du support pour arrêter la course du percuteur après pénétration totale de l'éprouvette.

5.1.4 Dispositif de fixation (facultatif)

Il est recommandé d'utiliser un dispositif de fixation annulaire, en deux pièces, d'un diamètre intérieur de 40 mm $\pm$ 2 mm (voir figure 5). Une mise en œuvre pneumatique du dispositif s'est avérée efficace. Le dispositif de fixation ne doit permettre aucun glissement de l'éprouvette.

NOTE 5 Les résultats obtenus avec éprouvettes libres et fixées seront vraisemblablement différents.

5.2 Jauges pour la mesure de la force et de la distance

Les dispositifs de mesure électronique seront choisis de manière telle que les forces et distances soient déterminées à 5 % près.

EXEMPLE — Si la résolution de l'appareillage électronique est de 0,4 % de l'échelle totale et la valeur mesurée pour l'essai est égale à 20 % de l'échelle totale, alors la résolution de l'essai est 2 %.

En raison de la brièveté du temps de rupture (t_r) on ne doit utiliser que des jauges de force électroniques à fréquence naturelle élevée. Le temps de rupture le plus court $t_{r,\text{min}}$ mesurable satisfait à

$$t_{r,\text{min}} \geq \frac{5}{f_{\text{dev}}}$$

où f_{dev} est la fréquence naturelle du dispositif de mesure (percuteur plus jauge de force).

Pour la largeur de bande b_{tot} du système d'amplification (à courant continu ou à porteur de fréquence) avec limite inférieure de largeur de bande de 0 Hz, on a par analogie

$$b_{\text{tot}} \geq \frac{16}{t_{r,\text{min}}}$$

où

$$b_{\text{tot}} = \left(\sum_{j=1}^n \frac{1}{b_j^2} \right)^{-\frac{1}{2}}$$

b_j est la largeur de bande du $j^{\text{ème}}$ composant de la chaîne d'amplification.

La déformation de l'éprouvette dans le sens de la pénétration peut être mesurée directement par capteur électronique, conduisant à un graphique force-déformation. Il est possible également d'établir un graphique force-temps et de calculer la déformation comme indiqué dans l'article 8.

NOTES

6 Un exemple d'un tel dispositif de mesure est donné par une jauge de force piézo-montée entre la tête et le corps du percuteur (voir figure 4) et raccordée à un amplificateur de charge.

7 Lors de l'évaluation de matériaux très fragiles, les chocs élastiques peuvent induire, dans la jauge de force, des oscillations de résonance, ce qui rend l'interprétation des courbes force-déformation difficile.

Dans ce cas, il peut être utile d'interposer un filtre entre l'amplificateur du signal de force et l'enregistreur, mais ceci réduit la précision des mesures.

Lorsqu'un filtre est utilisé, son type et ses principales caractéristiques doivent être mentionnés dans le rapport d'essai [voir article 9 e)].

5.3 Jauge d'épaisseur

Cette jauge doit permettre de déterminer l'épaisseur des éprouvettes à $\pm 0,01$ mm.

6 Éprouvettes

6.1 Préparation des éprouvettes

Les éprouvettes doivent être préparées conformément aux instructions des Normes internationales appropriées, ou conformément aux spécifications relatives au matériau essayé ou encore comme convenu de commun accord entre les parties intéressées.

En l'absence de telles spécifications, les éprouvettes pourront être préparées soit directement en utilisant les méthodes décrites en 6.2, soit par usinage. Les éprouvettes pourront indifféremment être préparées par découpage ou poinçonnage, étant donné que les bords ne jouent aucun rôle critique. Toutefois, les faces des éprouvettes ne doivent présenter aucune altération susceptible de provoquer un effet d'entaille. Les éprouvettes prélevées dans

des feuilles de grande dimension doivent être réparties aussi uniformément que possible sur l'ensemble de la surface. Les zones marginales inhomogènes ne doivent pas être retenues. Si un nombre élevé d'éprouvettes est requis, par exemple pour déterminer l'influence de la température sur les grandeurs mesurées, l'échantillonnage doit être effectué conformément aux règles statistiques.

6.2 Éprouvettes recommandées

Les éprouvettes recommandées doivent se présenter sous la forme de disques de $60 \text{ mm} \pm 2 \text{ mm}$ de diamètre ou de carrés de $60 \text{ mm} \pm 2 \text{ mm}$ de côté. Pour les matériaux destinés à l'injection ou à l'extrusion, les éprouvettes recommandées doivent avoir une épaisseur de $2 \text{ mm} \pm 0,1 \text{ mm}$ et doivent être réalisées à partir de feuilles moulées dans les conditions décrites dans l'ISO 293, l'ISO 294 ou l'ISO 2557-2 ou conformément aux accords pris entre les parties intéressées. Dans le cas des feuilles, l'épaisseur doit être celle de la feuille évaluée.

Si l'épaisseur d'une éprouvette individuelle s'écarte de plus de 5 % de l'épaisseur moyenne d'un lot correspondant à un même échantillon, cette éprouvette doit être éliminée et remplacée par une autre.

6.3 Nombre d'éprouvettes

Lorsque les évaluations sont réalisées dans des conditions uniques, le nombre d'éprouvettes requis est d'au moins cinq et, dans le cas d'un arbitrage, de 10 exactement. Lorsque les évaluations sont réalisées en fonction de la température, de l'humidité relative ou d'autres paramètres, cinq éprouvettes par point de mesure sont suffisantes.

6.4 Conditionnement des éprouvettes

Les éprouvettes doivent être conditionnées conformément aux spécifications propres au matériau ou conformément aux accords pris entre les parties intéressées. Dans les autres cas, on doit choisir les conditions les plus adéquates de l'ISO 291.

7 Mode opératoire

7.1 Milieu d'essai

Effectuer l'essai dans un des milieux d'essai normalisés présentés dans l'ISO 291.

NOTE 8 L'évaluation peut se faire à d'autres températures que la température ambiante. Le mode de refroidissement ou de réchauffement de l'éprouvette peut avoir une influence sur les résultats; il ne fait pas l'objet de la présente partie de l'ISO 6603.

5.1.1 Source énergétique

Il est nécessaire que l'énergie d'impact disponible (par exemple l'énergie de chute) soit grande en comparaison de l'énergie totale de pénétration, E_{tot} . Étant donné que l'influence de la vitesse d'essai (dans la gamme de vitesses utilisées pour ce type d'essais) sur le comportement viscoélastique des matières plastiques est relativement faible, une chute de vitesse du percuteur de 20 % est admise. Cette tolérance est vérifiée pour les machines à masse tombante ou pendulaires si

$$m \geq \frac{3E_{\text{tot}}}{g \cdot h_0}$$

où

m est la masse tombante, en kilogrammes;

g est l'accélération due à la pesanteur (9,81 m/s²);

h_0 est la hauteur de chute, en mètres;

E_{tot} est l'énergie totale de pénétration, en joules.

Un système à dard tombant comprend un appareil capable de maintenir et de lâcher un percuteur pesant, celui-ci étant guidé dans sa chute. La chute doit se faire librement, pratiquement sans friction et sans déviation de trajectoire. Il est tenu compte, dans les calculs, de tout effet de frottement.

NOTE 4 L'expérience a montré que des percuteurs de 20 kg et 5 kg convenaient dans la plupart des cas comme limites supérieure et inférieure, (voir 5.1.2).

Les jauges de vitesse doivent être placées à proximité du point d'impact de sorte que les effets de friction sont automatiquement pris en considération.

Pour les machines de traction à grande vitesse mues hydrauliquement, toute variation de la vitesse pendant le choc doit être établie, à l'aide, par exemple, d'un enregistrement de la courbe distance-temps et du contrôle de la pente.

5.1.2 Percuteur

Le percuteur recommandé est pourvu d'une tête hémisphérique de 20 mm $\pm$ 0,2 mm de diamètre, polie et durcie; en alternative, un percuteur à tête hémisphérique de 10 mm $\pm$ 0,1 mm peut être utilisé. Le percuteur doit être en acier.

La jauge de force équipant le percuteur doit être montée aussi près que possible de la pointe de manière à minimiser les forces parasites. Un exemple est donné à la figure 4.

La fréquence de résonance du couple percuteur-jauge de force doit être supérieure telle que prescrite en 5.2.

5.1.3 Support pour éprouvette

On doit utiliser un cylindre d'acier, d'un diamètre intérieur de 40 mm $\pm$ 2 mm et d'une hauteur minimum de 12 mm. Le support doit reposer sur une base ferme et doit être conçu de manière telle qu'on n'emprisonne pas l'air compris sous l'éprouvette et qu'on ne provoque pas d'effets de rebondissement. On doit prévoir un espace suffisant en dessous du support pour arrêter la course du percuteur après pénétration totale de l'éprouvette.

5.1.4 Dispositif de fixation (facultatif)

Il est recommandé d'utiliser un dispositif de fixation annulaire, en deux pièces, d'un diamètre intérieur de 40 mm $\pm$ 2 mm (voir figure 5). Une mise en œuvre pneumatique du dispositif s'est avérée efficace. Le dispositif de fixation ne doit permettre aucun glissement de l'éprouvette.

NOTE 5 Les résultats obtenus avec éprouvettes libres et fixées seront vraisemblablement différents.

5.2 Jauges pour la mesure de la force et de la distance

Les dispositifs de mesure électronique seront choisis de manière telle que les forces et distances soient déterminées à 5 % près.

EXEMPLE — Si la résolution de l'appareillage électronique est de 0,4 % de l'échelle totale et la valeur mesurée pour l'essai est égale à 20 % de l'échelle totale, alors la résolution de l'essai est 2 %.

En raison de la brièveté du temps de rupture (t_r) on ne doit utiliser que des jauges de force électroniques à fréquence naturelle élevée. Le temps de rupture le plus court $t_{r,\text{min}}$ mesurable satisfait à

$$t_{r,\text{min}} \geq \frac{5}{f_{\text{dev}}}$$

où f_{dev} est la fréquence naturelle du dispositif de mesure (percuteur plus jauge de force).

Pour la largeur de bande b_{tot} du système d'amplification (à courant continu ou à porteur de fréquence) avec limite inférieure de largeur de bande de 0 Hz, on a par analogie

$$b_{\text{tot}} \geq \frac{16}{t_{r,\text{min}}}$$

où

$$b_{\text{tot}} = \left(\sum_{j=1}^n \frac{1}{b_j^2} \right)^{-\frac{1}{2}}$$

b_j est la largeur de bande du $j^{\text{ème}}$ composant de la chaîne d'amplification.

La déformation de l'éprouvette dans le sens de la pénétration peut être mesurée directement par capteur électronique, conduisant à un graphique force-déformation. Il est possible également d'établir un graphique force-temps et de calculer la déformation comme indiqué dans l'article 8.

NOTES

6 Un exemple d'un tel dispositif de mesure est donné par une jauge de force piézo-montée entre la tête et le corps du percuteur (voir figure 4) et raccordée à un amplificateur de charge.

7 Lors de l'évaluation de matériaux très fragiles, les chocs élastiques peuvent induire, dans la jauge de force, des oscillations de résonance, ce qui rend l'interprétation des courbes force-déformation difficile.

Dans ce cas, il peut être utile d'interposer un filtre entre l'amplificateur du signal de force et l'enregistreur, mais ceci réduit la précision des mesures.

Lorsqu'un filtre est utilisé, son type et ses principales caractéristiques doivent être mentionnés dans le rapport d'essai [voir article 9 e)].

5.3 Jauge d'épaisseur

Cette jauge doit permettre de déterminer l'épaisseur des éprouvettes à $\pm 0,01$ mm.

6 Éprouvettes

6.1 Préparation des éprouvettes

Les éprouvettes doivent être préparées conformément aux instructions des Normes internationales appropriées, ou conformément aux spécifications relatives au matériau essayé ou encore comme convenu de commun accord entre les parties intéressées.

En l'absence de telles spécifications, les éprouvettes pourront être préparées soit directement en utilisant les méthodes décrites en 6.2, soit par usinage. Les éprouvettes pourront indifféremment être préparées par découpage ou poinçonnage, étant donné que les bords ne jouent aucun rôle critique. Toutefois, les faces des éprouvettes ne doivent présenter aucune altération susceptible de provoquer un effet d'entaille. Les éprouvettes prélevées dans

des feuilles de grande dimension doivent être réparties aussi uniformément que possible sur l'ensemble de la surface. Les zones marginales inhomogènes ne doivent pas être retenues. Si un nombre élevé d'éprouvettes est requis, par exemple pour déterminer l'influence de la température sur les grandeurs mesurées, l'échantillonnage doit être effectué conformément aux règles statistiques.

6.2 Éprouvettes recommandées

Les éprouvettes recommandées doivent se présenter sous la forme de disques de $60 \text{ mm} \pm 2 \text{ mm}$ de diamètre ou de carrés de $60 \text{ mm} \pm 2 \text{ mm}$ de côté. Pour les matériaux destinés à l'injection ou à l'extrusion, les éprouvettes recommandées doivent avoir une épaisseur de $2 \text{ mm} \pm 0,1 \text{ mm}$ et doivent être réalisées à partir de feuilles moulées dans les conditions décrites dans l'ISO 293, l'ISO 294 ou l'ISO 2557-2 ou conformément aux accords pris entre les parties intéressées. Dans le cas des feuilles, l'épaisseur doit être celle de la feuille évaluée.

Si l'épaisseur d'une éprouvette individuelle s'écarte de plus de 5 % de l'épaisseur moyenne d'un lot correspondant à un même échantillon, cette éprouvette doit être éliminée et remplacée par une autre.

6.3 Nombre d'éprouvettes

Lorsque les évaluations sont réalisées dans des conditions uniques, le nombre d'éprouvettes requis est d'au moins cinq et, dans le cas d'un arbitrage, de 10 exactement. Lorsque les évaluations sont réalisées en fonction de la température, de l'humidité relative ou d'autres paramètres, cinq éprouvettes par point de mesure sont suffisantes.

6.4 Conditionnement des éprouvettes

Les éprouvettes doivent être conditionnées conformément aux spécifications propres au matériau ou conformément aux accords pris entre les parties intéressées. Dans les autres cas, on doit choisir les conditions les plus adéquates de l'ISO 291.

7 Mode opératoire

7.1 Milieu d'essai

Effectuer l'essai dans un des milieux d'essai normalisés présentés dans l'ISO 291.

NOTE 8 L'évaluation peut se faire à d'autres températures que la température ambiante. Le mode de refroidissement ou de réchauffement de l'éprouvette peut avoir une influence sur les résultats; il ne fait pas l'objet de la présente partie de l'ISO 6603.

7.2 Mesurage de l'épaisseur

Pour chaque éprouvette, mesurer l'épaisseur, à 0,02 mm près, en trois points équidistants situés sur une circonférence de 10 mm de rayon centrée sur l'éprouvette et relever la valeur moyenne des épaisseurs mesurées.

7.3 Fixation de l'éprouvette (facultative)

Lors de la fixation de l'éprouvette, veiller à ne pas induire dans l'éprouvette des forces de flexion ou de torsion.

7.4 Essai de perforation

Effectuer l'essai de perforation à la vitesse d'impact de $4,4 \text{ m/s} \pm 0,1 \text{ m/s}$, correspondant à une hauteur de chute de 1 m. La vitesse ne doit pas varier en cours de pénétration de plus de 20 % par rapport à la vitesse au moment de l'impact avec l'éprouvette (voir les conditions de masse du percuteur en 5.1.1).

S'il y a des raisons de croire que les résultats peuvent être influencés par le choix de la face présentée au percuteur, les deux faces doivent être évaluées séparément. En général, l'évaluation est réalisée au hasard, sur l'une ou l'autre face.

NOTE 9 Pour des matériaux fragiles, une vitesse d'impact de 1 m/s peut être jugée plus appropriée dans la mesure où elle donne un bruit de fond plus faible et améliore la qualité du graphique force-déformation.

8 Expression des résultats

Pour les caractérisations de routine et en l'absence de prescriptions émanant des Normes internationales pour les matériaux ou résultant d'accords entre les parties intéressées, le pic du graphique force-déformation doit être retenu comme grandeur caractéristique de l'évaluation. Le point correspondant à l'annulation de la force permettra de déterminer l'énergie totale de pénétration. Dans le cas de matériaux ductiles, la jauge de force peut, si elle est montée à quelque distance de la pointe du percuteur, mesurer des forces à peu près constantes de friction entre le corps du percuteur et le matériau rompu; ces forces de friction ne doivent pas être prises en considération pour le calcul de l'énergie totale de pénétration.

S'il apparaît clairement sur la base de la courbe force-déformation et/ou d'autres informations qu'une première rupture s'est produite dans l'éprouvette, le point correspondant de la courbe force-déformation doit être retenu pour calculer une force de rupture F_d , un allongement à la rupture l_d et une énergie de rupture E_d .

Si les résultats de l'évaluation sont sous la forme d'une courbe force-déformation, la force de pointe F_p et la déformation à la force de pointe l_p peuvent être relevées directement sur le graphique. L'énergie à la force de pointe E_p et l'énergie totale de pénétration E_{tot} sont établies, par planimétrie ou toute autre méthode valable, sur la base de l'aire comprise sous la courbe (voir figures 1 à 3).

Si les résultats sont sous la forme d'une courbe force-temps, la déformation à la force de pointe, l_p , exprimée en mètres, est donnée par l'approximation (voir annexe B)

$$l_p \approx \left(v_0 - \frac{A_p}{3m} \right) t_p$$

où

v_0 est la vitesse d'impact, en mètres par seconde, juste avant le choc;

A_p est l'aire, en newtons secondes, de la surface comprise sous la courbe force-temps à la force de pointe:

$$A_p = \int_0^{t_p} F(t) dt$$

t_p est le temps, en secondes, écoulé à la force de pointe;

m est la masse tombante, en kilogrammes.

10 Un calcul rigoureux de l_p nécessite une double intégration:

$$l_p = -\frac{1}{m} \int_0^{t_p} \int_0^{t_p} F(t) dt^2 + v_0 \cdot t_p$$

L'énergie à la force de pointe E_p , exprimée en joules, est donnée de manière exacte par

$$E_p = v_0 \cdot A_p \left(1 - \frac{v_0 \cdot A_p}{4E_0} \right)$$

où E_0 est l'énergie, en joules, du percuteur immédiatement avant le choc.

L'énergie totale de pénétration E_{tot} , exprimée en joules, est donnée par

$$E_{\text{tot}} = v_0 \cdot A_{\text{tot}} \left(1 - \frac{v_0 \cdot A_{\text{tot}}}{4E_0} \right)$$

où A_{tot} est l'aire totale, en newtons secondes, comprise sous la courbe force-temps:

$$A_{\text{tot}} = \int_0^{\infty} F(t) dt$$

11 À la place d'un graphique, ou parallèlement à celui-ci, les valeurs de la force de pointe et de la déformation correspondante peuvent être enregistrées électroniquement. Ceci s'applique également, moyennant inté-