

Plastiques

**Moulage par injection des éprouvettes de matériaux thermoplastiques**

**Partie 5 : Préparation d'éprouvettes normalisées pour déterminer l'anisotropie**

## Norme Marocaine homologuée

Par décision du Directeur de l'Institut Marocain de Normalisation N° B.O N° , publiée au

Cette norme annule et remplace la norme NM ISO 294-5 homologuée en 2004.

## Correspondance

La présente norme est une reprise intégrale de la norme ISO 294-5 : 2017.

## Droits d'auteur ⚠

Droit de reproduction réservés sauf prescription différente aucune partie de cette publication ne peut être reproduite ni utilisée sous quelque forme que ce soit et par aucun procédé électronique ou mécanique y compris la photocopie et les microfilms sans accord formel. Ce document est à usage exclusif et non collectif des clients de l'IMANOR, Toute mise en réseau, reproduction et rediffusion, sous quelque forme que ce soit, même partielle, sont strictement interdites.

## **Avant-Propos National**

L'Institut Marocain de Normalisation (IMANOR) est l'Organisme National de Normalisation. Il a été créé par la Loi N° 12-06 relative à la normalisation, à la certification et à l'accréditation sous forme d'un Etablissement Public sous tutelle du Ministère chargé de l'Industrie et du Commerce.

Les normes marocaines sont élaborées et homologuées conformément aux dispositions de la Loi N° 12-06 susmentionnée.

La présente norme marocaine NM ISO 294-5 a été examinée et adoptée par la Commission de Normalisation des des Matières plastiques (1).

projet de norme marocaine

## Sommaire

Page

Avant-propos.....	iv
Introduction.....	v
<b>1</b> <b>Domaine d'application</b> .....	<b>1</b>
<b>2</b> <b>Références normatives</b> .....	<b>1</b>
<b>3</b> <b>Termes et définitions</b> .....	<b>1</b>
<b>4</b> <b>Appareillage</b> .....	<b>2</b>
4.1    Moule ISO de type F.....	2
4.2    Machine de moulage par injection.....	4
<b>5</b> <b>Mode opératoire</b> .....	<b>4</b>
5.1    Conditionnement des matériaux.....	4
5.2    Moulage par injection.....	4
5.3    Préparation des éprouvettes.....	5
<b>6</b> <b>Rapport sur la préparation des éprouvettes</b> .....	<b>5</b>
<b>Annexe A (normative) Préparation des éprouvettes</b> .....	<b>6</b>
<b>Bibliographie</b> .....	<b>7</b>

## 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 (IEC) en ce qui concerne la normalisation électrotechnique.

Les procédures utilisées pour élaborer le présent document et celles destinées à sa mise à jour sont décrites dans les Directives ISO/IEC, Partie 1. Il convient, en particulier de prendre note des différents critères d'approbation requis pour les différents types de documents ISO. Le présent document a été rédigé conformément aux règles de rédaction données dans les Directives ISO/IEC, Partie 2 (voir [www.iso.org/directives](http://www.iso.org/directives)).

L'attention est attirée sur le fait que certains des éléments du présent document peuvent faire l'objet de droits de propriété intellectuelle ou de droits analogues. L'ISO ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de propriété et averti de leur existence. Les détails concernant les références aux droits de propriété intellectuelle ou autres droits analogues identifiés lors de l'élaboration du document sont indiqués dans l'Introduction et/ou dans la liste des déclarations de brevets reçues par l'ISO (voir [www.iso.org/brevets](http://www.iso.org/brevets)).

Les appellations commerciales éventuellement mentionnées dans le présent document sont données pour information, par souci de commodité, à l'intention des utilisateurs et ne sauraient constituer un engagement.

Pour une explication de la nature volontaire des normes, la signification des termes et expressions spécifiques de l'ISO liés à l'évaluation de la conformité, ou pour toute information au sujet de l'adhésion de l'ISO aux principes de l'Organisation mondiale du commerce (OMC) concernant les obstacles techniques au commerce (OTC), voir le lien suivant: [www.iso.org/avant-propos](http://www.iso.org/avant-propos).

Le présent document a été élaboré par le comité technique ISO/TC 61, *Plastiques*, sous-comité SC 9, *Matériaux thermoplastiques*.

Cette troisième édition annule et remplace la deuxième édition (ISO 294-5:2011), qui a fait l'objet d'une révision technique.

Les principaux changements par rapport à l'édition précédente sont les suivants:

- les dimensions de la plaque sont passés de 80 mm × 90 mm × 2 mm à 80 mm × ≥ 90 mm × 2 mm, de préférence 80 mm × 120 mm × 2 mm;
- la force de verrouillage maximale indiquée en [4.2](#) a été recalculée.

Une liste de toutes les parties de l'ISO 294 est disponible sur le site web de l'ISO.

## Introduction

Les thermoplastiques renforcés et à auto-renforcement pouvant être moulés par injection sont utilisés dans une grande variété d'applications dont certaines peuvent être liées à la sécurité. Pendant le processus de moulage par injection, les fibres de renfort peuvent avoir tendance à s'aligner dans la direction du flux de la matière fondue et non pas perpendiculairement à celui-ci. Cet alignement préférentiel engendre un déséquilibre des propriétés du thermoplastique moulé de sorte que dans la direction du flux, l'alignement des fibres de renfort entraîne une rigidité et une résistance supérieures à celles obtenues dans le sens transversal avec des fibres disposées aléatoirement. Cette variation des propriétés est dénommée anisotropie. Ainsi, un objet moulé par injection peut présenter une résistance inférieure à la résistance voulue ou conçue. Pour aider les concepteurs à comprendre la résistance potentielle d'un objet moulé par injection, il est souhaitable de connaître l'anisotropie d'un objet moulé par injection.

Au cours de l'élaboration du présent document, il a été établi que les éprouvettes moulées par injection ne présentent pas le même alignement de fibres dans le sens de l'épaisseur de l'éprouvette, mais que les couches extérieures présentent un alignement préférentiel des fibres dans la direction du flux, alors que le milieu est constitué de fibres orientées aléatoirement (c'est-à-dire absence d'alignement préférentiel). Le rapport de la quantité de fibres alignées (épaisseur de la peau) à celle des fibres alignées aléatoirement (épaisseur au milieu) est influencé par l'épaisseur de l'éprouvette et la vitesse de remplissage du moule, c'est-à-dire la vitesse moyenne d'injection. Les éprouvettes épaisses présentent un rapport de fibres alignées plus faible que les éprouvettes minces. De faibles vitesses de remplissage du moule induisent de fortes couches de peau à fibres alignées. En conséquence, pour obtenir des données significatives sur un procédé de moulage particulier, il convient de préparer des éprouvettes possédant des propriétés anisotropes maximales, ces données étant la meilleure représentation des limites inférieures et supérieures d'une structure composite. Étant donné que l'épaisseur de l'éprouvette et la vitesse d'injection ont une influence significative sur l'anisotropie finale, il convient de n'utiliser le présent document que pour déterminer des informations utiles pour la conception des pièces moulées et non dans le cadre d'un essai de contrôle de la qualité des matériaux plastiques.

Une étude au plan mondial de plus de dix fournisseurs de matériau effectuée entre 2010 et 2013 montre clairement que la préparation des plaques avec un degré approprié d'anisotropie nécessite des plaques de forme non carrée pour garantir une orientation des fibres dans la direction de l'écoulement. Selon les conditions de cette étude, le degré d'anisotropie le plus élevé a été obtenu dans une plaque de dimensions 120 mm × 80 mm × 2 mm. Il peut être considéré que des plaques de longueur supérieure à 120 mm présenteront au minimum des résultats équivalents. Des plaques carrées (par exemple 80 mm × 80 mm × 2 mm ou même 150 mm × 150 mm × 2 mm) ont occasionné parfois des problèmes indépendamment de leurs dimensions. Selon cette étude, les plaques de dimensions 90 mm × 80 mm × 2 mm, comme exigé dans l'édition précédente du présent document ne se sont pas bien comportés dans tous les cas.

# Plastiques — Moulage par injection des éprouvettes de matériaux thermoplastiques —

## Partie 5:

# Préparation d'éprouvettes normalisées pour déterminer l'anisotropie

## 1 Domaine d'application

Le présent document spécifie un moule (appelé moule ISO de type F) pour le moulage par injection de plaques avec des dimensions préférentielles de 80 mm × 120 mm et des dimensions minimales de 80 mm × ≥ 90 mm ayant une épaisseur préférentielle de 2 mm pour l'acquisition des caractéristiques intrinsèques en simples ou multipoints. Il s'est avéré qu'il apporte les propriétés anisotropes maximales, avec seulement une légère sensibilité à la vitesse d'injection. Un moule à deux empreintes doit être utilisé chaque fois que possible. Pour la conception des pièces en matière plastique, cela va apporter des limites inférieures et supérieures aux propriétés en traction. La correspondance entre l'épaisseur de la plaque et l'épaisseur d'une pièce donnée n'est pas un critère approprié à cause des effets de la vitesse de remplissage du moule et de la géométrie des pièces sur l'anisotropie.

La détermination de l'anisotropie des matériaux est un mode opératoire spécial destiné à fournir des lignes directrices lors de la conception des moulages pour des applications finales et n'est pas destiné à être utilisé comme outil de contrôle qualité.

Dans un thermoplastique moulé par injection, le flux du polymère fondu peut influencer sur l'orientation des charges comme les fibres de verre ou sur l'orientation des chaînes de polymères. Il peut en découler un comportement anisotrope.

Pour le présent document, la direction du flux est définie comme étant la direction allant du seuil jusqu'au fond de la cavité du moule, et la direction transversale est la direction perpendiculaire à la direction du flux.

Le moule de type F n'est pas destiné à remplacer le moule de type D utilisé pour la détermination du retrait au moulage des thermoplastiques.

## 2 Références normatives

Les documents suivants cités dans le texte constituent, pour tout ou partie de leur contenu, des exigences du présent document. Pour les références datées, seule l'édition citée s'applique. Pour les références non datées, la dernière édition du document de référence s'applique (y compris les éventuels amendements).

ISO 294-1:2017, *Plastiques — Moulage par injection des éprouvettes de matériaux thermoplastiques — Partie 1: Principes généraux, et moulage des éprouvettes à usages multiples et des barreaux*

ISO 20753, *Plastiques — Éprouvettes*

## 3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions donnés dans l'ISO 294-1 s'appliquent.

L'ISO et l'IEC tiennent à jour des bases de données terminologiques destinées à être utilisées en normalisation, consultables aux adresses suivantes:

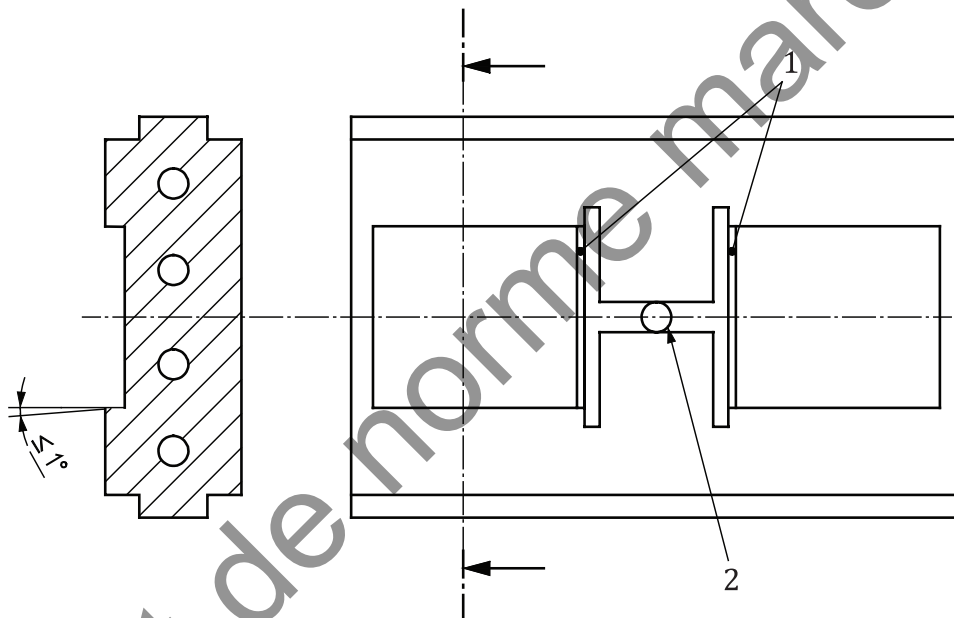
- IEC Electropedia: disponible à l'adresse <http://www.electropedia.org/>
- ISO Online browsing platform: disponible à l'adresse <http://www.iso.org/obp>

## 4 Appareillage

### 4.1 Moule ISO de type F

Les plaques doivent être moulées dans le moule ISO de type F à deux empreintes (voir [Figures 1](#) et [2](#)). Les dimensions préférentielles du moule doivent être telles que les plaques produites mesurent 80 mm × 120 mm (minimum: 80 mm × ≥ 90 mm) (les dimensions réelles du moule en largeur et longueur varieront légèrement en raison du retrait différent des divers matériaux).

L'épaisseur préférentielle est de 2 mm, mais d'autres épaisseurs peuvent être utilisées. Une épaisseur de 2 mm est représentative de l'épaisseur réelle de la paroi de beaucoup de pièces moulées en matériau plastique et donne un rapport de l'épaisseur de la peau à l'épaisseur du milieu, correspondant à des propriétés anisotropes maximales. D'autres épaisseurs peuvent être utilisées pour donner des rapports différents de l'épaisseur de la peau à l'épaisseur du milieu.



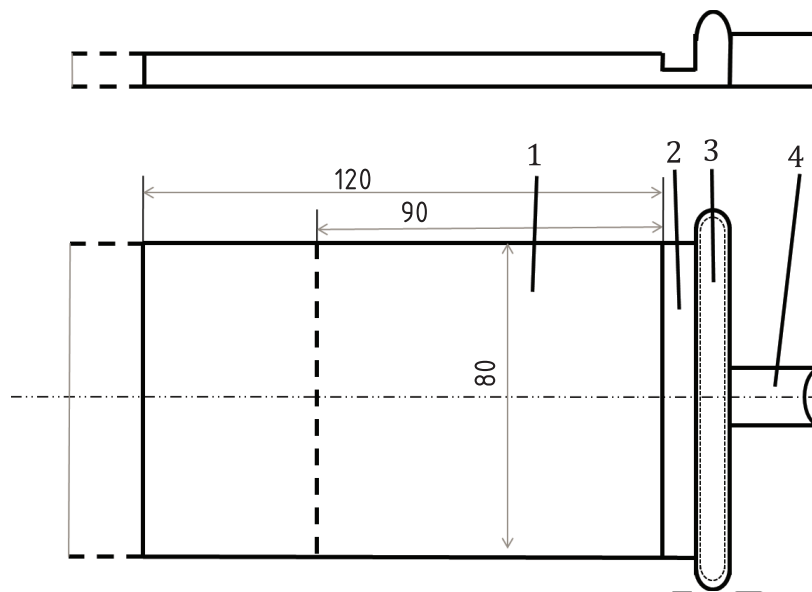
#### Légende

- 1 seuil
- 2 carotte

Figure 1 — Moule ISO de type F

NOTE La surface projetée totale et le volume injecté pour les canaux secondaires, les seuils et les empreintes sont ~20 000 mm<sup>2</sup> et ~40 000 mm<sup>3</sup>, respectivement.

Dimensions en millimètres



	1 (empreinte)	2 (seuil)	3 (alimentation en nappe)	4 (canal secondaire)
Dimension dans la direction du flux	120 <sup>+2</sup> <sub>0</sub> <sup>a</sup>	3,0	6,0	8,0
Dimension perpendiculaire à la direction du flux	80 <sup>+2</sup> <sub>0</sub> <sup>a</sup>	80	92	12
Profondeur/hauteur	2,0 <sup>b</sup>	1,0 <sup>c</sup>	6,0	6,0
Rayon à l'extrémité <sup>d</sup>	NA	NA	> 4,0	NA
Rayon au niveau supérieur <sup>d</sup>	NA	NA	> 3,0	> 3,0

<sup>a</sup> La longueur et la largeur actuelles dépendront du retrait au moulage des matériaux moulés par injection (voir 4.1). La longueur minimale doit être de  $\geq 90$  mm.

<sup>b</sup> 2 mm est l'épaisseur préférentielle des éprouvettes pour l'acquisition des caractéristiques intrinsèques. Cependant, il est possible d'utiliser d'autres profondeurs d'empreinte autres que 2 mm pour se rapprocher au plus près de l'épaisseur des pièces à concevoir.

<sup>c</sup> La hauteur de seuil doit être égale à la moitié de la profondeur de l'empreinte si une profondeur d'empreinte différente de 2 mm a été utilisée.

<sup>d</sup> Le rayon à l'extrémité de l'alimentation en nappe doit être  $> 4$  mm, le rayon au niveau supérieur de l'alimentation en nappe doit être  $> 3$  mm et l'intersection entre la partie supérieure et l'extrémité de l'alimentation en nappe doit former une transition régulière.

Figure 2 — Détails des moules ISO de type F

Il est possible d'utiliser un capteur de pression pour contrôler le processus de moulage mais cela n'est pas exigé. En cas d'utilisation d'un capteur, celui-ci doit être situé au milieu de la largeur de l'empreinte.

Si l'on utilise une plaque de cavité interchangeable de moins de 220 mm de longueur, il est admis d'utiliser une seule alimentation en nappe centrée sur la carotte et pas de canaux secondaires.

Afin d'obtenir des éprouvettes correctes, il est essentiel que les dimensions de la plaque moulée soient les suivantes:

- longueur  $> 120$  mm;
- largeur  $> 80$  mm.



Les principaux détails de la construction du moule doivent être conformes aux [Figures 1](#) et [2](#) et le moule doit, de plus, être conforme aux exigences suivantes:

- a) voir l'ISO 294-1:2017, 4.1.1.4, a);
- b) voir l'ISO 294-1:2017, 4.1.1.4, b);
- c) voir l'ISO 294-1:2017, 4.1.1.4, c);
- d) et e), non applicable;
- f) voir l'ISO 294-1:2017, 4.1.1.4, f);
- g) non applicable (voir [Figure 2](#));
- h), i), j) et k), voir l'ISO 294-1:2017, 4.1.1.4, h), i), j) et k);
- l) à n) voir ISO 294-1:2017, 4.1.1.4, l) à n).

## 4.2 Machine de moulage par injection

Comme spécifié dans l'ISO 294-1:2017, 4.2, sous réserve de l'exception suivante dans l'ISO 294-1:2017, 4.2.5.

La surface projetée de l'empreinte préférentiel du moule  $A_p$  est de  $80 \text{ mm} \times 120 \text{ mm} = 9\,600 \text{ mm}^2$ . La surface projetée totale pour un moule à deux empreintes est donc de  $19\,200 \text{ mm}^2$  + surface projetée des canaux secondaires/des seuils = environ  $20\,000 \text{ mm}^2$ .

Pour une force de verrouillage maximale,  $F_{\max}$ , de 100 tonnes métriques (981 kN) et une valeur de  $A_p$  de  $20\,000 \text{ mm}^2$ , la pression maximale d'injection est donnée par la [Formule \(1\)](#):

$$p_{\max} = F_{\max}/A_p = 981 \text{ kN}/20\,000 \text{ mm}^2 = \text{approx. } 50 \text{ MPa} \quad (1)$$

## 5 Mode opératoire

### 5.1 Conditionnement des matériaux

Comme spécifié dans l'ISO 294-1:2017, 5.1.

### 5.2 Moulage par injection

Comme spécifié dans l'ISO 294-1:2017, 5.2, mais avec le nouveau texte suivant dans l'ISO 294-1:2017, 5.2.2.

Il a été établi que le rapport de l'épaisseur de la peau à l'épaisseur du milieu varie avec la vitesse d'injection. La peau est d'autant plus épaisse (c'est-à-dire le milieu est d'autant plus mince) et l'alignement des fibres est d'autant plus anisotrope que la vitesse d'injection est lente. Le rapport de l'épaisseur de la peau à l'épaisseur du milieu varie également selon l'épaisseur de la plaque. La peau est d'autant plus épaisse (c'est-à-dire le milieu est d'autant plus mince) et l'alignement des fibres est d'autant plus anisotrope que la plaque est mince. De plus, les plaques minces sont moins sensibles aux variations de la vitesse d'injection. En général, un rapport du module de traction transversal au module de traction longitudinal voisin de 0,5 indique une anisotropie maximale.

Pour les moules ISO de type F, il peut être souhaitable d'utiliser plus d'une vitesse d'injection. Il est possible de recourir à plusieurs vitesses d'injection pour obtenir des données qui peuvent être significatives lors de la conception et de la fabrication des pièces thermoplastiques moulées par injection.

### 5.3 Préparation des éprouvettes

Des éprouvettes appropriées [préférentiellement des éprouvettes de traction ISO 20753 de type A22 ou des barreaux de type B3 (80 mm × 10 mm)] doivent être usinées ou découpées à l'emporte-pièce dans les plaques comme spécifié à l'[Annexe A](#) et utilisées pour obtenir des informations sur l'anisotropie des pièces thermoplastiques.

## 6 Rapport sur la préparation des éprouvettes

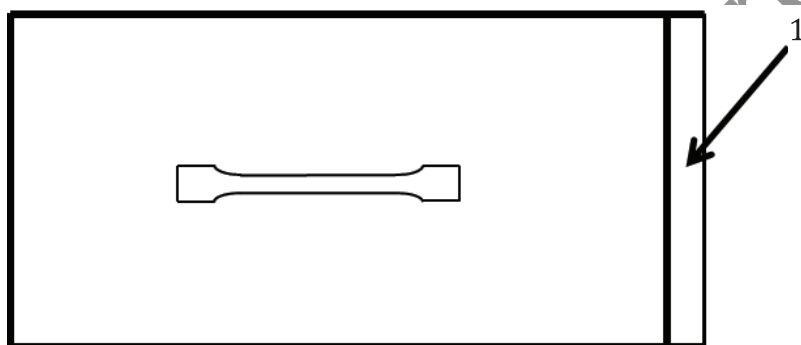
Le rapport doit contenir les informations suivantes:

- a) une référence au présent document, c'est-à-dire l'ISO 294-5;
- b) la date, la durée et le lieu du moulage;
- c) une description complète du matériau utilisé (type, désignation, fabrication, appellation commerciale, qualité, numéro du lot, couleur);
- d) les détails relatifs au conditionnement du matériau avant le moulage;
- e) le type de moule utilisé (c'est-à-dire, type F) et les détails du moule (profondeur de l'empreinte, dimensions de l'alimentation en nappe, etc.);
- f) les détails relatifs à la machine de moulage par injection (fabricant, course maximale, volume, force de verrouillage du moule, systèmes de commande);
- g) les conditions de moulage:
  - température de fusion  $T_M$ , en degrés Celsius,
  - température du moule  $T_C$ , en degrés Celsius,
  - vitesse d'injection  $v_I$ , en millimètres par seconde,
  - durée d'injection  $t_I$ , en secondes,
  - pression de maintien  $p_H$ , en mégapascals,
  - durée de maintien  $t_H$ , en secondes,
  - durée de refroidissement  $t_C$ , en secondes,
  - durée du cycle  $t_T$ , en secondes,
  - masse de l'objet moulé, en grammes;
- h) tout autre détail pertinent (par exemple, le nombre d'objets moulés mis au rebut au départ, le nombre d'objets conservés, tout traitement après moulage);
- i) le nombre et le type d'éprouvettes obtenues à partir de la plaque produite, la méthode de préparation utilisée (usinage ou découpe à l'emporte-pièce) et les emplacements des éprouvettes dans la plaque.

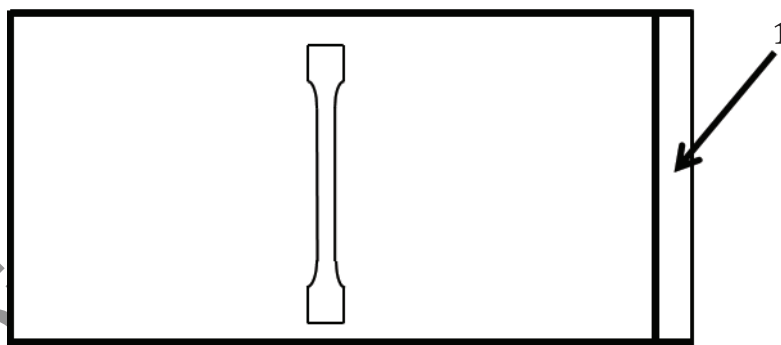
## Annexe A (normative)

### Préparation des éprouvettes

De préférence les éprouvettes de traction ISO 20753 de type A22, ou les barreaux de type B3 (80 mm × 10 mm, épaisseur de 2 mm) doivent être usinés ou découpés à l'emporte-pièce dans les plaques moulées comme représenté à la [Figure A.1](#). Noter que les tiges d'éjection des plaques, si elles sont utilisées, doivent être situées en dehors de la zone centrale de 50 mm de diamètre de la plaque et qu'elles ne doivent pas être en contact avec la section d'essai étroite, à faces parallèles, des éprouvettes. Les surfaces des éprouvettes doivent être exemptes d'entailles, de stries, de retassures, d'ébrasures et autres imperfections. Seule une éprouvette doit être prélevée dans le centre de chaque plaque. En cas d'utilisation d'un capteur de pression au voisinage de certaines éprouvettes, n'employer aucune éprouvette repérée par le capteur.



a) Éprouvettes prises dans la direction du flux



b) Éprouvettes prises dans la direction transversale au flux

#### Légende

1 seuil

Figure A.1 — Emplacements permettant l'obtention des éprouvettes

## Bibliographie

- [1] ISO 527-2, *Plastiques — Détermination des propriétés en traction — Partie 2: Conditions d'essai des plastiques pour moulage et extrusion*

Projet de norme marocaine