

---

---

---

**Papier et carton — Détermination  
de la rugosité/du lissé (méthodes du  
débit d'air) —**

**Partie 2:  
Méthode Bendtsen**

**iTeh Standards**  
*Paper and board — Determination of roughness/smoothness (air  
leak methods) —*  
**(<https://standards.iteh.ai>)**  
**Document Preview**

[ISO 8791-2:2013](#)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/iso/d1b4b93d-c009-4339-a947-2c7c79ac0723/iso-8791-2-2013>



Numéro de référence  
ISO 8791-2:2013(F)

© ISO 2013

**iTeh Standards**  
**(<https://standards.iteh.ai>)**  
**Document Preview**

[ISO 8791-2:2013](#)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/iso/d1b4b93d-c009-4339-a947-2c7c79ac0723/iso-8791-2-2013>



**DOCUMENT PROTÉGÉ PAR COPYRIGHT**

© ISO 2013

Droits de reproduction réservés. Sauf indication contraire, 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, l'affichage sur l'internet ou sur un Intranet, sans autorisation écrite préalable. Les demandes d'autorisation peuvent être adressées à l'ISO à l'adresse ci-après ou au comité membre de l'ISO dans le pays du demandeur.

ISO copyright office  
Case postale 56 • CH-1211 Geneva 20  
Tel. + 41 22 749 01 11  
Fax + 41 22 749 09 47  
E-mail [copyright@iso.org](mailto:copyright@iso.org)  
Web [www.iso.org](http://www.iso.org)  
Publié en Suisse

# Sommaire

Page

<b>Avant-propos</b>	iv	
<b>1</b>	<b>Domaine d'application</b>	1
<b>2</b>	<b>Références normatives</b>	1
<b>3</b>	<b>Termes et définitions</b>	1
<b>4</b>	<b>Principe</b>	1
<b>5</b>	<b>Appareillage</b>	2
5.1	Appareil Bendtsen pour essai (deux modèles)	2
5.2	Débitmètre à section variable	2
5.3	Débitmètre électronique	3
<b>6</b>	<b>Échantillonnage</b>	5
<b>7</b>	<b>Conditionnement</b>	5
<b>8</b>	<b>Préparation des éprouvettes</b>	5
<b>9</b>	<b>Étalonnage et vérification</b>	5
9.1	Appareil de type débitmètre à section variable	5
9.2	Appareil de type débitmètre électronique	5
<b>10</b>	<b>Mode opératoire</b>	5
10.1	Atmosphère d'essai	5
10.2	Mesurage au moyen de l'appareil de type débitmètre à section variable	5
10.3	Mesurage au moyen de l'appareil de type débitmètre électronique	6
<b>11</b>	<b>Expression des résultats</b>	6
<b>12</b>	<b>Rapport d'essai</b>	7
<b>Annexe A (normative) Entretien et maintenance des appareils Bendtsen pour essai, de type débitmètre à section variable</b>		8
<b>Annexe B (normative) Étalonnage des tubes capillaires et des débitmètres à section variable et électronique</b>		10
<b>Annexe C (informative) Fidélité</b>		14
<b>Bibliographie</b>		16

## 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 procédures utilisées pour élaborer le présent document et celles destinées à sa mise à jour sont décrites dans les Directives ISO/CEI, 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/CEI, Partie 2, [www.iso.org/directives](http://www.iso.org/directives).

L'attention est appelée 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 sur la liste ISO des déclarations de brevets reçues, [www.iso.org/brevets](http://www.iso.org/brevets).

Les éventuelles appellations commerciales utilisées dans le présent document sont données pour information à l'intention des utilisateurs et ne constituent pas une approbation ou une recommandation.

Le comité chargé de l'élaboration du présent document est l'ISO/TC 6, *Papiers, cartons et pâtes*, sous-comité SC 2, *Méthodes d'essais et spécifications de qualité des papiers et cartons*.

Cette deuxième édition annule et remplace la première édition (ISO 8791-2:1990), qui a fait l'objet d'une révision technique. Cette deuxième édition comprend principalement des modifications d'ordre rédactionnel pour inclure la version électronique de l'appareil d'essai ainsi que des données de fidélité ajoutées dans une Annexe informative.

<https://standards.iteh.ae/catalog/standards/iso/d1b4b93d-c009-4339-a947-2c7c79ac0723/iso-8791-2-2013>  
L'ISO 8791 comprend les parties suivantes, présentées sous le titre général *Papier et carton — Détermination de la rugosité/du lissé (méthodes du débit d'air)*:

- *Partie 1: Méthode générale*
- *Partie 2: Méthode Bendtsen*
- *Partie 3: Méthode Sheffield*
- *Partie 4: méthode Print-surf*

NOTE La Partie 1, *Méthode générale*, considérée comme redondante, sera annulée après révision et publication des Parties 2, 3 et 4.

# Papier et carton — Détermination de la rugosité/du lissé (méthodes du débit d'air) —

## Partie 2: Méthode Bendtsen

### 1 Domaine d'application

La présente partie de l'ISO 8791 spécifie une méthode de détermination de la rugosité du papier et du carton au moyen de l'appareil Bendtsen.

La présente partie de l'ISO 8791 est applicable au papier et au carton dont les valeurs de rugosité Bendtsen sont comprises entre 5 ml/min et 3 000 ml/min lorsqu'il est mesuré avec des appareils d'essai à section variable et comprises entre 50 ml/min et 5 000 ml/min lorsqu'il est mesuré avec des appareils de type électronique. Elle n'est pas applicable aux papiers doux sur la surface desquels un anneau peut laisser une marque bien visible, ni aux papiers ayant une perméabilité à l'air élevée au travers desquels un débit d'air significatif peut passer, ni aux papiers qui ne sont pas plats sous le dispositif de mesure.

### 2 Références normatives

Les documents suivants, en tout ou partie, sont référencés de manière normative dans le présent document et sont indispensables pour son application. 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 186, *Papier et carton — Échantillonnage pour déterminer la qualité moyenne*

[http://www.iso.org/iso/iso\\_catalogue/catalogue\\_tc/catalogue\\_tc\\_tc\\_110/1008170-010/1008170-072/1008170-072.htm](http://www.iso.org/iso/iso_catalogue/catalogue_tc/catalogue_tc_tc_110/1008170-010/1008170-072/1008170-072.htm)

### 3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions suivants s'appliquent.

#### 3.1

##### **rugosité Bendtsen**

mesure du débit de l'air qui passe entre un anneau plat et une feuille de papier ou de carton lors d'un essai dans des conditions spécifiées et à la pression opératoire

Note 1 à l'article: La rugosité Bendtsen est exprimée en millilitres par minute.

### 4 Principe

Fixer une éprouvette entre une plaque plane et un anneau en métal. Alimenter en air à une pression nominale de 1,47 kPa jusqu'à l'espace délimité à l'intérieur de l'anneau et mesurer le débit d'air entre l'anneau et l'éprouvette.

## 5 Appareillage

### 5.1 Appareil Bendtsen pour essai (deux modèles)

Appareil Bendtsen, qui fonctionne selon l'un des principes suivants de mesurage du débit d'air:

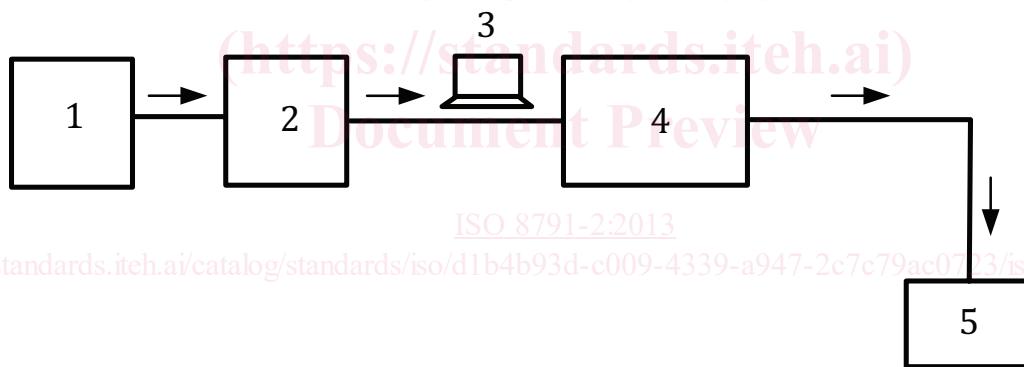
- du type débitmètre à section variable (voir 5.2);
- du type débitmètre électronique (voir 5.3).

Pour les appareils pour essai du type débitmètre à section variable, la pression comprise entre le débitmètre et le dispositif de mesure est connue pour diminuer aux débits d'air élevés (voir 10.2.2) ce qui peut réduire l'exactitude de la lecture du débitmètre. Pour les appareils pour essai de type débitmètre électronique, la pression comprise entre le débitmètre et le dispositif de mesure est contrôlée automatiquement.

### 5.2 Débitmètre à section variable

Une différence de pression normalisée est créée à travers l'anneau de mesure et le débit d'air est mesuré par un débitmètre à section variable. L'appareil (voir Figure 1), est composé d'un compresseur (5.2.1) et d'un réservoir stabilisateur de pression (5.2.2) pour l'alimentation en air, d'un débitmètre (5.2.4) associé à un dispositif de contrôle de la pression (5.2.3), et d'un dispositif de mesure (5.2.5).

L'Annexe A apporte des précisions sur l'entretien et la maintenance de ce type d'appareil Bendtsen pour essais.



#### Légende

- 1 compresseur
- 2 réservoir stabilisateur de pression
- 3 dispositif de contrôle de la pression
- 4 débitmètre
- 5 dispositif de mesure

Figure 1 — Schéma du circuit de l'appareil d'essai de type débitmètre à section variable

**5.2.1 Compresseur**, pouvant produire de l'air à une pression de 127 kPa environ. Si nécessaire, des filtres doivent être fournis pour avoir de l'air propre et exempt d'huile.

NOTE Il est recommandé de placer le compresseur dans un laboratoire ayant une atmosphère normale pour conditionnement et essais.

**5.2.2 Réservoir stabilisateur de pression**, d'un volume supérieur ou égal à 10 l, placé entre le compresseur et le dispositif de contrôle de la pression.

**5.2.3 Dispositif de contrôle de la pression**, servant à contrôler la pression de l'air à l'entrée du débitmètre. Il doit comprendre un régulateur de charge, un régulateur de pression ou un autre moyen permettant d'obtenir une pression nominale stable de l'air de  $1,47 \text{ kPa} \pm 0,02 \text{ kPa}$  mesurée au niveau du manostat.

NOTE La plupart des appareils Bendtsen sont fournis avec trois manostats interchangeables, mais les exigences de la présente partie de l'ISO 8791 sont respectées uniquement pour un régulateur de charge réglé à  $1,47 \text{ kPa}$ .

**5.2.4 Débitmètre.** Le débit doit être mesuré par des débitmètres à section variable qui permettent des mesurages optionnels dans les plages comprises entre  $5 \text{ ml/min}$  et  $150 \text{ ml/min}$ ,  $50 \text{ ml/min}$  et  $500 \text{ ml/min}$  et, sur certains appareils, entre  $300 \text{ ml/min}$  et  $3\,000 \text{ ml/min}$ . Les débitmètres à section variable permettant des mesurages dans ces trois plages doivent pouvoir donner des valeurs respectivement dans les  $2 \text{ ml/min}$ ,  $5 \text{ ml/min}$  et  $20 \text{ ml/min}$ . Le débitmètre à section variable peut être remplacé par un autre type de débitmètre ayant une échelle de mesure adaptée au produit mesuré, qui permet de déterminer le débit d'air avec une erreur inférieure à  $\pm 5 \text{ ml/min}$  ou à  $\pm 5 \%$ , la valeur la plus élevée étant retenue.

Chaque débitmètre à section variable doit être équipé d'un tube capillaire pour la vérification de l'étalonnage. Les tubes capillaires doivent être dans la plage de travail du débitmètre correspondant et doivent eux-mêmes être étalonnés avec exactitude par rapport à un étalon de référence (par exemple un dispositif de mesure à bulles de savon) avec la même différence de pression que le dispositif de mesure (l'[Annexe B](#) apporte des précisions sur l'étalonnage des tubes capillaires et des débitmètres à section variable).

**5.2.5 Dispositif de mesure**, composé d'un anneau ayant une zone délimitée, de préférence résistant à la corrosion, ayant une surface inférieure de  $0,150 \text{ mm} \pm 0,002 \text{ mm}$  de large, visuellement plane, d'un diamètre interne de  $31,5 \text{ mm} \pm 0,2 \text{ mm}$ , et d'une masse de  $267 \text{ g} \pm 2 \text{ g}$ . Le tube utilisé pour relier le dispositif de mesure au débitmètre doit être en caoutchouc ou en matière plastique, d'un diamètre interne de  $5 \text{ mm}$  et d'une longueur inférieure ou égale à  $700 \text{ mm}$ .

NOTE 1 Une longueur plus importante du tube a pour conséquence une perte de pression significative entre le débitmètre et le dispositif de mesure.

NOTE 2 Sur la plupart des appareils disponibles dans le commerce, la valve à la sortie du débitmètre est munie de deux orifices de sortie. Pour le mesurage de la rugosité, le tube est relié à l'orifice de sortie ayant le plus petit diamètre.

Comme le dispositif de mesure doit être placé sur l'éprouvette de manière à empêcher toute entaille de la surface, il est recommandé de fournir un dispositif mécanique permettant d'abaisser et de lever le dispositif de mesure<sup>1)</sup>.

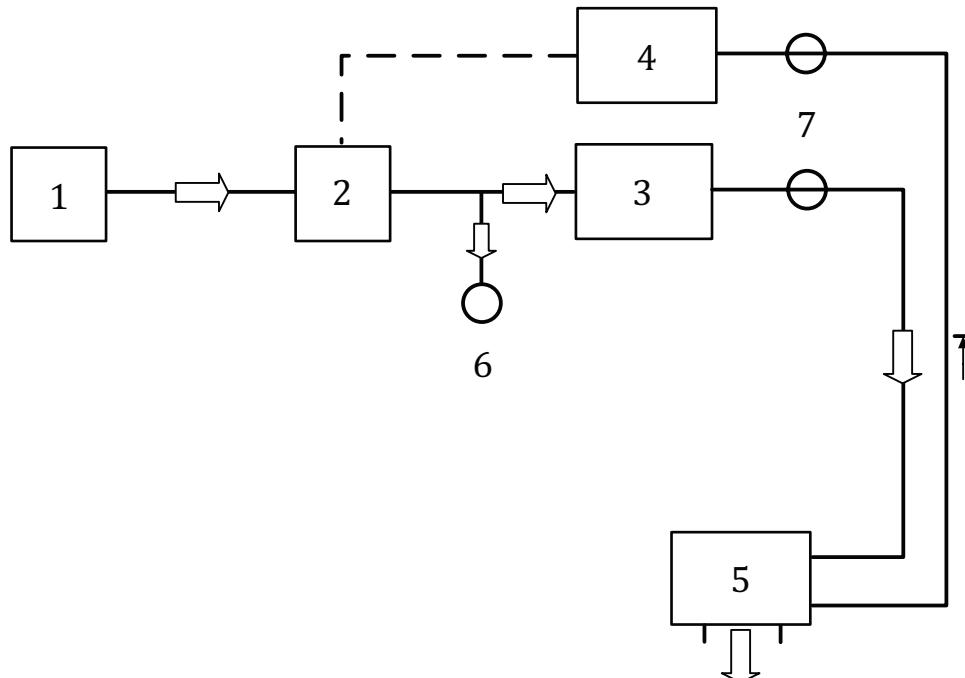
**5.2.6 Plaque plane**, polie, de préférence en verre, utilisée pour contrôler les déperditions d'air et sur laquelle l'éprouvette est positionnée pour essai. Les déperditions d'air entre le dispositif de mesure et la plaque plane doivent être inférieures ou égales à  $5 \text{ ml/min}$ .

**5.2.7 Lourd poids en métal**, lourd anneau en métal, ou tout autre poids de forme appropriée, permettant de maintenir l'éprouvette à plat autour du dispositif de mesure.

### 5.3 Débitmètre électronique

Une différence de pression normalisée est créée à travers l'anneau de mesure et le débit d'air est mesuré par un débitmètre électronique. L'appareil (voir [Figure 2](#)) est composé d'un système d'alimentation en air comprimé ([5.3.1](#)), d'un régulateur de pression ([5.3.2](#)), d'un débitmètre électronique ([5.3.3](#)) associé à un dispositif de contrôle de la pression ([5.3.4](#)), et d'un dispositif de mesure ([5.3.5](#)).

1) Un dispositif approprié est décrit par Zubry, E. And Hook, G.L. in Appita 23(4): 279-290 (Janvier 1970).

**Légende**

- 1 dispositif d'alimentation en air
- 2 dispositif de contrôle de la pression
- 3 capteur de débit
- 4 capteur de pression
- 5 dispositif de mesure
- 6 déperdition d'air permanente
- 7 raccords

**iTeh Standards**  
**(<https://standards.iteh.ai>)**  
**Document Preview**

ISO 8791-2:2013

http://Figure 2 — Schéma du circuit de l'appareil d'essai de type débitmètre électronique

**5.3.1 Système d'alimentation en air comprimé**, pouvant produire de l'air à une pression d'environ 127 kPa. Si nécessaire, des filtres doivent être fournis pour avoir un air propre et exempt d'huile.

**NOTE** Il est recommandé de placer le compresseur dans un laboratoire ayant une atmosphère normale pour le conditionnement.

**5.3.2 Régulateur de pression**, ou un autre moyen de créer une pression nominale de l'air stable de  $1,47 \text{ kPa} \pm 0,02 \text{ kPa}$ .

**5.3.3 Débitmètre**, pouvant mesurer dans une plage comprise entre 50 ml/min et 5 000 ml/min, qui permet de déterminer le débit d'air avec une erreur inférieure à  $\pm 5 \text{ ml/min}$  ou  $\pm 5 \%$ , la valeur la plus élevée étant retenue.

**5.3.4 Dispositif de mesure de la pression de l'air différentielle**, permettant de déterminer la pression de l'air différentielle sur l'éprouvette avec une erreur inférieure à 3 % de la pression réelle.

**5.3.5 Dispositif de mesure**, renfermant un anneau en métal, de préférence résistant à la corrosion, ayant une surface inférieure de  $0,150 \text{ mm} \pm 0,002 \text{ mm}$  de large, visuellement plane, d'un diamètre interne de  $31,5 \text{ mm} \pm 0,2 \text{ mm}$ , et d'une masse de  $267 \text{ g} \pm 2 \text{ g}$ .

**5.3.6 Plaque plane**, polie, de préférence en verre, utilisée pour contrôler les déperditions d'air et sur laquelle l'éprouvette est positionnée pour essai. Les déperditions d'air entre le dispositif de mesure et la plaque plane doivent être inférieures ou égales à 5 ml/min.

**5.3.7 Lourd poids en métal**, lourd anneau en métal, ou tout autre poids de forme appropriée, permettant de maintenir l'éprouvette à plat autour du dispositif de mesure.

## 6 Échantillonnage

Si les essais sont effectués pour évaluer un lot, l'échantillon doit être choisi conformément à l'ISO 186. Si les essais sont effectués sur un autre type d'échantillon, s'assurer que les éprouvettes prélevées sont représentatives de l'échantillon reçu.

## 7 Conditionnement

Les échantillons doivent être conditionnés conformément à l'ISO 187.

## 8 Préparation des éprouvettes

Découper au minimum 10 éprouvettes pour chaque face soumise à essai. Les dimensions minimales de chaque éprouvette doivent être de 75 mm × 75 mm et chacune des deux faces doit être identifiée, par exemple face côté feutre et face côté toile.

La zone d'essai doit être exempte de plis, d'ondulations, de trous, de filigranes ou de défauts qui, en général, ne sont pas propres à l'échantillon de papier ou de carton. Ne pas manipuler la partie de l'éprouvette qui fait partie de la zone soumise à essai.

## 9 Étalonnage et vérification

### 9.1 Appareil de type débitmètre à section variable

<https://standards.iten.ae/catalog/standards/iso/d164b93d-c009-4339-a947-2c7c79ac0723/iso-8791-2-2013>

Étalonner l'appareil selon la description en [10.2.4](#) et en [Annexe B](#).

### 9.2 Appareil de type débitmètre électronique

Étalonner l'appareil comme décrit en [B.2](#) (et conformément aux instructions du fabricant).

## 10 Mode opératoire

### 10.1 Atmosphère d'essai

Effectuer l'essai dans des conditions d'atmosphère identiques à celles utilisées pour conditionner les éprouvettes. Soumettre à essai séparément chaque face des éprouvettes.

### 10.2 Mesurage au moyen de l'appareil de type débitmètre à section variable

**10.2.1** Placer l'appareil sur un support rigide et de niveau. Mettre l'appareil de niveau, s'assurer qu'aucune valeur erronée ne peut être causée par des vibrations et actionner l'alimentation en air.

**10.2.2** Choisir le débitmètre à section variable qui sera utilisé pour l'essai, choisir si possible celui qui donne une valeur dans la partie supérieure de 80 % de la plage avec un régulateur de charge de 1,47 kPa. Ne

pas utiliser un débit d'air supérieur à 1 200 ml/min car, à des débits d'air élevés, une perte de pression entre le débitmètre et le dispositif de mesure peut suffire à invalider l'étalonnage du débitmètre à section variable.

Régler les valves à la base des débitmètres à section variable de sorte que l'air passe dans le débitmètre choisi. Lorsque le débit d'air a été amorcé, positionner doucement le régulateur de charge de 1,47 kPa sur le tuyau et le faire tourner. Il convient de le faire tourner en continu et sans à-coups.

Le régulateur de charge ne doit pas être placé sur la tige après l'amorçage du débit d'air et doit être retiré avant l'arrêt du débit d'air.

**10.2.3** Régler la valve à la sortie du débitmètre de sorte que le débit d'air passe par le plus petit orifice de sortie (orifice inférieur).

**10.2.4** Vérifier l'étalonnage du débitmètre à section variable en remplaçant temporairement le dispositif de mesure par le tube capillaire approprié. Il convient que les valeurs du débit d'air correspondent aux valeurs correctes relatives au tube capillaire à  $\pm 5\%$ .

**10.2.5** Le dispositif étant relié au débitmètre, abaisser l'anneau sur la plaque plane (5.2.6) et s'assurer que le flotteur est au fond du débitmètre. Si ce n'est pas le cas, contrôler les déperditions d'air dans le système selon la description donnée en A.1.

**10.2.6** Placer l'éprouvette sur la plaque plane, la face à soumettre à essai orientée vers le haut. Abaïsser doucement le dispositif de mesure sur l'éprouvette, s'assurer bien soigneusement que l'anneau ne laisse pas de marque sur l'éprouvette. Si l'éprouvette n'est pas plane, utiliser l'anneau de métal (5.2.7) pour la maintenir à plat. Consigner les valeurs du débitmètre relevées au niveau de la partie supérieure du flotteur au minimum 5 s après avoir abaissé le dispositif de mesure, avec la précision de lecture indiquée en 5.2.4.

**10.2.7** Répéter l'opération en 10.2.6 pour les éprouvettes restantes pour chaque face à soumettre à essai.

**10.2.8** Après avoir terminé les essais, retirer le régulateur de charge et fermer l'alimentation en air.

### **10.3 Mesurage au moyen de l'appareil de type débitmètre électronique**

**10.3.1** Placer l'appareil sur un support rigide et de niveau. Mettre l'appareil de niveau, s'assurer qu'aucune valeur erronée ne peut être causée par des vibrations et actionner l'alimentation en air.

**10.3.2** Ajuster l'éprouvette sur la plaque plane (5.3.6) et vérifier que les valeurs du débitmètre ne soient pas supérieures à 5 ml/min.

**10.3.3** Placer l'éprouvette sur la plaque plane, la face à soumettre à essai orientée vers le haut et réaliser l'essai conformément aux instructions du fabricant de l'appareil. Si l'éprouvette n'est pas plane, utiliser l'anneau de métal (5.3.7) pour la maintenir à plat. Consigner les valeurs du débitmètre, avec la précision de lecture indiquée en 5.3.3.

**10.3.4** Répéter l'opération en 10.3.3 pour les éprouvettes restantes pour chaque face à soumettre à essai.

**10.3.5** Après avoir terminé les essais, fermer l'alimentation en air.

## **11 Expression des résultats**

**11.1** Pour chaque face soumise à essai, calculer et consigner la moyenne des valeurs relevées pour le débit d'air, en ml/min, avec trois chiffres significatifs.