

NORME INTERNATIONALE

**ISO
8841**

Première édition
1991-09-15

Produits réfractaires façonnés denses — Détermination de la perméabilité aux gaz

iTeh STANDARD PREVIEW
*Dense, shaped refractory products — Determination of permeability to
gases*
(standards.iteh.ai)

ISO 8841:1991

[https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/d6fcb12f-54e1-4697-aaf8-
ffb00371f040/iso-8841-1991](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/d6fcb12f-54e1-4697-aaf8-ffb00371f040/iso-8841-1991)



Numéro de référence
ISO 8841:1991(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 vote. Leur publication comme Normes internationales requiert l'approbation de 75 % au moins des comités membres votants.

La Norme internationale ISO 8841 a été élaborée par le comité technique ISO/TC 33, *Matériaux réfractaires*, sous-comité SC 2, *Méthodes d'essais*.

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/d6fcb12f-54e1-4697-aaf8-ffb00371f040/iso-8841-1991>

© ISO 1991

Droits de reproduction réservés. 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 l'accord écrit de l'éditeur.

Organisation internationale de normalisation
Case Postale 56 • CH-1211 Genève 20 • Suisse

Imprimé en Suisse

Introduction

La perméabilité d'un solide aux gaz est une propriété liée à la répartition des pores dans le matériau et qui, de ce fait, est très sensible aux variations de texture. Elle n'est pas directement liée à la porosité apparente et sa variation à l'intérieur d'un même échantillon et, qui plus est, entre plusieurs échantillons d'un même lot, est bien supérieure à celle de la porosité.

Il convient également de noter que, contrairement à la densité et à la porosité, la perméabilité est une propriété qui varie selon la direction dans laquelle la mesure est faite et même, dans certains cas, selon le sens d'écoulement du gaz.

Il est essentiel que l'appareillage ne soit pas influencé par les courants d'air ou par d'autres changements localisés de température.

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

ISO 8841:1991

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/d6fcb12f-54e1-4697-aaf8-ffb00371f040/iso-8841-1991>

Page blanche

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

ISO 8841:1991

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/d6fcb12f-54e1-4697-aaf8-ffb00371f040/iso-8841-1991>

Produits réfractaires façonnés denses — Détermination de la perméabilité aux gaz

1 Domaine d'application

La présente Norme Internationale prescrit une méthode de mesurage de la perméabilité aux gaz des produits réfractaires façonnés denses.

NOTE 1 La méthode prescrite tient compte de la viscosité dynamique du gaz et, par conséquent, les résultats obtenus ne sont pas directement comparables à ceux des méthodes précédentes, lesquelles ne tiennent pas compte de la viscosité. La détermination est généralement réalisée par le passage d'air. D'autres gaz peuvent être utilisés, si nécessaire, et les viscosités de l'air et de l'azote sont données.

2 Référence normative

La norme suivante contient des dispositions qui, par suite de la référence qui en est faite, constituent des dispositions valables pour la présente Norme internationale. Au moment de la publication, l'édition indiquée était en vigueur. Toute norme est sujette à révision et les parties prenantes des accords fondés sur la présente Norme internationale sont invitées à rechercher la possibilité d'appliquer l'édition la plus récente de la norme indiquée ci-après. Les membres de la CEI et de l'ISO possèdent le registre des Normes internationales en vigueur à un moment donné.

ISO 6906:1984, *Pieds à coulisse à vernier au 1/50 mm.*

3 Définition

Pour les besoins de la présente Norme internationale, la définition suivante s'applique.

3.1 perméabilité d'un matériau: Propriété d'un matériau de se laisser traverser par un gaz quand il y a une différence de pression.

La perméabilité (μ) est calculée à l'aide de l'équation suivante, donnée par le volume de gaz traversant l'éprouvette dans un intervalle de temps donné:

$$\frac{V}{t} = \mu \cdot \frac{1}{\eta} \cdot \frac{A}{\delta} \cdot (p_1 - p_2) \cdot \frac{(p_1 + p_2)}{2p} \quad \dots (1)$$

où

V est le volume de gaz traversant le matériau, en mètres cubes;

t est le temps, en secondes, que met ce volume de gaz pour traverser le matériau;

μ est la perméabilité du matériau, en mètres carrés;

η est la viscosité dynamique du gaz, en pascal secondes, à la température de l'essai;

A est la surface de la section, en mètres carrés, du matériau traversé;

δ est l'épaisseur, en mètres, du matériau traversé;

p est la pression absolue du gaz, en pascals;

p_1 est la pression absolue, en pascals, à l'endroit où le gaz pénètre dans le matériau;

p_2 est la pression absolue, en pascals, à l'endroit où le gaz sort du matériau.

NOTES

2 L'équation (1) correspond à la loi de Darcy et découle de la loi de Hagen-Poiseuille.

3 Étant donné que p est la pression à laquelle on mesure le volume de gaz, $p = p_1$ quand on opère à une pression positive et $p = p_2$ quand on opère à une pression négative.

4 Le facteur de correction $(p_1 + p_2)/2p$ est généralement très proche de l'unité et peut être considéré comme négligeable quand on opère avec de petites différences de

pression, par exemple, quand $(p_1 - p_2)$ est inférieur à 1 000 Pa.

L'équation (1) peut être disposée de la façon suivante:

$$\mu = \frac{V}{t} \cdot \eta \cdot \frac{\delta}{A} \cdot \frac{1}{p_1 - p_2} \cdot \frac{2p}{p_1 + p_2} \quad \dots (2)$$

En faisant apparaître les unités applicables, l'unité de perméabilité, en mètres carrés, est

$$\frac{\text{m}^3}{\text{s}} \cdot \text{Pa} \cdot \text{s} \cdot \frac{\text{m}}{\text{m}^2} \cdot \frac{1}{\text{Pa}} \cdot \frac{\text{Pa}}{\text{Pa}}$$

Si dans l'équation (1), δ est exprimé en centimètres, A en centimètres carrés et V en centimètres cubes (les unités des autres quantités étant inchangées), on peut obtenir une autre unité d'expression de la perméabilité, à savoir le centimètre carré. Toutefois, comme les préfixes composés ne sont pas admis, les préfixes conventionnels ne peuvent être utilisés qu'avec le mètre carré, donc $10^{-8} \text{ cm}^2 = 10^{-12} \text{ m}^2 = 1 \mu\text{m}^2$.

4 Principe

On fait passer un courant de gaz sec (généralement de l'air) à travers l'éprouvette et l'on note la baisse de pression après la traversée de l'échantillon sur la base d'au moins trois débits différents. À partir de ces valeurs, de la taille et de la forme de l'échantillon, on calcule la perméabilité du matériau considéré.

5 Appareillage

5.1 Généralités

Une vue générale de l'appareillage est représentée sous forme schématique sur les figures 1 et 2. La figure 1 montre le fonctionnement pour le passage du gaz sous pression et la figure 2 pour le passage du gaz sous dépression. Les conduits doivent être réalisés en verre, de préférence au caoutchouc, et doivent être aussi courts que possible, afin que la perte de pression engendrée dans l'appareillage soit négligeable par rapport à celle produite par l'éprouvette.

5.1.1 Alimentation du gaz (sous pression et en dépression), par un réservoir de gaz à pression constante.

5.1.2 Support d'éprouvette, muni d'un système étanche au gaz sur les côtés de l'éprouvette. L'étanchéité au gaz est assurée par une membrane en caoutchouc, gonflée à une pression (dépendant

des propriétés du caoutchouc) comprise entre 0,2 N/mm² et 0,4 N/mm² (voir figure 3).

NOTE 5 Des modifications peuvent être nécessaires si le format alternatif de l'éprouvette (voir note en 6.1) est utilisé.

5.1.3 Manomètre liquide, du type à tube en U pour mesurer la différence de pression entre les deux faces de l'éprouvette. Les précautions expérimentales habituelles pour ce type de mesure devront être prises de sorte que l'erreur de détermination de la pression ne dépasse pas 1 % (y compris les erreurs de lecture portant sur la hauteur de la colonne, l'erreur de ménisque, la verticalité du manomètre, la densité du liquide contenu dans le manomètre). La pression doit être mesurée très près de l'une des faces de l'éprouvette dans le récipient contenant le support d'éprouvette (5.1.2).

NOTE 6 Une indication inférieure de pression peut être obtenue si cette pression est mesurée dans les conduits de raccordement.

5.1.4 Système de mesurage du flux d'air, constitué d'un débitmètre à flotteur étalonné en fonction d'une température et d'une pression d'admission données. Le débitmètre doit avoir une précision de 2 %. Il doit être étalonné régulièrement pour le gaz utilisé et la partie médiane de l'échelle de mesure doit seulement être utilisée.

Dans le cas uniquement du mesurage de la perméabilité à l'air, le flux d'air est mesuré par déplacement d'air par l'eau, au moyen d'un dispositif à cylindre gradué et d'un chronomètre.

5.1.5 Pied à coulisse, conforme à l'ISO 6906.

5.1.6 Étuve, qui peut être contrôlée à 110 °C ± 5 °C.

5.1.7 Éprouvette imperméable, par exemple, cylindre en aluminium.

6 Éprouvettes

6.1 Dimensions

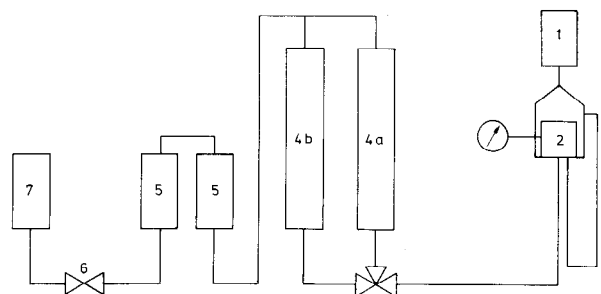
Les éprouvettes doivent être cylindriques, d'un diamètre de 50 mm ± 0,5 mm et d'une hauteur de 50 mm ± 0,5 mm. La perpendicularité de l'axe de l'éprouvette par rapport aux faces et le parallélisme entre le sommet et la base de l'éprouvette doivent être de 0,5 mm environ, dans les deux cas.

NOTE 7 Une éprouvette cubique de 50 mm peut aussi être utilisée si nécessaire. Dans ce cas le support de l'éprouvette (voir note en 5.1.2) doit nécessairement être modifié et le calcul des résultats (voir 8.3) sera légèrement différent.

6.2 Préparation

Les éprouvettes doivent être découpées de façon à ne pas inclure de matériau situé à moins de 4 mm de la face de la brique. La direction dans laquelle les éprouvettes sont découpées doit être indiquée par rapport au sens de pressage dans le rapport d'essai.

Les éprouvettes doivent être débarrassées de la poussière qui est formée pendant le découpage, par broissage sous un jet d'eau suivant le découpage humide, ou par un jet d'air comprimé suivant le découpage à sec.



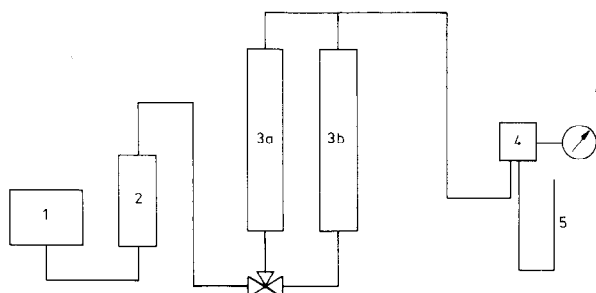
Légende

- 1 Entrée d'air via un dessiccateur
- 2 Porte-éprouvette pour cylindre
- 3 Manomètre à liquide à tube en U
- 4 Débitmètres flottants: (a) 0 à 200 cm³/min, (b) 200 cm³/min à 1 500 cm³/min
- 5 Flacons de garde de Woulff
- 6 Vanne de régulation
- 7 Pompe à membrane ou trompe à eau

Figure 2 — Disposition des instruments pour le mesurage de la perméabilité aux gaz (mesurage par dépression)

6.3 Séchage

Les éprouvettes doivent être séchées dans une étuve (5.1.6) à 110 ± 5 °C jusqu'à masse constante. Avant la mesure, l'éprouvette doit être refroidie dans un dessiccateur jusqu'à la température ambiante; le temps de refroidissement doit être d'au moins 2 h.



Légende

- 1 Source de gaz (bouteille d'air comprimé ou réservoir d'eau)
- 2 Dessiccateur pour le gaz
- 3 Débitmètres à flotteur: (a) 0 à 200 cm³/min, (b) 200 cm³/min à 1 500 cm³/min
- 4 Support pour échantillon cylindrique
- 5 Manomètre à liquide à tube en U

Figure 1 — Disposition des instruments pour le mesurage de la perméabilité aux gaz (mesurage par surpression)

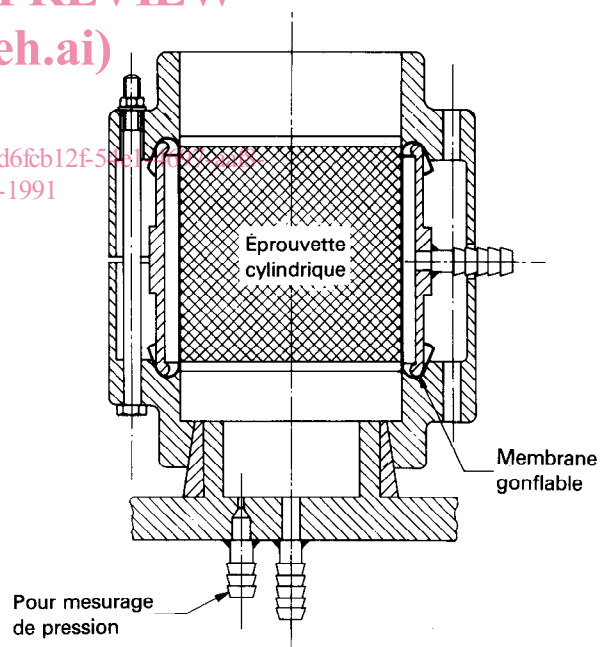


Figure 3 — Support d'éprouvette

7 Mode opératoire

7.1 Effectuer une détermination à blanc pour établir l'étanchéité à l'air du dispositif d'essai, en utilisant une éprouvette factice imperméable (5.1.7) à la place de l'éprouvette normale.

7.2 Mesurer le diamètre et la hauteur de l'éprouvette à 0,1 mm près, en utilisant un pied à coulisse (5.1.5).

7.3 Placer l'éprouvette, préalablement séchée, dans le support d'éprouvette (5.1.2). La pression s'exerçant sur la membrane en caoutchouc doit être suffisante pour rendre effectivement étanche la surface cylindrique de l'éprouvette. On peut contrôler cet aspect en augmentant la pression s'exerçant sur la membrane; on ne devrait constater aucun changement dans la différence de pression entre les faces planes et aucune variation du débit de gaz.

7.4 Déterminer le débit du gaz à travers l'éprouvette en provoquant au moins trois baisses de pression à travers l'éprouvette. Calculer la perméabilité de l'éprouvette pour chaque détermination (voir article 8).

NOTE 8 Ceci permet de vérifier que le débit est bien proportionnel à la baisse de pression, l'équation de base (voir article 8) ne s'appliquant qu'à un écoulement laminaire.

7.5 Les perméabilités déterminées à l'occasion des différentes baisses de pression ne devraient pas différer entre elles de plus de 5 %. Si l'on constate une variation plus élevée, on doit répéter l'essai à blanc et vérifier le matériel. Répéter les essais. Si une variation importante persiste, la signaler dans le rapport d'essai.

8 Expression des résultats

8.1 La perméabilité, exprimée en mètres carrés, avec deux chiffres significatifs, est donnée par l'équation:

$$\mu = \eta \cdot \frac{h}{A} \cdot \frac{1}{\Delta p} \cdot q'_v \cdot k_v \quad \dots (3)$$

où

- η est la viscosité dynamique, en pascal secondes¹⁾, du gaz (de l'air) à la température de l'essai;
- h est la hauteur, en mètres, de l'éprouvette;
- A est la superficie, en mètres carrés, de la section de l'éprouvette à travers laquelle passe le gaz (voir 7.2);
- Δp est la différence de pression à travers l'éprouvette, en pascals;

q'_v est le débit du gaz (de l'air), en mètres cubes par seconde, traversant l'éprouvette;

k_v est un facteur de correction (voir tableau 1) pour la suppression de la vapeur d'eau, utilisé seulement si le flux d'air est mesuré par déplacement de l'eau.

NOTE 9 Les valeurs de la viscosité dynamique de l'air (η) sont données dans le tableau 1 pour des températures de l'air comprises entre 16 °C et 24 °C et peuvent être utilisées à condition de s'assurer que la pression à travers l'éprouvette est basse (voir note 3, article 3). Les valeurs de la viscosité dynamique de l'azote sont données dans le tableau 2 de 10 °C à 35 °C.

8.2 On peut écrire l'équation (3) en fonction des unités qui sont les plus susceptibles d'être lues pendant l'essai. La valeur de la perméabilité, en centimètres carrés, est donc donnée par

$$\mu = \eta \cdot \frac{h}{10^3} \cdot \frac{4 \times 10^6}{\pi d^2} \cdot \frac{1}{9,807 \Delta p'} \cdot \frac{q'_v}{60 \times 10^6} \times 10^4$$

$$= \frac{2,16 \times 10^{-2} \eta h q'_v}{d^2 \cdot \Delta p'} \cdot k_v \quad \dots (4)$$

où

η est la viscosité dynamique, en pascal secondes, du gaz traversant l'éprouvette à la température de l'essai;

h est la hauteur, en millimètres, de l'éprouvette;

d est le diamètre, en millimètres, de l'éprouvette;

$\Delta p'$ est la différence de pression à travers l'éprouvette, en millimètres de colonne d'eau²⁾;

q'_v est le débit du gaz (de l'air), en centimètres cubes par minute, traversant l'éprouvette.

k_v est un facteur de correction (voir tableau 1) pour la suppression de la vapeur d'eau, utilisé seulement si le flux d'air est mesuré par déplacement de l'eau.

8.3 Si le format alternatif de l'éprouvette et du support est utilisé (voir 6.1 et 5.1.2), l'équation (4) sera modifiée comme suit:

1) 1 poise = 0,1 Pa·s

2) 1 mmH₂O = 9,807 Pa

$$\frac{4 \times 10^6}{\pi d^2} \text{ est remplacé par } \frac{10^6}{x^2}$$

où x est le côté, en millimètres, de l'éprouvette cubique. L'équation (4) devient

$$\frac{1,70 \times 10^{-2} \eta h q'_{\text{V}}}{x^2 \Delta p'} \cdot k_v$$

Tableau 1 — Viscosité dynamique de l'air

Température °C	Viscosité dynamique $\times 10^{-6} \text{ Pa}\cdot\text{s}$	k_v
16	17,88	0,982
18	17,98	0,980
20	18,08	0,911
22	18,18	0,914
24	18,28	0,971

Tableau 2 — Viscosité dynamique de l'azote

Température °C	Viscosité dynamique $\times 10^{-6} \text{ Pa}\cdot\text{s}$	Température °C	Viscosité dynamique $\times 10^{-6} \text{ Pa}\cdot\text{s}$
10	17,1	23	17,7
11	17,2	24	17,8
12	17,2	25	17,8
13	17,3	26	17,9
14	17,3	27	19,9
15	17,4	28	18,0
16	17,4	29	18,0
17	17,5	30	18,1
18	17,5	31	18,1
19	17,6	32	18,2
20	17,6	33	18,2
21	17,7	34	18,2
22	17,7	35	18,3

9 Rapport d'essai

Le rapport d'essai doit contenir les informations suivantes:

- le nom de l'établissement d'essai;
- la date de l'essai;
- la référence à la présente Norme internationale, suivant la forme: «déterminé conformément à l'ISO 8841»;
- la description du matériau testé (fabricant, type, numéro de lot, etc.);
- le nombre d'échantillons testés pour chaque direction de passage dans la brique par rapport au sens de pressage de la brique;
- le gaz utilisé;
- les différentes baisses de pression (pression ou aspiration) à travers l'éprouvette et le débit de gaz correspondant;
- la valeur moyenne de la perméabilité du matériau testé, dans chaque direction de passage par rapport au sens de pressage de la brique;
- la référence à toute variation de perméabilité entre les trois déterminations, supérieure à la valeur permise (voir 7.4 et 7.5).

NOTE 10 Les valeurs individuelles sont utilisées pour déterminer la valeur moyenne. La valeur moyenne est utilisée pour l'exploitation statistique du travail en accord avec l'ISO 5022.