
Norme internationale



8008

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

Oxyde d'aluminium principalement utilisé pour la production de l'aluminium — Détermination de l'aire massique (surface spécifique) par adsorption d'azote — Méthode à un point de mesure

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

Aluminium oxide primarily used for the production of aluminium — Determination of specific surface area by nitrogen adsorption — Single-point method

Première édition — 1986-08-15

[ISO 8008:1986](#)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/cf74251c-3980-4d14-b366-c47464ccdef8/iso-8008-1986>

CDU 661.862.22 : 669.713 : 543.272.3

Réf. n° : ISO 8008-1986 (F)

Descripteurs : produit industriel, composé minéral d'aluminium, oxyde d'aluminium, essai, détermination, surface spécifique, appareil, méthode d'analyse, adsorption, azote, aluminium, production.

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 créé à cet effet. 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. Les Normes internationales sont approuvées conformément aux procédures de l'ISO qui requièrent l'approbation de 75 % au moins des comités membres votants.

(standards.iteh.ai)

La Norme internationale ISO 8008 a été élaborée par le comité technique ISO/TC 47, *Chimie*.

ISO 8008:1986

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/cf74251c-3980-4d14-b366-c47464ccde18/iso-8008-1986>

L'attention des utilisateurs est attirée sur le fait que toutes les Normes internationales sont de temps en temps soumises à révision et que toute référence faite à une autre Norme internationale dans le présent document implique qu'il s'agit, sauf indication contraire, de la dernière édition.

Oxyde d'aluminium principalement utilisé pour la production de l'aluminium — Détermination de l'aire massique (surface spécifique) par adsorption d'azote — Méthode à un point de mesure

1 Objet et domaine d'application

La présente Norme internationale spécifie une méthode à un point de mesure pour la détermination, par adsorption d'azote, de l'aire massique (surface spécifique) de l'oxyde d'aluminium utilisé pour la production du métal.

La limite inférieure est $0,1 \text{ m}^2 \cdot \text{g}^{-1}$.

Comme limite supérieure, la présente méthode permet d'arriver à $1\,000 \text{ m}^2 \cdot \text{g}^{-1}$ et même plus, mais il s'agit alors de valeurs qui n'intéressent pas l'industrie de l'aluminium.

Le domaine de mesure dépend des dimensions de l'appareillage.

2 Références

ISO 803, *Oxyde d'aluminium principalement utilisé pour la production de l'aluminium — Détermination de la perte de masse à 300 °C (humidité conventionnelle)*.

ISO 2927, *Oxyde d'aluminium principalement utilisé pour la production de l'aluminium — Échantillonnage*.

3 Principe

La méthode est basée sur la propriété des corps solides à adsorber les molécules de gaz à leur surface.

Dans le domaine compris entre 0,05 et 0,3 fois la pression de vapeur saturante du gaz de mesure commence l'adsorption multicouche. La formation d'une première couche monomoléculaire du gaz adsorbé peut être détectée d'après l'allure de la courbe isotherme d'adsorption dans ce domaine; cette formation est la seule qui intéresse la présente méthode.

Introduction d'azote à la température ambiante et à la pression atmosphérique dans deux flacons de volume égal, dont l'un contient la prise d'essai et l'autre est vide, et immersion des deux flacons d'adsorption reliés dans un bain réfrigérant d'azote liquide. À la température du bain, adsorption de l'azote contenu dans l'un des flacons par l'échantillon, donnant ainsi lieu à une différence de pression mesurée à l'aide d'un manomètre différentiel. De cette différence, calcul du nombre de molécules adsorbées sur la surface.

Multiplication de ce nombre par l'aire occupée par une molécule adsorbée de façon à obtenir la surface totale. L'aire occupée par une molécule d'azote adsorbé est prise égale à $16,2 \times 10^{-20} \text{ m}^2$.

4 Appareillage

Matériel courant de laboratoire, et

4.1 Appareil d'adsorption (voir figure 1).

L'appareil comporte un flacon de référence (7) et un flacon d'adsorption de l'échantillon (8) qui sont reliés à deux pièces de jonction, avec des anneaux d'étanchéité pour assurer l'herméticité. Chaque pièce de jonction comporte une vanne (1 et 2) qui relie les flacons à l'atmosphère. Le gaz de mesure est introduit dans le flacon, par l'intermédiaire de capillaires se trouvant dans la pièce de jonction.

Les flacons en verre résistant au choc ont une capacité de 100 cm^3 . La différence de capacité entre les deux flacons ne peut pas dépasser 0,1 %. Les cols des flacons sont des tubes calibrés de diamètre interne $9 \pm 0,02 \text{ mm}$. Chacun d'eux a un trait repère inférieur et un trait repère supérieur.

Dans ces conditions, plusieurs flacons peuvent être utilisés indifféremment comme flacons de mesure ou de référence sans compensation de volumes, pour chaque combinaison de flacons. Un manomètre différentiel contenant du phtalate de dibutyle est placé entre les deux flacons. Les colonnes du manomètre différentiel sont reliées au capillaire d'entrée des deux flacons d'adsorption. Au moyen de la vanne 4, les deux flacons, c'est-à-dire les deux capillaires d'entrée, peuvent être isolés ou reliés l'un à l'autre. Au moyen de la vanne 5, le liquide dans les deux colonnes du manomètre différentiel peut être isolé ou réuni. Les colonnes du manomètre différentiel sont des tubes en verre calibrés de diamètre interne $5 \pm 0,02 \text{ mm}$, ce qui permet de calculer avec suffisamment de précision la variation de volume au cours de l'adsorption. Le capillaire d'entrée du flacon de mesure est, du fait de sa longueur plus courte, relié à un volume de compensation (10), lequel est réglé au cours de la préparation de l'appareil.

Le gaz de mesure est introduit dans l'appareil par la vanne 3. Si les vannes 1, 2 et 4 sont ouvertes, le gaz de mesure passe à travers les deux flacons. Si les vannes 1 et 4 sont fermées, le flacon de référence est clos et seul le flacon de mesure est purgé par le gaz de mesure.

Au cours du mesurage, seulement une partie du volume du gaz, qui est en aval de la vanne 3 mais en amont des vannes 1 et 2, est refroidie par l'azote liquide à la température de mesurage. Le volume de gaz restant à la température ambiante doit être limité à 10 % au maximum du volume total. Pour cette raison, les liaisons avec les flacons de mesure sont des capillaires qui occupent la majeure partie des cols des flacons en vue de maintenir la portion restant à la température ambiante aussi petite que possible.

4.1.1 Flacon d'adsorption.

Le flacon d'adsorption doit avoir une capacité étalonnée à 100 cm³. Pour faciliter la pesée de l'échantillon aussi bien que le nettoyage du flacon d'adsorption, des flacons en deux parties sont utilisés. Les deux parties sont reliées par des joints rodés et fixées par des crochets et des ressorts.

4.2 Enceinte thermorégulée, pour le chauffage des flacons d'adsorption au cours de la désorption (6.3) (voir figure 2).

4.3 Système pour dégazage sous vide (voir figure 3).

4.4 Bain réfrigérant, contenant de l'azote en ébullition.

4.5 Bain d'eau, réglable, selon la nécessité, à 22 ± 3 °C ou à 40 °C environ.

5 Échantillonnage et échantillons

L'échantillonnage doit être effectué conformément aux spécifications de l'ISO 2927.

6 Mode opératoire

6.1 Prise d'essai

Choisir la masse d'échantillon à utiliser en fonction de la surface spécifique présumée.

Les valeurs recommandées sont données dans le tableau 1.

Tableau 1

Surface spécifique présumée	Masse d'échantillon
m ² .g ⁻¹	g
1	5
5	3
10	2
50	de 0,7 à 1,0
100	de 0,2 à 0,3

NOTE — Si la surface spécifique est absolument inconnue, des essais préliminaires sont nécessaires pour trouver la meilleure prise d'essai.

6.2 Préparation de l'appareil

6.2.1 Contrôle d'un nouvel appareil

Un nouvel appareil doit être contrôlé pour vérifier que le volume de compensation (10) est correctement ajusté et que l'appareil est étanche.

6.2.1.1 Vérification de l'égalisation des volumes

La vanne 4 (voir 6.2.1.2) doit être étanche quand l'égalisation des volumes est vérifiée.

Relier les flacons d'adsorption vides aux pièces de jonction; le trait repère supérieur sur le col du flacon doit coïncider avec l'anneau d'étanchéité inférieur. Purger l'appareil avec de l'azote

en ouvrant toute les vannes et en laissant le gaz s'écouler à 10 l/h environ. Au cours de la purge, maintenir les flacons immergés dans le bain d'eau (4.5), maintenu à 22 ± 3 °C, jusqu'au trait repère inférieur du col de façon à les porter à la même température. Lorsque l'égalisation des températures est présumée atteinte (après 5 min au moins), isoler l'appareil de l'atmosphère et isoler les deux flacons l'un par rapport à l'autre en fermant les vannes dans l'ordre 1, 2, 3 et 4.

En fermant la vanne 4, une petite différence de pression peut apparaître.

Si cette différence de pression se modifie dans les 2 min qui suivent, une complète égalisation des températures n'a pas été atteinte dans les flacons. Dans ce cas, ouvrir à nouveau les vannes dans l'ordre 4, 3, 2 et 1, et purger l'appareil ultérieurement avec de l'azote. Après quelques minutes, répéter ce contrôle.

Si l'égalisation des températures est obtenue, fermer la vanne 5.

Retirer les flacons du bain d'eau, sécher les gouttes d'eau adhérent aux flacons et immerger les flacons jusqu'au trait repère inférieur dans le bain réfrigérant (4.4).

Lorsque les flacons ont atteint la température de l'azote en ébullition (avec des flacons vides après 1 min environ), ouvrir lentement la vanne 5. Si les volumes des flacons de référence et de mesure sont de part et d'autre totalement égaux, aucune différence de pression n'apparaît. Dans ce cas, fermer la vanne 5 et ouvrir la vanne 4. Puis retirer le bain réfrigérant (4.4) et le remplacer par le bain d'eau (4.5), maintenu à 40 °C environ, pour dégeler les flacons. Retirer le bain d'eau tiède dès que les flacons ont atteint à nouveau la température ambiante. Après 2 min, réouvrir les vannes 3, 2 et 1 dans cet ordre, et purger l'appareil avec de l'azote. Au cours du refroidissement et du chauffage des flacons, de grandes différences de pression peuvent se produire momentanément de sorte que le liquide de mesure dans le manomètre peut être transféré dans d'autres parties de l'appareil. Pour cette raison, ne pas ouvrir la vanne 5 avant l'égalisation des températures.

Si une différence de pression apparaît au cours de la préparation de l'appareil, modifier le volume de compensation (10) de façon que les volumes de part et d'autre du manomètre différentiel soient égaux. Pour vérifier l'égalisation des volumes, répéter l'essai décrit ci-dessus.

6.2.1.2 Contrôle de l'étanchéité

Si, après une ouverture lente de la vanne 5, un accroissement brusque ou de très grandes différences de pression se produisent (plus de 400 mm de hauteur de colonne de liquide) au cours de l'égalisation des volumes à la température de l'azote en ébullition, alors l'appareil doit avoir une fuite vers l'atmosphère (par exemple due aux vannes 1, 2, 3). Une fuite à la vanne 4 ne peut pas être détectée par observation d'une différence de pression et le contrôle particulier suivant doit être effectué. Immerger les flacons dans le bain réfrigérant (4.4), fermer les vannes 2, 3 et 4, et ouvrir les vannes 1 et 5. Au moyen de la vanne 1, créer une différence de pression de 300 mm environ de colonne de liquide. Fermer la vanne 1.

Dans les 10 min qui suivent, la colonne de liquide du manomètre différentiel ne doit pas descendre de plus de 1 mm.

6.2.2 Contrôle du fonctionnement

Lorsque l'appareil est mis en marche, et après de temps en temps, contrôler son fonctionnement en mesurant avec un solide de surface spécifique connue. Mesurer la surface spécifique de la substance à essayer par la même méthode.

6.2.3 Entretien

Remplacer le liquide de mesure du manomètre différentiel lorsqu'il est sale ou au moins chaque année. Changer l'agent desséchant utilisé dans le tube à dessécher.

6.3 Désorption des échantillons

Sécher la prise d'essai à 300 °C (voir ISO 803) et la peser dans le flacon d'adsorption de manière qu'aucune matière n'adhère sur les parois du col.

Faire le vide à trois reprises dans le flacon contenant l'échantillon et purger par intermittence avec de l'azote pur. Puis chauffer l'échantillon dans l'enceinte thermorégulée (4.2) durant 1 h environ sous vide. Maintenir le vide à 0,01 bar* environ.

6.4 Mesurage d'adsorption

Ouvrir les vannes 2 et 3, faire passer l'azote à travers l'appareil et relier à la pièce de jonction le flacon d'adsorption contenant l'échantillon prétraité et l'azote. Puis ouvrir les vannes 1, 4 et 5, et chauffer les flacons dans le bain d'eau (4.5), maintenu à 22 °C environ. Après 5 à 10 min, fermer les vannes 1, 2, 3 et 4, et vérifier le flacon de mesure et le flacon de référence vis-à-vis de l'égalisation des températures. Si une différence de pression apparaît, réouvrir les vannes dans l'ordre 4, 3, 2 et 1, et poursuivre la purge avec de l'azote. Dès l'obtention de l'égalisation des températures, fermer la vanne 5 et arrêter le courant d'azote. Immerger les flacons dans le bain réfrigérant (4.4) jusqu'au trait repère inférieur et ouvrir très lentement la vanne 5. Lorsque la différence de pression est devenue constante, lire cette différence avec une précision de 0,5 mm. Le temps pour atteindre une différence de pression constante peut être relativement long avec certains produits, par exemple ceux possédant des micropores ou une faible conductivité thermique. (Indiquer dans le procès-verbal d'essai le temps écoulé entre l'immersion des flacons et la lecture de la différence de pression.)

Après la fin du mesurage, fermer la vanne 5 et ouvrir la vanne 4. Remplacer le bain réfrigérant (4.4) par le bain d'eau chaude (4.5), maintenu à 40 °C environ. Après quelques minutes, rétablir le courant d'azote et ouvrir les vannes 3, 2, 1 et 5 dans cet ordre. Lorsque les pièces de jonction sont à la température ambiante, fermer les vannes 1, 4 et 5, et remplacer le flacon de mesure pour effectuer un nouveau mesurage.

7 Expression des résultats

7.1 Équations

La surface spécifique, S_m , est donnée par l'équation suivante :

$$S_m = 1,05 \frac{N_L \sigma_{N_2} (p_0 - p)}{m R p_0} \left[\frac{V \Delta p}{T_k} + \frac{V_z \Delta p}{T_z} + \frac{2V_x p}{T_z} + \frac{V_x \Delta p}{T_z} \right] + 1,05 \frac{N_L \sigma_{N_2} (p_0 - p) V_p}{m R p_0} \left[\frac{p}{T_k} - \frac{p_B}{T_z} \right] \quad \dots (1)$$

où les symboles sont définis dans le tableau 3.

Dans cette formule, le calcul à un point de mesure de l'équation de BET a été accepté et le facteur correctif de 1,05, qui représente la masse volumique du liquide remplissant le manomètre différentiel, a été introduit. Pour des raisons pratiques, σ_{N_2} , V , V_z , T_k et p_0 ont été pris comme constantes. En outre, l'expression $V_x \Delta p / T_z$ est petite vis-à-vis des autres termes de la somme dans la première parenthèse et elle a été négligée.

En incorporant les valeurs numériques et les unités indiquées dans le tableau 3, l'équation numérique suivante est obtenue avec $T_z = 295$ K pour le calcul de la surface spécifique :

$$S_m = 1,1736 \times 10^3 (1,05 - p) \frac{\Delta h}{m} (1,3693 \times 10^{-4} + 6,655 \times 10^{-5} p) + 1,1736 \times 10^3 (1,05 - p) \frac{V_p}{m} \left(\frac{p}{77,6} - \frac{p_B}{295} \right) \quad \dots (2)$$

Le second terme de la somme de cette équation contenant V_p peut être négligé si les surfaces spécifiques S_m sont supérieures ou égales à $10 \text{ m}^2 \cdot \text{g}^{-1}$. La pression d'équilibre p dans l'équation (2) est calculée d'après l'équation suivante :

$$p = \frac{V + V_z}{V \frac{T_z}{T_k} + V_z + V_x} p_B - \Delta p \quad \dots (3)$$

où

$$\Delta p = \rho g \Delta h \quad \dots (4)$$

Pour des raisons pratiques, T_k , ρ et $V_x = \frac{\pi r^2 \Delta h}{2}$ ($\approx 1 \text{ cm}^3$ à $\Delta h = 100 \text{ mm}$) sont pris comme constants. En incorporant les valeurs numériques et les unités indiquées dans le tableau 3, l'équation numérique suivante est obtenue avec $T_z = 295$ K :

$$p = 0,278 p_B - 1,025 \times 10^{-4} \Delta h \quad \dots (5)$$

* 1 bar = 10^5 Pa

Si T_z s'écarte de $T_z = 295$ K de plus de ± 3 K, les deux constantes dans les équations (2) et (5) doivent être corrigées et la température ambiante réelle T_z doit être prise en compte :

$$S_m = 1,1736 \times 10^3 \frac{(1,05 - p)}{m} \left[\Delta h (1,3693 \times 10^{-4} + B_1 p) + V_P \left(\frac{p}{T_k} - \frac{p_B}{T_z} \right) \right] \dots (6)$$

$$p = B_2 p_B - 1,025 \times 10^{-4} \Delta h \dots (7)$$

En incorporant les valeurs numériques et les unités indiquées dans le tableau 3, on obtient pour B_1 et B_2

$$B_1 = \frac{2V_x}{\Delta h T_z} = 1,9635 \times 10^{-2} \frac{1}{T_z} \dots (8)$$

$$B_2 = \frac{V + V_z}{\frac{V}{T_k} + V_z + V_x} = \frac{109,550}{1,304 T_z + 9,332} \dots (9)$$

où les symboles et les constantes utilisés ont les significations indiquées dans le tableau 3.

Tableau 2
 $B_1, B_2 = f(T_z)$

T_z (K)	$B_1 \times 10^5$	$B_2 \times 10^5$
291	6,747	2,817
292	6,724	2,807
293	6,701	2,798
294	6,678	2,789
295	6,656	2,780
296	6,633	2,770
297	6,611	2,761
298	6,588	2,752
299	6,566	2,743
300	6,544	2,734
301	6,523	2,725
302	6,501	2,717
303	6,480	2,708
304	6,458	2,699
305	6,437	2,691
306	6,416	2,682
307	6,395	2,673
308	6,374	2,666

7.2 Calcul à l'aide d'un nomogramme

Le calcul peut être simplifié en utilisant le nomogramme de la figure 4.

Connaissant la pression atmosphérique et la différence de pression lue sur le manomètre différentiel, le facteur A est relevé sur le nomogramme (voir figure 4).

La surface spécifique de l'échantillon, exprimée en mètres carrés par gramme, est donnée par la formule

$$S_m = \frac{A \Delta h}{m}$$

où

Δh est la différence de pression, en millimètres;

m est la masse, en grammes, de la prise d'essai.

Le nomogramme permet de calculer des surfaces spécifiques comprises entre 10 et 300 $m^2 \cdot g^{-1}$ environ.

Pour des valeurs inférieures à 10 $m^2 \cdot g^{-1}$ ou supérieures à 300 $m^2 \cdot g^{-1}$, qui généralement n'intéressent pas l'industrie de l'aluminium, adopter pour les calculs les équations (6) et (7).

7.3 Fidélité

Répétabilité : $\pm 0,5$ %

Reproductibilité : ± 1 %

8 Procès-verbal d'essai

ISO 8008:1986

Le procès-verbal d'essai doit contenir les indications suivantes :

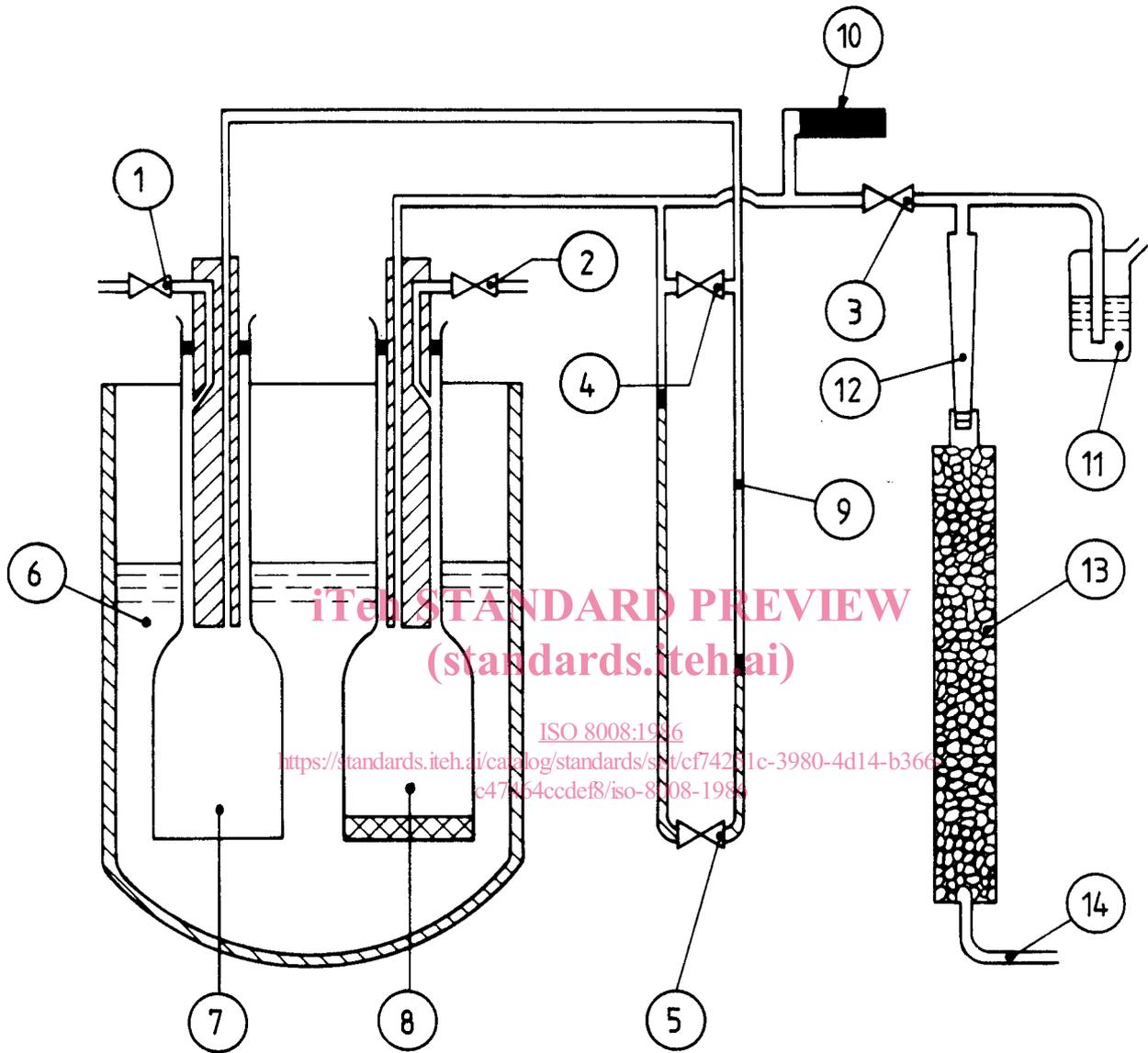
- a) laboratoire, opérateur et date de l'essai;
- b) identification de l'échantillon;
- c) référence de la méthode utilisée;
- d) prétraitement de l'échantillon : température et durée de séchage préliminaire, température et durée de chauffage de désorption, utilisation de l'azote ou du vide au cours du chauffage de désorption;
- e) pression atmosphérique au cours du mesurage, température du bain d'eau au cours du mesurage, durée d'immersion des flacons d'adsorption dans le bain réfrigérant jusqu'à la lecture de la différence de pression;
- f) différence de hauteur lue sur le manomètre différentiel;
- g) surface spécifique (aire massique) de l'échantillon ou, si on le demande, valeur moyenne et son écart-type;
- h) compte rendu de tous détails particuliers éventuels relevés au cours de l'essai;
- i) compte rendu de toutes opérations non prévues dans la présente Norme internationale ou dans les Normes internationales auxquelles il est fait référence, ou de toutes opérations facultatives.

9 Bibliographie

- [1] HAUL, R., DÜMBGEN, G. : Simplified method for measuring surface areas by gas adsorption. *Chem.-Ing.-Techn.*, **32** (1960) pp. 349-354.
- [2] HAUL, R., DÜMBGEN, G. : Simplified method for measuring surface areas by gas adsorption, 2nd communication. *Chem.-Ing.-Techn.*, **35** (1963) pp. 586-589.
- [3] JOHNE, R., SEVERIN, D. : Surface area measurement by means of the Areameter. *Chem.-Ing.-Techn.*, **37** (1965) pp. 57-61.
- [4] GALL, L. : *Ang. Meß- und Regeltechn.*, **4** (1964) pp. 107-111.
- [5] GRUNDKE, E., FRENZEL, G. : *Chem. Techn.*, **17** (1965) pp. 408-414.
- [6] DIN 66132/1975 : *Bestimmung der spezifischen Oberfläche von Feststoffen durch Stickstoffadsorption — Einpunkt-Differenzverfahren nach Haul und Dümbgen.*
- [7] ISO 4652, *Ingrédients de mélange du caoutchouc — Noir de carbone — Détermination de la surface spécifique — Méthodes par adsorption d'azote.*

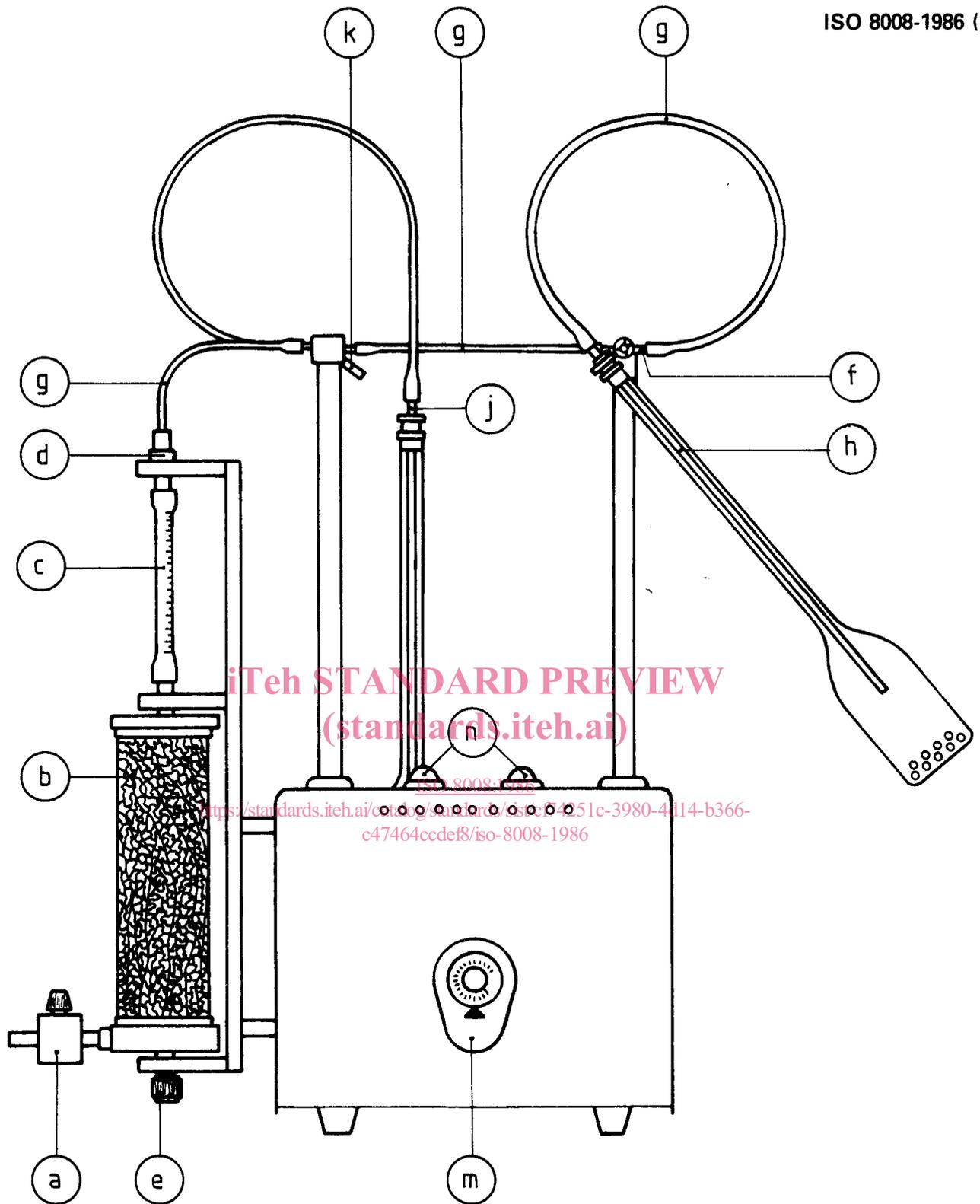
Tableau 3

Symbole	Grandeur	Unité
S_m	Surface spécifique (aire massique)	$m^2 \cdot g^{-1}$
p	Pression d'équilibre	bar
Δh	Différence de hauteur du manomètre différentiel	mm
V_p	Volume de l'échantillon solide	cm^3
m	Masse de la prise d'essai	g
p_B	Pression de remplissage (pression atmosphérique)	bar
p_0	Pression de saturation de l'azote en ébullition ($p_0 = 1,05$ bar)	bar
N_L	Nombre de Loschmidt, constante d'Avogadro ($N_L = 6,023 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$)	mol^{-1}
R	Constante molaire des gaz ($R = 8,314 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$)	$\text{J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$
ρ	Masse volumique du phtalate de dibutyle ($\rho = 1,05 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$)	$\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$
g	Accélération due à la pesanteur ($g = 981 \text{ cm} \cdot \text{s}^{-2}$)	$\text{cm} \cdot \text{s}^{-2}$
σ_{N_2}	Surface occupée par une molécule d'azote ($\sigma_{N_2} = 16,2 \times 10^{-20} \text{ m}^2$)	m^2
V	Volume du flacon d'adsorption avec le capillaire introduit jusqu'au niveau du bain réfrigérant ($V = 101,2 \text{ cm}^3$)	cm^3
V_z	Volume des parties du flacon de mesure et du flacon de référence à partir du niveau du bain réfrigérant jusqu'au niveau zéro du manomètre différentiel (ce volume reste à la température ambiante au cours du mesurage) ($V_z = 8,35 \text{ cm}^3$)	cm^3
V_x	Variation de volume dans une branche du manomètre différentiel au cours du mesurage	cm^3
r	Rayon interne du tube du manomètre différentiel ($r = 0,25 \text{ cm}$)	cm
T_K	Température du bain réfrigérant (4.4) ($T_K = 77,6 \text{ K}$)	K
T_z	Température ambiante et température du bain d'eau (4.5)	K
Δp	Différence de pression	bar
B_1	} Abréviations des équations (8) et (9)	
B_2		



- | | | | |
|-------|------------------------|---|------------------------|
| ① à ⑤ | Vannes | ⑩ | Volume de compensation |
| ⑥ | Bain réfrigérant | ⑪ | Ampoule de garde |
| ⑦ | Flacon de référence | ⑫ | Débitmètre |
| ⑧ | Flacon de mesure | ⑬ | Tube à dessécher |
| ⑨ | Manomètre différentiel | ⑭ | Entrée d'azote |

Figure 1 — Appareil d'adsorption



- | | |
|---|---|
| (a) Vanne d'entrée du gaz de mesurage (azote) | (g) Tuyau de raccordement |
| (b) Tube à dessécher | (h) Capillaire de purge (pas nécessaire pour les flacons en deux parties) |
| (c) Débitmètre | (j) Embout de raccordement avec trou et système de fixation |
| (d) Pièce de jonction | (k) Raccordements |
| (e) Vis de blocage | (m) Contrôle de la température |
| (f) Sortie du gaz de mesure | (n) Lampes témoins |

Figure 2 — Thermostat pour le chauffage des flacons d'adsorption dans l'opération de désorption