

---

---

**Technique du vide — Pompes  
turbomoléculaires — Mesurage des  
caractéristiques fonctionnelles**

*Vacuum technology — Turbomolecular pumps — Measurement of  
performance characteristics*

**iTeh STANDARD PREVIEW**  
**(standards.iteh.ai)**

[ISO 5302:2003](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/ffd5b19f-1376-4c8f-a188-57b1e82cb06e/iso-5302-2003)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/ffd5b19f-1376-4c8f-a188-57b1e82cb06e/iso-5302-2003>



**PDF – Exonération de responsabilité**

Le présent fichier PDF peut contenir des polices de caractères intégrées. Conformément aux conditions de licence d'Adobe, ce fichier peut être imprimé ou visualisé, mais ne doit pas être modifié à moins que l'ordinateur employé à cet effet ne bénéficie d'une licence autorisant l'utilisation de ces polices et que celles-ci y soient installées. Lors du téléchargement de ce fichier, les parties concernées acceptent de fait la responsabilité de ne pas enfreindre les conditions de licence d'Adobe. Le Secrétariat central de l'ISO décline toute responsabilité en la matière.

Adobe est une marque déposée d'Adobe Systems Incorporated.

Les détails relatifs aux produits logiciels utilisés pour la création du présent fichier PDF sont disponibles dans la rubrique General Info du fichier; les paramètres de création PDF ont été optimisés pour l'impression. Toutes les mesures ont été prises pour garantir l'exploitation de ce fichier par les comités membres de l'ISO. Dans le cas peu probable où surviendrait un problème d'utilisation, veuillez en informer le Secrétariat central à l'adresse donnée ci-dessous.

**iTeh STANDARD PREVIEW**  
**(standards.iteh.ai)**

[ISO 5302:2003](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/ffd5b19f-1376-4c8f-a188-57b1e82cb06e/iso-5302-2003)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/ffd5b19f-1376-4c8f-a188-57b1e82cb06e/iso-5302-2003>

© ISO 2003

Droits 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 l'accord écrit de l'ISO à l'adresse ci-après ou du 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

Avant-propos .....	iv
<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>Symboles et termes abrégés</b> .....	<b>3</b>
<b>5</b> <b>Appareils pour le mesurage du débit-volume (vitesse de pompage)</b> .....	<b>4</b>
<b>5.1</b> <b>Dôme d'essai pour la méthode de débit: pression à l'aspiration &gt; 10<sup>-4</sup> Pa (10<sup>-6</sup> mbar)</b> .....	<b>4</b>
<b>5.2</b> <b>Dôme d'essai pour la méthode par conductance standard: pressions à l'aspiration &lt; 10<sup>-4</sup> Pa (10<sup>-6</sup> mbar)</b> .....	<b>4</b>
<b>5.3</b> <b>Manomètres</b> .....	<b>5</b>
<b>6</b> <b>Procédures et méthodes d'essai</b> .....	<b>5</b>
<b>6.1</b> <b>Principe</b> .....	<b>5</b>
<b>6.2</b> <b>Mesure des pressions partielles</b> .....	<b>5</b>
<b>6.3</b> <b>Dimension de la pompe primaire</b> .....	<b>6</b>
<b>6.4</b> <b>Débit-volume (vitesse de pompage)</b> .....	<b>6</b>
<b>6.5</b> <b>Méthodes de mesurage du débit-volume (vitesse de pompage)</b> .....	<b>6</b>
<b>6.6</b> <b>Procédure d'essai</b> .....	<b>7</b>
<b>6.7</b> <b>Débit maximum</b> .....	<b>10</b>
<b>6.8</b> <b>Pression critique de refoulement</b> .....	<b>10</b>
<b>6.9</b> <b>Pression minimale de fonctionnement</b> .....	<b>11</b>
<b>6.10</b> <b>Taux de compression</b> .....	<b>12</b>
<b>6.11</b> <b>Vibrations</b> .....	<b>13</b>
<b>7</b> <b>Rapport d'essai: paramètres supplémentaires</b> .....	<b>13</b>
<b>Annex A</b> (informative) <b>Relation entre les Équations (1) et (2)</b> .....	<b>15</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 (CEI) en ce qui concerne la normalisation électrotechnique.

Les Normes internationales sont rédigées conformément aux règles données dans les Directives ISO/CEI, Partie 2.

La tâche principale des comités techniques est d'élaborer les Normes internationales. 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.

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.

L'ISO 5302 a été élaborée par le comité technique ISO/TC 112, *Technique du vide*, sous-comité SC 3, *Pompe à vide — Caractéristiques*.

**iTeh STANDARD PREVIEW**  
**(standards.iteh.ai)**

[ISO 5302:2003](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/ffd5b19f-1376-4c8f-a188-57b1e82cb06e/iso-5302-2003)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/ffd5b19f-1376-4c8f-a188-57b1e82cb06e/iso-5302-2003>

# Technique du vide — Pompes turbomoléculaires — Mesurage des caractéristiques fonctionnelles

## 1 Domaine d'application

La présente Norme internationale spécifie des méthodes pour le mesurage des caractéristiques fonctionnelles des pompes turbomoléculaires. Elle est applicable à toutes les dimensions et tous les types de pompes turbomoléculaires

- a) avec paliers mécaniques ou magnétiques, et
- b) avec ou sans étage supplémentaire à entraînement mécanique.

NOTE Étant donné que les pompes turbomoléculaires sont accouplées à des pompes primaires, leurs caractéristiques ne peuvent pas être complètement définies sans posséder, en plus de la courbe de débit-volume en fonction de la pression d'aspiration, les données suivantes:

- la courbe de débit d'aspiration,
  - la courbe de rapport de compression, et
  - la courbe de variation de la pression d'entrée, [ISO 5302:2003](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/ffd5b19f-1376-4c8f-a188-57b2e82cb06e/iso-5302-2003)  
<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/ffd5b19f-1376-4c8f-a188-57b2e82cb06e/iso-5302-2003>
- sur toute la plage concernée et pour divers gaz.

## 2 Références normatives

Les documents de référence suivants sont indispensables pour l'application 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 3529-2, *Technique du vide — Vocabulaire — Partie 2: Pompes à vide et termes associés*

## 3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions donnés dans l'ISO 3529-2 ainsi que les suivants s'appliquent.

### 3.1

#### pression de refoulement critique

$p_c$

valeur maximale de la pression de refoulement  $p_2$  pour laquelle la pompe conserve un taux de compression  $p_2/p_1 \geq 2$  avec le débit de gaz de purge ouvert

NOTE  $p_1$  est la (haute) pression sous vide à l'entrée.

### 3.2

#### débit d'aspiration maximum

$Q_{\max}$

débit d'aspiration maximum, en pascal litre par seconde (Pa·l/s) [millibar litre par seconde (mbar·l/s)], qui peut être pompé en continu sans endommager ni détruire la pompe

NOTE Le facteur limitatif dépend de la conception de la pompe. Dans la plupart des cas il correspondra à une température maximale à un emplacement donné dans la pompe. La valeur de  $Q_{\max}$  dépend du gaz pompé, de la pompe primaire utilisée, des conditions de refroidissement, etc.

### 3.3

#### débit-volume

$q_V$

dans des conditions idéales, le débit volume est le volume de gaz s'écoulant par unité de temps depuis le dôme d'essai à travers l'entrée de la pompe

NOTE 1 Toutefois, pour des considérations pratiques, le débit-volume d'une pompe donnée et pour un gaz donné est, par convention, considéré comme le quotient du débit de ce gaz par la pression d'équilibre en un point déterminé. Les unités adoptées pour le débit-volume sont le mètre cube par heure (m<sup>3</sup>/h) ou le litre par seconde (l/s).

NOTE 2 Le terme «vitesse de pompage» et le symbole « $S$ » sont quelquefois utilisés à la place de «débit-volume».

### 3.4

#### pression limite

valeur vers laquelle tend asymptotiquement la pression dans le dôme d'essai

NOTE 1 C'est la pression la plus basse que l'on peut obtenir avec la pompe.

NOTE 2 Il est recommandé de ne pas donner les valeurs de pression limite dans les spécifications du fabricant. En conséquence, il n'est pas donné dans ce document de procédure pour mesurer la pression limite. Toutefois, si le fabricant indique une pression limite, il convient que les conditions opératoires dans lesquelles le mesurage est réalisé soient indiquées.

ISO 5302:2003  
<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/fd5b19f-1376-4c8f-a188-57b1e82cb06e/iso-5302-2003>

### 3.5

#### pression minimale de fonctionnement

$p_0$

pression obtenue dans le dôme 48 h après la procédure d'étuvage

### 3.6

#### taux de compression

$K_{\text{eff}}$

rapport de la pression de refoulement  $p_2$  par la pression à l'aspiration  $p_1$  d'une pompe turbomoléculaire

$$K_{\text{eff}} = p_2/p_1$$

NOTE Pour obtenir le taux de compression à débit zéro,  $K_0$ , pour un gaz donné, il convient que la pression partielle de ce gaz dans le conduit de refoulement soit d'au moins 90 % de  $p_2$ .

### 3.7

#### pression maximale de travail

$p_{1\max}$

pression la plus élevée du côté de l'aspiration que la pompe turbomoléculaire et le dispositif d'entraînement peuvent supporter sans être endommagé

#### 4 Symboles et termes abrégés

Symbole	Désignation	Unité
$C$	conductance	$\text{m}^3/\text{s}$ (= $10^3$ l/s)
$d$	diamètre de l'orifice	m
$D$	diamètre nominal du dôme d'essai	m
$K_{\text{eff}}$	taux de compression d'une pompe à vide	—
$K_{\text{eff, a}}, K_{\text{eff, b}}$	valeurs spéciales du taux de compression	—
$K_0$	taux de compression à débit nul	—
$L$	épaisseur de la paroi d'orifice	m
$M$	masse moléculaire d'un gaz	kg/mol
$p_0$	pression minimale de fonctionnement à l'aspiration	Pa (ou mbar)
$p_1$	pression sous vide (haute) à l'aspiration	Pa (ou mbar)
$p_{1\text{max}}$	pression maximale de travail à l'aspiration	Pa (ou mbar)
$p_2$	pression sous vide au refoulement	Pa (ou mbar)
$p_a, p_b$	valeurs spéciales de la pression	Pa (ou mbar)
$p_c$	pression critique de refoulement	Pa (ou mbar)
$Q$	débit de la pompe à vide	Pa·l/s (ou mbar·l/s)
$Q_0$	débit de fuite	Pa·l/s (ou mbar·l/s)
$Q_T$	débit d'essai	Pa·l/s (ou mbar·l/s)
$Q_{\text{max}}$	débit maximum	Pa·l/s (ou mbar·l/s)
$Q_1, Q_2$	valeurs spéciales de débit	Pa·l/s (ou mbar·l/s)
$R$	constante des gaz parfaits	N·m/mol·K
$q_V$	débit-volume	l/s
$q_{V0}$	débit-volume à $K_{\text{eff}} = 1$	l/s
$q_{VB}$	débit-volume au refoulement de la pompe primaire	l/s
$q_{Vx}$	débit-volume maximal attendu (voir 6.3)	l/s
$T$	température absolue	K

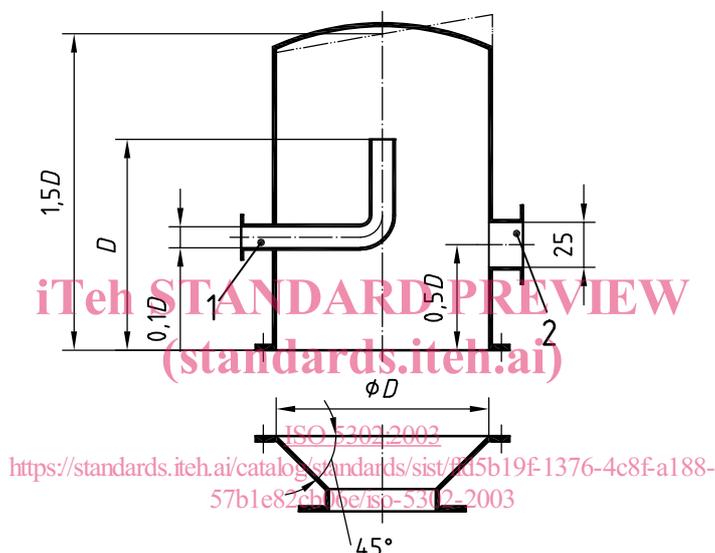
## 5 Appareils pour le mesurage du débit-volume (vitesse de pompage)

### 5.1 Dôme d'essai pour la méthode de débit: pressions à l'aspiration $> 10^{-4}$ Pa ( $10^{-6}$ mbar)

Pour le mesurage, il faut utiliser un dôme d'essai conforme à la Figure 1, dont le diamètre nominal  $D$  est le même que celui de l'entrée de la pompe. La surface du dôme opposée à la bride d'aspiration peut être plate, conique ou légèrement incurvée avec la même hauteur moyenne au-dessus du plan de la bride que la surface plane. Le dôme d'essai doit être équipé avec un dispositif d'étuvage assurant que le dôme est chauffé uniformément pour obtenir la pression minimale de fonctionnement.

Pour les pompes ayant un diamètre de bride à l'aspiration inférieur au diamètre nominal DN 100, le diamètre du dôme doit être DN 100. La transition vers la bride d'aspiration de la pompe doit se faire à l'aide d'un adaptateur conique à  $45^\circ$ , aussi court que possible, conformément à la Figure 1.

Dimensions en millimètres



#### Légende

- 1 aspiration du gaz
- 2 raccord pour le manomètre à vide

Figure 1 — Dôme d'essai pour la méthode de débit

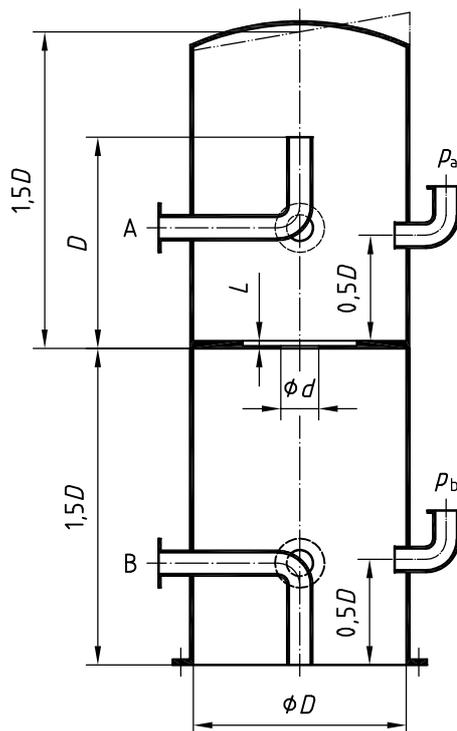
### 5.2 Dôme d'essai pour la méthode par conductance standard: pressions à l'aspiration $< 10^{-4}$ Pa ( $10^{-6}$ mbar)

Le dôme d'essai doit être cylindrique et conforme à la Figure 2. Le dôme d'essai doit être équipé avec un dispositif d'étuvage assurant que le dôme est chauffé uniformément pour obtenir la pression minimale de fonctionnement.

Il faut choisir le diamètre de l'orifice de la paroi mince en fonction du débit-volume attendu et qu'il soit tel que le rapport des pressions mesurées  $p_a$  et  $p_b$  est compris entre 3 et 50. Il faut prendre des dispositions pour s'assurer qu'à la pression d'aspiration  $p_1$ , le libre parcours moyen des molécules de gaz n'est pas plus petit que le diamètre  $d$  de l'orifice.

Pour les pompes ayant un diamètre de bride à l'aspiration inférieur au diamètre nominal DN 100, le diamètre du dôme doit être DN 100. La transition vers la bride d'aspiration de la pompe doit se faire à l'aide d'un adaptateur conique à  $45^\circ$ , aussi court que possible, conformément à la Figure 1.

Pour les pompes ayant un diamètre de bride à l'aspiration supérieur à DN 100, il faut que le diamètre nominal  $D$  du dôme soit égal au diamètre réel de la bride d'aspiration.



**Figure 2 — Dôme d'essai pour la méthode par conductance standard**  
(standards.iteh.ai)

### 5.3 Manomètres

ISO 5302:2003

Il faut que les mesurages de la pression totale soient réalisés en utilisant des manomètres étalonnés avec une précision de 5 % pour des pressions supérieures à  $10^{-4}$  Pa ( $10^{-6}$  mbar) ou de 10 % pour des pressions inférieures à cette valeur.

Après réalisation des essais, il convient que l'étalonnage du (des) manomètre(s) à vide soit vérifié, par exemple sur place avec un manomètre étalon.

Avec le dôme d'essai (5.2), on peut s'assurer de l'acceptabilité du manomètre en fixant en B une canalisation d'admission des gaz dirigée vers l'orifice de la pompe dans la partie inférieure du dôme (Figure 2). Il faut que la vanne de réglage pour l'admission du gaz dans cette ligne de canalisation soit ouverte afin d'obtenir approximativement la pression désirée. Après stabilisation, il faut que les manomètres aux points  $p_a$  et  $p_b$  donnent les mêmes indications. Dans le cas contraire, la correction requise peut être déduite de ces résultats.

## 6 Procédures et méthodes d'essai

### 6.1 Principe

Les mesurages sont réalisés avec du gaz pour essais de pureté 99,9 % (en masse): azote, hydrogène, hélium et argon.

### 6.2 Mesure des pressions partielles

Pour la mesure de la pression de refoulement, on peut utiliser un manomètre complété par un piège. Pour la mesure de la pression à l'aspiration un analyseur de gaz à pression partielle complété par un manomètre à pression totale peuvent être employés.

Il faut que les analyseurs de gaz à pression partielle utilisés à l'aspiration de la pompe aient un pouvoir de séparation suffisant dans une plage de masses de 1 à 100.

### 6.3 Dimension de la pompe primaire

Le débit-volume effectif,  $q_V$ , d'une pompe turbomoléculaire dépend du débit-volume  $q_{V0}$ , à une différence de pression nulle ( $p_1 = p_2$ ) du taux de compression  $K_0$  à débit zéro ( $Q = 0$ ) et du débit-volume  $q_{VB}$  de la pompe primaire selon la relation

$$q_V = q_{V0} \left( \frac{K_0 - q_V/q_{VB}}{K_0 - 1} \right) \quad (1)$$

qui peut être résolue pour donner

$$q_V = \frac{q_{V0}}{1 - 1/K_0 + q_{V0}/(K_0 \cdot q_{VB})} \quad (2)$$

Voir l'Annexe A pour la relation entre ces équations.

Pour les petites valeurs de  $K_0$  (par exemple hydrogène:  $K_0 \approx 1\,000$ ) le débit-volume d'une pompe turbomoléculaire est influencé par la taille de la pompe primaire. Cette influence peut être considérée comme minimale si la pompe primaire est utilisée avec un débit-volume  $q_{VB}$  déduit de

$$\frac{q_{Vx}}{q_{VB}} < 0,05 K_0 \quad \text{ou} \quad q_{VB} > 20 \left( \frac{q_{Vx}}{K_0} \right) \quad (3)$$

pour l'ensemble de la plage de pression, où  $q_{Vx}$  est le débit-volume maximum attendu de la pompe turbomoléculaire.

(standards.iteh.ai)

À partir de l'Équation (3), le choix d'une pompe primaire appropriée peut être fait pour un gaz avec une valeur connue de  $K_0$  issue des spécifications de la pompe turbomoléculaire.

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/f1d5b19f-1376-4c8f-a188-57b1e82cb06e/iso-5302-2003>

### 6.4 Débit-volume (vitesse de pompage)

Dans des conditions idéales, le débit-volume est le volume de gaz qui s'écoule du dôme d'essai dans l'aspiration de la pompe par unité de temps. Toutefois, pour des raisons pratiques, le débit-volume d'une pompe donnée et pour un gaz donné est pris conventionnellement comme égal au rapport du débit de ce gaz et de la pression d'équilibre en un point donné.

Les unités adoptées pour le débit-volume  $q_V$  sont le mètre cube par heure ( $\text{m}^3/\text{h}$ ) ou le litre par seconde ( $\text{l/s}$ ).

### 6.5 Méthodes de mesurage du débit-volume (vitesse de pompage)

#### 6.5.1 Méthode pour des pressions à l'aspiration $> 10^{-4}$ Pa ( $10^{-6}$ mbar): méthode du débit

La méthode adoptée pour le mesurage du débit-volume  $q_V$  est la méthode à pression constante pour laquelle le débit de gaz,  $Q$ , est mesuré à l'extérieur du dôme. Si la pression  $p_1$  dans le dôme d'essai, qui est mesurée avec un manomètre à vide dans une zone déterminée (Figure 1), est maintenue constante, le débit-volume  $q_V$  est obtenu par la relation

$$q_V = \frac{Q}{p_1 - p_0} \quad (4)$$

où  $p_0$  est la pression minimale de fonctionnement dans le dôme d'essai (voir 6.9).

Cette limite de pression peut être modifiée vers des pressions plus basses, si la précision du débitmètre est appropriée.

### 6.5.2 Méthode pour des pressions à l'aspiration <math>10^{-4}</math> Pa (<math>10^{-6}</math> mbar): méthode par conductance standard

La méthode adoptée pour le mesurage du débit-volume  $q_V$  est la méthode à pression constante connue sous le nom de «méthode par conductance standard» dans laquelle une plaque mince percée divise le dôme d'essai en deux volumes (Figure 2). Si la pression est mesurée dans chaque volume au moyen de manomètres ayant la même sensibilité, le débit-volume est alors donné par la relation

$$q_V = C \left( \frac{p_a - p_{0a}}{p_b - p_{0b}} - 1 \right) \quad (5)$$

où  $C$  est la conductance calculée prenant en compte la dimension de l'orifice et des propriétés du gaz. Les pressions  $p_{0a}$  et  $p_{0b}$  sont mesurées à l'intérieur du dôme avant l'admission du gaz. La conductance de l'orifice de diamètre  $d$  et d'épaisseur  $L$  peut être calculée en utilisant la formule suivante:

$$C = \sqrt{\frac{\pi RT}{32M}} \left( \frac{1}{1+L/d} \right) d^2 \quad (6)$$

Le terme  $1/(1+L/d)$  est un facteur de correction qui peut être défini comme la probabilité de débit moyen.

La formule doit être appliquée avec des unités convergentes. Les valeurs constantes telles que

$$R = 8,314 \text{ N}\cdot\text{m}/(\text{mol}\cdot\text{K})$$

$$M_{\text{air}} = 28,8 \times 10^{-3} \text{ kg/mol}$$

$$T = 293 \text{ K} = 20 \text{ }^\circ\text{C}$$

donneront

$$C_{\text{air}} = 91 d^2 / (1+L/d), \text{ exprimé en m}^3/\text{s}$$

ou

$$C_{\text{air}} = 91\,000 d^2 / (1+L/d), \text{ exprimé en l/s}$$

où  $L$  et  $d$  sont mesurés en mètres.

## 6.6 Procédure d'essai

### 6.6.1 Essai par méthode de débit: pressions à l'aspiration >math>10^{-4}</math> Pa (>math>10^{-6}</math> mbar)

La disposition de l'équipement de mesurage avec le dôme d'essai de la Figure 1 est donnée à la Figure 3. En premier lieu, la vanne 5 étant fermée, il faut que la pression minimale de fonctionnement règne dans le dôme d'essai (voir 3.4). Ensuite le gaz est admis dans le dôme d'essai par la vanne 5 réglable. Les mesures sont faites avec des pressions croissantes à partir d'une valeur seuil permettant l'utilisation correcte de l'appareil de mesure du débit 6.