
**Gaz naturel — Mesurage des
caractéristiques — Caractéristiques
volumétriques: masse volumique,
pression, température et facteur de
compression**

*Natural gas — Measurement of properties — Volumetric properties:
density, pressure, temperature and compression factor*

(standards.iteh.ai)

[ISO 15970:2008](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/9d870369-1f5e-4683-a40a-305d288bea35/iso-15970-2008)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/9d870369-1f5e-4683-a40a-305d288bea35/iso-15970-2008>



iTeh STANDARD PREVIEW (standards.iteh.ai)

ISO 15970:2008

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/9d870369-1f5e-4683-a40a-305d288bea35/iso-15970-2008>



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
Web www.iso.org

Version française parue en 2013

Publié en Suisse

Sommaire

Page

Avant-propos.....	v
Introduction.....	vi
1 Domaine d'application.....	1
2 Références normatives	2
3 Termes et définitions.....	2
3.1 Termes et définitions pour la masse volumique aux conditions de référence.....	2
3.2 Termes et définitions pour la masse volumique aux conditions de fonctionnement	3
3.3 Termes et définitions pour la pression	4
3.4 Termes et définitions pour la température.....	4
3.5 Termes et définitions pour le facteur de compression.....	4
4 Symboles et unités	5
4.1 Symboles et indices pour la masse volumique aux conditions de référence.....	5
4.2 Symboles et indices pour la masse volumique aux conditions de fonctionnement.....	5
4.3 Symboles et indices pour le facteur de compression	6
5 Masse volumique dans les conditions de référence.....	6
5.1 Principe de mesure.....	6
5.2 Essais d'évaluation de la performance et essais de réception.....	10
5.3 Lignes directrices pour l'échantillonnage et l'installation	11
5.4 Étalonnage.....	11
5.5 Vérification	12
5.6 Maintenance	12
5.7 Contrôle qualité.....	12
6 Masse volumique dans les conditions de fonctionnement.....	12
6.1 Principe de mesure.....	12
6.2 Essais d'évaluation de la performance et essais de réception.....	14
6.3 Lignes directrices pour l'échantillonnage et l'installation	16
6.4 Étalonnage.....	21
6.5 Vérification	21
6.6 Maintenance	22
6.7 Contrôle qualité.....	22
7 Pression.....	23
7.1 Principe de mesure.....	23
7.2 Essais d'évaluation de la performance et essais de réception.....	25
7.3 Lignes directrices pour l'installation	25
7.4 Étalonnage.....	29
7.5 Vérification	30
7.6 Maintenance	30
7.7 Contrôle qualité.....	30
8 Température	30
8.1 Principe de mesure.....	30
8.2 Essais d'évaluation de la performance et essais de réception.....	31
8.3 Lignes directrices pour l'installation	32
8.4 Étalonnage.....	35
8.5 Vérification	35
8.6 Maintenance	36
8.7 Contrôle qualité.....	36
9 Facteur de compression	36
9.1 Principe de mesure.....	36
9.2 Principe de fonctionnement	36

9.3	Essais d'évaluation de la performance et essais de réception	39
9.4	Lignes directrices pour l'échantillonnage et l'installation	40
9.5	Étalonnage	40
9.6	Vérification	41
9.7	Maintenance	41
9.8	Contrôle qualité	42
Annexe A (informative) Lignes directrices pour la sélection de l'instrument, les essais de l'instrument et les modes opératoires.....		43
Annexe B (informative) Documentation de l'instrument.....		46
Bibliographie.....		48

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

ISO 15970:2008

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/9d870369-1f5e-4683-a40a-305d288bea35/iso-15970-2008>

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 15970 a été élaborée par le comité technique ISO/TC 193, *Gaz naturel*.

ITEH STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

ISO 15970:2008

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/9d870369-1f5e-4683-a40a-305d288bea35/iso-15970-2008>

Introduction

Le transport de gaz naturel peut impliquer le passage de frontières nationales; au niveau des stations de comptage frontalières et ailleurs, la connaissance des caractéristiques physico-chimiques du fluide est d'une grande importance opérationnelle et économique. Le débit énergétique et les caractéristiques du gaz sont requis à plusieurs étapes du processus global de production et de comptage: production, mélange, transport, comptage, distribution et approvisionnement.

La normalisation internationale des spécifications de performance pour différents types d'instruments de mesure peut faciliter la comparaison des résultats de mesurage pour les partenaires contractants et accroître la confiance en ces résultats. Dans de nombreux cas, il est possible de calculer les caractéristiques du gaz naturel, avec une précision suffisante, à partir de la composition. Cependant, il est souvent possible d'en mesurer les propriétés en utilisant des techniques dont la mise en œuvre ne nécessite pas une analyse de la composition.

La présente Norme internationale ne considère que les méthodes pour la détermination des caractéristiques physiques du gaz naturel, qui ne s'appuient pas sur une analyse détaillée des composants du gaz. Ces mesurages prennent en compte l'échantillon « entier » du gaz.

La présente Norme internationale définit les caractéristiques de performance qui sont nécessaires pour spécifier l'appareillage destiné à mesurer un certain nombre de caractéristiques du gaz naturel. Elle fournit des lignes directrices pour l'installation, l'étalonnage traçable, la performance, le fonctionnement, la maintenance et les essais de réception de ces instruments de mesure.

Le principe de mesure des diverses caractéristiques incluses dans la présente Norme internationale est illustré par des exemples d'applications.

L'étalonnage des instruments traités dans la présente Norme internationale doit être raccordable à des étalons nationaux ou internationaux.

Les instruments de mesure, y compris leur installation et les dispositifs utilisés pour l'étalonnage sur le terrain, la vérification et la maintenance, doivent être conformes aux réglementations locales relatives à l'utilisation en zones dangereuses.

L'Annexe A donne des lignes directrices générales pour la sélection des instruments, les essais d'instrument et les modes opératoires des instruments examinés dans la présente Norme internationale.

L'Annexe B fournit une liste des données particulièrement importantes pour la documentation des instruments.

Gaz naturel — Mesurage des caractéristiques — Caractéristiques volumétriques : masse volumique, pression, température et facteur de compression

1 Domaine d'application

La présente Norme internationale spécifie les exigences et les modes opératoires relatifs au mesurage des caractéristiques du gaz naturel qui sont principalement utilisées pour le calcul et la conversion des volumes: masse volumique dans les conditions de référence et du réseau, pression, température et facteur de compression.

Seuls sont pris en compte les méthodes et les instruments qui conviennent au fonctionnement sur le terrain dans les conditions de transport et de distribution du gaz naturel, installés dans le réseau (à l'intérieur de la conduite ou montés sur celle-ci), et qui n'impliquent pas la détermination de la composition du gaz.

La présente Norme internationale donne des exemples d'instruments actuellement utilisés, disponibles dans le commerce et présentant un intérêt pour l'industrie du gaz naturel.

NOTE Une attention particulière est requise pour les exigences relatives à l'agrément des agences d'autorisation nationales et les réglementations nationales concernant l'utilisation de ces dispositifs à des fins de transaction commerciale ou officielle.

La masse volumique dans les conditions de référence (parfois appelée « masse volumique normale », « masse volumique standard » voire « masse volumique de base ») est requise pour la conversion des données volumiques et peut être utilisée pour d'autres caractéristiques physiques.

La masse volumique dans les conditions de fonctionnement est mesurée en vue du mesurage du débit massique et de la conversion de volume en utilisant la masse volumique aux conditions opératoires observée et elle peut être utilisée pour d'autres caractéristiques physiques. La présente Norme internationale couvre les transducteurs de masse volumique à base d'éléments vibrants, normalement adaptés aux plages de mesure allant de 5 kg/m^3 à 250 kg/m^3 .

Le mesurage de pression concerne les transmetteurs de pression différentielle, relative et absolue. Il tient compte des transmetteurs tant analogiques qu'intelligents (c'est-à-dire les instruments utilisant des microprocesseurs) et, sauf spécification contraire, les paragraphes correspondants se rapportent à des transmetteurs de pression différentielle, absolue et relative, sans distinction.

Les mesurages de température dans le gaz naturel sont effectués dans la plage de conditions normales de transport et de distribution ($253 \text{ K} < T < 338 \text{ K}$). Dans ce champ d'application, des détecteurs de température à résistance (RTD) sont généralement utilisés.

Le facteur de compression (également appelé « facteur de compressibilité » ou « facteur de gaz réel », et auquel le symbole Z est attribué) apparaît notamment dans les équations de comptage du volume. En outre, la conversion d'un volume dans les conditions de mesurage en un volume dans les conditions de référence définies peut être effectuée correctement si l'on connaît précisément Z dans les conditions de température et de pression applicables.

2 Références normatives

Les documents ci-après, dans leur intégralité ou non, sont des références normatives indispensables à 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 2186, *Débit des fluides dans les conduites fermées — Liaisons pour la transmission du signal de pression entre les éléments primaires et secondaires.*

ISO 5167-1, *Mesure de débit des fluides au moyen d'appareils déprimogènes insérés dans des conduites en charge de section circulaire — Partie 1: Principes généraux et exigences générales.*

ISO 6976, *Gaz naturel — Calcul du pouvoir calorifique, de la masse volumique, de la densité relative et de l'indice de Wobbe à partir de la composition.*

ISO 10715, *Gaz naturel — Lignes directrices pour l'échantillonnage.*

ISO 12213-1, *Gaz naturel — Calcul du facteur de compression — Partie 1: Introduction et lignes directrices.*

CEI 60079-0, *Atmosphères explosives — Partie 0: Matériel — Exigences générales.*

CEI 60079-1, *Atmosphères explosives — Partie 1: Protection du matériel par enveloppes antidéflagrantes « d ».*

CEI 60079-11, *Atmosphères explosives — Partie 11: Protection du matériel par sécurité intrinsèque « i ».*

CEI 60079-14, *Atmosphères explosives — Partie 14: Conception, sélection et construction des installations électriques*

CEI/TR 60079-15, *Matériel électrique pour atmosphères explosives gazeuses — Partie 15: Construction, essais et marquage des matériels électriques du mode de protection « n ».* 15e-4683-a40a-305d288bea35/iso-15970-2008

CEI 60381-1, *Signaux analogiques pour systèmes de commande de processus — Partie 1: Signaux à courant continu.*

CEI 60381-2, *Signaux analogiques pour systèmes de commande de processus — Partie 2: Signaux en tension continue.*

CEI 60751, *Thermomètres à résistance de platine industriels et capteurs thermométriques en platine.*

CEI 60770-1, *Transmetteurs utilisés dans les systèmes de conduite des processus industriels — Partie 1: Méthodes d'évaluation des performances.*

3 Termes et définitions

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

3.1 Termes et définitions pour la masse volumique aux conditions de référence

3.1.1

masse volumique dans les conditions de référence

quotient de la masse d'un gaz par son volume, dans les conditions de référence spécifiées pour la pression et la température

3.1.2**densité relative dans les conditions de référence**

quotient de la masse d'un gaz contenu dans un volume arbitraire, par la masse d'air sec de composition normalisée conformément à l'ISO 6976, qui serait contenu dans un volume identique aux mêmes conditions de référence

3.2 Termes et définitions pour la masse volumique aux conditions de fonctionnement**3.2.1****masse volumique**

quotient de la masse d'un gaz par son volume, dans les conditions de pression et de température du réseau (conditions de fonctionnement)

3.2.2**transducteur de masse volumique à élément vibrant**

dispositif contenant un élément vibrant maintenu à sa fréquence propre, construit de manière à ce que l'élément contienne un gaz ou soit entouré de gaz, ce gaz et l'élément formant un système dans lequel la masse volumique du gaz est la caractéristique principale du gaz qui détermine la fréquence propre de l'élément

NOTE En première approximation, la fréquence propre est déterminée par la masse volumique du gaz.

3.2.3**constantes principales du transducteur de masse volumique**

constantes qui, en première approximation, définissent la relation entre la fréquence propre de l'élément vibrant et la masse volumique du gaz

3.2.4**masse volumique brute**

masse volumique déterminée à partir de la fréquence de vibration d'un transducteur de masse volumique à élément vibrant, en utilisant les constantes principales du transducteur avant l'application d'éventuelles corrections de température, de pression et de composition

3.2.5**constantes correctives du transducteur de masse volumique**

constantes applicables à un transducteur de masse volumique pour corriger l'écart entre la condition d'étalonnage sous laquelle les constantes principales avaient été déterminées, et les conditions de fonctionnement

3.2.6**masse volumique corrigée en température**

masse volumique brute corrigée pour tenir compte de la différence entre la température à laquelle l'élément vibrant a été exposé en cours de fonctionnement et la température à laquelle le transducteur de masse volumique avait été étalonné

3.2.7**masse volumique corrigée en composition**

masse volumique corrigée en température afin de tenir compte de la différence de caractéristiques de gaz entre le gaz auquel l'élément vibrant est exposé en cours de fonctionnement et le gaz utilisé pour l'étalonnage

NOTE Normalement, la caractéristique du gaz applicable en l'occurrence est la vitesse du son et, de ce fait, ce terme est souvent remplacé par « masse volumique corrigée en vitesse du son ».

3.2.8**masse volumique du réseau**

masse volumique corrigée en composition afin de tenir compte de la différence entre les conditions de fonctionnement (pression et température, par exemple) auxquelles l'élément vibrant est exposé et les conditions de fonctionnement dans le réseau où la masse volumique est mesurée

3.3 Termes et définitions pour la pression

3.3.1

transmetteur de pression

dispositif sensible à une pression mesurée et délivrant un signal de transmission normalisé ayant une relation prescrite continue par rapport à la valeur de pression mesurée

3.3.2

limite inférieure de l'étendue de mesure

LRV

plus petite valeur de pression pour la mesure de laquelle un transmetteur est ajusté

3.3.3

limite supérieure de l'étendue de mesure

URV

plus grande valeur de pression pour la mesure de laquelle un transmetteur est ajusté

3.3.4

étendue de mesure

différence algébrique entre les limites supérieure et inférieure de l'étendue de mesure

3.3.5

pression statique

pression qui serait mesurée par un observateur ponctuel se déplaçant avec une particule du fluide

3.3.6

pression statique absolue

pression statique d'un fluide mesurée par rapport à un vide absolu

3.3.7

pression relative

différence entre la pression statique absolue d'un fluide et la pression atmosphérique à l'endroit et au moment du mesurage

iTeh STANDARD PREVIEW

(standards.iteh.ai)

ISO 15970:2008

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/9d870369-1f5e-4683-a40a-305d2880ca35/iso-15970-2008>

3.4 Termes et définitions pour la température

3.4.1

transmetteur de température

dispositif sensible à une température mesurée et délivrant un signal de transmission normalisé ayant une relation prescrite continue par rapport à la valeur de température mesurée

3.5 Termes et définitions pour le facteur de compression

3.5.1

méthode des moindres carrés

méthode utilisée pour calculer les coefficients de l'équation lorsqu'une forme d'équation particulière est choisie pour s'ajuster à une courbe de données

NOTE Le principe des moindres carrés est la minimisation de la somme des carrés des écarts des données par rapport à la courbe.

4 Symboles et unités

4.1 Symboles et indices pour la masse volumique aux conditions de référence

Symbole	Grandeur	Unité
k_Z	Rapport de $Z(p, T)$ et Z_n	—
p	Pression absolue	Pa
ρ	Masse volumique	kg/m ³
T	Température thermodynamique	K
Z	Facteur de compression	—
Indices		
A	Air standard	
m	Gaz mesuré/chambre de mesure	
n	Conditions de référence	
r	Chambre de référence	

4.2 Symboles et indices pour la masse volumique aux conditions de fonctionnement

Symbole	Grandeur	Unité
C	Vitesse du son	m/s
C_c	Vitesse du son dans le gaz d'étalonnage	m/s
C_g	Vitesse du son dans le gaz dans le transducteur de masse volumique	m/s
F	Fréquence	s ⁻¹
$K_1 K_2 K_N^a$	Constantes du transducteur de masse volumique	b
ρ	Masse volumique brute	kg/m ³
ρ_t	Masse volumique corrigée en température	kg/m ³
ρ_c	Masse volumique corrigée en composition	kg/m ³
ρ_L	Masse volumique du réseau	kg/m ³
T_c	Température d'étalonnage	K
t_c	Température d'étalonnage	°C
T_d	Température dans le transducteur de masse volumique	K
T_L	Température dans la conduite	K
t_d	Température dans le transducteur de masse volumique	°C
t_L	Température dans la conduite	°C
p_d	Pression dans le transducteur de masse volumique	Pa
p_L	Pression dans la conduite	Pa

^a Le nombre de constantes (n) peut varier pour les différents types de transducteurs de masse volumique. Les fabricants sont autorisés à utiliser un autre système de numérotation des constantes utilisées dans la présente Norme internationale.

^b L'unité des diverses constantes doit être telle que tous les termes des Équations (4) et (5) ressortent en kg/m³.

Indices	
L	Conduite
d	Transducteur de masse volumique

4.3 Symboles et indices pour le facteur de compression

Symbole	Grandeur	Unité
V_1	Volume du petit récipient dans le Z-mètre	m^3
V_2	Volume du grand récipient dans le Z-mètre	m^3
V_3	Somme des volumes V_1 et V_2	m^3
p_1	Pression dans la conduite	Pa
p_2	Pression avant détente	Pa
p_3	Pression après détente	Pa
Z_1	Facteur de compression aux conditions p_1 et T	—
Z_2	Facteur de compression aux conditions p_2 et T	—
Z_3	Facteur de compression aux conditions p_3 et T	—
k_V	Rapport des volumes V_2 et V_1	—
$B_1(T), B_2(T)$	Coefficients du polynôme du facteur de compression en fonction de la pression	a
T	Température du Z-mètre	K
t	Température du Z-mètre	°C
Z	Facteur de compression	—
k_Z	Rapport de $Z(p, T)$ et Z_n	—
a, b	Coefficients dans la fonction pour le transfert de température	—
e, f, g	Coefficients dans la fonction pour le transfert de pression	b

^a Les unités de $B(T)$ et $C(T)$ doivent être telles que tous les termes résultants dans les Équations (9) et (10) soient sans dimension.

^b Les unités de e, f et g doivent être telles que tous les termes résultants dans l'Équation (12) soient sans dimension.

ISO 15970:2008

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/9d870369-1f5e-4683-a40a-30c0c0c0c0c0>

Indices

i	Conditions initiales
f	Conditions finales
n	Conditions de référence

5 Masse volumique dans les conditions de référence

5.1 Principe de mesure

5.1.1 Généralités

La mesure de la masse volumique dans les conditions de référence repose sur deux principes fondamentaux:

- le mesurage direct, par exemple en déterminant la poussée hydrostatique d'un volume de gaz défini à l'aide d'un système à balance;
- le mesurage indirect, par exemple en déterminant la fréquence propre d'un élément vibrant, qui est influencée par la masse volumique du milieu dans lequel l'élément vibre.

5.1.2 Système à balance

L'appareil mesure la poussée hydrostatique d'une ampoule de verre scellée remplie de gaz, placée dans une atmosphère du gaz dont la masse volumique dans les conditions de référence doit être mesurée (voir Figure 1).

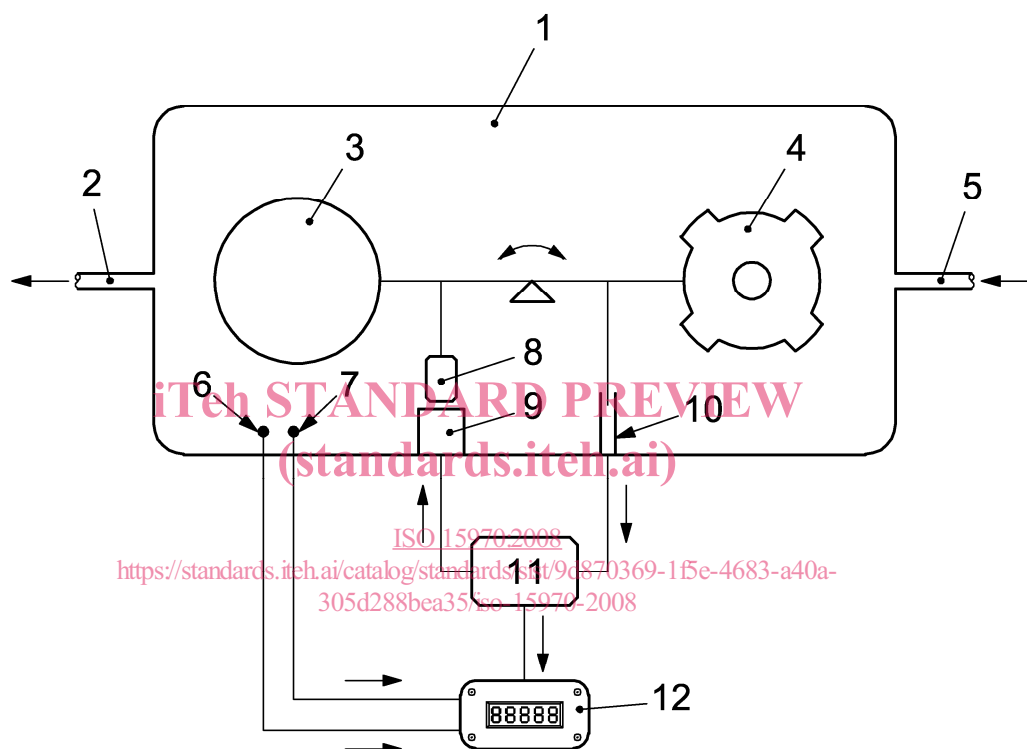
L'ampoule de verre est placée sur le fléau d'une balance avec une ampoule de verre ouverte comme contrepoids. Ce système de pesée est monté dans une chambre à travers laquelle circule le gaz soumis à

essai. Le déplacement du fléau de la balance ou la force requise pour compenser le déplacement peut être pris(e) comme une mesure de la masse volumique.

Un système de correction compense les fluctuations de température et de pression de la chambre de mesure.

5.1.3 Système à élément vibrant

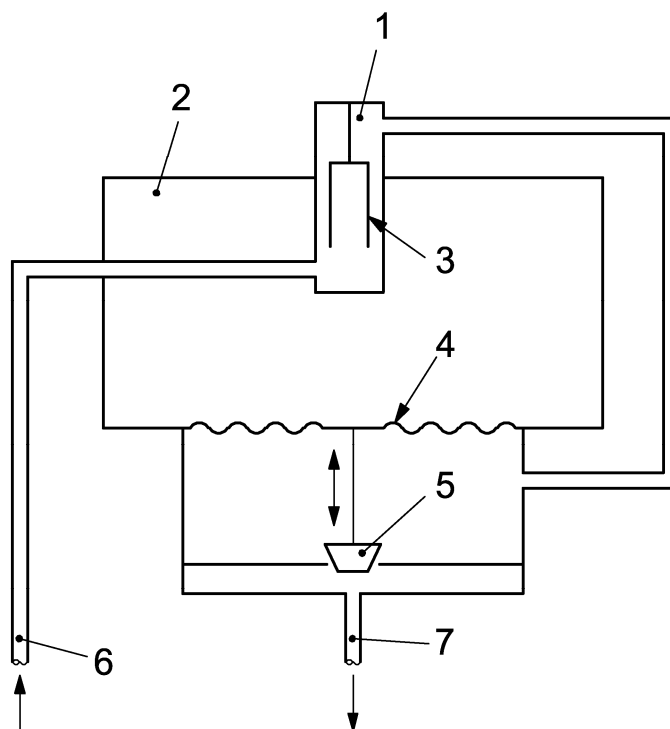
Deux systèmes différents sont couramment utilisés. Chacun comprend deux chambres. L'une, remplie d'un gaz de référence similaire au gaz à mesurer, est étanche par rapport à l'atmosphère. Le gaz soumis à essai circule en continu à travers l'autre chambre. Un égaliseur de pression garantit que la pression dans la chambre de mesure est égale à la pression dans la chambre de référence. Les logements des systèmes sont conçus de telle sorte que les deux chambres à gaz aient la même température (voir Figures 2 et 3).



Légende

- 1 logement de l'instrument
- 2 sortie de gaz
- 3 ampoule de verre scellée
- 4 ampoule de verre ouverte
- 5 entrée de gaz
- 6 capteur de pression
- 7 capteur de température
- 8 aimant
- 9 bobine compensatrice
- 10 capteur optique
- 11 régulateur PID
- 12 afficheur

Figure 1 — Système à balance pour mesurer la masse volumique d'un gaz



Légende

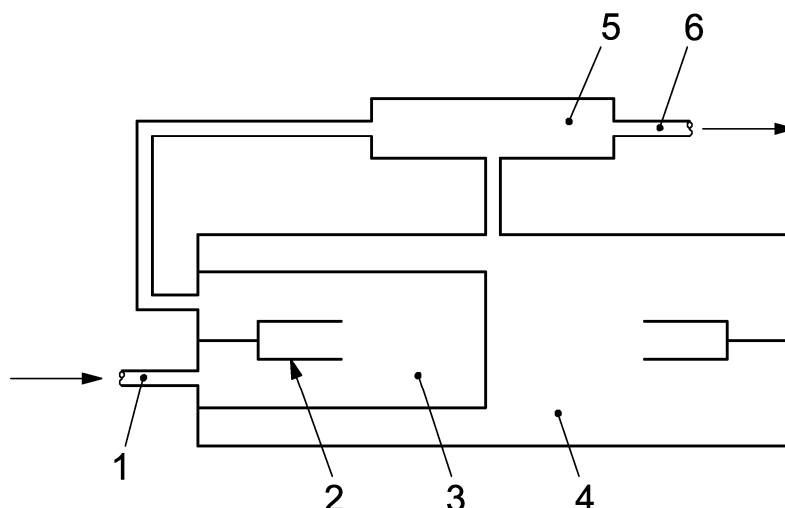
- 1 chambre de mesure
- 2 chambre de référence
- 3 élément vibrant
- 4 membrane
- 5 régulateur de pression
- 6 entrée de gaz
- 7 sortie de gaz

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

[ISO 15970:2008](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/9d870369-1f5e-4683-a40a-305d288bea35/iso-15970-2008)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/9d870369-1f5e-4683-a40a-305d288bea35/iso-15970-2008>

Figure 2 — Densitomètre à un seul élément vibrant



Légende

- 1 entrée de gaz
- 2 élément vibrant
- 3 chambre de mesure
- 4 chambre de référence
- 5 égaliseur de pression
- 6 sortie de gaz

iTeh STANDARD PREVIEW

Figure 3 — Densitomètre à deux éléments vibrants

En général, la masse volumique, ρ , est donnée par l'Équation (1):

$$\rho = \rho_n \frac{T_n}{T} \frac{p}{p_n} \frac{1}{k_z} \quad (1)$$

ISO 15970:2008
<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/9d870369-1f5e-4683-a40a-305d288bea35/iso-15970-2008>

où

p est la pression;

T est la température thermodynamique;

k_z est le rapport (Z/Z_n) des facteurs de compression;

n est l'indice correspondant aux valeurs dans les conditions de référence.

Avec l'égalité de pression et de température dans les chambres de référence (indice r) et de mesure (indice m), le quotient des masses volumiques respectives est donné par l'Équation (2):

$$\frac{\rho_m}{\rho_r} = \frac{\rho_{n,m}}{\rho_{n,r}} \frac{k_r}{k_m} \quad (2)$$

En prenant pour hypothèse que k_r/k_m est une constante, ce qui est une bonne approximation pour les basses pressions et signifie que les gaz sont similaires, le quotient des masses volumiques du gaz à mesurer et du gaz de référence est directement proportionnel à la masse volumique dans les conditions de référence et est déterminé à l'aide de l'Équation (3):