
**Analyse des gaz — Préparation des
mélanges de gaz pour étalonnage à l'aide
de méthodes volumétriques dynamiques —**

**Partie 7:
Régulateurs thermiques de débit-masse**

iTeh STANDARD PREVIEW

*Gas analysis — Preparation of calibration gas mixtures using dynamic
volumetric methods —*
(standards.iteh.ai)

Part 7: Thermal mass-flow controllers

[ISO 6145-7:2001](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/75d9d6bc-087e-4999-8817-4f17394b1248/iso-6145-7-2001)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/75d9d6bc-087e-4999-8817-4f17394b1248/iso-6145-7-2001>



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 6145-7:2001](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/75d9d6bc-087e-4999-8817-4f17394b1248/iso-6145-7-2001)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/75d9d6bc-087e-4999-8817-4f17394b1248/iso-6145-7-2001>

© ISO 2001

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 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.ch
Web www.iso.ch

Imprimé en Suisse

Sommaire

	Page
1 Domaine d'application	1
2 Références normatives	1
3 Principes	2
4 Préparation de mélanges de gaz	4
5 Calculs	6

Annexes

A Gaz mélangés au préalable pour la préparation de mélanges haute dilution	8
B Conseils pratiques	9
C Incertitude de la fraction volumique — Dérivation mathématique.....	10
Bibliographie.....	12

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

[ISO 6145-7:2001](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/75d9d6bc-087e-4999-8817-4f17394b1248/iso-6145-7-2001)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/75d9d6bc-087e-4999-8817-4f17394b1248/iso-6145-7-2001>

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 3.

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 de la présente partie de l'ISO 6145 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.

La Norme internationale ISO 6145-7 a été élaborée par le comité technique ISO/TC 158, *Analyse des gaz*.

L'ISO 6145 comprend les parties suivantes, présentées sous le titre général *Analyse des gaz — Préparation des mélanges de gaz pour étalonnage à l'aide de méthodes volumétriques dynamiques*:

- *Partie 1: Méthodes d'étalonnage*
- *Partie 2: Pompes volumétriques*
- *Partie 4: Méthode d'injection continue*
- *Partie 5: Dispositifs d'étalonnage par capillaires*
- *Partie 6: Orifices critiques*
- *Partie 7: Régulateurs thermiques de débit-masse*
- *Partie 9: Méthode par saturation*
- *Partie 10: Méthode par perméation*

La diffusion fera l'objet de la partie 8 de l'ISO 6145 qui sera élaborée ultérieurement. La partie 3 de l'ISO 6145, *Injections périodiques dans un flux gazeux*, a été annulée.

Les annexes A, B et C de la présente partie de l'ISO 6145 sont données uniquement à titre d'information.

Introduction

La présente partie de l'ISO 6145 fait partie d'une série de Normes internationales qui traitent des diverses méthodes volumétriques dynamiques utilisées pour la préparation des mélanges de gaz pour étalonnage.

iTeh STANDARD PREVIEW (standards.iteh.ai)

[ISO 6145-7:2001](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/75d9d6bc-087e-4999-8817-4f17394b1248/iso-6145-7-2001)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/75d9d6bc-087e-4999-8817-4f17394b1248/iso-6145-7-2001>

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

ISO 6145-7:2001

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/75d9d6bc-087e-4999-8817-4f17394b1248/iso-6145-7-2001>

Analyse des gaz — Préparation des mélanges de gaz pour étalonnage à l'aide de méthodes volumétriques dynamiques —

Partie 7: Régulateurs thermiques de débit-masse

1 Domaine d'application

La présente partie de l'ISO 6145 spécifie une méthode de production continue de mélanges de gaz à au moins deux constituants, à partir de gaz purs ou d'autres mélanges de gaz, en utilisant les régulateurs thermiques de débit massique existant sur le marché. En réglant les points de consigne des régulateurs de débit à des valeurs prédéterminées, il est possible de modifier la composition du mélange de gaz de manière rapide et variable en continu. En combinant avec soin les régulateurs thermiques de débit massique et en utilisant des gaz purs, on peut faire varier de 1 à 1 000 la fraction volumique que représente le constituant étudié dans le gaz de complément. L'incertitude élargie de mesurage, U , obtenue en multipliant l'incertitude type relative composée, par un facteur d'élargissement, $k = 2$, n'est pas supérieure à 2 %.

Si l'on utilise des mélanges de gaz préparés à l'avance à la place des gaz purs, il est possible d'obtenir des fractions molaires inférieures à 10^{-6} . Le mesurage du débit massique n'étant alors pas suffisamment précis, le régulateur de débit doit faire l'objet d'un étalonnage indépendant.

Cette méthode a pour principal mérite de permettre la préparation en continu d'un mélange de gaz en grande quantité, ainsi que de rendre la préparation de mélanges complexes aussi simple que celle de mélanges ne comptant que deux constituants, à condition d'utiliser le bon nombre de régulateurs thermiques de débit massique.

Des systèmes permettant le mélange des gaz à partir de régulateurs thermiques de débit massique existent dans le commerce, certains offrant la possibilité d'informatiser et d'automatiser les commandes.

2 Références normatives

Les documents normatifs suivants contiennent des dispositions qui, par suite de la référence qui y est faite, constituent des dispositions valables pour la présente partie de l'ISO 6145. Pour les références datées, les amendements ultérieurs ou les révisions de ces publications ne s'appliquent pas. Toutefois, les parties prenantes aux accords fondés sur la présente partie de l'ISO 6145 sont invitées à rechercher la possibilité d'appliquer les éditions les plus récentes des documents normatifs indiqués ci-après. Pour les références non datées, la dernière édition du document normatif en référence s'applique. Les membres de l'ISO et de la CEI possèdent le registre des Normes internationales en vigueur.

ISO 6143, *Analyse des gaz — Méthodes comparatives pour la détermination et la vérification de la composition des mélanges de gaz pour étalonnage.*

ISO 6145-1:1986, *Analyse des gaz — Préparation des mélanges de gaz pour étalonnage — Méthodes volumétriques dynamique — Partie 1: Méthodes d'étalonnage.*

3 Principes

3.1 Régulateur thermique de débit massique utilisant un générateur de courant constant

Pour préparer le mélange, chaque constituant gazeux sort du régulateur thermique de débit massique étalonné, à un débit contrôlé connu et à pression constante.

Un régulateur thermique de débit massique est constitué d'une unité de mesure du débit massique et d'une vanne de mélange à commande électronique.

Le débit gazeux traverse un dispositif de chauffage raccordé à un générateur de courant constant. Deux capteurs mesurent la température en amont et en aval du dispositif de chauffage.

Le schéma de la Figure 1 représente le dispositif de chauffage, les capteurs de température et les circuits qui leur sont associés. Les deux capteurs de température, situés l'un en amont, l'autre en aval du dispositif de chauffage, forment les deux résistors du circuit du pont de Wheatstone, réglé pour afficher «zéro» en l'absence de débit. Lorsqu'un flux gazeux passe dans le circuit, une différence de température, ΔT , se crée entre les deux capteurs, donnant un flux calorifique, Φ , calculé par la formule suivante:

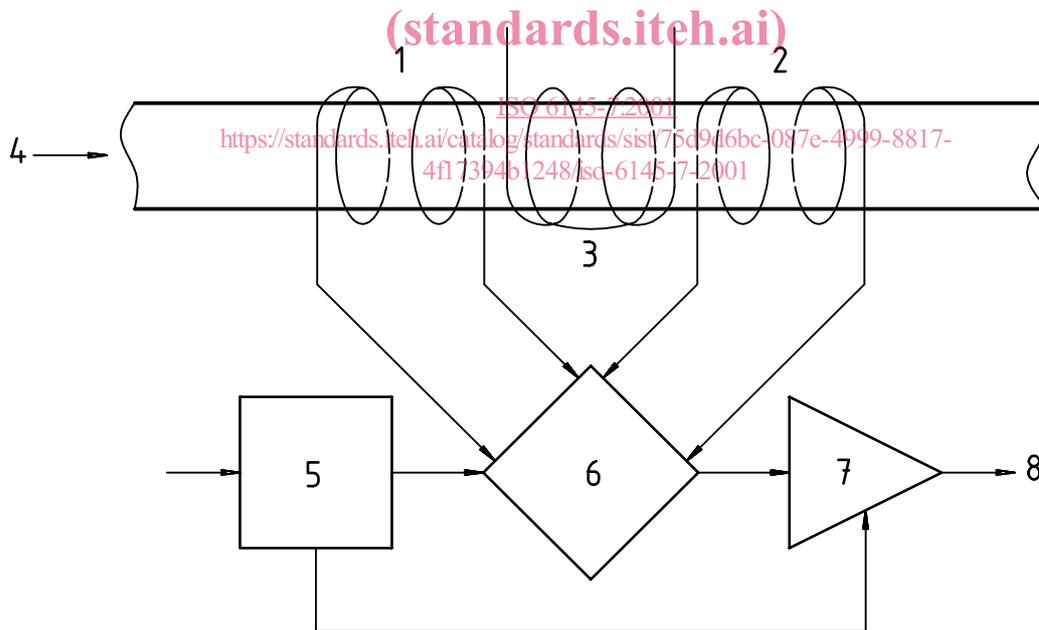
$$\Phi = C_p \Delta T q_m \tag{1}$$

où

C_p est la capacité calorifique par unité de masse (ou capacité calorifique molaire) du gaz à pression constante;

q_m est le débit massique.

La différence de température entre les capteurs est le résultat d'une différence de potentiel dans le circuit du pont de Wheatstone, ce qui envoie le signal de rupture d'équilibre dans le système de contrôle. Ce signal est comparé à une tension de référence réglable dans un amplificateur différentiel. Le signal de sortie qui en résulte actionne à son tour une vanne de réglage qui règle le débit du gaz.



Légende

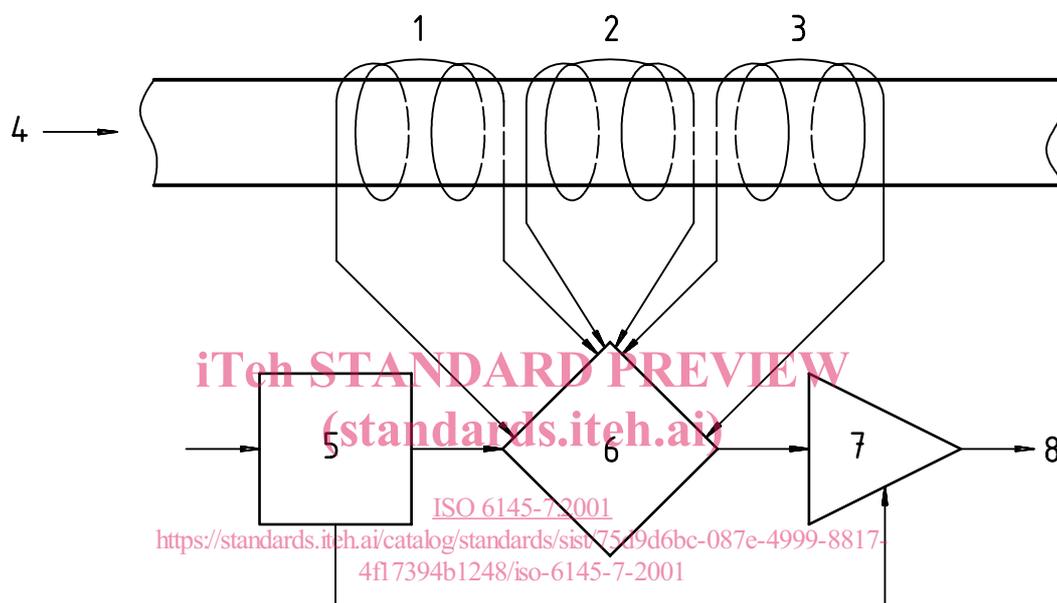
- 1 Capteur de température 1
- 2 Capteur de température 2
- 3 Dispositif de chauffage
- 4 Alimentation en gaz
- 5 Alimentation électrique
- 6 Pont de Wheatstone
- 7 Amplificateur différentiel
- 8 Affichage du signal

Figure 1 — Régulateur thermique de débit massique avec générateur de courant constant

3.2 Régulateur thermique de débit massique opérant à température constante

Dans le système représenté à la Figure 2, le gaz traverse trois dispositifs de chauffage montés en série, chacun d'eux étant raccordé à l'un des résistors du pont de Wheatstone autorégulateur. Ici, à l'inverse du premier cas où il s'agissait de mesurer une différence de température, la tension à l'entrée de chaque dispositif de chauffage permet une répartition uniforme de la température le long du circuit gaz. Le courant à la sortie du pont de Wheatstone est proportionnel à la perte calorifique, et donc, au débit massique du gaz. Le signal de sortie est à nouveau utilisé pour actionner la vanne solénoïde permettant de contrôler le débit massique.

La préparation de mélanges à constituants multiples implique souvent l'utilisation d'un régulateur de débit massique par constituant. Il existe des régulateurs à deux canaux qui peuvent être utilisés pour préparer des mélanges à deux constituants ou encore, des mélanges d'air avec un gaz donné.



Légende

- 1 Dispositif de chauffage 1
- 2 Dispositif de chauffage 2
- 3 Dispositif de chauffage 3
- 4 Alimentation en gaz
- 5 Alimentation électrique
- 6 Pont de Wheatstone
- 7 Amplificateur différentiel
- 8 Affichage du signal

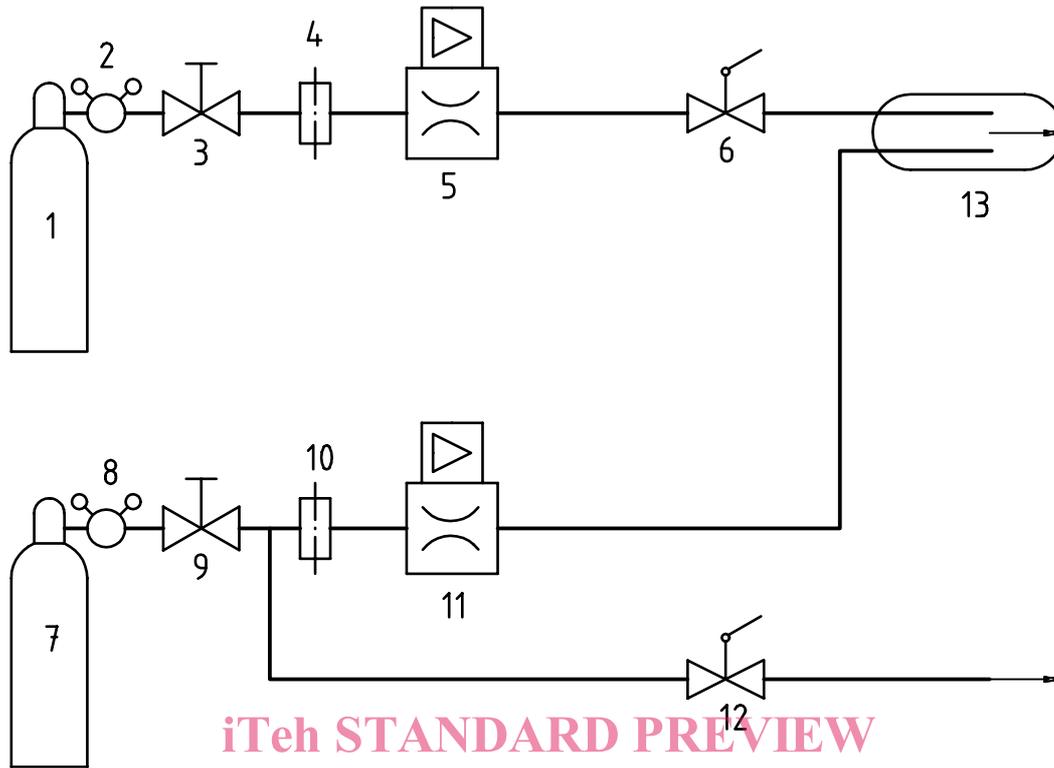
Figure 2 — Régulateur de débit massique opérant à température constante

4 Préparation de mélanges de gaz

4.1 Description de l'expérience

La Figure 3 représente schématiquement le système permettant de préparer des mélanges de deux constituants.

Les bouteilles de gaz (1) et (7) contenant respectivement le gaz de complément et le constituant d'étalonnage sont raccordées aux régulateurs thermiques de débit massique (5) et (11) via des régulateurs de pression (2) et (8) et des vannes d'arrêt (3) et (9). Deux filtres (4) et (10), montés en ligne, protègent le système d'une éventuelle contamination. Les gaz sortent des régulateurs de débit pour entrer dans la chambre de mélange (13).



Légende

Gaz de complément:

- 1 Bouteille de gaz sous pression
- 2 Régulateur de pression
- 3 Vanne d'arrêt
- 4 Filtre protégeant d'éventuelles contaminations
- 5 Régulateur thermique de débit massique
- 6 Vanne d'arrêt

Constituant d'étalonnage:

- 7 Bouteille de gaz sous pression
- 8 Régulateur de pression
- 9 Vanne d'arrêt
- 10 Filtre protégeant d'éventuelles contaminations
- 11 Régulateur thermique de débit massique
- 12 Vanne d'arrêt
- 13 Chambre de mélange

Figure 3 — Appareil de mélange permettant la production des mélanges constitués de deux gaz à l'aide de régulateurs thermiques de débit massique

Le domaine de travail recommandé pour les régulateurs de pression est compris entre 60 kPa ¹⁾ (0,6 bar) et 600 kPa (6,0 bar). Le régulateur de pression utilisé pour le «constituant gazeux» doit convenir au constituant utilisé (le diaphragme doit par exemple être en acier inoxydable ou tout autre métal résistant à la corrosion). De même, les régulateurs thermiques de débit massique doivent pouvoir être utilisés avec les constituants gazeux concernés, et répondre aux prescriptions relatives au mélange de gaz.

1) 1 bar = 100 kPa = 0,1 MPa; 1 Pa = 1 N/m²

Régler les régulateurs de pression pour appliquer à l'alimentation du régulateur de débit massique les pressions appropriées, et ouvrir les vannes d'arrêt (3), (6) et (9). Purger l'entrée du gaz constituant par la vanne d'arrêt (12), dont le modèle doit permettre des manœuvres rapides.

Régler ensuite les points de consigne des régulateurs de sorte que le réglage des différents débits les uns par rapport aux autres permette d'obtenir la composition désirée pour le mélange à deux constituants. Pendant ce temps poursuivre le processus de purge de l'entrée du gaz constituant, en multipliant les manœuvres d'ouverture et de fermeture de la vanne d'arrêt (12), jusqu'à ce le volume du gaz déchargé représente dix fois le volume du circuit gaz.

Une fois le système complètement purgé, acheminer les gaz via les régulateurs thermiques de débit massique dans la chambre de mélange (13), fabriquée en matériaux inertes. Le mélange s'écoule à la pression atmosphérique ambiante vers l'instrument à étalonner, à condition que la résistance à l'écoulement en l'aval de la chambre de mélange (13) soit faible par rapport à l'écoulement produit à la source.

NOTE Bien que dans la plupart des applications le mélange de gaz soit acheminé à la pression atmosphérique ambiante dominante, la méthode pourrait, de façon concevable, s'appliquer également pour convoyer des mélanges à des pressions de sortie élevées. Cependant, il serait dans ce cas nécessaire d'accorder une attention toute particulière aux changements survenant dans C_p et la densité des composants gazeux en fonction de la pression de façon à évaluer la validité de cette expérience.

4.2 Zone de validité

La méthode s'applique à la préparation de mélanges de gaz non réactifs, comme par exemple les gaz qui ne réagissent avec aucun des matériaux dans lesquels sont fabriqués le circuit gaz du régulateur thermique de débit massique et les équipements auxiliaires. Faire particulièrement attention lorsque cette méthode est utilisée comme moyen de préparer des mélanges de gaz renfermant des constituants de certains gaz susceptibles de former des mélanges explosifs dans l'air. Prendre les mesures nécessaires pour vérifier que le fonctionnement de l'appareil est sans danger: en ajoutant, par exemple, aux appareils énumérés en 4.1, des dispositifs antiretour de flamme montés en ligne.

Cette méthode n'étant pas très précise, chaque régulateur thermique de débit massique doit être étalonné par rapport au type de gaz pour lequel on doit l'utiliser.

4.3 Conditions de fonctionnement

Pour le bon fonctionnement des capteurs, il importe qu'il n'y ait pas de variations de température (perte ou gain), autres que celles dues à la circulation du gaz, entre l'endroit où se situe le dispositif de chauffage et le capteur en aval, et que la température soit uniformément répartie dans le flux gazeux. L'hypothèse selon laquelle C_p est constante ne vaut que sur une plage de températures restreinte. Les précautions générales applicables à toutes les techniques dynamiques de préparation doivent être observées. Il est impératif de disposer d'informations relatives aux matériaux dans lesquels est fabriqué le circuit d'écoulement. Seuls les matériaux non adsorbants de faible porosité conviennent. Les tubes doivent être propres et les raccords solidement fixés.

Le régulateur thermique de débit massique doit, en fonctionnement, conserver la même orientation que lors de son étalonnage, à moins que sa sensibilité à l'orientation n'ait été annulée. Les régulateurs doivent être étalonnés par rapport aux constituants concernés. Il peut être nécessaire de consulter leur fabricant pour tout changement de type de gaz; il peut s'avérer nécessaire de changer le capteur.

5 Calculs

5.1 Fraction volumique

La fraction volumique peut être déterminée par n'importe quelle méthode d'étalonnage décrite dans l'article 3 de l'ISO 6145-1:1986. Il faut faire particulièrement attention à l'incertitude liée à la méthode choisie.

L'étalonnage d'un régulateur thermique de débit massique doit permettre de définir le débit massique, q_m , ou le débit volumétrique, q_V , selon la méthode utilisée.