

---

---

**Émissions de sources fixes —  
Détermination manuelle et  
automatique de la vitesse et du  
débit-volume d'écoulement dans les  
conduits —**

**Partie 1:  
Méthode de référence manuelle  
(standards.iteh.ai)**

*Stationary source emissions — Manual and automatic determination  
of velocity and volume flow rate in ducts —*

<https://standards.iteh.org/catalog/standards/sist/8eebdc34-1899-4305-ae64-42730a28b40b/iso-16911-1-2013>  
**Part 1: Manual reference method**



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

ISO 16911-1:2013

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/8eebbd34-1899-4305-ae64-42730a28b40b/iso-16911-1-2013>



**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](mailto:copyright@iso.org)  
Web [www.iso.org](http://www.iso.org)

Publié en Suisse

## Sommaire

Page

Avant-propos.....	v
Introduction.....	vi
<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>
4.1    Symboles.....	3
4.2    Termes abrégés.....	7
<b>5</b> <b>Principe</b> .....	<b>7</b>
5.1    Généralités.....	7
5.2    Principe de détermination de la vitesse en un point du conduit.....	8
5.3    Principe de mesurage du débit-volume.....	8
<b>6</b> <b>Choix de l'approche de mesurage</b> .....	<b>10</b>
6.1    Objectif du mesurage.....	10
6.2    Choix de la technique pour déterminer la vitesse en un point.....	11
6.3    Choix de la technique de détermination du débit-volume et de la vitesse moyenne.....	12
<b>7</b> <b>Matériel de mesurage</b> .....	<b>13</b>
7.1    Généralités.....	13
7.2    Mesurage de l'aire du conduit.....	13
<b>8</b> <b>Caractéristiques et exigences de performance</b> .....	<b>14</b>
<b>9</b> <b>Procédure de mesurage</b> .....	<b>14</b>
9.1    Étude sur site avant les mesurages.....	14
9.2    Détermination du plan d'échantillonnage et du nombre de points de mesurage.....	15
9.3    Vérifications avant l'échantillonnage.....	15
9.4    Contrôle de la qualité.....	17
9.5    Mesurage de vitesse en des emplacements du plan de mesurage.....	17
9.6    Contrôle qualité après mesurage.....	18
<b>10</b> <b>Calcul des résultats</b> .....	<b>18</b>
10.1   Généralités.....	18
10.2   Mesurage de la vitesse.....	18
10.3   Détermination de la vitesse moyenne.....	19
10.4   Correction de la vitesse moyenne pour les effets de paroi.....	19
10.5   Calcul du débit-volume à partir de la vitesse moyenne.....	19
10.6   Conversion des résultats aux conditions normales.....	20
<b>11</b> <b>Estimation de l'incertitude des résultats</b> .....	<b>21</b>
<b>12</b> <b>Évaluation de la méthode</b> .....	<b>21</b>
<b>Annexe A (normative) Mesurage de la vitesse en utilisant des techniques basées sur le mesurage de la pression différentielle</b> .....	<b>23</b>
<b>Annexe B (normative) Anémomètre à hélice</b> .....	<b>37</b>
<b>Annexe C (normative) Détermination du débit-volume et de la vitesse moyenne par la méthode de la dilution d'un gaz traceur</b> .....	<b>43</b>
<b>Annexe D (normative) Détermination de la vitesse moyenne par la méthode du temps de transit d'un gaz traceur</b> .....	<b>50</b>
<b>Annexe E (normative) Calcul du débit-volume des gaz de combustion à partir de la consommation d'énergie</b> .....	<b>58</b>
<b>Annexe F (informative) Exemple de budget d'incertitude établi pour le mesurage de la vitesse et</b>	

<b>du débit-volume au moyen d'un tube de Pitot</b> .....	<b>66</b>
<b>Annexe G (informative) Description des études de validation</b> .....	<b>77</b>
<b>Annexe H (informative) Mesurage de pression différentielle</b> .....	<b>84</b>
<b>Annexe I (informative) Utilisation d'instruments de mesure du temps de vol basés sur une lumière laser modulée</b> .....	<b>87</b>
<b>Annexe J (informative) Relation entre la présente Norme internationale et les exigences essentielles des Directives UE</b> .....	<b>88</b>
<b>Bibliographie</b> .....	<b>89</b>

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

ISO 16911-1:2013

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/8eebbd34-1899-4305-ae64-42730a28b40b/iso-16911-1-2013>

## 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 16911-1 a été élaborée par le Comité européen de normalisation (CEN) en collaboration avec le comité technique ISO/TC 146, *Qualité de l'air*, sous-comité SC 1, *Émissions de sources fixes*.

L'ISO 16911 comprend les parties suivantes, présentées sous le titre général *Émissions de sources fixes — Détermination manuelle et automatique de la vitesse et du débit volume d'écoulement dans les conduits*:

— *Partie 1: Méthode de référence manuelle*

[ISO 16911-1:2013](#)

— *Partie 2: Systèmes de mesure automatiques*

<https://standards.iso.org/standards/sist/8eebbd34-1899-4305-ae64-42730a28b40b/iso-16911-1-2013>

## Introduction

L'EN ISO 16911-1 décrit une méthode pour la détermination périodique de la vitesse axiale et du débit-volume du gaz dans les conduits et les cheminées à l'émission de sources fixes et pour l'étalonnage des systèmes automatiques de mesurage de débit installés de manière permanente sur une cheminée.

L'EN ISO 16911-1 fournit une méthode qui utilise des mesurages en plusieurs points de la vitesse pour déterminer le profil et la moyenne de vitesse et les débits-volumes. Elle fournit également des méthodes alternatives basées sur l'injection d'un gaz traceur, qui peuvent être utilisées pour l'étalonnage en routine des systèmes automatiques de mesurage de débit. Une méthode basée sur des calculs à partir de la consommation d'énergie y est également décrite. L'EN ISO 16911-1 fournit des lignes directrices spécifiant dans quels cas ces méthodes alternatives peuvent être utilisées.

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

[ISO 16911-1:2013](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/8eebbd34-1899-4305-ae64-42730a28b40b/iso-16911-1-2013)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/8eebbd34-1899-4305-ae64-42730a28b40b/iso-16911-1-2013>

# Émissions de sources fixes — Détermination manuelle et automatique de la vitesse et du débit-volume d'écoulement dans les conduits —

## Partie 1: Méthode de référence manuelle

### 1 Domaine d'application

L'EN ISO 16911-1 spécifie une méthode pour la détermination périodique de la vitesse axiale et du débit-volume du gaz dans les conduits et les cheminées à l'émission de sources fixes. Elle est applicable aux conduits rectangulaires ou circulaires ayant des sections de mesurage répondant aux exigences de l'EN 15259. Les tailles de conduit minimales et maximales sont liées à des considérations pratiques sur les dispositifs de mesurage décrits dans l'EN ISO 16911-1.

L'EN ISO 16911-1 exige que tous les mesurages de débit aient une traçabilité métrologique démontrable par rapport aux Normes internationales ou aux normes nationales de base.

Pour pouvoir l'utiliser comme méthode de référence normalisée, l'utilisateur est tenu de démontrer que les caractéristiques de performance de la méthode sont égales ou supérieures aux critères de performance définis dans l'EN ISO 16911-1 et que l'incertitude globale de la méthode, exprimée à un niveau de confiance de 95 %, est déterminée et déclarée. Pour chaque méthode définie dans l'EN ISO 16911-1, les résultats ont des incertitudes différentes comprises dans une plage de 1 à 10 % à des vitesses de 20 m/s.

D'autres méthodes que celles-ci peuvent être utilisées à condition que l'utilisateur puisse démontrer leur équivalence, sur la base des principes de la CEN/TS 14793[10].

### 2 Références normatives

Les documents suivants, en tout ou partie, sont référencés de manière normative dans le présent document et sont indispensables pour son application. 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 20988, *Qualité de l'air — Lignes directrices pour estimer l'incertitude de mesure*

Guide ISO/CEI 98-3, *Incertitude de mesure — Partie 3: Guide pour l'expression de l'incertitude de mesure (GUM:1995)*

EN 14789, *Émissions de sources fixes — Détermination de la concentration volumétrique en oxygène (O<sub>2</sub>) — Méthode de référence — Paramagnétisme*

EN 14790, *Émissions de sources fixes — Détermination de la vapeur d'eau dans les conduits*

EN 15259:2007, *Qualité de l'air — Mesurage des émissions de sources fixes — Exigences relatives aux sections et aux sites de mesurage et relatives à l'objectif, au plan et au rapport de mesurage*

### 3 Termes et définitions

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

**3.1**  
**tube de Pitot**  
dispositif de mesure de la vitesse en un point, fonctionnant selon le principe du mesure de la pression différentielle

Note 1 à l'article: Plusieurs modèles de tube de Pitot peuvent être utilisés, parmi lesquels les modèles normalisés de type L, de type S et les tubes de Pitot 2D et 3D. L'[Annexe A](#) décrit un certain nombre de modèles de Pitot couramment utilisés en Europe.

**3.2**  
**ligne de mesure**  
ligne traversant le conduit, dans un plan de mesure, le long de laquelle les mesures de vitesse sont effectuées pour caractériser le profil de la vitesse ou pour déterminer la vitesse moyenne

**3.3**  
**plan de mesure**  
plan perpendiculaire à la ligne médiane du conduit à l'emplacement de mesure auquel le mesure de la vitesse ou du débit-volume est requis

**3.4**  
**point de mesure**  
**point d'échantillonnage**  
position, au niveau du plan de mesure, où l'échantillon de flux est prélevé, ou position où les données de mesure sont obtenues directement

**3.5**  
**débit-volume**  
volume du gaz en position axiale le long d'un conduit

iTeh STANDARD PREVIEW  
(standards.iteh.ai)

Note 1 à l'article: S'il n'est pas spécifiquement défini, ce terme peut être considéré comme désignant le débit-volume moyen passant par le plan de mesure. [ISO 16911-1:2013](#)

Note 2 à l'article: le débit-volume est exprimé en mètres cubes par seconde ou en mètres cubes par heure.

**3.6**  
**vitesse en un point**  
vitesse locale du gaz en un point dans le conduit

Note 1 à l'article: Sauf spécification contraire, ce terme peut être considéré comme désignant la vitesse axiale à l'emplacement de mesure.

Note 2 à l'article: La vitesse en un point est exprimée en mètres par seconde.

**3.7**  
**vitesse moyenne**  
<1> vitesse qui, multipliée par l'aire du plan de mesure du conduit, donne le débit-volume dans ce conduit  
<2> quotient du débit-volume dans le conduit par l'aire du plan de mesure du conduit

**3.8**  
**conditions normales**  
valeur de référence à une pression de 101,325 kPa et à une température de 273,15 K

**3.9**  
**incertitude (de mesure)**  
paramètre associé au résultat d'un mesure, qui caractérise la dispersion des valeurs qui pourraient raisonnablement être attribuées au mesurande



**3.10****budget d'incertitude**

déclaration d'une incertitude de mesure, des composantes de cette incertitude de mesure, et de leur calcul et combinaison

Note 1 à l'article: Pour les besoins de l'EN ISO 16911-1, les sources d'incertitude sont conformes à l'ISO 14956<sup>[5]</sup> ou au Guide ISO/CEI 98-3.

**3.11****incertitude-type**

incertitude du résultat d'un mesurage exprimé sous la forme d'un écart-type

**3.12****incertitude élargie**

grandeur définissant un intervalle, autour du résultat d'un mesurage, dont on peut s'attendre à ce qu'il comprenne une fraction importante de la distribution des valeurs qui pourraient raisonnablement être attribuées au mesurande

Note 1 à l'article: Dans l'EN ISO 16911-1, l'incertitude élargie est calculée avec un facteur d'élargissement  $k = 2$ , et à un niveau de confiance de 95 %.

**3.13****incertitude globale**

incertitude-type composée élargie, associée au résultat de mesurage

Note 1 à l'article: L'incertitude globale est calculée selon le Guide ISO/CEI 98-3.

**3.14****écoulement tourbillonnaire (standards.iteh.ai)****écoulement cyclonique**

composante tangentielle du vecteur vitesse fournissant une mesure de vitesse non-axiale au niveau du plan de mesurage <https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/8eebbd34-1899-4305-ae64-42730a28b40b/iso-16911-1-2013>

**3.15****système automatique de mesurage****AMS**

système de mesurage installé de manière permanente sur le site pour la surveillance continue du débit

Note 1 à l'article: Voir l'EN ISO 16911-2.

**3.16****traçabilité métrologique**

propriété d'un résultat de mesure selon laquelle ce résultat peut-être relié à une référence par l'intermédiaire d'une chaîne ininterrompue et documentée d'étalonnages donc chacun contribue à l'incertitude de mesure

Note 1 à l'article: Les éléments permettant de confirmer la traçabilité métrologique sont une chaîne ininterrompue de traçabilité métrologique par rapport à une Norme internationale ou à une norme nationale de mesurage, une incertitude de mesure documentée, une procédure de mesurage documentée, une compétence technique accréditée, une traçabilité métrologique par rapport au système SI et des intervalles d'étalonnage.

**4 Symboles et termes abrégés****4.1 Symboles**

$A$	aire du plan de mesurage	$m^2$
$A_I$	aire interne de la section de mesurage	$m^2$
$A_S$	aire de la section transversale du conduit	$ft^2$

## ISO 16911-1:2013(F)

$B$	nombre du composé B	
$a_1, a_2$	angle entre les orifices de détection	°
$c$	constante	
$d$	diamètre du tube externe	mm
$d_s$	diamètre de conduit	mm
$e_{(N)}$	pouvoir calorifique inférieur (PCI) du combustible reçu en l'état	MJ/kg
$e_p$	erreur absolue de mesure	
$F$	force agissant sur la roue de l'hélice	N
$F_1(i)$	rapport d'angle d'inclinaison au niveau du point $i$ de la ligne de mesurage	1
$F_2(i)$	coefficient d'étalonnage d'une sonde de vitesse 3D au niveau du point $i$ de la ligne de mesurage	1
$f$	fréquence de balayage	s <sup>-1</sup>
$f_v$	coefficient de vitesse	
$f_{WA}$	facteur d'ajustage d'effet de paroi	
$i$	$i^{\text{ème}}$ point de mesurage	
$K$	coefficient du tube de Pitot qui englobe le facteur d'étalonnage du Pitot et les valeurs des constantes se rapportant au modèle de Pitot	
$K_p$	facteur de conversion, $85.49 \text{ ft/s} \left[ \frac{\text{lb}}{\text{lb-mol}} \right] \left( \frac{\text{inHg}}{(\text{R})} / \left( \frac{\text{inH}_2\text{O}}{(\text{R})} \right) \right)^{0.5}$	
$K(\rho_{0,\eta_{\text{dyn}}})$	facteur d'étalonnage non linéaire dépendant de la masse volumique, $\rho_0$ , et de la viscosité, $\eta_{\text{dyn}}$	
$k$	facteur d'élargissement	
$L$	longueur de la section de mesurage, c'est-à-dire longueur du conduit entre les deux niveaux de mesurage	m
$L_p$	longueur de la sonde	
$M$	masse molaire de l'effluent gazeux humide	kg/mol
$M_B$	masse molaire du composé B	kg/mol
$M_d$	masse molaire du gaz, sur une base sèche	lb-lb/mol
$M_s$	masse molaire du gaz, sur une base humide	lb-lb/mol
$n$	nombre de points de mesurage	
$P$	production énergétique	MW
$p$	pression des gaz de combustion	kPa
$p_1 \dots p_5$	pressions aux points $P_1 \dots P_5$	
$p_2$	pression au point d'arrêt	Pa

$p_3$	pression statique	Pa
$(p_1 - p_2)_i$	pression différentielle dynamique au niveau du point $i$ de la ligne de mesurage	inH <sub>2</sub> O
$(p_4 - p_5)_i$	pression différentielle d'inclinaison au niveau du point $i$ de la ligne de mesurage	inH <sub>2</sub> O
$p_{atm}$	pression atmosphérique	inHg
$p_c$	pression absolue dans le conduit au niveau de la section de mesurage	Pa
$p_{dyn}$	pression dynamique de la roue d'hélice	Pa
$p_g$	pression statique	inH <sub>2</sub> O
$p_s$	pression absolue dans le conduit	inHg
$p_{std}$	pression absolue normale	29.92 inHg
$\overline{p_{stat}}$	pression statique moyenne au niveau de la section de mesurage	Pa
$q_{m,t}$	débit massique du traceur	kg/s
$q_V$	débit-volume	m <sup>3</sup> /s
$q_{V,0d}$	débit-volume sur gaz sec, dans les conditions normales de température et de pression	m <sup>3</sup> /s
$q_{V,0d,O_2}$	débit-volume sur gaz sec, dans les conditions normales de température et de pression, et à la teneur réelle en oxygène	m <sup>3</sup> /s
$q_{V,0d,O_2ref}$	débit-volume sur gaz sec, dans les conditions normales de température et de pression, et à la teneur en oxygène de référence	m <sup>3</sup> /s
$q_{V,0,O_2}$	débit du gaz du conduit à une teneur en O <sub>2</sub> et une humidité de l'échantillon aux conditions normales	m <sup>3</sup> /s
$q_{V,sd}$	débit-volume moyen de gaz dans le conduit, sur une base sèche, corrigé aux conditions normales	dscf/h
$q_{V,sw}$	débit-volume moyen de gaz dans le conduit, sur une base humide, corrigé aux conditions normales	wscf/h
$q_{V,w}$	débit-volume dans les conditions de température et de pression du conduit, sur gaz humide	m <sup>3</sup> /s
$R$	constante des gaz parfaits	8,314 J/(K mol)
$r_{Sp}$	géométrie de la roue d'hélice	
$T$	température des gaz de combustion	K
$T_c$	température du gaz sur la section de mesurage	K
$T_{s(avg)}$	température moyenne absolue dans le conduit	R
$T_{s(i)} ^\circ F$	température du gaz dans le conduit au niveau du point $i$	<sup>°</sup> F
$T_{s(i)} R$	température absolue du gaz dans le conduit au niveau du point $i$	R

$T_{std}$	température normale absolue	528 R
$t$	temps de transit de la bouffée du traceur entre les deux points de mesurage	s
$u(v)$	incertitude de mesure de la fréquence de balayage	m/s
$v_0$	vitesse de démarrage	m/s
$v_c$	vitesse corrigée du sens d'écoulement	m/s
$v_i$	vitesse locale au point de mesurage $i$	m/s
$v_{mes}$	vitesse mesurée	m/s
$v_t$	vitesse périphérique, $v_t = \omega r_{sp}$	
$v_\infty$	vitesse axiale	m/s
$\bar{v}$	vitesse moyenne	m/s
$\bar{v}_v$	vitesse axiale moyenne	m/s
$\bar{v}_c$	vitesse moyenne corrigée	m/s
$\bar{v}_p$	moyenne des mesurages de vitesse en plusieurs points	m/s
$w_{cendre}$	fraction massique de cendres dans le combustible en l'état	
$w_C$	fraction massique de carbone dans le combustible en l'état	
$w_f$	fraction massique du combustible dans le combustible en l'état	
$w_H$	fraction massique d'hydrogène dans le combustible en l'état	
$w_{H_2O}$	fraction massique d'humidité du combustible solide en l'état	
$w_N$	fraction massique d'azote dans le combustible en l'état	
$w_O$	fraction massique d'oxygène dans le combustible en l'état	
$w_S$	fraction massique de soufre dans le combustible en l'état	
$\alpha$	pas d'une pale	
$\Delta p$	pression différentielle	Pa
$\overline{\Delta p}_i$	pression dynamique moyenne mesurée au point $i$ de la section de mesurage	Pa
$\eta$	rendement thermique	
$\eta_{dyn}$	viscosité dynamique	Pa s
$\theta_{mes}$	angle mesuré	°
$\rho$	masse volumique des effluents gazeux dans les conditions de température et de pression du gaz humide	kg/m <sup>3</sup>

iTech STANDARD PREVIEW  
(standards.iteh.ai)

ISO 16911-1:2013

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/iso-16911-1-2013/42730a28b40b/iso-16911-1-2013>

$\sigma_{\Delta p_i}$	écart-type des $m$ mesures de pression dynamique au point $i$	
$\Phi_{(N)F}$	dégagement de chaleur du procédé	MW
$\varphi_B$	fraction volumique du composé B	fraction vol.
$\varphi_{CO_2,w}$	teneur en CO <sub>2</sub> du flux de gaz, sur gaz humide	% fraction vol.
$\varphi_{H_2O}$	teneur en eau des gaz de combustion, sur gaz humide	% fraction vol.
$\varphi_{O_2}$	teneur en oxygène des gaz de combustion, sur gaz sec	% fraction vol.
$\varphi_{O_2,d}$	teneur en oxygène mesurée dans le conduit pendant l'exploration du conduit, sur gaz sec	% fraction vol.
$\varphi_{O_2,ref}$	teneur en oxygène de référence	% fraction vol.
$\varphi_{O_2,w}$	teneur en O <sub>2</sub> du flux de gaz, sur gaz humide	% fraction vol.
$\omega$	vitesse angulaire	s <sup>-1</sup>
$\varpi$	fréquence angulaire	s <sup>-1</sup>

## 4.2 Termes abrégés (standards.iteh.ai)

AMS	système automatique de mesurage	<a href="https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/8eebbd34-1899-4305-ae64-42730a28b40b/iso-16911-1-2013">ISO 16911-1:2013</a>
PCI	pouvoir calorifique inférieur	<a href="https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/8eebbd34-1899-4305-ae64-42730a28b40b/iso-16911-1-2013">https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/8eebbd34-1899-4305-ae64-42730a28b40b/iso-16911-1-2013</a>
SRM	méthode de référence normalisée	
QA	assurance qualité	
WAF	facteur d'ajustage d'effet de paroi	

## 5 Principe

### 5.1 Généralités

L'EN ISO 16911-1 fournit une méthode pour la détermination de la vitesse et du débit-volume du gaz dans un conduit à l'émission de sources fixes. Elle décrit une méthode pour déterminer le profil de vitesse du gaz dans un plan de mesurage du conduit, et une méthode pour déterminer le débit-volume total dans un plan de mesurage du conduit sur la base de mesurages de la vitesse par quadrillage du plan de mesurage. En outre, des méthodes alternatives sont décrites pour déterminer le débit-volume à partir du mesurage de la dilution d'un traceur, du temps de transit d'un traceur et d'un calcul fondé sur la consommation d'énergie.

Les techniques pour déterminer la vitesse du gaz en un point donné incluent l'utilisation d'un dispositif de mesurage de la pression différentielle étalonné (Pitot) ou d'un anémomètre à hélice étalonné. Les critères de sélection pour l'utilisation des différents types de Pitot et de l'anémomètre à hélice sont donnés à l'[Article 6](#). Cependant, il appartient à l'utilisateur de s'assurer que la méthode choisie pour une application donnée répond aux critères de performance définis dans l'EN ISO 16911-1. Le débit-volume dans un conduit est déterminé en mesurant la vitesse axiale du gaz dans le conduit au niveau d'une série de points le long des lignes de mesurage à travers le conduit et dans un plan de mesurage unique. Le nombre de lignes de mesurage et de points de mesurage requis dépend de la forme et de la taille du

conduit. L'espacement des points de mesure est basé sur le principe des surfaces d'aires égales tel que défini dans l'EN 15259. Le débit-volume est calculé à partir de la vitesse axiale moyenne et de l'aire du conduit au niveau du plan de mesure. Si nécessaire, une correction est appliquée pour tenir compte des effets de paroi (voir 10.4).

Trois méthodes alternatives sont également décrites pour déterminer le débit-volume et la vitesse moyenne.

- L'Annexe C décrit une méthode basée sur les mesures de la dilution d'un traceur. Dans cette méthode, le débit-volume est déterminé à partir de la dilution d'une concentration connue du traceur injecté.
- L'Annexe D décrit une méthode basée sur une technique de mesure du temps de transit du traceur. Le débit-volume est déterminé à partir du temps de transit d'une bouffée de gaz traceur entre deux plans de mesure.
- L'Annexe E décrit une méthode pour déterminer le débit-volume en utilisant une approche basée sur un calcul du débit à partir de la consommation d'énergie d'un procédé de combustion.

L'EN ISO 16911-1 propose des contrôles qualité destinés à vérifier que les conditions sont réunies pour obtenir des mesures exactes.

Le débit-volume peut être exprimé aux conditions de la cheminée ou il peut être exprimé aux conditions normales (273,15 K et 101,325 kPa) sur une base sèche ou humide.

### 5.2 Principe de détermination de la vitesse en un point du conduit

La vitesse axiale en un point du conduit est déterminée en utilisant l'une des deux techniques décrites dans l'EN ISO 16911-1, à savoir des mesures basées sur le mesure de pression différentielle à l'aide de tubes de Pitot et des mesures à l'aide d'un anémomètre à hélice. Les annexes décrivent les techniques en détail; l'Annexe A traite de l'utilisation de techniques basées sur le mesure de pression différentielle, l'Annexe B décrit l'anémomètre à hélice.

La vitesse est déterminée en tant que vitesse axiale en chaque point du conduit, conformément à l'EN 15259.

Les techniques basées sur la pression différentielle sont fondées sur le principe du tube de Pitot tel que défini dans l'ISO 3966[3]. Une sonde avec une ou plusieurs prises de pression est insérée dans l'écoulement. Le principe de base est qu'une prise de pression est impactée par la vitesse du gaz, et une ou plusieurs autres prises de pression sont exposées à la pression statique dans le conduit. L'ensemble de sondes permet de mesurer la différence de pression résultante entre ces prises de pression à l'aide d'un appareil externe de mesure de la pression différentielle.

Différents schémas de mise en œuvre de l'approche par pression différentielle sont disponibles. Ceux-ci comprennent les tubes de Pitot normalisés de type L, de type S et les tubes de Pitot multiaxes (tubes de Pitot 3D et 2D). Chacun a ses propres avantages et inconvénients spécifiques, décrits dans l'EN ISO 16911-1. Les méthodes utilisées sont basées sur celles définies dans l'ISO 10780[4], l'ISO 3966[3] et l'US EPA Method 2[14]. Les exigences de performance et les procédures d'assurance qualité sont appliquées pour obtenir les incertitudes définies dans l'EN ISO 16911-1.

Lorsque des tubes de Pitot 2D doivent être utilisés, il convient qu'ils soient soumis à un QA/QC tel que défini dans l'US EPA Method 2G[16].

### 5.3 Principe de mesure du débit-volume

#### 5.3.1 Généralités

Le débit-volume peut être déterminé à partir d'une série de mesures de la vitesse dans le conduit réalisés en plusieurs points du plan de mesure ou par des techniques alternatives comprenant la dilution d'un traceur, le temps de transit d'un traceur ou un calcul à partir de la consommation d'énergie. Les Annexes C, D et E décrivent en détail ces approches alternatives.

### 5.3.2 Principe de détermination du débit-volume à partir de mesurages de la vitesse en plusieurs points

Le débit-volume est déterminé à partir d'un certain nombre de mesurages de la vitesse axiale, en des points du plan de mesurage. Le nombre de points de mesurages doit être suffisant pour caractériser les manques d'uniformité du profil de vitesse. Les points de mesurage choisis dans le plan de mesurage doivent être représentatifs de surfaces d'aires égales. La vitesse moyenne au passage du plan de mesurage est calculée avec une bonne approximation comme étant égale à la moyenne des vitesses aux points de mesurage. Les procédures décrites dans l'EN 15259 sont utilisées pour déterminer les points de mesurage pour des conduits circulaires ou rectangulaires. La méthode tangentielle décrite dans l'EN 15259 est utilisée pour les conduits circulaires comme indiqué dans l'EN ISO 16911-1.

Des deux méthodes décrites dans l'EN 15259, la méthode tangentielle est préférable pour déterminer des surfaces d'aires égales dans les conduits circulaires, parce qu'avec celle-ci les points fournissent des mesures de vitesse moyenne pour chaque surface d'aire égale. Le point central dans la méthode générale ne fournit pas une mesure de vitesse moyenne sur la surface centrale, mais plutôt la valeur maximale. Cela peut être utile pour déterminer le profil de vitesse, mais n'est pas recommandé pour déterminer la vitesse moyenne dans le conduit.

Le plan de mesurage est choisi de façon à être représentatif du débit-volume dans le conduit, et également à être situé dans une zone où le débit-volume est uniforme et stable. Si un écoulement non axial (écoulement tourbillonnaire ou cyclonique) est attendu au niveau du plan de mesurage à cause de la géométrie du conduit ou d'autres conditions en amont, le degré de turbulence est alors déterminé par des mesurages avec des tubes de Pitot de type S, 3D ou 2D et, s'il est important, comme défini dans l'EN ISO 16911-1, il est pris en compte en utilisant des procédures de mesurage supplémentaires, ou bien un plan de mesurage différent est choisi.

Si nécessaire, une meilleure incertitude des résultats peut être obtenue en tenant compte des effets de paroi, selon une procédure fondée sur la méthode US EPA Method 2H<sup>[17]</sup> pour les conduits circulaires et US EPA CTM-041<sup>[13]</sup> pour les conduits rectangulaires.

Le débit-volume,  $q_V$ , est déterminé en multipliant la vitesse moyenne par l'aire du plan de mesurage (c'est-à-dire l'aire interne du conduit au niveau du plan de mesurage).

$$q_V = \bar{v}_p A \quad (1)$$

où

$\bar{v}_p$  est la moyenne des mesurages de vitesse en plusieurs points;

$A$  est l'aire du plan de mesurage.

NOTE Il est également possible d'obtenir un ensemble de débits-volumes, chacun étant déterminé à partir du mesurage en un point de chaque surface d'aire égale multiplié par l'aire de la surface représentée par chaque point de mesurage. Chaque aire d'un point de mesurage est, par définition, égale à l'aire du plan de mesurage divisée par le nombre de points. Le débit-volume est alors

$$q_V = \sum_{i=1}^n v_i \frac{A}{n} \quad (2)$$

où

$v_i$  est le mesurage au niveau du  $i^{\text{ème}}$  point;

$A$  est l'aire du plan de mesurage;

$n$  est le nombre de points de mesurage;