
**Mesurage du débit des fluides dans les
conduites fermées — Compteurs à
ultrasons pour gaz —**

**Partie 1:
Compteurs pour transactions
commerciales et allocations**

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

*Measurement of fluid flow in closed conduits — Ultrasonic meters for
gas —*

Part 1: Meters for custody transfer and allocation measurement

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/3e1be2d5-20f0-4e6f-811a-6ac9f387fefa/iso-17089-1-2010>



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 17089-1:2010

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/3e1be2d5-20f0-4e6f-811a-6ac9f387fe6a/iso-17089-1-2010>



DOCUMENT PROTÉGÉ PAR COPYRIGHT

© ISO 2010

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
Web www.iso.org

Publié en Suisse

Sommaire

Page

Avant-propos	iv
Introduction.....	v
1 Domaine d'application	1
2 Références normatives	1
3 Termes, définitions et symboles.....	2
4 Principes de mesure	8
5 Caractéristiques du compteur.....	21
6 Essais et étalonnage	38
7 Historique d'expertise et pratique de fonctionnement.....	48
8 Caractérisation et bruit des vannes dans un poste de comptage et de régulation.....	57
Annexe A (informative) Enregistrement des bandes d'erreur.....	64
Annexe B (informative) Calcul et correction des erreurs du compteur à ultrasons	66
Annexe C (informative) Méthode du compteur de référence pour des compteurs à ultrasons en série	70
Annexe D (informative) Documents	76
Annexe E (informative) Calcul détaillé des corrections de température et de pression liées à la géométrie.....	78
Annexe F (informative) Essais de perturbation	99
Bibliographie.....	101

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 17089-1 a été élaborée par le comité technique ISO/TC 30, *Mesure de débit des fluides dans les conduites fermées*, sous-comité SC 5, *Méthodes de vitesse et massiques*.

L'ISO 17089 comprend les parties suivantes, présentées sous le titre général *Mesurage du débit des fluides dans les conduites fermées* — *Compteurs à ultrasons pour gaz*:

— *Partie 1: Compteurs pour transactions commerciales et allocations*

Une future Partie 2 est prévue:

— *Partie 2: Compteurs pour applications industrielles*

Introduction

Les compteurs à ultrasons pour le mesurage du débit de gaz ont rapidement pénétré le marché des débitmètres au cours de la dernière décennie et constituent aujourd'hui l'un des principaux concepts de débitmètres employés à des fins d'exploitation ainsi que pour les transactions commerciales et les allocations. Outre une répétabilité et une exactitude élevées, la technologie des ultrasons présente des caractéristiques intrinsèques telles qu'une perte de charge négligeable, une marge de réglage théorique étendue et la capacité de gérer des écoulements pulsatoires.

Les compteurs à ultrasons peuvent fournir de nombreuses informations de diagnostic permettant de démontrer la fonctionnalité d'un compteur à ultrasons pour gaz. De plus, la vitesse du son mesurée par le compteur à ultrasons peut être comparée à la vitesse du son calculée à partir de la pression, de la température et de la composition du gaz, afin de vérifier la concordance des quatre instruments concernés. En raison des capacités de diagnostic étendues, la présente partie de l'ISO 17089 préconise l'ajout et l'utilisation d'un diagnostic automatique en lieu et place des contrôles qualité à forte intensité de main d'œuvre.

La présente partie de l'ISO 17089 traite des compteurs pour le mesurage des transactions commerciales et des allocations (classe 1 et classe 2). Les compteurs pour les applications de gaz industrielles, telles que pour les services et les procédés, aussi bien que pour les gaz brûlés ou le mesurage dans les conduits feront l'objet de l'ISO 17089-2.

Les facteurs de performance types de schéma de classification sont présentés ci dessous:

Classe	Applications types	Incertitude-type	Référence
1	Mesurage des transactions commerciales	<0,7 %	présente partie de l'ISO 17089
2	Allocations	<1,5 %	présente partie de l'ISO 17089
3	Services/Procédés		ISO 17089-2 ^a
4	Gaz brûlés/Gaz dans les conduites		ISO 17089-2 ^a

^a Prévus.

Les configurations types des compteurs de classes 1 et 2 sont des compteurs multicordes avec des cordes en différentes positions radiales.

Les configurations types des compteurs de classes 3 et 4 sont des compteurs monocorde avec des cordes en position diamétrale uniquement, compteurs de type insertion, de type ménage, de type cheminée ou à pile et de type fusée.

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

ISO 17089-1:2010

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/3e1be2d5-20f0-4e6f-811a-6ac9f387fe6a/iso-17089-1-2010>

Mesurage du débit des fluides dans les conduites fermées — Compteurs à ultrasons pour gaz —

Partie 1: Compteurs pour transactions commerciales et allocations

IMPORTANT — Le fichier électronique du présent document contient des couleurs qui sont jugées utiles pour la bonne compréhension du document. Il convient donc aux utilisateurs de considérer l'emploi d'une imprimante couleur pour l'impression du présent document.

1 Domaine d'application

La présente partie de l'ISO 17089 spécifie les exigences et les recommandations relatives aux compteurs à ultrasons pour gaz qui utilisent le temps de transit de signaux acoustiques pour mesurer le débit de gaz homogènes à phase unique dans des conduites fermées.

La présente partie de l'ISO 17089 s'applique aux compteurs à ultrasons à temps de transit pour gaz utilisé pour le mesurage des transactions commerciales et des allocations, tels que les compteurs à passage intégral, les compteurs à surface réduite, les compteurs haute pression, les compteurs basse pression et toute combinaison de ceux-ci. Il n'y a pas de limites aux dimensions minimales ou maximales du compteur. La présente partie de l'ISO 17089 peut s'appliquer au mesurage de pratiquement tous les types de gaz, tels que l'air, le gaz naturel et l'éthane.

Des exigences de performance de mesurage du débit sont incluses pour les compteurs appartenant à deux classes de précision appropriées pour des applications telles que le mesurage à des fins de transactions commerciales et d'allocations.

La présente partie de l'ISO 17089 spécifie la construction, les performances, l'étalonnage et les caractéristiques du signal de sortie des compteurs à ultrasons employés pour le mesurage du débit de gaz et traite des conditions d'installation.

NOTE Il est possible que des réglementations nationales ou d'autres réglementations qui s'appliquent soient plus sévères que celles données dans la présente partie de l'ISO 17089.

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 4006, *Mesure de débit des fluides dans les conduites fermées — Vocabulaire et symboles*

ISO 5168, *Mesure de débit des fluides — Procédures pour le calcul de l'incertitude*

ISO/TR 7871, *Cartes des sommes cumulées — Lignes directrices pour le contrôle de la qualité et l'analyse des données utilisant les procédures CUSUM*

ISO 12213 (toutes les parties), *Gaz naturel — Calcul du facteur de compression*

ISO/CEI 17025, *Exigences générales concernant la compétence des laboratoires d'étalonnages et d'essais*

3 Termes, définitions et symboles

3.1 Termes et définitions

3.1.1 Généralités

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions donnés dans l'ISO 4006 ainsi que les suivants s'appliquent.

3.1.2 Grandeurs

3.1.2.1

débit volumique

q_V

$$q_V = \frac{dV}{dt}$$

où

V est le volume;

t est le temps.

NOTE Adapté de l'ISO 80000-4:2006^[83], définition 4-30.

3.1.2.2

intervalle de mesure

gamme de débit

ensemble des valeurs de grandeurs d'une même nature qu'un instrument de mesure ou un système de mesure donné peut mesurer avec une incertitude instrumentale spécifiée, dans des conditions déterminées

NOTE 1 Adapté de l'ISO/CEI Guide 99:2007^[33], définition 4.7.

NOTE 2 Pour les besoins de la présente partie de l'ISO 17089, «l'ensemble des valeurs de grandeurs d'une même nature» est la plage des débits de gaz limitée par le débit maximal, $q_{V,max}$, et le débit minimal, $q_{V,min}$; «l'instrument de mesure» est un compteur.

3.1.2.3

pression de mesure

p

pression absolue de gaz dans un compteur dans les conditions d'écoulement associées au volume de gaz indiqué

3.1.2.4

vitesse moyenne

v

débit volumique divisé par l'aire de la section droite

3.1.3 Conception du compteur

3.1.3.1

corps du compteur

structure sous pression du compteur

3.1.3.2

trajet acoustique

parcours d'une onde sonore entre deux transducteurs à ultrasons

3.1.3.3**trajet axial**

parcours d'une onde sonore entièrement dans la direction de l'axe principal de la tuyauterie

NOTE Un trajet peut coïncider ou être parallèle à l'axe longitudinal de la tuyauterie.

Voir Figure 1.



Figure 1 — Trajet axial

3.1.3.4**trajet diamétral**

trajet acoustique dans lequel l'onde sonore passe par l'axe longitudinal de la tuyauterie

Voir Figure 2.

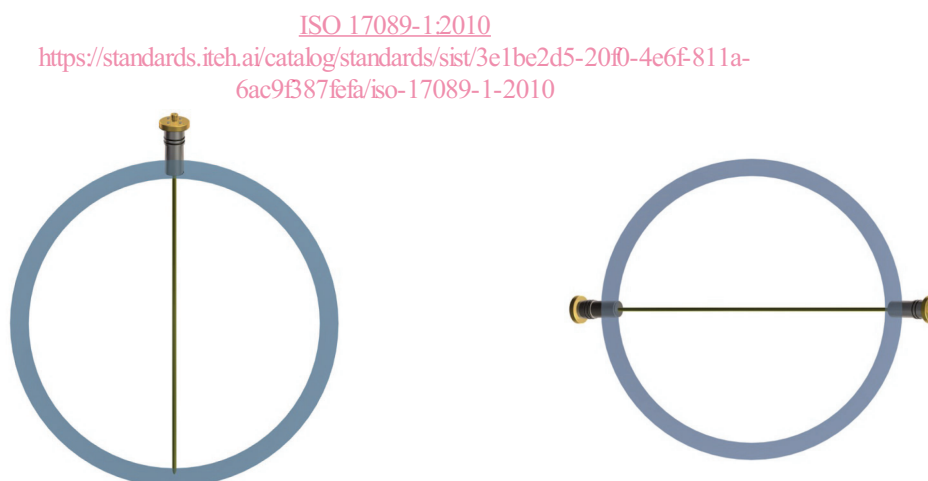


Figure 2 — Trajets diamétraux

3.1.3.5**trajet à la corde**

trajet acoustique dans lequel l'onde sonore se déplace parallèlement au trajet diamétral

Voir Figure 3.

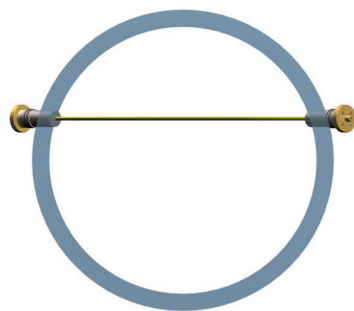


Figure 3 — Trajets à la corde

3.1.4 Conditions thermodynamiques

3.1.4.1

conditions de mesure

conditions observées au point de mesure du fluide dont le volume est à mesurer

NOTE 1 Les conditions de mesure incluent la composition du gaz, la température et la pression.

NOTE 2 Adapté de l'ISO 9951:1993^[2], définition 3.1.6.

3.1.4.2

conditions de base

conditions auxquelles est converti le volume de gaz mesuré

NOTE 1 Les conditions de base incluent la température de base et la pression de base.

NOTE 2 Adapté de l'ISO 9951:1993^[2], définition 3.1.7.

3.1.4.3

conditions spécifiées

conditions du gaz pour lesquelles sont indiquées les spécifications de performance du compteur

NOTE Adapté de l'ISO 9951:1993^[2], définition 3.1.8.

3.1.5 Statistiques

3.1.5.1

erreur de mesure

erreur

différence entre la valeur mesurée d'une grandeur et une valeur de référence

[ISO/CEI Guide 99:2007^[33], définition 2.16]

EXEMPLE Valeur d'une grandeur mesurée par le compteur soumis à essai moins la valeur de la grandeur mesurée par un compteur de référence.

3.1.5.2

courbe d'erreur

interconnexion de la courbe (par exemple polynomiale) ajustée sur l'ensemble des erreurs en fonction du débit du compteur de référence

3.1.5.3**erreur maximale admissible**

valeur extrême de l'erreur de mesure par rapport à une valeur de référence connue d'une grandeur, admise par des spécifications ou des réglementations pour une plage de fonctionnement donnée du compteur

NOTE Adapté de l'ISO/CEI Guide 99:2007^[33], définition 4.26.

3.1.5.4**erreur maximale de crête à crête**

différence maximale entre deux valeurs d'erreur

3.1.5.5**répétabilité**

fidélité de la mesure selon un ensemble de conditions de répétabilité de mesure

NOTE Adapté de l'ISO/CEI Guide 99:2007^[33], définition 2.21.

3.1.5.6**fidélité de la mesure**

étroitesse de l'accord entre les valeurs de sortie du compteur d'essai, obtenues par des mesurages répétés sur le même compteur dans des conditions spécifiées

NOTE Adapté de l'ISO/CEI Guide 99:2007^[33], définition 2.15.

3.1.5.7**reproductibilité**

fidélité de mesure selon un ensemble de conditions de reproductibilité de mesure

NOTE Adapté de l'ISO/CEI Guide 99:2007^[33], définition 2.25.

3.1.5.8**résolution**

variation la plus faible entre indications d'un compteur pouvant être significativement perceptible

NOTE Adapté de l'ISO 11631:1998^[3], définition 3.28.

3.1.5.9**intervalle d'échantillonnage de vitesse**

intervalle entre deux mesurages consécutifs de la vitesse du gaz, chacun étant l'ensemble des valeurs réelles de grandeur d'un mesurande avec une probabilité déclarée, fondé sur les informations disponibles

3.1.5.10**mesure de débit nul**

erreur de mesure de référence lorsque, le gaz étant au repos, les valeurs des composantes axiale et non axiale de la vitesse sont nulles

3.1.5.11**linéarisation**

manière de réduire la non-linéarité du compteur à ultrasons, généralement en appliquant des corrections au logiciel

NOTE La linéarisation peut être appliquée à l'électronique du compteur ou à un calculateur de débit connecté au compteur à ultrasons. La correction peut être, par exemple, une linéarisation par échelon ou une linéarisation polynomiale.

3.1.5.12**pente**

pente de la droite d'ajustement optimal

EXEMPLE La pente de la meilleure droite déterminée par la méthode des moindres carrés, passant par les points d'étalonnage d'une courbe d'erreur.

3.2 Symboles et indices

Les symboles et indices utilisés dans la présente partie de l'ISO 17089 sont donnés dans les Tableaux 1 et 2. Des exemples de symboles de débit volumique sont donnés dans le Tableau 3.

Tableau 1 — Symboles

Grandeur	Symbole	Dimensions ^a	Unité SI
Aire de la section droite	A	L^2	m^2
Vitesse du son dans un fluide	c	LT^{-1}	m/s
Diamètre extérieur du corps du compteur	D	L	m
Module d'élasticité; module de Young	E	$ML^{-1}T^{-2}$	MPa
Facteur de pondération (entrées directes)	f_i	—	1
Nombres entiers (1, 2, 3, ...)	i, j, n	—	1
Coefficient d'impulsion	I	L^{-3}	m^{-3}
Coefficient d'étalonnage	K	—	1
Coefficient de style de corps	K_s	—	1
Coefficient de correction d'extrémité de raccordement	K_E	—	1
Coefficient de correction de répartition des vitesses	k_h	—	1
Coefficient de rigidité de la bride	K_f	—	1
Distance minimale par rapport à une perturbation spécifiée de l'écoulement en amont	l_{min}	L	m
Amplitude du bruit	L_p	—	dB
Longueur de trajet	l_p	L	m
Coefficient d'atténuation	N_a	—	1
Facteur de pondération de vanne	N_v	—	1
Pression absolue	p	$ML^{-1}T^{-2}$	Pa
Différence de pression	Δp	$ML^{-1}T^{-2}$	Pa
Pression acoustique d'émission	p_n	$ML^{-1}T^{-2}$	Pa
Intensité du signal du compteur à ultrasons	P_s	$ML^{-1}T^{-2}$	Pa
Débit volumique	q_V	L^3T^{-1}	m^3/s
Rayon extérieur de la tuyauterie	R	L	m
Rayon intérieur de la tuyauterie	r	L	m
Nombre de Reynolds (lié à d)	Re_d	—	1
Température absolue du gaz	T	Θ	K
Différence de température	ΔT	Θ	K
Temps de transit	t	T	s
Vitesse moyenne	v	LT^{-1}	m/s
Vitesse du trajet acoustique i	v_i	LT^{-1}	m/s
Facteur de pondération (valeur fixe)	w_I	—	1
Compressibilité	Z	—	1
Coefficient de dilatation thermique	α	Θ^{-1}	K^{-1}
Erreur au débit $q_{V,i}$	Δ_i	—	%

Tableau 1 (suite)

Grandeur	Symbole	Dimensions ^a	Unité SI
Épaisseur de paroi de la tuyauterie	δ	L	m
Viscosité dynamique	η	$L^{-1}MT^{-1}$	Pa·s
Longueur d'onde de l'oscillation ultrasonore	λ	L	m
Coefficient de Poisson	μ	—	1
Masse volumique du fluide	ρ	ML^{-3}	kg/m ³
Angle du trajet	ϕ	—	rad
Vitesse angulaire	ω	T^{-1}	rad·s ⁻¹
^a M ≡ masse; L ≡ longueur; T ≡ temps; Θ ≡ température.			

Tableau 2 — Indices

Indice	Signification
cal	étalonnage
min	minimal
max	maximal
op	opérationnel
t	transition

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

Tableau 3 — Exemples de symboles de débits

Symbole	Signification
$q_{V,max,20}$	Débit maximal de conception, prévu pour une vitesse maximale du gaz de 20 m/s
$q_{V,max,x}$	Débit maximal de conception, prévu pour une vitesse maximale du gaz de x m/s
$q_{V,max,op}$	Débit maximal de fonctionnement, défini uniquement lorsqu'il est inférieur au débit maximal de conception
$q_{V,max,cal}$	Débit maximal étalonné, défini uniquement lorsqu'il est inférieur au débit maximal de fonctionnement
$q_{V,min}$	Débit minimal de conception
$q_{V,t}$	Débit de transition permettant de définir des exigences d'exactitude

3.3 Abréviations

CMC	Capacité d'étalonnage et de mesure
ES	Système électronique
FAT	Essai de réception en usine
FC	Tranquilliseur
FRMM	Méthode de mesure de référence du débit
FWME	Erreur moyenne pondérée du débit
HDF	Empreinte de l'historique de différence
HDH	Histogramme de l'historique de différence

M&R	Postes de comptage et de régulation
MDF	Empreinte mensuelle de différence
MSOS	Vitesse du son mesurée
S/N	Rapport signal/bruit
SOS	Vitesse du son
TSOS	Vitesse théorique du son
USM	Compteur (débitmètre) à ultrasons
USMP	Compteur à ultrasons complet, y compris tubes de mesure, calculateur de débit et puits thermométrique
USM(P)	USM et USMP

4 Principes de mesure

4.1 Formules de base

Les compteurs à ultrasons sont fondés sur le mesurage du temps de propagation des ondes sonores dans un milieu en écoulement.

La configuration de base du système est représentée à la Figure 4. De part et d'autre de la tuyauterie, des transducteurs capables d'émettre et de recevoir des impulsions ultrasonores sont montés aux emplacements A et B. Ces transducteurs émettent des impulsions sonores dans un intervalle tellement bref que la vitesse du son est identique pour les deux mesurages et les temps de transit sont mesurés. Avec un débit nul, le temps de transit de A à B, t_{AB} , est égal au temps de transit de B à A, t_{BA} . Toutefois, en présence d'un écoulement, le temps de transit de l'impulsion sonore de A à B diminuera et celui de B à A augmentera selon les équations suivantes (en ne tenant pas compte des effets de second ordre tels que la courbure du trajet):

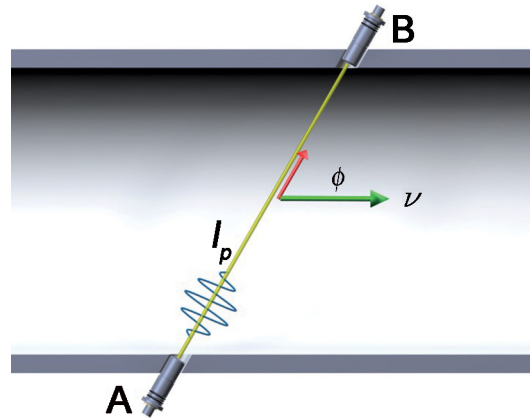
$$t_{AB} = \frac{l_p}{(c + v \cos \phi)} \quad (1)$$

et

$$t_{BA} = \frac{l_p}{(c - v \cos \phi)} \quad (2)$$

où

- l_p est la longueur du trajet;
- c est la vitesse du son;
- v est la vitesse moyenne;
- ϕ est l'angle du trajet;
- t_{AB} et t_{BA} sont les temps de transit de l'impulsion sonore.



Légende

A, B	positions
l_p	longueur du trajet
v	vitesse moyenne
ϕ	angle du trajet

Figure 4 — Configuration de base du système

L'Équation (3) pour la vitesse mesurée du gaz peut être dérivée en soustrayant l'Équation (2) de l'Équation (1).

$$v_i = \frac{l_p}{2 \cos \phi} \left(\frac{1}{t_{AB}} - \frac{1}{t_{BA}} \right) \quad (3)$$

Il est important de noter que, dans cette expression, le terme relatif à la vitesse du son dans le gaz a été supprimé. Cela signifie que le mesurage de la vitesse du gaz est indépendant des propriétés du gaz telles que la pression, la température et la composition du gaz. Toutefois, lorsque les transducteurs sont encastrés, il existe une composante supplémentaire de temporisation qui dépend de la vitesse du son.

De la même manière, la vitesse du son est calculée en additionnant l'Équation (1) et l'Équation (2).

$$c = \frac{l_p}{2} \left(\frac{1}{t_{AB}} + \frac{1}{t_{BA}} \right) \quad (4)$$

Dans les compteurs multicordes, les mesurages individuels de la vitesse de parcours sont combinés par une fonction mathématique pour obtenir une estimation de la vitesse moyenne.

$$v = f(v_1, \dots, v_n) \quad (5)$$

où n est le nombre total de trajets. En raison des variations dans la configuration des trajets et des différentes méthodes propriétaires de résolution de l'Équation (5), même pour un nombre donné de trajets, la forme exacte de $f(v_1, \dots, v_n)$ peut différer.

Pour obtenir le débit volumique, q_V , la valeur estimée de la vitesse moyenne est multipliée par l'aire de la section droite du tronçon de mesure, A , comme suit:

$$q_V = Av \quad (6)$$

4.2 Facteurs ayant une incidence sur les performances

Les performances d'un compteur à ultrasons dépendent d'un certain nombre de facteurs intrinsèques et extrinsèques.