



Norme
internationale

ISO 15086-2

**Transmissions hydrauliques —
Évaluation des caractéristiques du
bruit liquidien des composants et
systèmes —**

Partie 2:
**Mesurage de la vitesse du son émis
dans un fluide dans une tuyauterie**

*Hydraulic fluid power — Determination of the fluid-borne noise
characteristics of components and systems —*

Part 2: Measurement of the speed of sound in a fluid in a pipe

**Deuxième édition
2025-02**

iTeh Standards
(<https://standards.iteh.ai>)
Document Preview

[ISO 15086-2:2025](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/iso/bb2e60c3-ff9e-4ec3-94dd-c77dc9f7a793/iso-15086-2-2025)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/iso/bb2e60c3-ff9e-4ec3-94dd-c77dc9f7a793/iso-15086-2-2025>



DOCUMENT PROTÉGÉ PAR COPYRIGHT

© ISO 2025

Tous droits réservés. Sauf prescription différente ou nécessité dans le contexte de sa mise en œuvre, 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, ou la diffusion sur l'internet ou sur un intranet, sans autorisation écrite préalable. Une autorisation peut être demandée 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 401 • Ch. de Blandonnet 8
CH-1214 Vernier, Genève
Tél.: +41 22 749 01 11
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 et définitions	1
4 Symboles	2
5 Instruments	3
5.1 Mesures statiques	3
5.2 Mesures dynamiques	3
5.3 Analyse de fréquence de l'onde de pression	4
6 Générateur de bruit hydraulique	4
6.1 Généralités	4
6.2 Vibration du générateur	4
7 Conditions d'essai	4
7.1 Généralités	4
7.2 Température du fluide	5
7.3 Masse volumique et viscosité du fluide	5
7.4 Pression moyenne du fluide	5
7.5 Mesure de l'écoulement moyen	5
8 Banc d'essai	5
8.1 Généralités	5
8.2 Isolation thermique	5
8.3 Méthode 1: Méthode des trois capteurs	5
8.4 Méthode 2: Méthode antirésonance	6
8.5 Étalonnage des capteurs de pression	9
9 Mode opératoire d'essai pour la Méthode 1	10
10 Mode opératoire d'essai pour la Méthode 2	12
11 Rapport d'essai	12
11.1 Informations générales	12
11.2 Données d'essai	12
11.3 Résultats d'essai	13
12 Phrase d'identification (Référence au présent document)	13
Annexe A (normative) Erreurs et classes de mesure de la valeur moyenne	14
Annexe B (normative) Erreurs et classes de mesure dynamique	15
Annexe C (informative) Algorithmes de compression des données	16
Annexe D (informative) Exemple de calcul de la vitesse du son en langage MATLAB® en utilisant trois capteurs de pression montés sur le tube (Méthode 1)	20
Annexe E (informative) Exemple de calcul de la vitesse du son en langage MATLAB® en utilisant deux capteurs de pression montés sur un tube à extrémité fermée (Méthode 2)	23
Bibliographie	25

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 (IEC) en ce qui concerne la normalisation électrotechnique.

Les procédures utilisées pour élaborer le présent document et celles destinées à sa mise à jour sont décrites dans les Directives ISO/IEC, Partie 1. Il convient, en particulier, de prendre note des différents critères d'approbation requis pour les différents types de document ISO. Le présent document a été rédigé conformément aux règles de rédaction données dans les Directives ISO/IEC, Partie 2 (voir www.iso.org/directives).

L'ISO attire l'attention sur le fait que la mise en application du présent document peut entraîner l'utilisation d'un ou de plusieurs brevets. L'ISO ne prend pas position quant à la preuve, à la validité et à l'applicabilité de tout droit de brevet revendiqué à cet égard. À la date de publication du présent document, l'ISO n'avait pas reçu notification qu'un ou plusieurs brevets pouvaient être nécessaires à sa mise en application. Toutefois, il y a lieu d'avertir les responsables de la mise en application du présent document que des informations plus récentes sont susceptibles de figurer dans la base de données de brevets, disponible à l'adresse www.iso.org/brevets. L'ISO ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié tout ou partie de tels droits de propriété.

Les appellations commerciales éventuellement mentionnées dans le présent document sont données pour information, par souci de commodité, à l'intention des utilisateurs et ne sauraient constituer un engagement.

Pour une explication de la nature volontaire des normes, la signification des termes et expressions spécifiques de l'ISO liés à l'évaluation de la conformité, ou pour toute information au sujet de l'adhésion de l'ISO aux principes de l'Organisation mondiale du commerce (OMC) concernant les obstacles techniques au commerce (OTC), voir www.iso.org/avant-propos.

Le présent document a été élaboré par le comité technique ISO/TC 131, *Transmissions hydrauliques et pneumatiques*, sous-comité SC 8, *Essais des produits*.

Cette deuxième édition annule et remplace la première édition (ISO 15086-2:2000), qui a fait l'objet d'une révision technique.

Les principales modifications sont les suivantes:

- la plage de fréquences des ondes de pression a été révisée;
- les unités des symboles, le symbole B_e , les indices O et N ont été ajoutés au [Tableau 1](#);
- le symbole f_0 (première fréquence d'antirésonance acoustique) a été remplacé par f_{a1} ;
- les [Figures 3](#) et [C.1](#) ont été ajoutées;
- les [Figures 1](#), [2](#) et [4](#) ont été corrigées;
- les [Formules 1](#), [C.2](#), et [C.3](#) ont été corrigées;
- l'[Annexe D](#) a été révisée;
- diverses modifications rédactionnelles complémentaires ont été apportées.

Une liste de toutes les parties de la série ISO 15086 se trouve sur le site web de l'ISO.

Il convient que l'utilisateur adresse tout retour d'information ou toute question concernant le présent document à l'organisme national de normalisation de son pays. Une liste exhaustive desdits organismes se trouve à l'adresse www.iso.org/fr/members.html.

Introduction

Dans les systèmes de transmissions hydrauliques, l'énergie est transmise et commandée par l'intermédiaire d'un fluide sous pression circulant en circuit fermé. Le processus de transformation de l'énergie mécanique en énergie hydraulique génère des fluctuations de l'écoulement et de la pression ainsi que des vibrations de la structure.

Les caractéristiques hydro-acoustiques des composants hydrauliques peuvent être mesurées avec une précision acceptable lorsque la vitesse du son émis par le fluide est connue de façon précise.

La méthode de mesurage pour l'évaluation de la vitesse du son dans un tube, comme décrit dans le présent document, est fondée sur l'application de la théorie de la ligne de transmission à onde plane à l'analyse des fluctuations de pression dans des tubes rigides^[1].

Deux approches de mesure différentes sont présentées, à savoir l'utilisation de

- trois capteurs de pression dans un tube, et
- l'antirésonance acoustique dans un système de tubes à extrémité fermée.

Il convient d'utiliser la méthode des trois capteurs de pression chaque fois que la vitesse du son est à mesurer dans les conditions de service efficaces d'un système. Cette méthode peut être réalisée simultanément avec les méthodes de mesure hydroacoustique spécifiées dans les ISO 10767-1, ISO 10767-3 and ISO 15086-3, à l'aide du même équipement et des mêmes mesurages.

L'une ou l'autre méthode permet de produire un tableau de données sur la vitesse des données acoustiques en fonction de la pression et de la température moyennes pour un fluide donné.

iteh Standards
(<https://standards.iteh.ai>)
Document Preview

[ISO 15086-2:2025](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/iso/bb2e60c3-ff9e-4ec3-94dd-c77dc9f7a793/iso-15086-2-2025)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/iso/bb2e60c3-ff9e-4ec3-94dd-c77dc9f7a793/iso-15086-2-2025>

Transmissions hydrauliques — Évaluation des caractéristiques du bruit liquidien des composants et systèmes —

Partie 2:

Mesurage de la vitesse du son émis dans un fluide dans une tuyauterie

1 Domaine d'application

Le présent document décrit le mode opératoire d'évaluation de la vitesse du son émis par un fluide contenu dans un tube, par la réalisation de mesurages à partir de capteurs de pression montés sur ledit tube.

Le présent document s'applique à tous les types de circuits hydrauliques fonctionnant dans des conditions de régime établi, indépendamment de leur dimension, pour des impulsions de pression dans une gamme de fréquences comprise entre 10 Hz et 3 kHz.

2 Références normatives

Les documents suivants sont cités dans le texte de sorte qu'ils constituent, pour tout ou partie de leur contenu, des exigences 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 5598, *Transmissions hydrauliques et pneumatiques — Vocabulaire*

ISO 80000-1, *Grandeurs et unités — Partie 1: Généralités*

3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions de l'ISO 5598 ainsi que les suivants s'appliquent.

L'ISO et l'IEC tiennent à jour des bases de données terminologiques destinées à être utilisées en normalisation, consultables aux adresses suivantes:

- ISO Online browsing platform: disponible à l'adresse <https://www.iso.org/obp>
- IEC Electropedia: disponible à l'adresse <https://www.electropedia.org/>

3.1

onde d'écoulement

composant fluctuant de débit dans le fluide hydraulique, provoqué par l'interaction entre l'onde d'écoulement de la source et le système

3.2

onde de pression

composant fluctuant de pression dans le fluide hydraulique, provoqué par l'interaction entre l'onde d'écoulement (3.1) de la source et le système

3.3

fréquence fondamentale

fréquence la plus basse d'onde de pression (3.2) mesurée à l'aide de l'instrument d'analyse de fréquence

3.4

harmonique

composant sinusoïdal de l'onde de pression (3.2) ou de l'onde d'écoulement (3.1) se produisant à un multiple entier de la fréquence fondamentale (3.3)

Note 1 à l'article: Une harmonique peut être représentée par son amplitude et sa phase, ou bien par ses parties réelle et imaginaire.

3.5

générateur de bruit hydraulique

composant hydraulique générant une onde d'écoulement (3.1) puis une onde de pression (3.2) dans le circuit

3.6

tube de mesure

tube dans lequel sont montés les capteurs de pression

3.7

impédance

rapport complexe de l'onde de pression (3.2) avec l'onde d'écoulement (3.1) se produisant à un point donné dans un système hydraulique et à une fréquence donnée

3.8

fréquence antirésonance acoustique

fréquence la plus basse à laquelle l'amplitude de l'impédance (3.7) d'entrée du tube de mesure (3.6) est minimale

4 Symboles

Tableau 1 — Symboles

Symbole	Description	Unité
A, A', B, B'	Coefficients complexes	$m^3 \cdot s^{-1} \cdot Pa^{-1}$
a, b	Coefficients de propagation des ondes dépendant de la fréquence	$rad \cdot s^{-1}$
B_e	module d'élasticité volumique	Pa
c	Vitesse acoustique du fluide	$m \cdot s^{-1}$
d	Diamètre intérieur du tube de mesure	m
f	Fréquence de l'harmonique d'onde de pulsation	Hz
f_i	i -ième fréquence harmonique	Hz
f_{ai}	i -ième fréquence antirésonance acoustique	Hz
H	Fonction transfert (nombre complexe) entre deux signaux de capteurs de pression après correction de l'étalonnage	—
H'	Fonction transfert (nombre complexe) entre deux signaux de capteurs de pression soumis à étalonnage	—
H^*	Fonction transfert (nombre complexe) entre deux signaux de capteurs de pression	—
j	Opérateur complexe ($\sqrt{-1}$)	—
L	Distance entre les capteurs 1 et 2 (Méthode 1)	m
L'	Distance entre les capteurs 2 et 3 (Méthode 1)	m
l	Distance de PT_1 à l'extrémité du tube (Méthode 2)	m
P_1	Onde de pression du capteur PT_1 (nombre complexe)	Pa
P_2	Onde de pression du capteur PT_2 (nombre complexe)	Pa

Tableau 1 (suite)

Symbole	Description	Unité
P_3	Onde de pression du capteur PT_3 (nombre complexe)	Pa
$Q_{1 \rightarrow 2}$	Onde d'écoulement à l'emplacement 1, de 1 à 2 (nombre complexe)	$m^3 \cdot s^{-1}$
$Q_{2 \rightarrow 1}$	Onde d'écoulement à l'emplacement 2, de 2 à 1 (nombre complexe)	$m^3 \cdot s^{-1}$
$Q_{2 \rightarrow 3}$	Onde d'écoulement à l'emplacement 2, de 2 à 3 (nombre complexe)	$m^3 \cdot s^{-1}$
S_i	Fonction de cohérence correspondant aux fréquences de mesure, f_i	—
ε	Erreur (nombre complexe)	—
$\bar{\varepsilon}$	Conjugué du nombre complexe ε (nombre complexe)	—
ε_x	Partie réelle de ε	—
ε_y	Partie imaginaire de ε	—
ρ	Masse volumique du fluide	$kg \cdot m^{-3}$
ν	Viscosité cinématique du fluide	$m^2 \cdot s^{-1}$
ω	pulsation ($2\pi f$)	$rad \cdot s^{-1}$
Indice O	Indice de l'ancienne valeur	—
Indice N	Indice de la nouvelle valeur	—

NOTE $H, H', H^*, P_1, P_2, P_3, Q_{1 \rightarrow 2}, Q_{2 \rightarrow 1}, Q_{2 \rightarrow 3}$ sont tous dépendants, de la fréquence et sont donc représentés par des lettres majuscules.

Les unités utilisées dans le présent document doivent être en conformité avec l'ISO 80000-1.

Les symboles graphiques utilisés dans le présent document sont conformes à l'ISO 1219-1 sauf indication contraire.

5 Instruments

5.1 Mesures statiques

Les instruments utilisés pour mesurer

- l'écoulement moyen (Méthode 1 uniquement),
- la pression moyenne du fluide,
- la température du fluide

doivent satisfaire au minimum l'exigence relative à l'exactitude de mesurage de «classe industrielle», c'est-à-dire la classe C donnée dans l'[Annexe A](#).

5.2 Mesures dynamiques

Les instruments utilisés pour mesurer l'onde de pression doivent avoir les caractéristiques suivantes:

- fréquence de résonance: ≥ 30 kHz,
- linéarité: ± 1 %,
- compensation d'accélération souhaitable, et

doivent satisfaire au minimum l'exigence relative à l'exactitude de mesurage de «classe industrielle», c'est-à-dire la classe C donnée dans l'[Annexe B](#).

Il n'est pas nécessaire que les instruments correspondent à une pression en régime établi. Il peut être avantageux de filtrer toute composante de signal en régime établi à l'aide d'un filtre passe-haut. Ce filtre ne doit pas générer d'erreur d'amplitude ou de phase supplémentaire supérieure à 0,5 % ou 0,5° respectivement, de la mesure courante.

5.3 Analyse de fréquence de l'onde de pression

Un instrument approprié doit être utilisé pour mesurer l'amplitude et la phase de l'onde de pression.

L'instrument doit pouvoir mesurer l'onde de pression à partir des capteurs de pression de telle sorte que, pour un harmonique particulier, les mesures réalisées à partir de chaque capteur soient effectuées simultanément et de manière synchronisée les unes par rapport aux autres.

L'instrument doit avoir une précision et une résolution pour les mesures d'harmonique de

- a) amplitude dans les limites de: $\pm 0,5$ %,
- b) phase dans les limites de: $\pm 0,5^\circ$, et
- c) fréquence dans les limites de: $\pm 0,5$ %

sur une gamme de fréquences comprise entre 10 Hz et 3 kHz.

NOTE La conformité à la spécification ci-dessus donne une incertitude de la vitesse du son inférieure à ± 3 %.

6 Générateur de bruit hydraulique

6.1 Généralités

Tout type de générateur de bruit hydraulique peut être utilisé, à condition qu'il crée une onde de pression suffisante au niveau des capteurs de pression permettant ainsi la réalisation de mesures exactes.

EXEMPLE Les pompes et les moteurs créent une onde de pression composée principalement de nombreux harmoniques de la fréquence fondamentale. Dans ces cas, la fréquence fondamentale est égale au produit de la fréquence de rotation de l'axe et du nombre de dents de l'engrenage, de palettes ou de pistons, etc. (selon la machine utilisée).

Des méthodes alternatives appropriées comprennent

- un distributeur auxiliaire équipé d'un tiroir tournant permettant au flux de se diriger vers la canalisation de retour grâce à sa rotation partielle, et
- un servodistributeur électro-hydraulique entraîné par un générateur de fréquence. Le servo-distributeur peut être déclenché par un signal de bruit blanc afin d'obtenir des mesures d'onde de pression significatives à chaque fréquence intéressante.

6.2 Vibration du générateur

Si nécessaire, le tube de mesure doit être structurellement isolé du générateur afin de minimiser les vibrations, par exemple, en cas de vibrations évidentes de la tuyauterie, sur la base de l'expérience acquise sur le terrain.

7 Conditions d'essai

7.1 Généralités

Les conditions de service requises doivent être maintenues pour chaque essai dans les limites spécifiées dans le [Tableau 2](#).

7.2 Température du fluide

La température du fluide doit être la température mesurée à l'entrée du tube de mesure.

7.3 Masse volumique et viscosité du fluide

La masse volumique et la viscosité du fluide doivent être connues avec une exactitude définie dans les limites spécifiées dans le [Tableau 3](#).

7.4 Pression moyenne du fluide

La pression moyenne du fluide doit être celle mesurée à l'entrée du tube de mesure.

7.5 Mesure de l'écoulement moyen

L'écoulement moyen doit être mesuré en aval du tube de mesure (Méthode 1 uniquement).

Tableau 2 — Variations admissibles des conditions d'essai

Paramètre d'essai	Variation admissible
Écoulement moyen	±2 %
Pression moyenne	±2 %
Température	±2 °C

Tableau 3 — Exactitude requise des données de propriétés du fluide

Propriété	Exactitude requise
Masse volumique	±2 %
Viscosité	±5 %

8 Banc d'essai

8.1 Généralités

Si, dans n'importe quelle condition d'essai, les amplitudes d'ondes de pression sont trop faibles pour pouvoir réaliser une analyse satisfaisante du spectre de fréquences, un autre générateur de bruit doit être choisi.

Les capteurs de pression doivent être montés de telle sorte que leurs diaphragmes soient au même niveau que la paroi intérieure du tube à ±0,5 mm.

Deux spécifications alternatives relatives au tube de mesure et à la position du capteur sont données, conformément à la méthode utilisée.

8.2 Isolation thermique

La température doit être mesurée aux deux extrémités du tube de mesure. La différence de température entre les deux extrémités du tube de mesure ne doit en aucun cas dépasser 2 °C quelle que soit la condition d'essai. Si nécessaire, un calorifugeage thermique suffisant doit être appliqué au tube de mesure pour pouvoir satisfaire cette exigence.

8.3 Méthode 1: Méthode des trois capteurs

8.3.1 Cette méthode peut être utilisée lorsque la vitesse du son doit être mesurée en même temps que les autres caractéristiques hydro-acoustiques des composants hydrauliques, telles que l'impédance, l'onde