

---

---

**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**

iTeh STANDARD PREVIEW  
(standards.iteh.ai)

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

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

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/048c1b3b-0593-4157-910f-411ac65e5cdd/iso-15086-2-2000>



**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 15086-2:2000](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/048cfb3b-0593-4f57-910f-411ac65e5cdd/iso-15086-2-2000)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/048cfb3b-0593-4f57-910f-411ac65e5cdd/iso-15086-2-2000>

© ISO 2000

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 22 734 10 79  
E-mail [copyright@iso.ch](mailto:copyright@iso.ch)  
Web [www.iso.ch](http://www.iso.ch)

Imprimé en Suisse

## Sommaire

Page

Avant-propos.....	iv
Introduction.....	v
1 <b>Domaine d'application</b> .....	1
2 <b>Références normatives</b> .....	1
3 <b>Termes et définitions</b> .....	1
4 <b>Symboles et souscrits</b> .....	2
5 <b>Instruments</b> .....	3
6 <b>Générateur de bruit hydraulique</b> .....	4
7 <b>Conditions d'essai</b> .....	5
8 <b>Banc d'essai</b> .....	6
9 <b>Mode opératoire d'essai de la méthode 1</b> .....	10
10 <b>Mode opératoire d'essai de la méthode 2</b> .....	11
11 <b>Rapport d'essai</b> .....	12
12 <b>Phrase d'identification</b> (Référence à la présente partie de l'ISO 15086) .....	13
<b>Annexe A</b> (normative) <b>Erreurs et classes de mesure de la valeur moyenne</b> .....	14
<b>Annexe B</b> (normative) <b>Erreurs et classes de mesure dynamique</b> .....	15
<b>Annexe C</b> (normative) <b>Algorithmes de compression des données</b> .....	16
<b>Annexe D</b> (informative) <b>Exemple de calcul de la vitesse du son en langage MATLAB® en utilisant trois capteurs de pression montés sur le tube (Méthode 1)</b> .....	22
<b>Annexe E</b> (informative) <b>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)</b> .....	26
<b>Bibliographie</b> .....	27

## 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 15086 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 15086-2 a été élaborée par le comité technique ISO/TC 131, *Transmissions hydrauliques et pneumatiques*, sous-comité SC 8, *Essais des produits*.

L'ISO 15086 comprend les parties suivantes, présentées sous le titre général *Transmissions hydrauliques — Évaluation des caractéristiques du bruit liquidien des composants et systèmes*:

- *Partie 1: Introduction* <https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/048cfb3b-0593-4f57-910f-411ac65e5cdd/iso-15086-2-2000>
- *Partie 2: Mesurage de la vitesse du son émis dans un fluide dans une tuyauterie*

Les annexes A, B et C constituent des éléments normatifs de la présente partie de l'ISO 15086. Les annexes D et E sont données uniquement à titre d'information.

## 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 la présente partie de l'ISO 15086, 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 méthodes différentes sont présentées, à savoir:

- trois capteurs de pression dans un tube;
- 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.

Il convient d'utiliser la méthode antirésonance pour produire un tableau de vitesse des données acoustiques en fonction de la pression et de la température moyennes d'un fluide particulier.

ISO 15086-2:2000

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/048cfb3b-0593-4f57-910f-411ac65e5cdd/iso-15086-2-2000>

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

ISO 15086-2:2000

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/048cfb3b-0593-4f57-910f-411ac65e5cdd/iso-15086-2-2000>

# 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

La présente partie de l'ISO 15086 décrit la procédure 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.

La présente partie de l'ISO 15086 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 25 Hz et 2 500 Hz.

### 2 Références normatives

Les normes suivantes contiennent des dispositions qui, par suite de la référence qui en est faite, constituent des dispositions valables pour la présente partie de l'ISO 15086. Au moment de la publication, les éditions indiquées étaient en vigueur. Toute norme est sujette à révision et les parties prenantes des accords fondés sur la présente partie de l'ISO 15086 sont invitées à rechercher la possibilité d'appliquer les éditions les plus récentes des normes indiquées ci-après. Les membres de la CEI et de l'ISO possèdent le registre des Normes internationales en vigueur à un moment donné.

ISO 1000:1992, *Unités SI et recommandations pour l'emploi de leurs multiples et de certaines autres unités.*

ISO 1219-1:1991, *Transmissions hydrauliques et pneumatiques — Symboles graphiques et schémas de circuit — Partie 1: Symboles graphiques.*

ISO 5598:1985, *Transmissions hydrauliques et pneumatiques — Vocabulaire.*

### 3 Termes et définitions

Pour les besoins de la présente partie de l'ISO 15086, les termes et définitions donnés dans l'ISO 5598 et les suivants s'appliquent.

#### 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 de la source et le système

3.3

**fréquence fondamentale**

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

3.4

**harmonique**

composant sinusoïdal de l'onde de pression ou de l'onde d'écoulement se produisant à un multiple entier de la fréquence fondamentale

NOTE 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 puis une onde de pression 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 avec l'onde d'écoulement se produisant à un point donné dans un système hydraulique et à une fréquence donnée

3.8

**impédance d'entrée**

impédance à l'entrée d'un tube ou d'une tuyauterie

3.9

**première fréquence antirésonance acoustique**

fréquence la plus basse à laquelle l'amplitude de l'impédance d'entrée du tube de mesure est minimale.

iTeh STANDARD PREVIEW  
(standards.iteh.ai)  
ISO 15086-2:2000  
<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/048cfb3b-0593-4f57-910f-411ac65e5cdd/iso-15086-2-2000>

4 Symboles et souscrits

4.1 Symboles

$A, A', a, B, B', b$	Coefficients de propagation des ondes dépendant de la fréquence (nombres complexes)
$c$	Vitesse acoustique du fluide
$d$	Diamètre intérieur du tube
$f$	Fréquence de l'harmonique d'onde de pulsation
$f_i$	Vecteur de fréquences auxquelles sont effectués les mesurages
$f_0$	Première fréquence antirésonance acoustique (en hertz)
$H$	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 après correction d'étalonnage
$j$	$\sqrt{-1}$
$L$	Distance entre les capteurs 1 et 2 (Méthode 1)



$L'$	Distance entre les capteurs 2 et 3 (Méthode 1)
$l$	Distance entre les capteurs de pression (Méthode 2)
$P_1$	Onde de pression du capteur PT1 (nombre complexe)
$P_2$	Onde de pression du capteur PT2 (nombre complexe)
$P_3$	Onde de pression du capteur PT3 (nombre complexe)
$Q_{1 \rightarrow 2}$	Onde d'écoulement à l'emplacement 1, de 1 à 2 (nombre complexe)
$Q_{2 \rightarrow 1}$	Onde d'écoulement à l'emplacement 2, de 2 à 1 (nombre complexe)
$Q_{2 \rightarrow 3}$	Onde d'écoulement à l'emplacement 3, de 2 à 3 (nombre complexe)
$S_i$	Fonction de cohérence correspondant aux fréquences de mesure, $f_i$
$\varepsilon$	Erreur (nombre complexe)
$\bar{\varepsilon}$	Conjugué du nombre complexe $\varepsilon$ (nombre complexe)
$\varepsilon_x$	Partie réelle de $\varepsilon$
$\varepsilon_y$	Partie imaginaire de $\varepsilon$
$\rho$	Masse volumique du fluide
$\nu$	Viscosité cinématique du fluide
$\omega$	$2\pi f$

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 la présente partie de l'ISO 15086 sont conformes à l'ISO 1000.

Les symboles graphiques sont conformes à l'ISO 1219-1, sauf indication contraire.

## 4.2 Souscrits

- O Indice de l'ancienne valeur
- N Indice de la nouvelle valeur

## 5 Instruments

### 5.1 Mesures statiques

Les instruments utilisés pour mesurer

- a) l'écoulement moyen (Méthode 1 uniquement);
- b) la pression moyenne du fluide;
- c) la température du fluide;

doivent satisfaire l'exigence relative à l'exactitude de mesurage de «classe industrielle», c'est-à-dire la classe C donnée dans l'annexe B.

## 5.2 Mesures dynamiques

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

- a) fréquence de résonance  $\geq 30$  kHz;
- b) linéarité  $\geq \pm 1$  %;
- c) compensation d'accélération souhaitable.

Il n'est pas nécessaire que les instruments correspondent à une pression en régime établi, et 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.

La précision et la résolution de l'instrument pour les mesures d'harmonique doivent être les suivantes:

- a) amplitude:  $\pm 0,5$  %;
- b) phase:  $\pm 0,5^\circ$ ;
- c) fréquence:  $\pm 0,5$  %;

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

[ISO 15086-2:2000](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/048cfb3b-0593-4f57-910f-411ac65e5cdd/iso-15086-2-2000)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/048cfb3b-0593-4f57-910f-411ac65e5cdd/iso-15086-2-2000>

sur une gamme de fréquences comprise entre 25 Hz et 2 500 Hz.

## 5.4 Incertitude

La conformité à la spécification ci-dessus donnera une incertitude de la vitesse du son inférieure à  $\pm 3$  %.

## 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;
- 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, il convient que le tube de mesure soit structurellement isolé du générateur afin de minimiser les vibrations.

## 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 1.

### 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 2.

### 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

La mesure de l'écoulement moyen doit être effectuée en aval du tube de mesure (Méthode 1 uniquement).

Tableau 1 — Variations admissibles des conditions d'essai

Paramètre d'essai	Variation admissible
Écoulement moyen	$\pm 2 \%$
Pression moyenne	$\pm 2 \%$
Température	$\pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$

Tableau 2 — Exactitude requise des données de propriétés du fluide

Propriété	Exactitude requise
Masse volumique	$\pm 2 \%$
Viscosité	$\pm 5 \%$

## 8 Banc d'essai

### 8.1 Généralités

Si, à toute 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  $\pm 0,5$  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 d'écoulement de la source ou les coefficients de la matrice-transfert. Le tube de mesure doit être installé dans le système d'essai à l'endroit où la vitesse du son doit être mesurée. Si nécessaire, plusieurs tubes de mesure peuvent être utilisés simultanément.

Le tube de mesure doit être uniforme et droit. Son diamètre intérieur doit être compris entre 80 % et 120 % du diamètre des tubes, ou des orifices de composants auxquels il est raccordé. Il convient que le tube soit soutenu de manière à réduire toute vibration.

Dans les cas où les autres propriétés hydro-acoustiques ne sont pas mesurées simultanément, une pompe (et, si nécessaire, un générateur de bruit hydraulique) doit être montée à une extrémité du tube de mesure. L'autre extrémité doit avoir la forme d'une soupape de charge ne comportant aucun élément interne libre, telle qu'une soupape à pointeau.

La pression moyenne doit être mesurée à l'extrémité amont du tube de mesure.

**8.3.2** Cette méthode requiert l'utilisation de trois capteurs de pression, configurés comme représenté à la Figure 1. L'espace entre les capteurs doit être choisi selon les spécifications normalisées des mesures hydro-acoustiques à effectuer simultanément. Sinon, la distance entre les capteurs de pression  $L$ ,  $L'$  est celle spécifiée dans le Tableau 3.

La distance entre chaque extrémité du tube de mesure et le capteur de pression le plus proche doit être au moins égale à  $10d$ , où  $d$  est le diamètre intérieur du tube. Les distances  $L$  et  $L'$  entre les capteurs, comme représenté à la Figure 1, doivent être mesurées avec une exactitude de  $\pm 0,5$  mm.

Aucun autre composant ne doit être raccordé entre les orifices d'entrée et de sortie du tube de mesure.

**Tableau 3 — Espace entre les capteurs: Méthode 1**

$L$	330 mm $\pm$ 2 mm
$L'$	470 mm $\pm$ 2 mm