
**Transmissions hydrauliques —
Détermination des niveaux d'onde
de pression engendrés dans les circuits
et composants —**

**Partie 3:
Méthode pour les moteurs**

(standards.iteh.ai)

*Hydraulic fluid power — Determination of pressure ripple levels generated
in systems and components —*

ISO 10767-3:1999

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/2e95effb-25b2-4c1d-9268-ee690c2dd2a1/iso-10767-3-1999>
Part 3: Method for motors



Sommaire	Page
1 Domaine d'application	1
2 Références normatives	1
3 Termes et définitions.....	2
4 Instruments	3
5 Installation du moteur	3
6 Conditions d'essai	4
7 Montage d'essai	5
8 Mode opératoire d'essai.....	9
9 Rapport d'essai	11
10 Phrase d'identification (Référence à la présente partie de l'ISO 10767).....	13
Annexe A (normative) Erreurs et classes de mesurage.....	14
Annexe B (normative) Algorithmes de compression de données.....	15
Annexe C (informative) Sources de logiciels de compression de données.....	25
Bibliographie.....	26

ITeH STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)
ISO 10767-3:1999
<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/2e95effb-25b2-4c1d-9268-ee690c2dd2a1/iso-10767-3-1999>

© ISO 1999

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'éditeur.

Organisation internationale de normalisation
Case postale 56 • CH-1211 Genève 20 • Suisse
Internet iso@iso.ch

Imprimé en Suisse

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.

La Norme internationale ISO 10767-3 a été élaborée par le comité technique ISO/TC 131, *Transmissions hydrauliques et pneumatiques*, sous-comité SC 8, *Essais des produits*.

L'ISO 10767 comprend les parties suivantes, présentées sous le titre général *Transmissions hydrauliques — Détermination des niveaux d'onde de pression engendrés dans les circuits et composants*:

- *Partie 1: Méthode de précision pour les pompes*
- *Partie 2: Méthode simplifiée pour les pompes*
- *Partie 3: Méthode pour les moteurs*

Les annexes A et B constituent des éléments normatifs de la présente partie de l'ISO 10767. L'annexe C est donnée uniquement à titre d'information.

Introduction

Dans les systèmes de transmissions hydrauliques, l'énergie est transmise et commandée par un liquide sous pression circulant en circuit fermé. Les moteurs volumétriques sont des composants qui convertissent la puissance hydraulique en puissance mécanique rotative. Pendant le processus de conversion de la puissance hydraulique en puissance rotative, des fluctuations d'écoulement et de pression et des vibrations transmises par la structure sont engendrées.

Ces vibrations transmises par le fluide et par la structure, qui sont engendrées principalement par l'écoulement instable produit par le moteur, sont transmises au travers du système à des niveaux qui dépendent des caractéristiques du moteur et du circuit. Ainsi, la détermination de l'onde de pression engendrée par un moteur est compliquée par l'interaction entre le moteur et le circuit. La méthode adoptée pour mesurer les niveaux d'onde de pression d'un moteur doit, par conséquent, être telle qu'elle élimine cette interaction.

La technique de mesurage décrite dans la présente partie de l'ISO 10767 isole l'onde de pression et/ou d'écoulement du moteur des effets de ces interactions de circuit, par un processus mathématique de mesurages d'onde de pression (voir [1] à [8]). On obtient un facteur de mérite pour le moteur, qui permet à des moteurs de types et de fabrication différents d'être comparés en tant que générateurs d'onde de pression. Cela permet au concepteur du moteur d'évaluer l'effet des modifications de conception sur les niveaux d'onde de pression produits par le moteur en fonctionnement. Cela permet également au concepteur du système hydraulique d'éviter de choisir des moteurs dont les niveaux d'onde de pression sont élevés.

Cette méthode est basée sur l'application d'une théorie de ligne de transmission d'ondes planes à l'analyse des fluctuations de pression dans des systèmes hydrauliques [9]. En évaluant les caractéristiques de l'impédance du circuit dans lequel le moteur est installé et l'impédance du moteur lui-même, il est possible d'isoler l'onde d'écoulement et/ou l'onde de pression de la source du moteur des interactions du circuit. Les caractéristiques de l'impédance du circuit peuvent être évaluées en analysant les mesurages d'onde de pression en deux ou plusieurs endroits le long d'une tuyauterie, lorsque la tuyauterie est raccordée à l'orifice d'entrée du moteur. Cependant, afin de caractériser entièrement l'impédance du système, il n'est pas suffisant de mesurer l'onde de pression engendrée par le moteur seul, car des informations insuffisantes sont disponibles pour que l'impédance du moteur soit évaluée. La méthode de la source secondaire utilise une autre source d'onde de pression à l'extrémité opposée de la conduite d'alimentation. Le mesurage de cette onde de pression permet à l'impédance de la source du moteur d'être évaluée. Des informations suffisantes sont alors disponibles pour évaluer l'onde d'écoulement et l'onde de pression de la source du moteur.

En raison de la complexité de l'analyse, un traitement de données est effectué, de préférence en utilisant un ordinateur numérique. Des logiciels appropriés sont disponibles à partir de deux sources (voir annexe C).

Transmissions hydrauliques — Détermination des niveaux d'onde de pression engendrés dans les circuits et composants —

Partie 3: Méthode pour les moteurs

1 Domaine d'application

La présente partie de l'ISO 10767 spécifie une méthode de détermination d'une valeur nominale des niveaux d'onde d'écoulement de la source, d'impédance de la source et d'onde de pression, engendrés par des moteurs hydrauliques volumétriques y compris les moteurs bidirectionnels. Les valeurs nominales sont obtenues sous la forme de

- a) l'amplitude d'onde d'écoulement de la source, en mètres cubes par seconde, sur dix harmoniques individuelles de fréquence d'entraînement;
- b) l'amplitude d'impédance de la source, en newtons secondes par mètre à la puissance cinq $[(N \cdot s)/m^5]$, et phase, en degrés, sur dix harmoniques individuelles de fréquence d'entraînement;
- c) l'amplitude d'onde de pression anéchoïque, en pascals, sur dix harmoniques de la fréquence d'entraînement;
- d) l'onde de pression anéchoïque efficace globale, en pascals;
- e) l'amplitude d'onde de pression acoustique de court-circuit, en pascals, sur dix harmoniques de fréquence d'entraînement;
- f) l'onde de pression acoustique de court-circuit efficace, globale, en pascals.

La présente partie de l'ISO 10767 est applicable à tous les types de moteurs volumétriques fonctionnant dans des conditions stabilisées, indépendamment de la taille, à condition que la fréquence d'entraînement se situe dans la gamme de 50 Hz à 400 Hz.

2 Références normatives

Les documents normatifs suivants contiennent des dispositions qui, par suite de la référence qui y est faite, constituent des dispositions valables pour la présente partie de l'ISO 10767. Pour les références datées, les amendements ultérieurs ou les révisions de ces publications ne s'appliquent pas. Toutefois, les parties prenantes aux accords fondés sur la présente partie de l'ISO 10767 sont invitées à rechercher la possibilité d'appliquer les éditions les plus récentes des documents normatifs indiqués ci-après. Pour les références non datées, la dernière édition du document normatif en référence s'applique. Les membres de l'ISO et de la CEI possèdent le registre des Normes internationales en vigueur.

ISO 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 10767, les termes et définitions donnés dans l'ISO 5598 et les suivants s'appliquent.

3.1
onde d'écoulement de la source
composant fluctuant de débit produit par le moteur, qui est indépendant des caractéristiques du circuit relié

3.2
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

3.3
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

3.4
onde de pression anéchoïque
onde de pression qui serait engendrée à l'orifice d'entrée du moteur lorsqu'il est alimenté par une tuyauterie rigide infiniment longue, de même diamètre intérieur que l'orifice d'entrée du moteur

3.5
onde de pression acoustique de court-circuit
onde de pression qui serait engendrée à l'orifice d'entrée du moteur lorsqu'il est alimenté par un circuit d'impédance infinie

3.6
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

3.7
impédance de la source
impédance d'un moteur à l'orifice d'entrée

3.8
harmonique
composant sinusoïdal de l'onde de pression ou de l'onde d'écoulement se produisant à un multiple entier de la fréquence d'entraînement

NOTE Une harmonique peut être représentée par son amplitude et sa phase, ou bien par ses composants réels et imaginaires.

3.9
fréquence d'entraînement
fréquence, en hertz, donnée par le produit de la fréquence de rotation de l'arbre et le nombre d'éléments d'entraînement sur cet arbre

3.10
fréquence de rotation de l'arbre
fréquence, en hertz, donnée par la vitesse de rotation de l'arbre, en tours par minute, divisée par 60

4 Instruments

4.1 Mesurages statiques

Les instruments utilisés pour mesurer

- a) le débit moyen du fluide,
- b) la pression moyenne du fluide,
- c) la vitesse de rotation de l'arbre, et
- d) la température du fluide

doivent satisfaire aux exigences de précision de mesurage de «classe industrielle», à savoir classe C, données dans l'annexe A.

4.2 Mesurages dynamiques

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

- a) fréquence de résonance ≥ 30 kHz;
- b) linéarité $< \pm 1$ %

Il est inutile que les instruments réagissent à une pression de régime permanent, et il peut être avantageux de filtrer tout composant de signal de régime permanent en utilisant un filtre passe-haut. Ce filtre ne doit pas introduire une amplitude ou une erreur de phase supplémentaire qui dépasse 1 % ou 2 %, respectivement, sur une gamme de fréquences de 50 Hz à 4 000 Hz.

4.3 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, sur au moins dix harmoniques de la fréquence d'entraînement.

L'instrument doit pouvoir mesurer l'onde de pression depuis deux ou trois capteurs de pression (7.7), de façon que, pour une harmonique particulière, les mesurages effectués à partir de chaque capteur soient synchronisés dans le temps les uns par rapport aux autres. Cela peut être obtenu en échantillonnant l'onde de pression depuis chaque capteur de pression simultanément ou en échantillonnant chaque capteur de pression séparément mais par rapport à un signal de déclenchement obtenu depuis une référence fixe sur l'arbre du moteur ou l'entraînement de la source secondaire, celui qui convient.

L'instrument doit avoir une précision et une résolution pour les mesurages d'harmoniques comme suit, sur la gamme de fréquences de 50 Hz à 4 000 Hz:

- a) amplitude de ± 1 %;
- b) phase de $\pm 1^\circ$;
- c) fréquence de $\pm 0,5$ %.

La conformité aux tolérances ci-dessus entraînera une incertitude dans la valeur nominale d'onde de pression efficace globale de ± 10 %.

5 Installation du moteur

5.1 Généralités

Le moteur doit être installé dans la position recommandée par le fabricant et monté de façon telle que la réaction du montage à la vibration du moteur soit minimisée.

5.2 Vibration de l'entraînement

Si nécessaire, le moteur et le système de charge doivent être isolés l'un de l'autre pour minimiser la vibration engendrée par la charge.

5.3 Signal de référence

Un moyen de produire un signal de référence à la rotation de l'arbre du moteur doit être inclus. Le signal doit être une impulsion électrique survenant une fois par révolution, avec des flancs montants et descendants distincts. Ce signal est utilisé comme mesure de la vitesse de rotation de l'arbre et peut être utilisé, si nécessaire, pour fournir une référence de phase et/ou un signal de déclenchement pour l'instrument d'analyse de l'onde de pression.

6 Conditions d'essai

6.1 Généralités

Les conditions de fonctionnement exigées doivent être conservées tout au long de chaque essai, dans les limites spécifiées dans le Tableau 1.

6.2 Température du fluide

La température du fluide doit être celle mesurée à la sortie du moteur.

6.3 Masse volumique et viscosité

La masse volumique et la viscosité du fluide doivent être connues avec une précision contenue dans les limites spécifiées dans le Tableau 2.

6.4 Module de compressibilité

Le module de compressibilité isentropique tangentiel du fluide doit être connu avec une précision contenue dans les limites spécifiées dans le Tableau 2. Comme cela n'est pas toujours faisable, B.4.2 détaille une méthode par laquelle le module de compressibilité peut être évalué avec une précision suffisamment élevée.

Tableau 1 — Écarts admissibles dans des conditions d'essai

Propriété	Précision requise
Écoulement moyen	± 2 %
Pression moyenne	± 2 %
Fréquence de rotation de l'arbre du moteur	± 1 %
Température	± 2 °C

Tableau 2 — Précision exigée concernant les données de propriété du fluide

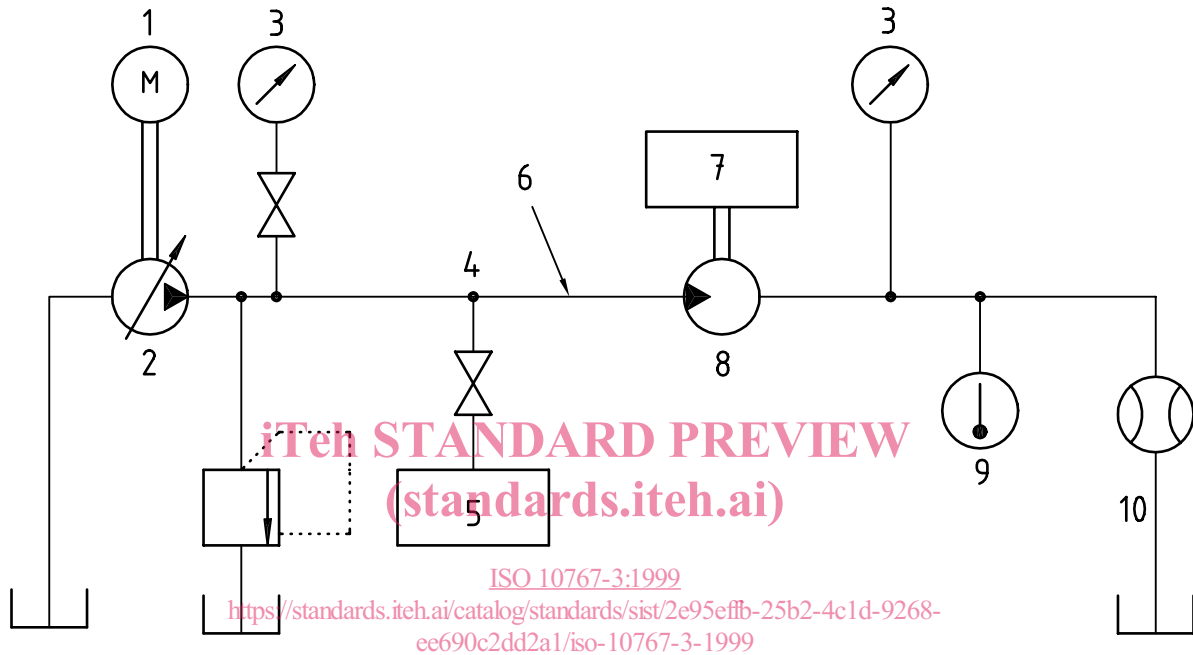
Propriété	Précision requise
Masse volumique ^a	± 2 %
Viscosité ^a	± 5 %
Masse de compressibilité isentropique tangentielle ^b	± 5 %
^a Voir [10].	
^b Voir [11].	

7 Montage d'essai

7.1 Généralités

Il convient qu'un circuit hydraulique d'essai similaire à celui donné à la Figure 1 soit utilisé (symboles graphiques, conformément à l'ISO 1219-1). Le montage d'essai doit comporter tous les filtres de fluide, refroidisseurs de fluide, réservoirs, système de charge et toutes pompes annexes exigés pour satisfaire aux conditions de fonctionnement hydraulique du moteur. Les caractéristiques spécifiques sont décrites de 7.2 à 7.13.

Pour les moteurs bidirectionnels, il peut y avoir quelques asymétries selon le sens de rotation. En conséquence, les essais doivent être réalisés dans les deux sens de rotation.



Légende

1	Moteur électrique	6	Tuyauterie droite rigide (voir Figure 2)
2	Pompe	7	Système de charge
3	Manomètre	8	Moteur en essai
4	Point «A»	9	Indicateur de température
5	Source secondaire	10	Débitmètre

Figure 1 — Schéma de circuit pour un montage d'essai de source secondaire

7.2 Fluide d'essai

Le type de fluide d'essai hydraulique et la qualité de la filtration doivent être conformes aux recommandations du fabricant du moteur.

7.3 Moteur

Le moteur doit être installé tel qu'il a été livré.

7.4 Pompes d'alimentation

Le moteur doit être alimenté par une pompe volumétrique. Si le moteur doit être testé à différentes vitesses, alors une pompe à cylindrée variable ou un entraînement à vitesse variable doit être utilisé.

7.5 Utilisation d'une pompe d'alimentation comme source secondaire

Il peut être possible d'utiliser la pompe d'alimentation comme source secondaire d'onde de pression (7.11). Si c'est le cas, la pompe doit être raccordée le plus près possible du point «A» sur la Figure 1.

7.6 Raccordement à l'orifice d'entrée du moteur

L'adaptateur raccordant l'orifice d'entrée du moteur à la tuyauterie d'alimentation doit avoir un diamètre intérieur qui n'est pas différent du diamètre de la tuyauterie d'alimentation de plus de 10 % en tout point. Ces variations dans le diamètre intérieur doivent se produire sur une longueur ne dépassant pas deux fois le diamètre intérieur de la tuyauterie. L'adaptateur doit être disposé de façon à empêcher la formation de poches d'air à l'intérieur de celle-ci. La tuyauterie d'alimentation doit être montée en ligne avec l'orifice d'entrée du moteur, sans aucun changement de sens.

7.7 Conduite d'alimentation du moteur

La tuyauterie d'alimentation doit être une conduite métallique droite, rigide et uniforme. Les capteurs de pression doivent être montés sur sa longueur, comme représenté à la Figure 2. Le diamètre intérieur de la conduite doit être compris entre 80 % et 120 % du diamètre de l'orifice d'entrée du moteur. La tuyauterie doit être supportée de façon telle que la vibration de la tuyauterie soit réduite.

Les capteurs de pression doivent être montés de façon telle que leurs diaphragmes affleurent à la paroi intérieure de la canalisation à $\pm 0,5$ mm. Ni soupape ni manomètre ni tuyau flexible ne doivent être installés entre l'orifice d'entrée du moteur et le point «A» comme représenté à la Figure 1.

Deux autres spécifications sont données pour la conduite d'alimentation du moteur, selon que l'on connaît le module de compressibilité isentropique tangentiel du fluide dans les limites précisées dans le Tableau 2. Ces possibilités sont connues sous le nom de «méthode 1» et «méthode 2». La méthode 1 peut être utilisée dans toutes les situations. Cependant, si le module de compressibilité isentropique tangentiel est connu dans les limites précisées dans le Tableau 2, il est possible de faire des économies en utilisant la méthode 2.

Si la méthode 1 est utilisée, monter la conduite d'alimentation du moteur conformément à 7.7.1. Si l'on utilise la méthode 2, la monter conformément à 7.7.2.

7.7.1 Méthode 1

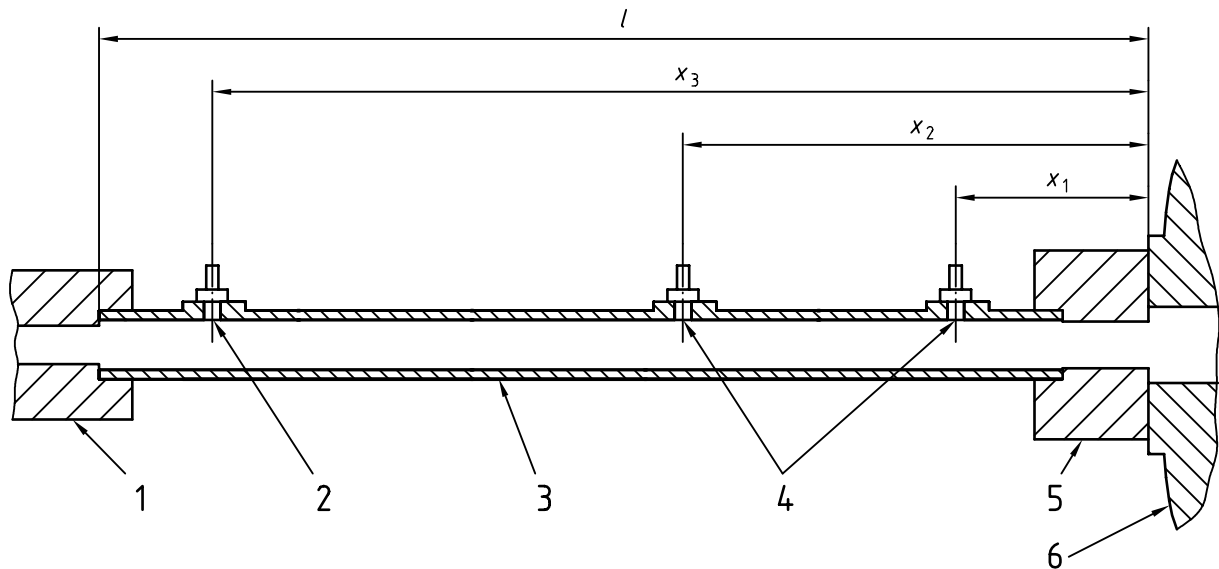
Trois capteurs de pression sont exigés pour cette méthode et montés comme représenté à la figure 2. Les dimensions de la tuyauterie d'alimentation doivent être choisies selon la fréquence d'entraînement. Lorsque la série d'essais comporte une gamme de vitesses de moteur, les dimensions doivent être choisies par rapport à la fréquence d'entraînement minimale, $f_{0, \min}$, dans cette série. La longueur totale de la tuyauterie d'alimentation l , et la distance des capteurs de pression au moteur, x_1 , x_2 et x_3 , sont spécifiées dans le Tableau 3.

Tableau 3 — Longueur de tuyauterie et positions des capteurs

Longueur de tuyauterie et positions des capteurs	Fréquence d'entraînement minimale, Hz	
	$50 \leq f_{0, \min} \leq 100$	$100 < f_{0, \min} \leq 400$
x_1	0,15 m \pm 1 %	0,1 m \pm 1 %
x_2	0,85 m \pm 1 %	0,43 m \pm 1 %
x_3	1,85 m \pm 1 %	0,9 m \pm 1 %
l	au moins 2 m	au moins 1 m

7.7.2 Méthode 2

Deux capteurs de pression sont nécessaires pour cette méthode et ils doivent être montés comme représenté à la Figure 2. La longueur de la tuyauterie d'alimentation et les positions des capteurs de pression doivent être choisies selon la fréquence d'entraînement. Lorsque la série d'essais comporte une gamme de fréquences d'entraînement, les dimensions doivent être choisies par rapport à la fréquence d'entraînement maximale de cette série. Le rapport de vitesse maximale à minimale pour un espacement choisi de capteur ne doit pas dépasser 4:1. Si la gamme de vitesses d'une série dépasse cette limite, des espacements différents pour les capteurs sont exigés.



Légende

- 1 Bloc de montage pour raccordement au point «A» sur la Figure 1
- 2 Capteur de pression (méthode 1 uniquement)
- 3 Tuyauterie droite rigide
- 4 Capteurs de pression
- 5 Bloc de montage
- 6 Moteur

iTeh STANDARD PREVIEW

Figure 2 — Disposition de la tuyauterie d'alimentation

La distance entre les capteurs de pression doit être telle qu'elle est donnée par l'équation suivante, à 1 % près:

$$x_2 - x_1 = \frac{\sqrt{(B_{\text{eff}} / \rho)}}{(67 \times f_{0,\text{max}})}$$

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/2e95effb-25b2-4c1d-9268-ee690c2dd2a1/iso-10767-3-1999>

où

$f_{0,\text{max}}$ est la fréquence d'entraînement maximale, en hertz

B_{eff} est le module de compressibilité effectif, en pascals, (voir B.3);

ρ est la masse volumique, en kilogrammes par mètre cube.

Le premier capteur de pression doit être situé aussi près que possible de la bride du moteur et pas plus loin que $(x_2 - x_1)$ m. La longueur l doit être au moins $(x_2 + 10d)$ m, où d est le diamètre intérieur de la tuyauterie.

7.7.3 Étalonnage des capteurs de pression

L'étalonnage des capteurs de pression et le conditionnement du signal sont nécessaires. Un étalonnage relatif doit être réalisé en montant les capteurs de pression dans un bloc commun de façon qu'ils mesurent la même onde d'essai. Ce bloc commun doit être tel que les capteurs de pression sont dans la même position axiale et pas éloignés de plus de 20 mm.

Utiliser la source secondaire (7.11) pour engendrer une onde de pression. Mesurer la relation amplitude et phase entre les capteurs de pression pour une gamme de fréquences couvrant la gamme complète concernée (8.3.2) en utilisant un capteur comme référence. Pour les capteurs piézo-résistifs, le capteur de référence peut être étalonné statiquement en utilisant, par exemple, une machine d'essai à poids mort. Si des capteurs piézo-électriques et des amplificateurs de charge sont utilisés, un capteur piézo-résistif étalonné peut être utilisé comme référence aux effets d'étalonnage dynamique. L'amplitude et les différences de phase à chaque fréquence doivent être connues à 3 % et 2° près pour la méthode 1, ou à 3 % et 0,5° pour la méthode 2. Ces différences doivent être corrigées dans les essais (voir article 8).

7.8 Système de charge

Le chargement du moteur doit être effectué en utilisant un dynamomètre. Une pompe volumétrique et un système de charge peuvent être des moyens appropriés pour remplir cette exigence.

7.9 Soupape de sûreté

Une soupape de sûreté peut être montée à des fins de sécurité. La soupape doit être réglée pour réduire la pression lorsque celle-ci est supérieure d'au moins 20 % à la pression d'essai moyenne.

7.10 Manomètre

Un manomètre doit être monté comme représenté à la Figure 1, avec un clapet de réglage afin de réduire l'oscillation de la jauge. Autrement, il est possible d'utiliser des capteurs de pression.

7.11 Source secondaire

La méthode d'essai exige la génération dans le circuit d'une onde de pression supplémentaire à celle engendrée par le moteur.

La pompe d'alimentation (7.4) peut être une source secondaire d'onde de pression acceptable. Une pompe à piston fournira vraisemblablement des composants plus forts d'harmonique sur une plus large plage de fréquences qu'une pompe à engrenage, par exemple, et sera ainsi vraisemblablement plus appropriée.

7.11.1 Si la pompe d'alimentation n'est pas utilisée comme source secondaire, un dispositif auxiliaire capable d'engendrer une onde de pression doit être monté comme représenté à la Figure 1.

7.11.2 L'onde de pression depuis la source secondaire doit couvrir la gamme de fréquences depuis la fréquence d'entraînement du moteur d'essai jusqu'à au moins dix fois la fréquence d'entraînement.

7.11.3 L'onde de pression depuis la source secondaire doit avoir une forme périodique. La source secondaire doit produire soit une forme d'onde de pression multiharmonique, soit une forme d'onde de pression qui peut être balayée en étapes de fréquence discrète afin de couvrir la gamme précisée en 7.11.2. L'onde de pression doit pouvoir être mesurée à un minimum de dix fréquences sur cette gamme. Les fréquences harmoniques depuis la source secondaire ne doivent pas varier de plus de 0,5 % une fois que la condition de fonctionnement stable a été obtenue.

7.11.4 Il est nécessaire que les fréquences des composants de l'onde de pression depuis la source secondaire soient différentes de celles du moteur d'essai, afin qu'elles puissent être mesurées avec une interférence négligeable.

NOTE Si une pompe d'alimentation (7.4) est utilisée comme source secondaire, il peut être nécessaire d'utiliser une pompe d'entraînement à vitesse variable avec une pompe à cylindrée variable. Autrement, il peut ne pas être possible d'atteindre l'exigence ci-dessus pour certaines vitesses du moteur. Ces exigences ne peuvent être atteintes, la pompe d'alimentation n'est pas une source secondaire appropriée.

7.11.5 Les appareils auxiliaires suivants se trouvent parmi ceux qui sont adaptés pour une source secondaire.

- a) **Pompe volumétrique:** une pompe à piston est susceptible de fournir des composants harmoniques forts sur une gamme de fréquences plus large, par exemple, qu'une pompe à engrenages ou une pompe à palettes, et elle est donc sans doute plus appropriée.
- b) **Système de purge intermittent,** comme un clapet à tiroir rotatif qui permet à l'écoulement de passer dans la conduite de retour pendant une partie de sa rotation.
- c) **Dispositif piston et vibreur électromécanique.**

7.12 Clapet sphérique

Un clapet sphérique peut être utilisé pour isoler la source secondaire de la partie de pression élevée du circuit. Ce clapet doit être suffisamment grand pour présenter une restriction négligeable à l'écoulement lorsqu'il est ouvert, afin d'éviter une atténuation excessive de l'onde de pression depuis la source secondaire.