
**Acoustique — Pratique recommandée
pour la conception de machines et
équipements à bruit réduit —**

Partie 2:
**Introduction à la physique de la
conception à bruit réduit**

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

*Acoustics — Recommended practice for the design of low-noise
machinery and equipment —*

*ISO/TR 11688-2:1998
Part 2: Introduction to the physics of low-noise design*

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/00cb5df7-8182-4e48-b91c-b3884af74a9/iso-tr-11688-2-1998>



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/TR 11688-2:1998](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/00cb5df7-8182-4e48-b9fc-b3884af74a9/iso-tr-11688-2-1998)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/00cb5df7-8182-4e48-b9fc-b3884af74a9/iso-tr-11688-2-1998>

© ISO 1998

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

Version française parue en 2002

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 Modélisation acoustique	1
5 Réduction du bruit aérien et liquidien	2
5.1 Génération de bruit par dynamique des fluides	2
5.2 Mesures de réduction du bruit	9
6 Réduction du bruit solidien	11
6.1 Modèle de génération du son	11
6.2 Sources internes	16
6.3 Transmission du bruit solidien	20
6.4 Réduction de la transmission du bruit solidien par amortissement	30
6.5 Rayonnement	33
7 Analyse par des méthodes de mesurage	38
7.1 Objet de l'analyse	38
7.2 Sources internes	39
7.3 Chemins de transmission	39
7.4 Rayonnement	40
7.5 Résumé des procédures d'analyse des machines existantes au moyen de méthodes de mesurage	40
8 Analyse par des méthodes de calcul	40
8.1 Objet de l'analyse	40
8.2 Méthodes déterministes	40
8.3 Méthodes statistiques	43
8.4 Applicabilité des méthodes de calcul	43
Annexe A Exemple d'estimation de l'émission de bruit aérien d'une machine causée par l'émission de bruit solidien et aérien d'un composant	44
Annexe B Glossaire	47
Bibliographie	49

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.

La tâche principale des comités techniques est d'élaborer les Normes internationales. Exceptionnellement, un comité technique peut proposer la publication d'un rapport technique de l'un des types suivants:

- type 1, lorsque, en dépit de maints efforts, l'accord requis ne peut être réalisé en faveur de la publication d'une Norme internationale;
- type 2, lorsque le sujet en question est encore en cours de développement technique ou lorsque, pour toute autre raison, la possibilité d'un accord pour la publication d'une Norme internationale peut être envisagée pour l'avenir mais pas dans l'immédiat;
- type 3, lorsqu'un comité technique a réuni des données de nature différente de celles qui sont normalement publiées comme Normes internationales (ceci pouvant comprendre des informations sur l'état de la technique, par exemple).

Les rapports techniques des types 1 et 2 font l'objet d'un nouvel examen trois ans au plus tard après leur publication afin de décider éventuellement de leur transformation en Normes internationales. Les rapports techniques de type 3 ne doivent pas nécessairement être révisés avant que les données fournies ne soient plus jugées valables ou utiles.

L'ISO/TR 11688-2, rapport technique de type 3, a été élaboré par le comité technique ISO/TC 43, *Acoustique*, sous-comité SC 1, *Bruit*.

L'ISO/TR 11688 comprend les parties suivantes, présentées sous le titre général *Acoustique — Pratique recommandée pour la conception de machines et équipements à bruit réduit*:

- *Partie 1: Planification*
- *Partie 2: Introduction à la physique de la conception à bruit réduit*

Introduction

L'objectif de la présente partie de l'ISO/TR 11688 est la réduction du bruit des machines existantes et la réduction du bruit au stade de la conception de nouvelles machines.

Il est primordial que les ingénieurs non experts dans le domaine acoustique soient impliqués dans la pratique de la réduction du bruit. Il est de la plus haute importance que ces ingénieurs aient une connaissance de base en matière de génération et de propagation du bruit et qu'ils comprennent les principes des mesures de réduction du bruit.

iTeh STANDARD PREVIEW (standards.iteh.ai)

[ISO/TR 11688-2:1998](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/00cb5df7-8182-4e48-b9fc-b3884af74a9/iso-tr-11688-2-1998)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/00cb5df7-8182-4e48-b9fc-b3884af74a9/iso-tr-11688-2-1998>

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

[ISO/TR 11688-2:1998](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/00cb5df7-8182-4e48-b9fc-bf3884af74a9/iso-tr-11688-2-1998)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/00cb5df7-8182-4e48-b9fc-bf3884af74a9/iso-tr-11688-2-1998>

Acoustique — Pratique recommandée pour la conception de machines et équipements à bruit réduit —

Partie 2: Introduction à la physique de la conception à bruit réduit

1 Domaine d'application

La présente partie de l'ISO/TR 11688 traite du contexte physique, des règles et des exemples de conception à bruit réduit donnés dans l'ISO/TR 11688-1¹⁾ et vient à l'appui d'une importante documentation spécialisée.

Elle est destinée à être utilisée par les concepteurs de machines et d'équipements ainsi que par les utilisateurs et/ou acheteurs de machines et les autorités agissant dans le domaine de la législation, ou de l'inspection.

Les équations indiquées dans la présente partie de l'ISO/TR 11688 sont destinées à faciliter la compréhension générale de la réduction du bruit. Dans de nombreux cas, elles permettent une comparaison entre différentes versions d'une conception, mais ne sont pas utilisables pour la prévision de valeurs absolues d'émission sonore.

Les informations sur les sources sonores internes, les chemins de transmission et les parties d'une machine rayonnant du bruit constituent les données de base pour la réduction du bruit des machines. C'est pourquoi, des méthodes de mesurage et des méthodes de calcul appropriées pour obtenir ces informations sont décrites aux articles 7 et 8 et à l'Annexe A.

2 Références normatives

Voir l'ISO/TR 11688-1 et la Bibliographie.

3 Termes et définitions

Voir l'ISO/TR 11688-1 et l'Annexe A.

4 Modélisation acoustique

Pour faciliter la compréhension des mécanismes complexes de génération et de propagation du bruit dans les machines et les équipements ou les véhicules (ces derniers étant également appelés «machines» dans la présente partie de l'ISO/TR 11688), il est nécessaire de créer des modèles acoustiques simples. Les modèles constituent une base pour les mesures de réduction du bruit lors de la phase de conception.

1) ISO/TR 11688-1:1995, *Acoustique — Pratique recommandée pour la conception de machines et d'équipements à bruit réduit — Partie 1: Planification.*

Une approche universelle consiste à faire la distinction entre:

- les sources internes;
- les chemins de transmission à l'intérieur de la machine;
- le rayonnement depuis les limites de la machine.

Les sources internes et les chemins de transmission peuvent chacun être répartis en trois catégories, selon le milieu utilisé:

- aérien;
- liquidien;
- solidien.

Le rayonnement ne concerne que l'air.

Les Figures 1 et 2 illustrent le principe de la modélisation acoustique. La Figure 1 montre une machine simplifiée consistant en un moteur électrique et une enveloppe comportant une ouverture.

Le moteur est la seule source interne. Il génère du bruit aérien et du bruit solidien.

Il existe trois chemins de transmission interne:

- par l'air à l'intérieur de l'enveloppe vers l'ouverture;
- par l'air à l'intérieur de l'enveloppe vers les parois de l'enveloppe;
- par les fixations aux parois de l'enveloppe.

Le rayonnement provient de l'ouverture et des parois de l'enveloppe.

Ceci est illustré par le schéma synoptique de la Figure 2.

La puissance acoustique totale émise par la machine est la somme des trois contributions.

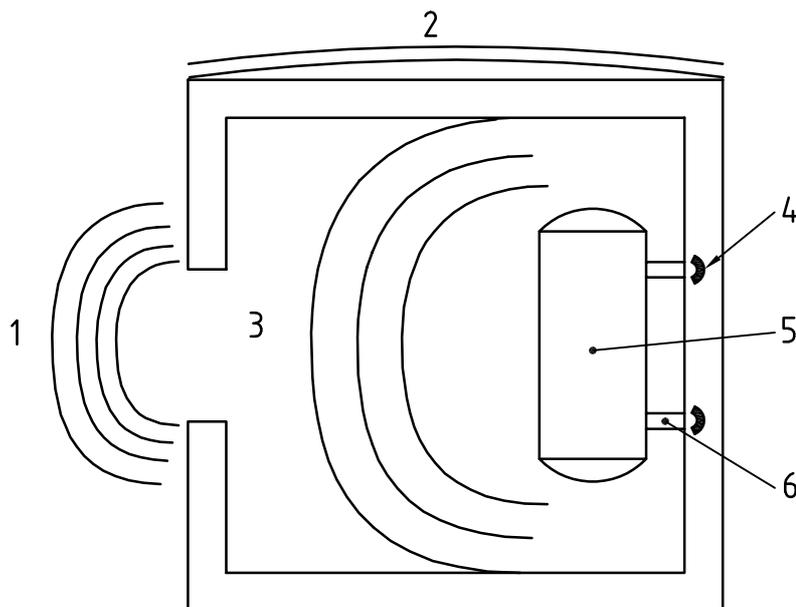
Une approche systématique commence par une évaluation de l'importance relative de ces contributions. L'étape suivante consiste à examiner les blocs de la Figure 2 en cherchant les possibilités de réduire la force de la source, la transmission et/ou le rayonnement (voir aussi les articles suivants). Il convient que cela s'effectue en relation avec les divers aspects du processus de conception (voir l'ISO/TR 11688-1:1995, Figure 1).

5 Réduction du bruit aérien et liquidien

Les principes de base de la génération, de la transmission et du rayonnement du bruit dans l'air (ou d'autres gaz) et les liquides sont fondamentalement identiques et sont par conséquent étudiés ensemble dans le présent paragraphe. Il n'existe qu'une exception importante: la cavitation. Dans la mesure où il ne se produit que dans des liquides, ce phénomène est examiné séparément au point 5.1.3.

5.1 Génération de bruit par dynamique des fluides

Les phénomènes importants générateurs de bruit dans les gaz et les liquides sont la turbulence, la pulsation et le choc. Les processus de mécanique des fluides génèrent du bruit si le débit et la pression varient dans le temps dans un volume limité de liquide ou de gaz, par exemple dans un écoulement turbulent. Ceci entraîne une transmission sonore depuis le volume perturbé de fluide jusqu'au milieu environnant. Un exemple classique en est l'échappement d'air comprimé d'un orifice.



Légende

- 1 rayonnement du bruit aérien par l'ouverture
- 2 rayonnement du bruit aérien par l'enveloppe
- 3 transmission du bruit aérien à l'enveloppe
- 4 transmission du bruit solide à l'enveloppe
- 5 moteur
- 6 fixation

Figure 1 — Machine simplifiée pour l'illustration de la modélisation acoustique

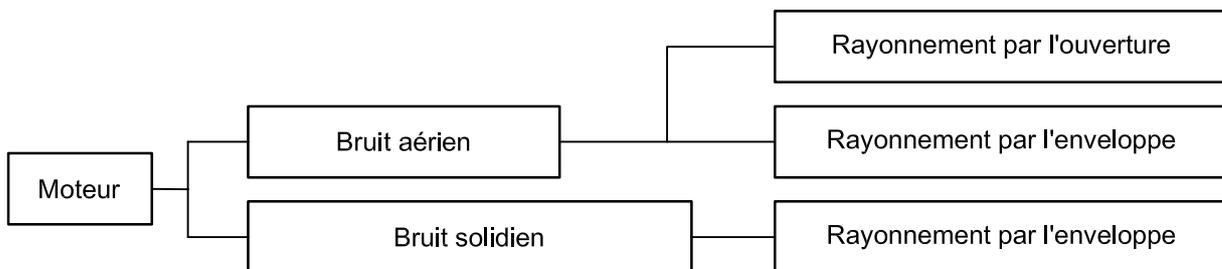


Figure 2 — Schéma synoptique illustrant la génération, la transmission et le rayonnement du bruit pour la «machine» de la Figure 1

Les mécanismes de génération de bruit associés aux mouvements de fluides peuvent être liés à des propriétés de sources sonores élémentaires de caractéristiques connues:

- monopôles;
- dipôles;
- quadrapôles.

5.1.1 Sources élémentaires

Un monopôle consiste en un changement de volume en phase comme, par exemple, un volume pulsatoire de quelque forme qu'il soit ou un piston dans une grande surface rigide. Dans le champ lointain, les monopôles ont un diagramme de rayonnement sphérique. Le bruit rayonné depuis une source monopolaire peut être réduit en diminuant la variation temporelle du débit volumique.

EXEMPLE 1 Sorties de moteurs à combustion interne, ventilateurs rotatifs à piston, compresseurs multitubes, pompes à piston, compresseurs à piston, torchères.

Un dipôle est le résultat de forces externes variables dans le temps agissant sur un fluide sans changement de volume, comme, par exemple, un corps rigide oscillant de quelque forme qu'il soit. Une source dipolaire peut être remplacée par deux sources monopolaires, de force égale en opposition de phase, situées très près l'une de l'autre. Le diagramme de directivité en champ lointain d'un dipôle est montré au Tableau 1. Le rayonnement d'un dipôle peut être réduit en diminuant la variation temporelle des forces agissant sur le fluide.

EXEMPLE 2 Pièces rigides vibrantes de machines, pièces de machines avec balourd, conduits, hélices et ventilateurs.

Un quadrupôle peut être représenté par une déformation variable dans le temps d'un corps sans changement de son volume ou de sa position. Elle peut être remplacée par deux sources dipolaires, de force égale en opposition de phase, situées très près l'une de l'autre. Le diagramme de directivité en champ lointain est montré au Tableau 1. Le rayonnement d'un quadrupôle est réduit lorsque la déformation variable dans le temps diminue.

EXEMPLE 3 Écoulement turbulent libre dans les soupapes de sûreté, tuyères d'éjection d'air comprimé, raccords de tuyauterie.

La plupart des sources rencontrées dans les machines comportent des aspects de plusieurs sources élémentaires.

NOTE En raison de la nature stochastique de la turbulence, le spectre sonore est à large bande. Un exemple en est l'écoulement turbulent dans la zone de mélange d'un jet libre, en particulier pour les nombres de Mach $Ma > 0,8$. La définition du nombre de Mach est

$$Ma = \frac{u}{c} \tag{1}$$

où

u est la vitesse de l'écoulement;

c est la vitesse du son.

Le Tableau 1 résume et illustre les propriétés des sources élémentaires.

Tableau 1 — Propriétés des sources élémentaires

Type de source	Illustration schématique	Exemples	Directivité en champ lointain
<u>Monopôle</u> Sphère «respirante»		Sirène, compresseur ou pompe à piston, échappement de moteur à combustion interne, phénomène de cavitation, moteur à air comprimé, brûleur à gaz	
<u>Dipôle</u> Sphère oscillante		Machines lentes (ventilateurs axiaux et centrifuges), obstacles dans un écoulement (écoulement décollé), systèmes de ventilation ou de climatisation, conduits avec écoulement	
<u>Quadrupôle</u> Deux sphères oscillantes en opposition de phase (deux sources dipolaires)		Écoulement turbulent (zone de mélange d'un jet libre), tuyères d'éjection d'air comprimé, systèmes d'éjection de vapeur, soupapes de sûreté	

iTeH STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

5.1.2 Influence des principaux paramètres

La puissance acoustique rayonnée par des sources sonores aérodynamiques (par exemple des sources modélisées par des sources élémentaires du type monopôle, dipôle, quadrupôle) peut être approchée par (voir référence [17]):

$$W = \rho D^2 u^3 \left(\frac{u}{c}\right)^k = \rho D^2 u^3 (Ma)^k \quad (2)$$

où

ρ est la densité du fluide;

D est la dimension caractéristique de la source élémentaire;

u est la vitesse d'écoulement;

k est l'exposant du nombre de Mach, qui dépend du type de source élémentaire.

NOTE 1 Ce qui suit est typique:

— $k = 1$ pour une source monopolaire;

— $k = 3$ pour une source dipolaire;

— $k = 5$ pour une source quadrupolaire.

NOTE 2 Stüber et Heckl [18] ont montré que pour un champ acoustique et une propagation sonore tridimensionnels, la relation suivante s'applique:

$$k = (n - 3) + (2e - 1) \quad (3)$$

où

n est la dimension du champ d'écoulement;

e est le paramètre de source élémentaire (monopôle: $e = 1$, dipôle: $e = 2$; quadrupôle: $e = 3$).

Le Tableau 2 donne un résumé de l'influence de la vitesse de l'écoulement et de la dimension du champ de l'écoulement sur la puissance acoustique émise.

Tableau 2 — Résumé de la relation fonctionnelle entre la puissance acoustique, W , la vitesse de l'écoulement, u , et la dimension du champ de l'écoulement, n (voir référence [18])

	Dimension n du champ de l'écoulement		
	$n = 1$	$n = 2$	$n = 3$
Fluctuation du débit massique (monopôle)	$W \sim \rho \alpha u^2$	$W \sim \rho \alpha^3$	$W \sim \frac{\rho}{\alpha} u^4$
Fluctuation de force (dipôle)	$W \sim \frac{\rho}{\alpha} u^4$	$W \sim \frac{\rho}{\alpha^2} u^5$	$W \sim \frac{\rho}{\alpha^3} u^6$
Turbulence (quadrupôle)	$W \sim \frac{\rho}{\alpha^3} u^6$	$W \sim \frac{\rho}{\alpha^4} u^7$	$W \sim \frac{\rho}{\alpha^5} u^8$

Dans la mesure où la puissance acoustique d'une source sonore associée au mouvement d'un fluide (dans un champ d'écoulement tridimensionnel) augmente comme la puissance 4 pour une source monopolaire, comme la puissance 6 pour une source dipolaire et comme la puissance 8 pour une source quadrupolaire, une réduction de la vitesse de l'écoulement entraîne une diminution considérable de l'énergie acoustique émise. Pour les machines ayant des rotors, l'exigence de vitesses d'écoulement plus faibles signifie également que des vitesses de rotation plus faibles, c'est-à-dire des vitesses périphériques plus faibles, sont nécessaires.

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/00cb5df7-8182-4e48-b9fc->

La Figure 3 montre comment le niveau de puissance acoustique d'une source varie avec le débit. Si une valeur caractéristique de la mécanique des fluides (par exemple le débit massique, le débit volumique, la consommation d'énergie mécanique) doit être conservée, une réduction de la vitesse de l'écoulement doit être compensée par une augmentation de la dimension caractéristique D .

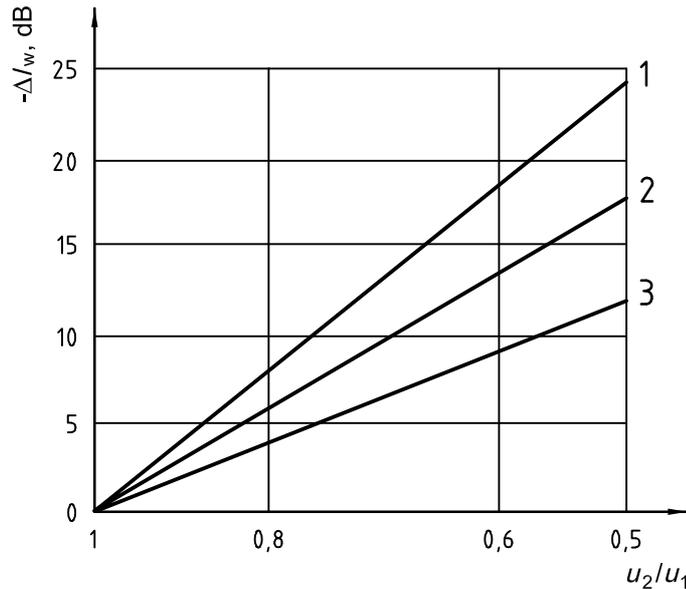
Des exemples de dimension caractéristique sont

- le diamètre du conduit pour un écoulement en conduit;
- le diamètre des parties tournantes pour les turbomachines;
- la plus petite dimension des obstacles présents dans un écoulement;
- le diamètre de la tuyère d'entrée ou de sortie.

Pour une simple prévision ou estimation de la puissance acoustique W d'un mécanisme aéroacoustique, l'efficacité acoustique, η , constitue la grandeur utile:

$$\eta = \frac{W}{W_{\text{mech}}} \tag{4}$$

où W_{mech} est la puissance mécanique ou aérodynamique de l'écoulement.



Légende

- 1 Quadrupôle
- 2 Dipôle
- 3 Monopôle
- u_1 : débit donné
- u_2 : débit réduit

iTeh STANDARD PREVIEW (standards.iteh.ai)

**Figure 3 — Réduction de l'émission sonore par réduction du débit
(pour une propagation acoustique tridimensionnelle)**

Une estimation empirique du niveau de puissance acoustique est

$$L_W = 120 \text{ dB} + 10 \lg \eta \frac{W_{\text{mech}}}{W_0} \text{ dB} \quad (5)$$

où $W_0 = 1 \text{ W}$.

Des exemples d'efficacité acoustique en aéroacoustique sont donnés au Tableau 3.

En règle générale, on ne dispose pas de méthodes théoriques de haute précision pour la prévision et l'estimation du niveau de puissance acoustique ou du spectre de puissance acoustique d'un bruit liquidien. L'équation (2) peut s'écrire sous forme logarithmique:

$$L_W = L_{W_{\text{sp}}} + 20 \lg \frac{D}{D_0} \text{ dB} + k 10 \lg Ma \text{ dB} \quad (6)$$

Si le niveau de puissance acoustique spécifique $L_{W_{\text{sp}}}$ est connu, les données acoustiques mesurées pour certaines configurations peuvent être mises à l'échelle à l'aide des lois de similitude, pour s'appliquer à d'autres configurations ayant une géométrie, des dimensions, des vitesses d'écoulement, des niveaux de pression statique ou des milieux d'écoulement différents.

Pour la conversion des spectres, une distinction doit être faite entre les composantes à large bande et les composantes tonales. La fréquence d'un bruit tonal doit être normalisée au moyen du nombre de Strouhal St

$$St = \frac{fD}{u} \quad (7)$$

Tableau 3 — Valeurs typiques de l'efficacité acoustique

Source sonore aéroacoustique	Type de source élémentaire	Efficacité acoustique η
Compresseur à piston (rayonnement dans un système de conduit long)	monopôle	$\eta = \frac{p'}{\Delta p}$ *
Sirène	monopôle	1×10^{-1}
Trompette	dipôle	1×10^{-2}
Avion à hélice	dipôle	1×10^{-3}
Écoulement de sortie (écoulement subsonique $Ma < 1$)	mélange de sources	$1 \times 10^{-4} Ma^5$
Moteur diesel (bruit de l'écoulement de sortie)	mélange de sources	1×10^{-4}
Turbine à gaz	mélange de sources	1×10^{-5}
Turbomachine (au point de conception)	dipôle	1×10^{-6}
Jet libre turbulent	quadripôle	$1 \times 10^{-4} Ma^5$
Hélice de bateau avec cavitation	monopôle	1×10^{-7}

* p est la valeur maximale de la pression fluctuante, Δp est la différence de pression.

5.1.3 Cavitation

La cavitation est un phénomène particulier qui se produit exclusivement dans les fluides. Lorsque la pression locale chute au-dessous de la pression de vapeur, un phénomène de cavitation se produit dans les fluides en écoulement. Il engendre des bulles qui implosent dans une zone où la pression est plus élevée. Ceci est illustré à la Figure 4. Dans un fluide en mouvement, la pression est déterminée par l'équation de Bernoulli

$$\frac{u^2}{2} + \frac{p}{\rho} + gz = \text{const} \tag{8}$$

où

- u est la vitesse de l'écoulement;
- p est la pression statique;
- ρ est la densité du liquide;
- $g = 9,81 \text{ m/s}^2$;
- z est la hauteur du fluide au-dessus de la région concernée.

NOTE $p = \rho gz$.

L'équation (8) permet de déterminer les régions basse pression où la cavitation peut se produire. En pénétrant dans une région où la pression dépasse la pression de vapeur, les bulles implosent.

On évite la cavitation en maintenant des vitesses d'écoulement faibles dans la ligne d'aspiration du système. Dans des tubes basse pression, les bulles peuvent continuer à exister si aucune augmentation de pression ne se produit après la génération. Ces bulles sont transportées vers le réservoir et pénètrent dans la pompe, ce qui entraîne la génération de bruit. La séparation des bulles peut s'effectuer en plaçant un maillage dans le réservoir entre l'entrée et la sortie. Pour éviter la cavitation, augmenter la pression statique et maintenir à un faible niveau les différences de pression. La cavitation est une source monopolaire. Pour d'autres mesures visant à éviter la cavitation, voir l'ISO/TR 11688-1.

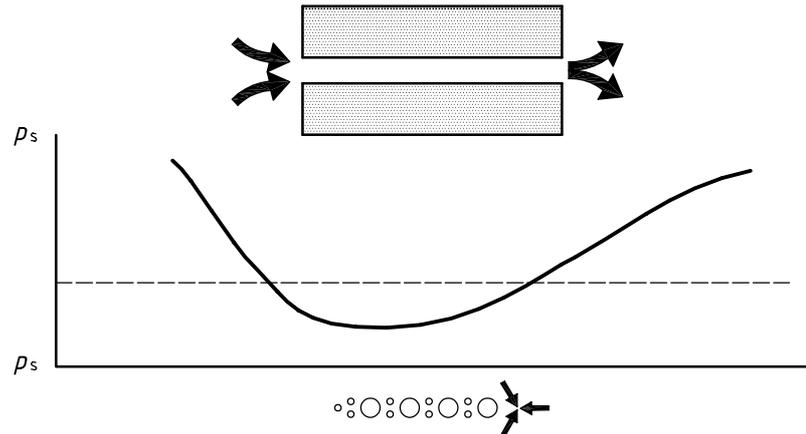


Figure 4 — Génération et implosion des bulles de cavitation

5.2 Mesures de réduction du bruit

Quelques mesures de réduction du bruit et mécanismes de génération de bruit sont décrits ci-après à l'aide d'exemples pris parmi des sources sonores liquidiennes industrielles importantes.

Obstacles dans l'écoulement

L'obstacle se caractérise en termes de mécanique des fluides par le coefficient de résistance aérodynamique adimensionnel ζ_w et la force de traînée F_w causée par l'action de l'écoulement sur le corps,

$$\zeta_w = \frac{F_w}{\frac{\rho}{2} u^2 A} \quad \text{ISO/TR 11688-2:1998} \quad \text{https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/00cb5df7-8182-4e48-b9fc-b3884af74a9/iso-tr-11688-2-1998} \quad (9)$$

où, en général, A est l'aire transversale principale du corps.

L'analyse dimensionnelle montre que ζ_w est fonction du nombre de Reynolds, Re

$$Re = \frac{u D}{\nu} \quad (10)$$

et du rapport L/D où L est la longueur et D est la dimension caractéristique de l'obstacle. ν est la viscosité cinématique.

Pour les nombres de Reynolds $Re > 100$, la relation entre niveau de puissance acoustique et coefficient de résistance aérodynamique pour une source dipolaire est

$$L_W = L_{Wsp} + 10 \lg \frac{A}{A_0} \text{ dB} + 30 \lg \zeta_w \text{ dB} + 60 \lg \frac{u}{u_0} \text{ dB} \quad (11)$$

avec $A_0 = 1 \text{ m}^2$ et $u_0 = 1 \text{ m/s}$.

EXEMPLE Le niveau de puissance acoustique spécifique L_{Wsp} des grilles de ventilation est de 10 dB.