

---

---

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

iTeh STANDARD PREVIEW  
**Partie 1:**  
(Planification  
(standards.iteh.ai))

ISO/TR 11688-1:1995

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/ea9cfd19-83d4-4104-b4b3-7b9baf9044/iso-tr-11688-1-1995>

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

Part 1: Planning



## Sommaire

	Page	
1	Domaine d'application .....	1
2	Références.....	2
3	Définitions .....	3
4	Conception méthodique et aspects acoustiques .....	6
5	Étude conceptuelle et conception détaillée .....	8
6	Réalisation de prototype à bruit réduit .....	29
7	Essais finals.....	32

## Annexes

A	Récapitulatif des règles de conception.....	33
B	Exigences relatives à la réduction du bruit à la conception.....	38
C	Informations à relever .....	42
D	Bibliographie.....	46

[ISO/TR 11688-1:1995](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/ea9cfd19-83d4-4104-b4b3-f63bbaeb4044/iso-tr-11688-1-1995)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/ea9cfd19-83d4-4104-b4b3-f63bbaeb4044/iso-tr-11688-1-1995>

© ISO 1995

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

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.

La tâche principale des comités techniques est d'élaborer les Normes internationales, mais, 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 du type 3 ne doivent pas nécessairement être révisés avant que les données fournies ne soient plus jugées valables ou utiles.

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

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

- *Partie 1: Planification*  
[Rapport technique]
- *Partie 2: Introduction à la physique de la conception à bruit réduit*

## Introduction

Le présent rapport technique international est un guide de conception de machines à bruit réduit. La plupart des rapports techniques internationaux existants élaborés au sein de l'ISO/TC 43/SC 1 spécifient les méthodes de mesurage et/ou d'évaluation du bruit. L'objectif final du présent rapport est toutefois la réduction du bruit des machines existantes ainsi qu'au stade de la conception.

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 fondamentaux des mesures de réduction du bruit. C'est pourquoi le présent rapport sert également d'introduction à la terminologie de l'acoustique et de base d'acquisition de connaissances supplémentaires en matière de réduction du bruit.

Il est fortement nécessaire de favoriser, par la normalisation, la diffusion des règles de conception données ici.

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/ea9cfd19-83d4-4104-b4b3-f63bbaeb4044/iso-tr-11688-1-1995>

De telles considérations ont conduit à la préparation de rapports techniques internationaux dans le domaine de la réduction du bruit.

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

## Partie 1: Planification

### 1 Domaine d'application

Le présent rapport technique constitue une aide à la compréhension des concepts de base de la réduction du bruit des machines et des équipements.

La pratique recommandée présentée dans ce document est destinée à aider le concepteur à réduire le bruit du produit final à chaque étape de la conception. Un développement méthodique des produits a été choisi pour servir de base à la structure du présent document (voir paragraphe 4).

La liste des règles de conception présentées dans ce rapport technique international n'est pas exhaustive. D'autres mesures techniques de réduction du bruit au stade de la conception peuvent être utilisées si elles ont la même efficacité ou une efficacité supérieure.

Pour résoudre des problèmes sortant du cadre du présent rapport technique international, le concepteur peut se reporter à la bibliographie de l'annexe D qui donne la situation générale des manuels d'acoustique disponibles à la date de publication. Par ailleurs, référence est faite aux nombreuses publications techniques traitant des problèmes acoustiques.

## 2 Références

ISO 3744:1994, *Acoustique — Détermination des niveaux de puissance acoustique émis par les sources de bruit à partir de la pression acoustique — Méthode d'expertise dans des conditions approchant celles du champ libre sur plan réfléchissant.*

ISO 3746:—<sup>1)</sup>, *Acoustique — Détermination des niveaux de puissance acoustique émis par les sources de bruit — Méthode d'expertise employant une surface de mesure enveloppante en champ essentiellement libre au-dessus d'un plan réfléchissant.*

ISO 4871:—<sup>1)</sup>, *Acoustique — Déclaration et vérification des valeurs d'émission sonore des machines et équipements.*

ISO 9611:—<sup>1)</sup>, *Acoustique — Caractéristique de l'émission sonore solidienne des machines pour l'estimation du bruit aérien des structures fixées — Mesurage de la vitesse aux points de contact des machines à montage élastique.*

ISO 9614-1:1993, *Acoustique — Détermination par intensimétrie des niveaux de puissance acoustique émis par les sources de bruit — Partie 1: Mesurages par points.*

ISO 9614-2:—<sup>1)</sup>, *Acoustique — Détermination par intensimétrie des niveaux de puissance acoustique émis par les sources de bruit — Partie 2: Mesurage par balayage.*

ISO 11200:—<sup>1)</sup>, *Acoustique — Bruit émis par les machines et équipements — Lignes directrices pour l'utilisation des normes de base pour la détermination des niveaux de pression acoustique d'émission aux postes de travail et en d'autres positions spécifiées.*

ISO 11689:—<sup>1)</sup>, *Acoustique — Collecte et comparaison systématiques des données d'émission sonore des machines et équipements.*

[ISO/TR 11688-1:1995](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/ea9cfd19-83d4-4104-b4b3-f63bbaeb4044/iso-tr-11688-1-1995)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/ea9cfd19-83d4-4104-b4b3-f63bbaeb4044/iso-tr-11688-1-1995>

---

1) À publier.

### 3 Définitions

Pour les besoins du présent rapport technique international, les définitions suivantes s'appliquent.

#### 3.1 bruit aérien, liquidien et solide

Son se propageant respectivement dans l'air, dans un liquide ou dans une structure solide.

#### 3.2 composants acoustiques actifs

Composants des machines générant le bruit. Dans de nombreux cas, ce sont les organes qui transforment la puissance en un travail mécanique à partir de sources d'énergie telles que l'énergie électrique, mécanique ou magnétique, la pression hydraulique, les forces internes ou la friction. D'autres "composants" du bruit peuvent être constitués par les zones non stationnaires d'un écoulement et les surfaces de contact entre pièces en mouvement.

#### 3.3 composants acoustiques passifs

Composants qui transmettent le bruit généré par les composants actifs. Ils ne contiennent pas de sources sonores mais peuvent constituer des radiateurs de bruit dominants. Les composants passifs classiques sont les éléments de la structure et les carters des machines.

#### 3.4 bruit périodique

[ISO/TR 11688-1:1995](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/ea9cfd19-83d4-4104-b4b3-56310472-11688-1995)

[https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/ea9cfd19-83d4-4104-b4b3-](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/ea9cfd19-83d4-4104-b4b3-56310472-11688-1995)

Événement sonore se reproduisant périodiquement. Les sources de bruit périodique classiques sont les roues dentées et les machines à piston. La caractéristique d'un bruit périodique est de présenter un spectre de raies.

#### 3.5 bruit tonal

Bruit dominé par un ou plusieurs sons purs nettement distincts.

#### 3.6 bruit à large bande

Bruit causé soit par des chocs uniques, c'est-à-dire des pulsations de pression ou des impacts de courte durée, soit par la turbulence dans un écoulement d'air ou de fluide. Un bruit à large bande se caractérise par un spectre continu sur une largeur de bande importante mis en évidence par l'analyse en fréquences.

### 3.7 force d'excitation

La force d'excitation est indépendante des propriétés de la structure excitée ; citons sur ce point l'exemple de l'action d'une source légère et souple sur une structure relativement rigide et lourde.

### 3.8 vitesse d'excitation

La vitesse d'excitation est indépendante des propriétés de la structure excitée ; citons sur ce point l'exemple d'une structure légère et souple excitée par une source relativement massive.

### 3.9 réponse quasi-statique

Réponse de la machine à des fréquences inférieures à la plus faible fréquence de résonance.

### 3.10 réponse résonante

Réponse dans un domaine de fréquences de résonances distinctes.

### 3.11 réponse multi-résonante

Réponse dans un domaine de fréquences contenant de nombreuses résonances.

**iTeh STANDARD PREVIEW**  
**(standards.iteh.ai)**  
<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/ea9cfd19-83d4-4104-b4b3-f63bbaeb4044/iso-tr-11688-1-1995>



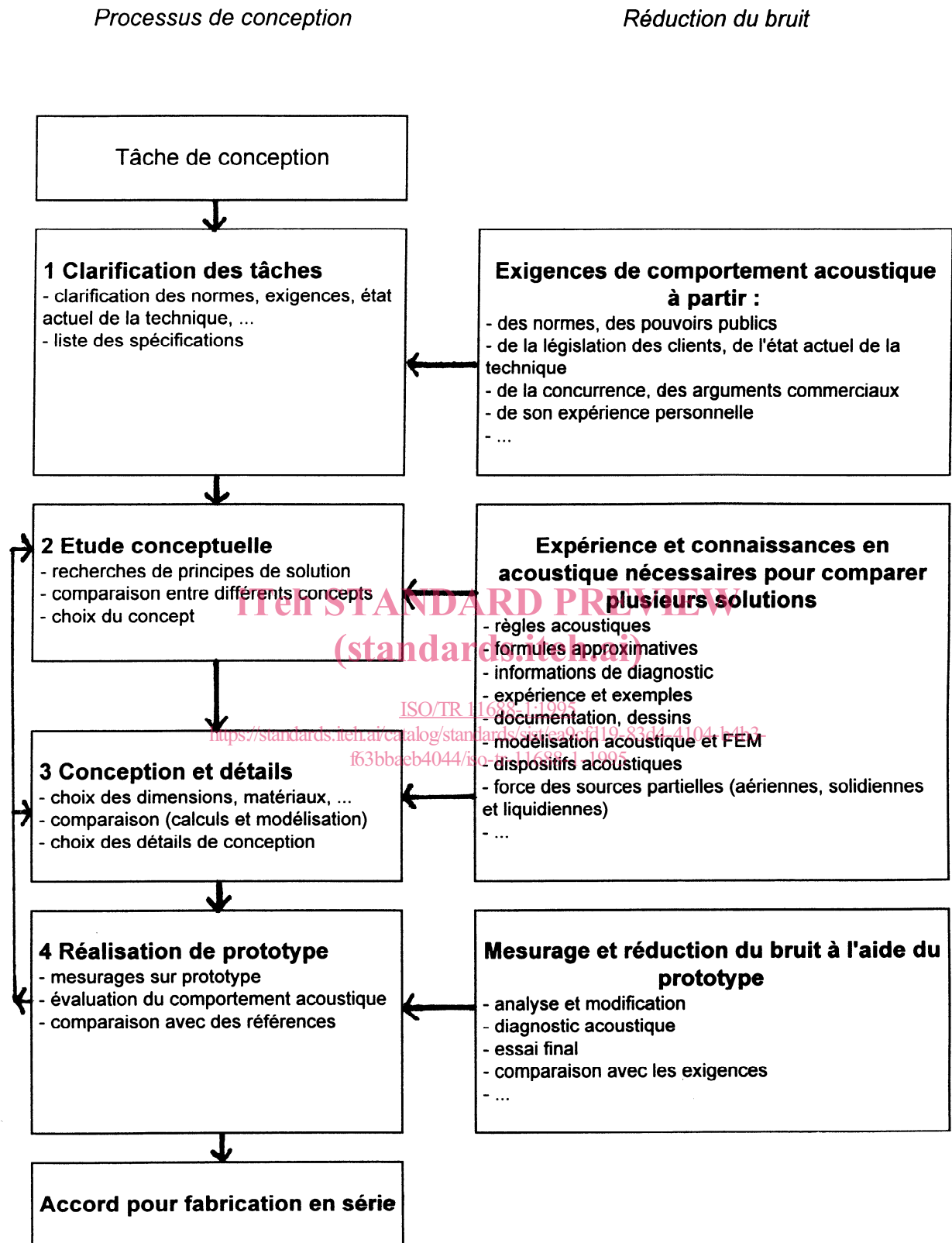


Figure 1 : Etapes de la procédure de conception ; intervention des méthodes de réduction du bruit dans le processus de conception

## 4 Conception méthodique et aspects acoustiques

La conception méthodique est une approche fonctionnelle qui utilise les informations provenant d'un ensemble de disciplines, l'acoustique des machines par exemple. De cette manière, une base est établie pour atteindre des buts et décider de la conception et du développement.

La procédure de conception peut être divisée en quatre phases (énumérées ci-dessous) classées par spécificité croissante (voir figure 1). L'addition des informations de phase en phase permet le tri de solutions alternatives en ce qui concerne les critères de conception spécifiques tels qu'un faible niveau de bruit. Les phases de conception systématique sont les suivantes :

1) **Clarification des tâches** : Etablir une liste des exigences qui constitue le document de contrôle de l'ensemble des tâches de conception. Intégrer dans cette liste les spécifications relatives au bruit en se référant à la législation, à l'état de l'art, aux produits de la concurrence, aux demandes clients ou au poids accordé au bruit des machines en tant qu'argument commercial de l'entreprise. (Voir annexe B.)

2) **Etude conceptuelle** : Cette phase du processus de conception est centrée sur la réalisation des objectifs visés. A ce stade, peu d'informations sont disponibles sur le produit final et le comportement acoustique est souvent évalué par comparaison avec des conceptions connues.

3) **Conception et détails** : Au fur et à mesure de la conception et du choix des composants individuels, des évaluations quantitatives du comportement acoustique peuvent être effectuées par la sélection d'options de conception.

4) **Réalisation du prototype** : Les mesurages effectués sur prototype permettent de quantifier les sources de bruit principales et les voies de transmission du bruit. Cette phase peut indiquer les mesures particulières conduisant à des modifications de conception. La conformité aux exigences peut être confirmée par des mesurages.

Les procédures suivantes peuvent être appliquées à chacune des quatre phases décrites ci-dessus. Il est très important de suivre la méthodologie consistant à éliminer les problèmes de bruit les plus dominants au stade de la conception et le plus tôt possible :

- La première étape du processus consiste à déterminer les principales sources de bruit présentes dans la machine et à établir une liste de priorités ou un schéma (voir 5.2) ;
- Après avoir identifié les sources principales, il faut procéder à une analyse détaillée des mécanismes acoustiques (voir 5.3) ;
- L'étape suivante consiste à analyser et décrire le rayonnement direct du bruit provenant des sources vers le (les) point(s) récepteur(s) et sa transmission aux surfaces rayonnantes à travers la structure (voir 5.4) ;
- L'étape finale est l'analyse du rayonnement de ces surfaces et la détermination des diverses contributions au niveau de pression acoustique au (aux) point(s) récepteur(s) ;
- Déterminer quelle combinaison des mesures de réduction du bruit est optimale.

Dans la conception des machines à faible bruit, il convient d'essayer d'identifier les mécanismes acoustiques de base en jeu en examinant la chaîne causale (figure 2).

Tous les processus de conception comportent des éléments récurrents. Ainsi, à chaque étape, une décision doit être prise sur la nécessité de passer à l'étape suivante ou de répéter les étapes précédentes.

Une illustration de la façon dont les différents mécanismes acoustiques sont reliés est donnée à la figure 3. La première priorité dans la réduction du bruit est d'en identifier la source. Divers types de sources sont portés dans le premier et le deuxième anneaux avec des mots clés correspondant aux titres des paragraphes suivants.

Après avoir déterminé le type de source, la transmission à travers le milieu particulier se fera comme l'indique le troisième anneau. Finalement, le bruit est rayonné à l'air libre ou excite une structure. La figure peut être utilisée pour montrer que chaque source sonore possède ses propres caractéristiques, son chemin de transmission spécifique à travers la structure et l'excitation des surfaces rayonnantes. Pour réduire le bruit d'une machine présentant de nombreux types de sources sonores différents, il est nécessaire d'analyser individuellement chaque source, chemin de transmission et surface de rayonnement pour être à même d'en déterminer l'importance relative. Le paragraphe suivant donne un exemple d'une telle machine.

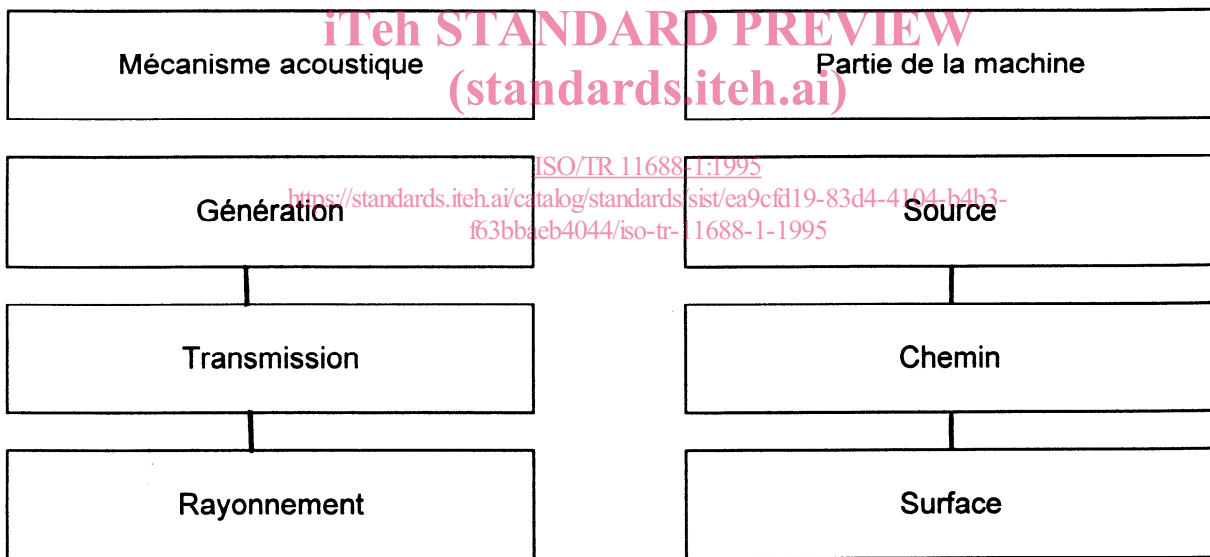


Figure 2 : Chaîne causale de la génération du bruit

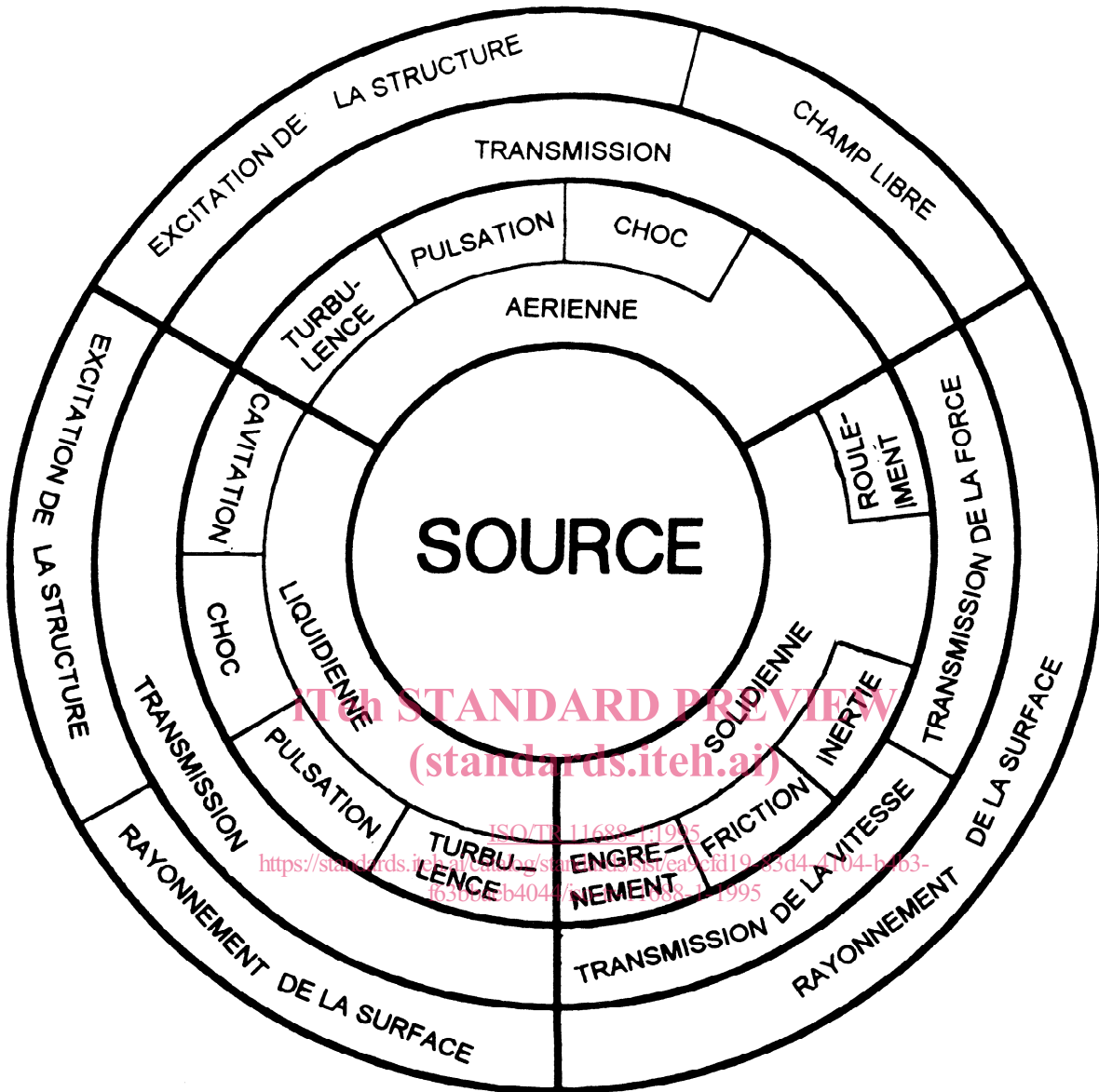


Figure 3 : Modèle de base de la génération du bruit dans les machines

## 5 Etude conceptuelle et conception détaillée

### 5.1 Généralités

Etant donné qu'une solution de conception comprend toujours le choix d'un principe de fonctionnement physique et d'un système fonctionnel, il est possible d'apporter les commentaires généraux suivants sur le choix des concepts de conception :

- Avec un degré de probabilité élevé, le mode de fonctionnement, où la vitesse et l'accélération sont les plus faibles possibles, apporte la meilleure solution acoustique ;
- Pour un principe de fonctionnement donné, le bruit d'une machine peut être réduit en modifiant la masse, la rigidité et l'amortissement de la structure. Des paramètres de conception tels que le matériau, la forme, la position, le nombre d'éléments, les dimensions, la structure et le mode de liaison peuvent avoir une incidence considérable sur l'émission sonore. Si elles sont correctement appliquées, ces modifications peuvent réduire la vibration et/ou le rayonnement de la machine ;
- Un écoulement stationnaire de gaz et de liquides est plus silencieux qu'un écoulement non stationnaire.

Dans la phase conceptuelle comme dans celle de la conception détaillée, la procédure décrite au paragraphe 4, et développée dans les paragraphes qui suivent, peut être utilisée pour le diagnostic et les mesures de réduction du bruit. Dans la phase conceptuelle, seules des estimations approchées, des règles de conception communes ou une comparaison avec des solutions existantes sont possibles. Dans la phase de conception détaillée, les résultats des calculs détaillés, des expériences de modélisation et de relevé peuvent s'appliquer.

## 5.2 Etapes de base **iTeh STANDARD PREVIEW**

### 5.2.1 Modélisation acoustique et classement **(standards.iteh.ai)**

Le comportement acoustique d'une machine comportant différentes sources de bruit peut être visualisé au moyen d'un modèle acoustique de la machine (voir figure 2). Pour élaborer ce modèle, le concepteur doit d'abord diviser la machine en composants actifs et passifs du bruit.

Ces composants peuvent avoir le pouvoir de générer, transmettre et rayonner le bruit aérien, liquidien et solidien. Il est par conséquent nécessaire d'analyser les "composants" du bruit pour ces trois types de bruit. Le but de la subdivision est de permettre l'identification des sources de bruit dominantes, des chemins de propagation et des surfaces rayonnantes.

Ainsi, le concepteur peut analyser les chemins par lesquels le bruit peut être propagé. Les chemins sonores solidien, liquidien et aérien doivent être considérés. Il faut en outre considérer le rayonnement direct éventuel du bruit aérien provenant de composants actifs individuels.

Il faut identifier enfin les surfaces de la machine rayonnant le bruit.

Lorsqu'on a identifié les sources de bruit les plus importantes ainsi que leurs chemins de transmission, on doit procéder à l'analyse des paramètres du processus. Les contributions acoustiques dominantes doivent être traitées en premier. Il est recommandé de traiter d'abord les sources avant de s'occuper des chemins de transmission et des surfaces rayonnantes.

De sérieux problèmes de bruit peuvent être causés par la coïncidence entre les fréquences d'excitation et les résonances dans les composants actifs et passifs.

## Règles générales de conception

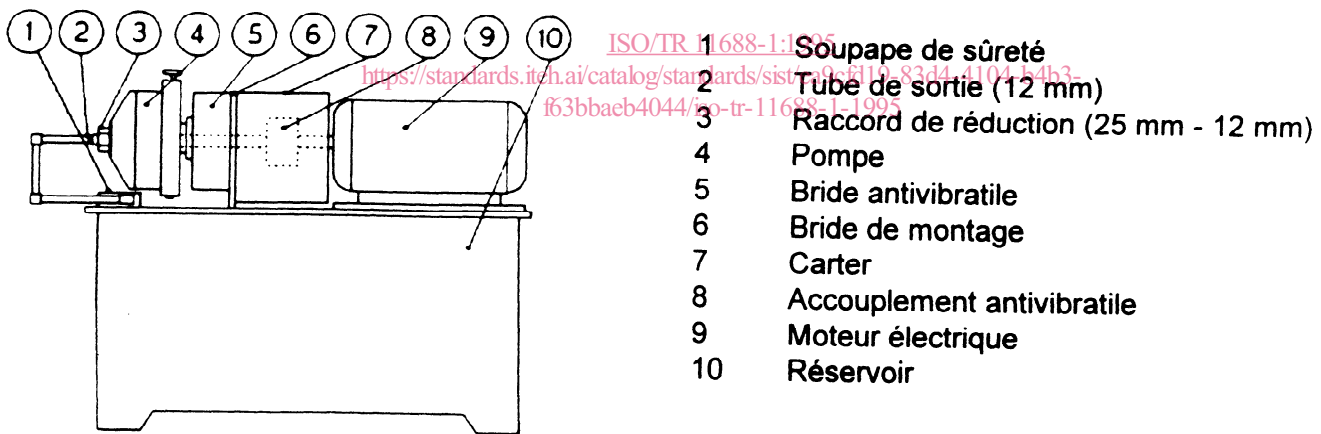
- diviser la machine en composants acoustiques actifs et passifs ;
- localiser les sources de bruit aérien, liquidien et solidien ;
- localiser les chemins sonores aérien, liquidien et solidien ;
- localiser les surfaces rayonnant le bruit ;
- identifier les contributions les plus importantes (sources, chemins de transmission, surfaces rayonnantes).

### 5.2.2 Exemple

Le but de cet exemple est de démontrer comment la modélisation du bruit et le classement des sources de bruit peuvent s'effectuer.

La figure 4 représente un bloc d'alimentation hydrostatique possédant des composants de bruit actifs tels que le moteur électrique, la pompe hydraulique et une soupape.

Ces éléments sont tous connectés en circuit fermé au réservoir.



**Figure 4 : Bloc d'alimentation hydrostatique**

Le bloc d'alimentation possède des sources de bruit actives représentant les sources de bruit aérien, solidien et liquidien.

Pour visualiser la transmission du bruit à partir des différentes sources sonores de la machine, le schéma synoptique de la figure 5 illustre sous forme graphique les mécanismes acoustiques présents dans le bloc d'alimentation.

Les tableaux 1 à 3 répertorient les sources, les chemins de transmission et les surfaces rayonnant le bruit.

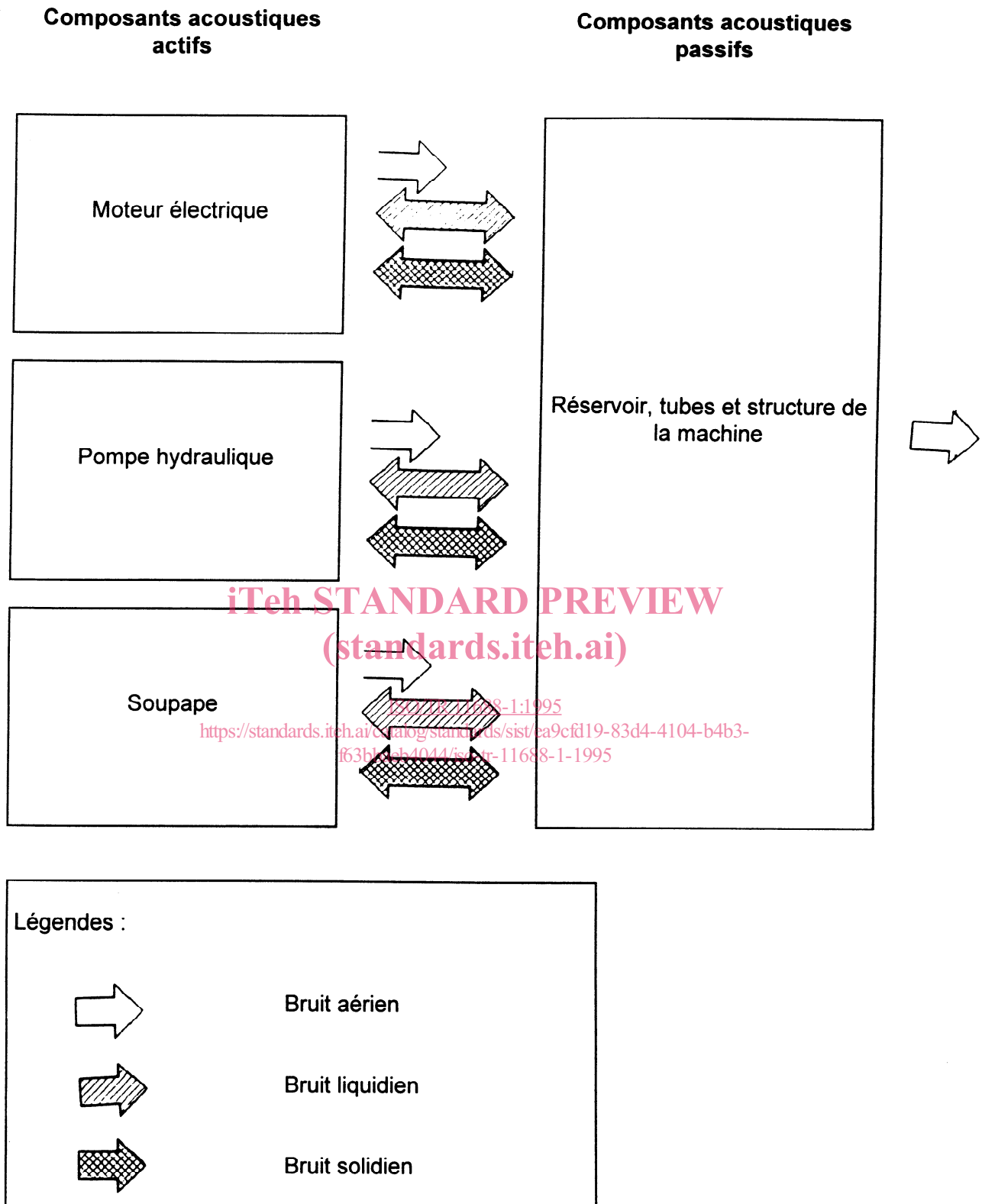


Figure 5 : Modèle acoustique du bloc d'alimentation